2003 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

ACP 핫셀의 사고시 방사선 환경영향평가

Radiation Dose Assessment of ACP Hotcell in Accident

국동학, 정원명, 구정회, 조일제, 이은표, 유길성

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료의 효율적인 관리를 위하여 원자력연구소에서는 차세대관리 종합공정(ACP: Advanced spent fuel Conditioning Process)을 개발하고 있으며 공정의 기초가 되는 핫셀을 설계 중에 있다. 핫셀의 설계에 앞서 사용후핵연료를 취급하게 되는 과정에서 발생할 수 있는 사고시에 대한 환경영향평가를 수행하였다. 평가결과 화재사고가 가장 문제가 되는 것으로 나타났으며 연구소부지의 기상자료를 바탕으로 단기대기확산인자를 적용하여 최대개인 내부피폭과 외부피폭선량을 계산하여 시설운영에 따른 사고시 규제치에 훨씬 못미치는 평가결과를 얻었다.

Abstract

The Advanced spent fuel Conditioning Process(ACP) is under development for the effective management of spent fuel which had been generated in nuclear plants. The ACP needs a hot cell where most operations will be performed. To give priority to the environment safety, radiation doses evaluations for the radioactive nuclides in accident cases were preliminarily performed with the meteorological data around facility site. Fire accident prevails over several accidents. Internal Dose & External Dose evaluation according to short dispersion data for that case show a safe margin for regulation limits and SAR limit of IMEF where this facility will be constructed.

1. 서론

현재 산적해있는 사용후핵연료의 저장 문제를 해결하기 위해 원자력연구소는 상용중인 이산화우라늄을 사용후에는 금속우라늄으로 저장하여 저장부피와 방사선의 세기를 각각 1/4으로 줄여 저장효율 증대와 더불어 처분시설 용지확보를 쉽게하려는 연구[1]를 수행중이다. 이와같은 공정을 실증하기 위한 α-γ 타입의 핫셀을 연구소내 조사재건물에 건설중이며 건설에 앞서 핫셀의 운영에 따른 방사선환경영향평가를 수행하여 핫셀의 안전성을 확보하여야 한다. 방사선환경영향평가는 크게 정상시와 사고시로 나누어 평가할 수 있으며 정상운전시의 평가는 이미 수행하여 안전성을 입증하였고 본 연구에서는 사고시의 최대개인의 피폭선량을 기준으로 평가하여 규제치에 만족하는 결과를 얻었다.

2. 평가 방법

2.1. 예상사고의 종류

핫셀의 운영중에 발생 가능한 사고를 도출하기 위해서 사용후핵연료를 취급하는 기존의 조사재시험시설의 안전성분석보고서에 기술된 사고의 종류를 참조하여 취급하는 우라늄 분말로 인한 분진 폭발, 핵분열생성물의 붕괴열에 의한 위험, 배기덕트 파단사고, 배기팬실 및 핫셀내 화재 등을 고려하였다.

2.2. 취급하는 우라늄 분말로 인한 분진 폭발

분체를 다루는 일반적인 공정에서 분진폭발이 일어날 수 있는 경우는 크게 3가지 조건이 동시에 형성될 때 가능하다. 첫째로 분진 운이 형성되어 있고 둘째로 이 분진 운과 함께 산화제 즉 공기나 산소와 같은 가연성 가스가 분진·가연성가스의 혼합 가스 운을 형성하고 이와 함께 불씨를 제고하는 발화원이 있어야 한다. 또한 이들 조건이 모두 동시에 이루어 질 때 폭발의 위험성이 있는 것이다. 조사후시험시설에서는 공정에서 사용할 핵연료봉의 절단공정이 진행되는데 절단 시 분진의 비산방지를 위한 별도의 장치 부착과 냉각유를 사용함으로써 분진 운이 형성될 수 없으므로 분진폭발의 위험성은 없다.

조사재시험시설의 핫셀에서는 여러 공정을 거치는데 가장 분진폭발의 위험성이 있는 공정은 탈피복 단계이다. 이 단계에서는 Slitting Machine을 사용하게 되는데 이 장비는 절단된 핵연료봉을 피복하기 위해 내부에서 절단된 핵연료봉의 축방향을 따라 Cutter가 절단하도록 되어 있다. 따라서 피복과정에서 핵연료봉 속에 있는 핵연료가 봉 속으로부터 나오게되나 분체 형태로 나오기 보다 덩어리 형태로 나오게 되고 절단과정 중에서 미량의 분체 형태가 나올 수도 있으나 그 양이 분진폭발의 농도범위에 속하지 못하므로 분진폭발 위험성은 없다고 판단된다. 분진폭발은 기술한 바와 같이 최소한 3가지 조건이 동시에 만족되어야 하나 이런 경우는 없는 것으로 판단되므로 분진폭발에 의한 위험성은 극미하다.

2.3. 핵분열생성물의 붕괴열에 의한 위험

본 공정은 사용후 PWR형 핵연료를 초기 물질로 사용하는 건식 공정으로 시험기간 중 사용하는 핵연료 물질의 누적량과 ANS Standard에 의한 붕괴열 추정법을 통해 공정에서 사용되는 사용후핵연료의 붕괴열의 크기를 대략적으로 얻을 수 있다.

표1은 사용후핵연료의 붕괴열량을 나타내고 있는데 여기에서 제시하는 기준핵연료의 초기

농축도와 연소도가 본 공정의 기본 설정과 거의 유사하므로 대략적인 계산에 바로 이용될 수 있다. 공정에서 사용될 사용후핵연료는 5 batch 분량으로 100 ㎏-U이며, 냉각기간을 10년으로 하면 표1에서 보듯이 냉각기간이 10년인 PWR(4 w/o) 사용후핵연료의 붕괴열량은 1.4 ㎾/MTU이므로 최종적인 붕괴열량은 1.4 ㎾/MTU × 0.1 MTU = 0.14 ㎾로서 미미한 열량이다. 따라서 사용후핵연료의 붕괴열에 의한 위험성은 없다고 결론지을 수 있다.

2.4. 배기덕트 파단 사고

본 공정의 핫셀로부터 조사재시험시설 배기 덕트로의 연결 덕트에서 누출사고가 발생할 경우 방사성 물질은 건물 배기계통을 통하여 환경으로 방출된다. 그러나, 이 사고로 인한 영향은 셀 내의 직접적인 사고(핵분열기체 누출사고, 화재사고 등)로 인한 방사능 환경영향과 비교하여 매우 작으므로 별도의 정량적인 분석은 불필요하다.

2.5. 배기팬 고장 및 화재

조사재시험시설의 주 배기관에는 배기 설비로부터 하나로의 굴뚝으로 방출하는 배기 중의 오염준위를 연속적으로 측정하기 위한 Duct Monitor가 설치되어 있어 일정준위 이상 시 경보를 발하고 배기팬의 운전을 정지시킴으로서 배기체 처리장치의 고장 시에도 처리되지 않은 배기가 환경으로 직접 방출되는 것을 방지할 수 있다. 따라서 배기체 처리장치의 고장에 의한 일반인의 피폭은 정상운전 시 피폭의 범위를 넘어서지 않는다.

배기팬 실의 화재에 의한 환경영향을 평가하기 위해서는 먼저 필터에 축적된 최대 방사능 양을 구해야 한다. 그러나 핫셀 내의 배기체 처리장치 및 HEPA 필터에 의해 운전 중 방출된 방사성 물질은 대부분 제거되어 배기팬 실의 배기필터에 축적되어 있는 방사성 물질의 양은 무시할만한 수준이다. 따라서 배기팬 실의 화재에 의한 방사능 피폭은 별도로 고려하지 않는다.

2.6. 핫셀내 화재

위의 사고해석내용을 검토한 결과 핫셀내 화재를 제외하고는 차세대관리 종합공정의 도입으로 인해 사고해석의 결과에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되므로 본 연구에서는 사고발생시 가장 큰 영향을 미치는 핫셀내 화재의 경우에 초점을 맞추었다.

평가방법으로는 우선 화재사고시의 누출방사능량을 산정하고 화재사고시의 시설주변의 단기대기확산인자를 구한다. 또한 각 피폭경로에 따른 선량환산인자 값을 결정한 후 경로별 피폭선량평가 모델에 따른 주민의 피폭선량을 평가하여 전체적인 최대개인 피폭선량을 구한다.

핫셀내에 화재 발생시 핵연료 자체는 세라믹의 특성을 지니고 있어 인화성 및 발화성이 없을 뿐 아니라 융점도 상당히 높으므로 큰 문제가 없고 배기필터 및 전기 케이블외에는 가연성물질이 존재하지 않으므로 화재 발생시에 확산가능성이 거의 없이 국부적인 화재에 그칠 것으로 판단되며 더욱이 시설내부에는 화재를 조기에 감지하여 진화할 수 있는 화재방호설비(Halon 계통)가 마련되어 있으므로 화재시 핵연료 파손으로 인한 방사성물질의 누출가능성은 극히 희박하다. 따라서 본 연구에서는 화재로 인한 잠재적인 방사선피폭을 평가하기 위해 핫셀내의 화재로 인해 핫셀내의 배기필터가 연소하여 배기필터에 축적된 방사성물질이 누출되는 경우를 고려하였으며 방사성물질의 방출량을 설정하기 위해 다음과 같은 가정을 적용하였다.

- 핫셀내 화재로 인해 핫셀내에 설치되어 있는 필터는 영향을 받지만 배기팬실에 설치되어

있는 배기필터의 성능은 영향을 받지 않는다.

- 보수적 계산을 위해 핫셀내의 배기필터에는 최대 5 Batch분의 핵연료를 취급할 때 발생하는 방사성물질이 최대로 축적되어 있는 것으로 가정한다.
- 보수적 계산을 위해 운전기간 중 방사성핵종의 붕괴는 고려하지 않는다.
- 핫셀배기계통에는 활성탄 필터가 설치되어 있으나 사고시에는 기능을 상실하는 것으로 가정한다.
- 불활성 기체는 공정운전시 모두 방출하여 핫셀내에는 잔류하지 않으나 보수적인 평가를 위해 사고시 핫셀내에서 취급된 핵연료에 포함된 모든 불활성 기체가 방출하는 것으로 가정한다.
- 핫셀내 화재시에도 핫셀의 기밀성은 유지되어 화재가 난 핫셀내 배기는 건물의 배기계통을 통해 다른 핫셀의 배기와 합쳐져 건물 전체의 배기팬실 핫셀배기필터(HEPA 필터)에 의해 제거되고 극히 일부분만이 하나로의 스택을 통해 환경으로 방출된다.
- 사고시 방사성물질은 단기 대기확산인자 적용을 위해 2시간 이내에 전량 방출되는 것으로 가정한다.

위와 같은 가정하에서의 방사성물질의 방출량을 표2처럼 계산하였다. 포집이 불가능한 불활성기체와 I-129는 화재시 생성된 전량이 방출되는 것으로 고려하였으며 방사성입자에 대해서는 HEPA 필터의 효율을 99.97%(제염계수 1000)로 적용하여 하나로 스택밖으로의 최종 방출량을 결정하였다.

3. 단기 대기확산인자

시설의 정상운영시에는 시설 주의의 연간 대기자료[2]를 바탕으로 대기확산인자를 적용하지만 화재와 같은 사고시에는 단기간의 빠른 대기확산인자를 적용함으로써 보수적인 평가를 수행하게 되며 시설부지에서 측정된 기상자료를 사용하여 미국 NRC 규제지침 1.145[3]의 방법에 따라 계산한다. 본 연구에서는 사고의 특성상 2시간 이내에 모든 방사선원이 방출한다는 가정하고 사고시 방사성 물질은 유일하게 하나로 스택을 통해 방출되므로 고도방출 모델을 적용하였다. 단기 대기확산인자를 계산하기 위해 먼저 1년간 측정된 기상자료를 이용하여 Nonfumigation 조건하에서의 고도방출에 대한 χ/Q를 부지제한구역의 거리에 해당하는 모든 16 개 풍향소구역에 대해 계산한다. 계산식은 다음과 같다.

$$\frac{\chi}{Q} = \frac{1}{\pi U_h \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left[-\frac{h_e^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

여기서,

U_h : 방출높이에서의 풍속 (m/sec)

h_e : 유효굴뚝높이 (m)

σ_y, σ_z : 수평, 수직방향의 확산계수 (m)

각 소구역에 대해 각각의 풍속 및 대기안정도에 따라 계산된 χ/Q를 큰 값부터 작은 값까지 순차적으로 분포시켜 누적확률분포를 유도한다. 이 분포에서 가장 작은 χ/Q에 해당하는

누적확률분포값이 해당 소구역의 풍향분포값이 된다. 각각의 16개 소구역에서, 그 소구역 총 자료의 0.5 %를 초과하는 χ/Q 값이 그 소구역 χ/Q 값이 되며 16개의 최대소구역 χ/Q 값 중 최대의 값이 최대소구역 χ/Q 값으로 결정한다. 같은 방법으로, 풍향에 관계없이 모든 χ/Q 값을 모든 방향에 대해 누적확률분포를 유도한다. 이 분포에서 총시간의 5.0 %를 초과하는 값이 5% 부지 χ/Q 값으로 결정한다. 또한 본 부지가 내륙에 위치하므로 Fumigation 조건하에서의 모든 16개 풍향소구역에 대해 계산한다.

$$\frac{\chi}{Q} = \frac{1}{(2\pi)^{1/2} U_{h_e} \sigma_y h_e}, \quad h_e$$

여기서,

U_{h_e} : 깊이가 h_e인 층에서의 대표적인 풍속 (m/sec)

σ_y : 수평방향의 확산계수 (m)

Fumigation 조건하에서의 χ/Q 값이 Nonfumigation 조건하에서의 χ/Q 보다 큰 경우에 사고발생후 30분 이내의 각 풍향소구역에 대한 χ/Q 값은 Fumigation 조건하에서의 χ/Q 값을 적용한다. 사고시 2시간 이내에 방출되는 방사성물질에 의한 주민의 피폭선량의 계산을 위해 사용하는 χ/Q 값은 위에서 구한 최대소구역 χ/Q 값과 5% 부지 χ/Q 값중에서 큰 값을 적용한다. 2시간 이후의 대기확산인자는 미국 원자력규제위원회 규제지침 1.111에 따라 계산된 장기 대기확산인자값과 2시간 대기확산인자값을 내삽하여 계산한다.

본 평가에서는 미국 원자력규제위원회 규제지침 1.145에 따라 개발된 PAVAN 전산프로그램을 사용하여 단기대기확산인자를 계산하였으며 방출지점주위의 지형효과를 고려하였다. 기상자료는 2002년 1년간 하나로 기상대에서 측정된 값을 사용하였다. 방향별 최대의 χ/Q 값을 갖는 거리에 대한 대기확산인자값을 각각 Nonfumigation 조건하에서의 소구역별 대기확산인자((χ/Q)99.5), Fumigation 조건에서의 소구역별 대기확산인자((χ/Q)f) 및 모든 방향에 대한 대기확산인자((χ/Q)95)에 대해 표3에 나타내었다.

표3에 나타나 있는 바와 같이 Nonfumigation 조건하에서의 소구역별 대기확산인자값이 Fumigation 조건하에서의 소구역별 대기확산인자값이나 모든 방향에 대한 대기확산인자값 보다 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 0 2시간 사이의 대기확산인자값은 소구역별 대기확산인자값중 최대값을 갖는 W 방향 400m 지점에서의 값인 1.38×10^{-2}을 사용한다.

4. 피폭선량 및 환산인자 계산

사고시 외부로 방출되는 방사성 물질로부터 부지주변의 개인(본 연구에서는 성인그룹)이 받는 피폭선량은 호흡에의한 내부 피폭선량과 불활성기체에 의한 외부 피폭선량으로 구분하여 평가한다.

방사성운 내에서의 호흡에 의한 내부피폭 유효선량 환산인자와 갑상선 등가선량 환산인자는 국제방사선방호위원회의 신권고(ICRP 60)에 따른 값을 택하였고 사고기간동안의 호흡율은 US NRC Regulatory Guide 1.4에 제시된 3.47×10^{-4}㎥/sec를 적용하였다.

호흡시 흡입된 핵종으로부터 받게되는 개인 피폭선량은 유효선량 및 갑상선등가선량에 대

해 계산하며 계산식은 아래과 같이 표현되고 이를 바탕으로 계산된 최대개인 내부피폭선량을 선량환산인자와 더불어 표4에 나타내었다.

$$D_{th} = 10^{12} \times \chi/Q \times B \times \sum_i (DCF_{thi} \times Q_i)$$

여기서,

D_{th} : 유효 또는 갑상선 등가선량 (mSv)

10^{12} : 환산인자 (pCi/Ci)

χ/Q : 주어진 계산기간 동안의 대기확산인자 (sec/㎥)

B : 피폭중 호흡율 (㎥/sec)

DCF_{thi} : 방사성 핵종 i에 대한 유효 또는 갑상선 등가선량 환산계수 (mSv/pCi-inhaled)

Q_i : 계산기간 동안의 환경으로의 방출 방사능량 (Ci)

외부피폭에 대한 유효선량은 불활성기체에 대해서만 고려하며 피폭받는 개인이 지표면위에 무한하게 퍼져있는 방사선원의 중심에 있다는 가정 아래 계산한다. 즉, 무한 반구형의 방사성운(Semi- infinite Hemi-spherical Cloud)의 농도는 일정하며, 선량을 계산하는 지점에서의 방사능 농도는 방사능 확산 중심선상의 최대 지표면 농도로 가정한다. 방사능운에 의한 외부피폭 유효선량 환산인자는 Eckerman등이 개발한 값을 사용하였고 주어진 기간동안 감마선에 의한 개인 유효선량은 다음 식으로부터 계산하여 이에 따른 최대개인 외부피폭선량을 표5에 나타내었다.

$$D_{wb} = 10^{12} \times \chi/Q \times \sum_i (DCF_{wbi} \times Q_i)$$

여기서,

D_{wb}: 사고기간동안 불활성기체로부터 소외개인이 받는 유효선량 (mSv)

10^{12}: 환산인자 (pCi/Ci)

χ/Q: 주어진 계산기간 동안의 대기확산인자(sec/㎥)

DCF_{wbi}: 방사성핵종 i에 대한 유효선량환산계수(mSv-㎥/pCi-sec)

Q_i: 주어진 계산기간 동안의 환경으로의 방출 방사능량 (Ci)

5. 평가결과

사고시의 피폭선량 기준 및 피폭선량 계산결과를 비교하여 표6에 나타내었다. 외부피폭의 경우 Kr-85가 전량을 차지하는데 핫셀내 화재발생시 불활성기체는 핵연료봉내에 있는 양까지 모두 방출됨을 가정했음에도 불구하고 규제치에 못미치는 값을 나타낸다. 내부피폭의 경우 유효선량은 H-3과 입자상 방사성물질인 Ru-106의 영향이 가장 큰 것으로 나타났고 갑상선 등가선량은 반감기가 긴 I-129이 주된 원인으로 나타났다. 그러나 표6에서 보는 바와 같

이 핫셀내의 화재시 발생하는 방사선누출에 따른 본 연구의 결과값은 원자력법령에서 제시한 제한치와 핫셀이 건설될 조사재건물의 설계기준에 훨씬 못미치는 안전성을 보여준다.

표 1. 사용후핵연료의 붕괴열

냉각기간 (년)	붕괴열 (㎾/MTU) PWR (4w/o)
0.0	2,336
0.5	20.7
1.0	11.9
2.0	6.2
3.0	3.9
4.0	2.8
5.0	2.2
6.0	1.9
8.0	1.6
10.0	1.4
15.0	1.2
20.0	1.1

표 2. 핫셀내 화재시 방출선원

핵종	사고시 부유선원 (Ci)	HEPA 여과기 DF=1000	방출선원 (Ci)
H-3	5.76E+01	1.000E+00	5.76E+01
C-14	1.74E-03	1.000E+00	1.74E-03
Se-79	1.74E-03	3.000E-04	5.23E-07
Kr-85	6.21E+02	1.000E+00	6.21E+02
Mo-93	2.71E-06	3.000E-04	8.12E-10
Tc-99	1.65E+00	3.000E-04	4.95E-04
Ru-103	2.26E-23	3.000E-04	6.79E-27
Ru-106	7.74E+01	3.000E-04	2.32E-02
Cd-113M	4.91E+00	3.000E-04	1.47E-03
Cd-115M	5.89E-23	3.000E-04	1.77E-26
Te-125M	1.23E+00	3.000E-04	3.69E-04
Te-127	5.34E-09	3.000E-04	1.60E-12
Te-127M	5.45E-09	3.000E-04	1.64E-12
Te-129	2.74E-27	3.000E-04	8.21E-31
Te-129M	4.20E-31	3.000E-04	1.26E-34
Sb-124	1.41E-16	3.000E-04	4.22E-20
Sb-125	1.50E+02	3.000E-04	4.50E-02
Sb-126	1.40E-02	3.000E-04	4.21E-06
Sb-126M	1.00E-01	3.000E-04	3.01E-05
I-129	4.10E-03	1.000E+00	4.10E-03
Cs-134	2.12E+01	3.000E-04	6.36E-03
Cs-135	9.34E-04	3.000E-04	2.80E-07
Cs-137	2.49E+02	3.000E-04	7.46E-02
Total	1.18E+03		6.79E+02

표 3. 사고시 발생후 2시간에 대한 단기대기확산인자 (단위 : sec/m^3)

방 향	거 리 (m)	$(\chi/Q)_{99.5}$	$(\chi/Q)_f$	$(\chi/Q)_{95}$
S	700	7.56×10^{-3}	5.60×10^{-4}	
SSW	800	3.17×10^{-4}	1.83×10^{-4}	
SW	1000	1.03×10^{-3}	2.70×10^{-4}	
WSW	700	6.30×10^{-3}	5.60×10^{-4}	
W	400	1.38×10^{-2}	1.43×10^{-3}	
WNW	400	8.67×10^{-3}	1.43×10^{-3}	
NW	700	2.27×10^{-3}	5.60×10^{-4}	
NNW	600	4.56×10^{-3}	7.24×10^{-4}	5.01×10^{-3}
N	700	5.47×10^{-3}	5.60×10^{-4}	
NNE	700	6.34×10^{-3}	5.60×10^{-4}	
NE	900	2.78×10^{-3}	3.68×10^{-4}	
ENE	800	2.92×10^{-4}	1.74×10^{-4}	
E	300	8.59×10^{-5}	2.37×10^{-4}	
ESE	300	6.13×10^{-5}	2.24×10^{-4}	
SE	300	7.84×10^{-5}	2.30×10^{-4}	
SSE	800	1.53×10^{-3}	3.88×10^{-4}	

표 4. 장기별 내부피폭 선량환산인자와 피폭선량

핵종	방출선원 (Ci)	유효선량 환산인자 (mSv/pCi-inhaled)	갑상선 등가선량 환산인자 (mSv/pCi-inhaled)	유효선량 (mSv)	갑상선 등가선량 (mSv)
H-3	5.76E+01	6.660E-10	6.660E-10	1.84E-01	1.84E-01
C-14	1.74E-03	2.290E-10	2.290E-10	1.90E-06	1.90E-06
Se-79	5.23E-07	4.070E-08	1.410E-08	1.02E-07	3.53E-08
Mo-93	8.12E-10	3.170E-10		1.23E-12	
Tc-99	4.95E-04	1.480E-07	8.880E-09	3.51E-04	2.11E-05
Ru-103	6.79E-27	8.880E-08	7.030E-09	2.89E-27	2.29E-28
Ru-106	2.32E-02	1.040E-06	9.990E-08	1.16E-01	1.11E-02
Cd-113M	1.47E-03	4.970E-08		3.50E-04	
Cd-115M	1.77E-26	7.950E-09		6.72E-28	
Te-125M	3.69E-04	5.840E-10	1.310E-09	1.03E-06	2.32E-06
Te-127	1.60E-12	3.870E-13	1.320E-12	2.97E-18	1.01E-17
Te-127M	1.64E-12	2.740E-07	3.180E-08	2.15E-12	2.49E-13
Te-129	8.21E-31	1.550E-14	1.870E-14	6.10E-38	7.35E-38
Te-129M	1.26E-34	2.440E-07	3.700E-08	1.47E-34	2.23E-35
Sb-124	4.22E-20	2.370E-07	2.410E-08	4.78E-20	4.87E-21
Sb-125	4.50E-02	1.780E-07	2.040E-08	3.83E-02	4.39E-03
Sb-126	4.21E-06	1.040E-07	1.330E-08	2.10E-06	2.68E-07
I-129	4.10E-03	3.550E-06	7.030E-05	6.97E-02	1.38E+00
Cs-134	6.36E-03	2.440E-07	2.330E-07	7.43E-03	7.10E-03
Cs-135	2.80E-07	5.990E-08		8.04E-08	
Cs-137	7.46E-02	1.700E-07	1.630E-07	6.07E-02	5.82E-02
Total	5.77E+01			4.76E-01	1.65E+00

표 5. 외부피폭 선량환산인자와 피폭선량

핵종	방출선원 (Ci)	외부피폭 환산인자 (mSv/sec PER pCi/m^3)	유효선량 (mSv)
Kr-85	6.21E+02	4.403E-15	3.77E-02
Total	6.21E+02		3.77E-02

표 6. 핫셀내 화재시의 최대개인 피폭선량 평가결과 및 규제치와의 비교

구 분		피폭선량 (Sv)		
		유효선량 (외부)	유효선량 (내부)	장기등가선량 (갑상선)
피폭선량 기준	원자력법 [4]	0.25	0.25	3.0
	IMEF 설계기준	2.5×10^{-3}	2.5×10^{-3}	3.0×10^{-2}
핫셀내 화재시 평가결과		3.77×10^{-5}	4.76×10^{-4}	1.65×10^{-3}

참 고 문 헌

1. 한국원자력연구소, 차세대관리 종합공정 실증시설 개념설계보고서, KAERI/TR-2092/2002, 2002
2. 황원태 외, 대덕 원자력관련시설의 운영중 방사선 환경영향평가(2002년보), 2002
3. US NRC Regulatory Guide 1.145 "Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at Nuclear Power Plant" Rev.1, 1982
4. 한국방사성동위원소협회, 과학기술부 고시 제2002-23호, "방사선방호 등에 관한 기준"