

일반인 선량한도의 감소를 반영한 따른 월성원전 유도방출기준의 계산

The Calculation of Derived Release Limit on Wolsung NPPs Based on Reduced Public Dose Limit

김희근, 김형진, 양양희, 신보균, 이범식

한국전력공사
서울시 강남구 삼성동 167

요 약

ICRP-60의 하향조정된 일반인 선량한도가 국내에서 법제화됨에 따라 이를 고려하여 중수형인 월성원자력발전소에서 방사성 핵종별로 소외로 방출 가능한 유도방출기준을 새로이 계산해 보았다. 유도방출기준은 MPC법과 시스템 분석법에 의해 계산할 수 있다. 시스템 분석법이 상당히 많은 자료를 요구하고, 복잡한 피폭경로를 고려해야 하기 때문에 본 논문에서는 하향조정된 선량한도를 반영하여 MPC으로 기체상 방사성 물질에 대한 유도방출기준을 계산하였다. 또한 이 결과에 대해 캐나다 원자력발전소등의 유도방출기준과 비교해 보았다.

Abstract

According to enactment of reduced dose limit based on ICRP-60, the calculation of derived release limits(DRL) on Wolsung NPPs was carried out. There are two methods of determination on DRL; that is MPC(Maximum Permissible Concentration) method and system analysis method. In order to use the system analysis method, lots of environmental data are necessary and complicated exposure pathway are considered. So we intend to apply MPC method that is sort of simple. In addition the calculated results were compared with derived release limit on Canadian Nuclear Power Plant.

1. 서론

원자력발전소에서는 발전소의 운전에 따라 소량이기는 하나 방사성물질의 환경방출은 불가피하다. 이에 따라 발전소 설계나 운전을 위해 발전소에서 방출 가능한 각 핵종별 제한치를 설정하고 있으며, 이들 방사성물질의 방출에 따라 일반인의 선량한도를 초과하는지 감시

와 평가를 주기적으로 실시하고 있다. 특히 중수로형 원자력 발전소는 경수로형 원자력발전소와 달리 방사성 물질을 연속 방출하기 때문에 방사성물질의 감시가 더욱 중요하다. 이에 따라 중수로형 원자력발전소에서는 방출이 예상되는 기체 및 액체 방사성 유출물에 대한 유도방출기준을 설정하고 일반인 선량한도를 초과하지 않는지 계속 감시하고 있다. 특히 여러 가지 불확실성을 고려하여 설정된 유도방출기준의 1%를 발전소에서 방출 가능한 운전목표치로 설정하여 운영중에 있다¹⁾.

1990년에 발간된 국제방사선방호위원회의 권고인 ICRP-60에서는 일반인의 선량한도를 연간 5 mSv에서 1 mSv로 낮추어 권고하였으며²⁾, 이러한 권고사항은 1998년 국내 관련법령에 반영되었다. 따라서 발전소에서 운영중에 있는 유도방출기준도 일반인 선량한도에 근거하여 설정되었기 때문에 ICRP-60의 선량한도 하향조정에 맞추어 재 설정하여야 한다.

본 논문에서는 현재 운영중에 있는 월성원전의 유도방출기준을 살펴보고 선량한도의 하향조정에 따른 유도방출기준을 재 설정해 보았다. 한편 계산된 결과에 대해서는 외국의 중수로형 원자력발전소의 유도방출기준치와도 비교하였다.

2. 유도방출기준

가. MPC 법

이 방법은 피폭대상에 대해 기설정된 최대허용농도(MPC : Maximum Permissible Concentration)를 초과하지 않도록 방사성물질의 방출을 제어하는 것이다. 이러한 농도값은 특정 환경조건을 세밀히 고찰하여 얻는 것이 아니라 광범한 피폭경로의 일반화로부터 도출되는 것이다. 따라서 식수나 공기와 같은 비교적 단순한 성질과 단일한 유형의 피폭경로에 관해서는 매우 적절한 방법이나 먹이연쇄(food chain)나 외부 피폭경로에 관한 상황을 유효하게 고려하기엔 부적절한 면이 있다³⁾. 따라서 이 방식을 이용하는 경우 Margin을 크게 잡는 것이 일반적이다. MPC법에 의한 DRL 설정방법은 공기중 및 수중에 대한 최대허용농도에 근거하여 산정한다. 계산식은 다음과 같이 간략하게 나타낼 수 있다⁴⁾.

$$DRL(air) = \frac{MPC_a}{\text{대기확산인자}}$$

$$DRL(water) = MPC_w \times \text{냉각수 방출량}$$

나. System 분석방법

이 방법은 방사성 물질이 선원(발전소)으로부터 방출되어 많은 복잡한 과정을 거쳐 인체에 피폭을 주는 모든 경로를 고려하여 계산을 하게 된다. 즉 방사성핵종이 공기중 혹은 수중으로 방출된 후 공기중 방사성 핵종의 흡입, 토양침적에 따른 외부피폭, 식물, 동물들에 전이 농축되어 최종 섭취경로까지 아주 복잡한 경로를 고려하는 것이다. 이러한 과정에는 많은 사회환경인자들이 요구되며, 또한 모든 피폭경로를 평가하는 데 내재된 복잡한 문제를 적절히 처리할 수 있는 전산프로그램이 필요하다. 하지만 이러한 복잡한 경로를 적절히 모사함으로써 각 경로별 피폭선량을 모두 계산할 수 있으며, 또한 결정경로에 대한 해석까지 가능하게 할 수가 있다. 환경내 이동모델을 간단히 도식화해 그림 1에 보였다.

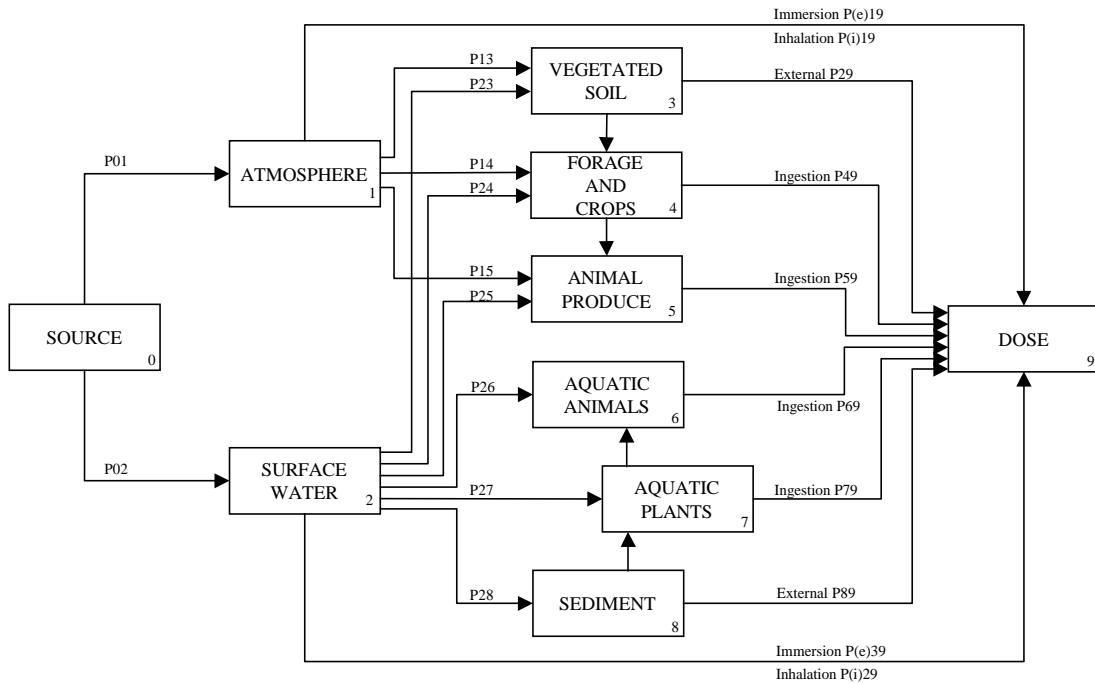


그림 1. 환경내에 이동모델

이 경우 유도방출기준은 다음과 같은 식으로 계산되어 진다.

$$\begin{aligned}
 \text{유도방출기준 (Bq/sec)} &= \frac{\text{연간선량제한치 (Sv/yr)}}{\left[\frac{X_9}{X_0(a)} \right] (\text{Sv} \cdot \text{sec} / \text{Bq} \cdot \text{yr})} \\
 &= \frac{\text{연간선량제한치 (Sv/yr)}}{\left[\frac{X_9}{X_0(w)} \right] (\text{Sv} \cdot \text{sec} / \text{Bq} \cdot \text{yr})}
 \end{aligned}$$

$X_0(a)$ = 대기로의 방출율

$X_0(w)$ = 수권(바다 또는 강)으로의 방출율

X_9 = 환경내의 이동 모델을 고려한 (Source → Dose) 방출율

3. 새로운 유도방출기준 계산

현재 월성원전의 유도방출기준(Derived Release Limits : DRL)은 ICRP-26/30에 따라 전신피폭선량 5 mSv에 근거하여 설정하여 운영중에 있다. 그러나 ICRP-60의 권고가 과기부 고시 제98-12호 “방사선량 등을 정하는 기준”으로 법제화됨에 따라 낮아진 선량한도 1 mSv를 반영할 필요가 있다.

이에 따라 새로운 유도방출기준은 MPC법을 이용하여 기존의 최대허용농도 대신에 새로운 배출관리기준값을 적용하여 계산하였다. 기체 핵종에 대한 배출관리기준은 표 1과 같다

표 1. 배기중 핵종별 배출관리기준

핵종	배출관리기준(배기중)
H-3	7E-08
C-14	3E-09
I-131	2E-10
Cs-137	4E-10
Cs-134	3E-10
Sr-90	8E-11
Sr-89	2E-09
Co-60	2E-10
Ru-106	2E-10

새로운 유도방출기준을 계산하기 위해서는 대기확산인자가 필요하다. 본 논문에서는 월성 원자력발전소 FSAR에 수록되어 있는 값과 2000년도 발간된 『월성원전주변 환경방사능 조사보고서』의 값을 사용하였으며 이를 표 2에 보였다^{5,6)}.

표 2. 대기확산인자

	월성 FSAR	'00년 환경방사능 조사보고서
대기확산인자	$8.64 \times 10^{-4} \text{ sec/m}^3$	$1.18 \times 10^{-4} \text{ sec/m}^3$

4. 유도방출기준의 비교

MPC법을 이용하여 기체상 방출핵종에 대한 유도방출기준을 계산해 보았다. 대기확산인자는 기존 FSAR에 명시된 값과 2000년 환경방사능 조사보고서에 수록된 값을 이용해 각각 계산해 보았다. 그 결과를 표 3과 그림 2에 나타내었다.

표 3. 유도방출기준 비교 결과

핵종	유도방출기준 (기존)	유도방출기준 (FSAR)	유도방출기준 ('00 보고서)
H-3	1.100E+07	2.555E+06	1.871E+07
C-14	-	1.095E+05	8.018E+05
I-131	2.190E+01	7.300E+03	5.345E+04
Cs-137	1.790E+03	1.460E+04	1.069E+05
Cs-134	5.110E+02	1.095E+04	8.018E+04
Sr-90	5.110E+01	2.920E+03	2.138E+04
Sr-89	5.110E+02	7.300E+04	5.345E+05
Co-60	3.140E+03	7.300E+03	5.345E+04
Ru-106	1.420E+03	7.300E+03	5.345E+04

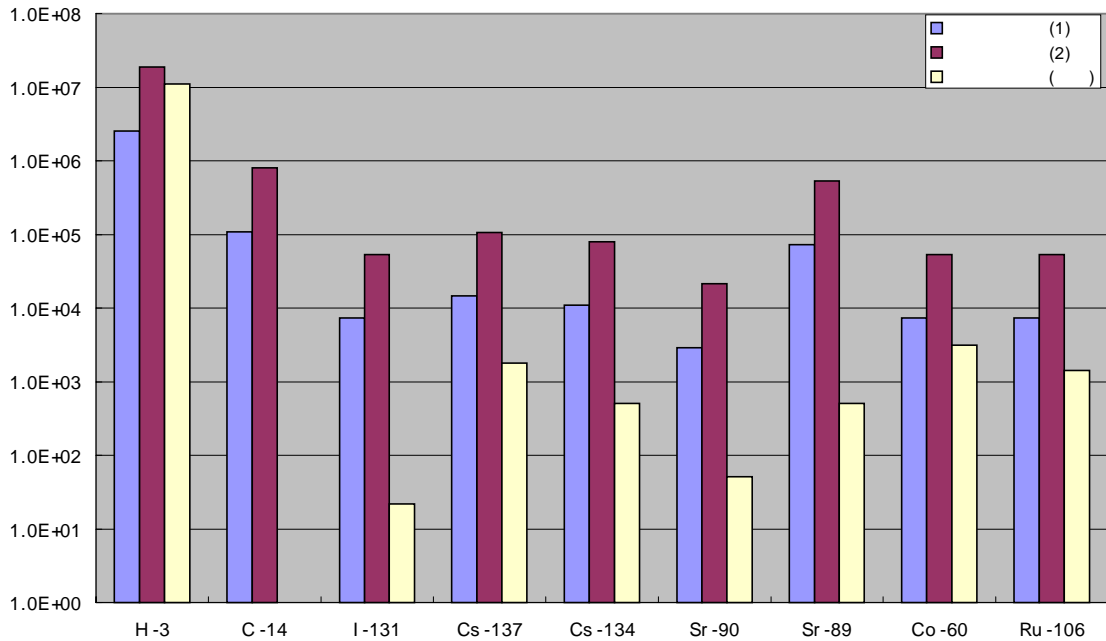


그림 2. 유도방출기준의 비교(기체)

5. 결론

국제방사선방호위원회 ICRP-60의 일반인 선량한도의 법제화는 원전운영자에게는 새로운 추가 부담이다. 즉 ICRP-60의 후속조치에 따라 일반인에 대한 최대허용농도가 현재보다 약 20% 수준으로 낮추어 배출관리기준으로 변경됨에 따라 이를 적용하여야 한다. 이에 따라 원전운영상에는 삼중수소나 C-14같은 방사성물질은 기존한도보다 많이 감소되어 연속 방출하는 중수로형 원자력발전소에는 새로운 부담이 아닐 수 없다.

월성원전에 대해 새로운 일반인 선량한도를 적용할 경우 기체상 삼중수소의 유도방출기준은 기존대비 20~30% 수준으로 감소하게 되어 발전소 운전목표도 일일 300 Ci에서 약 60~70 Ci로 줄어들게 된다. 따라서 새로운 유도방출기준의 운전목표치의 상향이나 일일 방출목표의 폐지 등 방사성물질의 유출에 관해 다각도로 검토되어야 할 것으로 판단된다. 이외에도 현재 C-14 방사성 핵종 관련해서는 별도의 유도방출기준이 설정되어 있지 않아 업무상 많은 혼란이 있어 왔으며 향후 이러한 점도 고려되어야 한다고 판단된다.

6. 참고문헌

1. 월성원자력 운영기술 지침서
2. ICRP Publication 60, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 1990
3. 환경방사능 조사방법의 표준화 제 2권, 한국에너지연구소, 1984
4. 월성원자력발전소의 유도방출기준 설정

5. 월성원자력 최종안전성 분석보고서
6. 월성원전주변 환경방사능 조사보고서, 한국전력공사, 2000
7. 과학기술부 고시 제98-12호 “방사선량등을 정하는 기준” 과학기술부, 1998
8. 장시영, 이병수, 선량환산계수의 변경과 규제영향, 한국원자력안전기술원, 1999