

국내 내부피폭방사선량 평가 상호비교

이종일 · 김장렬 · 김봉환
한국원자력연구원
E-mail: jilee2@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 내부선량평가, 선량평가인자, 평가문제, 상호비교, 조화성,

서 론

방사선작업종사자의 방사성핵종 섭취량은 체내방사능 또는 체외배설물중 방사능 측정값을 해당 방사성핵종의 섭취 후 경과시간에 따른 체내잔류분율 또는 일일배설분율로 나누어 구할 수 있고, 예탁유효선량은 방사성핵종 섭취량에 단위 방사능 섭취당 예탁유효선량 환산계수($Sv \cdot Bq^{-1}$)를 곱하여 구한다. 그런데 이러한 체내잔류분율 및 일일배설분율 그리고 예탁유효선량 환산계수는 방사성핵종의 섭취경로, 흡수형태, 소화흡수율 및 방사능입자크기(AMAD)와 같은 내부선량평가인자에 따라 다르다. 그러므로 체내방사능 또는 체외배설물중 방사능 측정값이 동일하더라도 적용되는 내부선량평가인자에 따라 방사성핵종의 섭취량 및 예탁유효선량 평가결과가 달라질 수 있다. 특히 내부선량평가인자가 불확실한 경우에는 평가자에 따라 내부선량 평가결과의 차이가 발생할 수 있다.

국제원자력기구(IAEA)가 이러한 내부선량 평가결과의 조화성을 알아보기 위해 국제 내부선량평가 상호비교를 수행한 결과, 상호비교 참가자 간에 내부선량 평가결과가 많은 차이를 보여 내부선량 평가의 조화성에 대한 중요성이 더욱 부각되었다[1]. 이에 IAEA는 국제적인 내부선량평가 지침(안)을 제시하였고, 국제방사선방호위원회(ICRP)에서도 이 지침의 상당부분을 수용하여 바이오어세이 측정자료 해석 지침(안)을[2] 제시하였다.

국내에도 원자력발전소를 비롯하여 다수의 원자력 시설로 인한 내부피폭의 가능성이 있고, 이에 대한 내

부피폭관리를 수행하고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 내부선량 평가자들에 의한 내부선량평가 결과의 조화성을 알아보기 위해 국내 내부선량평가 상호비교를 수행하여 내부선량 평가결과를 분석하였다.

재료 및 방법

국내 여러 원자력기관에 ‘국내 내부선량평가 상호비교 프로그램’ 참여를 요청하여 한수원 원자력발전소(영광, 고리, 울진)와 방사선보건연구원 및 원자력의학원(비상진료센터)에서 총 7명의 내부선량평가 담당자가 참가하였다. 참가자에게 한국원자력연구원에서 개발한 내부선량평가 문제와 답안제출서를 제공하고, 1개월 후에 답안제출서를 회수하여 평가결과를 분석하였다. 평가결과에서 오타, 덧셈 및 단위 실수와 같은 단순 오류가 있는 경우에는 바로 정정하였다.

문제는 크게 세 문제로 각 문제마다 세 문항씩 모두 아홉 문항을 제시하였고, 각 문제의 내용을 요약하면 다음과 같으며, 각 경우에 대한 방사성핵종의 섭취량 및 그로 인한 예탁유효선량을 평가하도록 하였다. 참고로 문제에서 ‘기타 정보’에 측정결과도 포함된다.

- [문제 1-1] 1월 6일 ^{90}Sr (Type S) 호흡섭취
1월 7일 ^{90}Sr 소변방사능 $100 \text{ Bq/d} \pm 30\%$
AMAD는 모름
- [문제 1-2] 1월 6일 외에 1월 1일부터 5일까지 작업
1월 14일 ^{90}Sr 소변방사능 $11 \text{ Bq/d} \pm 30\%$
기타 정보는 [문제 1-1]과 동일
- [문제 1-3] 12월 31일 ^{90}Sr 소변방사능 $0.89 \text{ Bq/d} \pm 30\%$
기타 정보는 [문제 1-1], [문제 1-2]와 동일

- [문제 2-1] 1월 2일 ^{60}Co 호흡섭취 (측정오차 20%)
1월 5일 전신방사능 10^5 Bq
 ^{60}Co 의 AMAD는 $1\ \mu\text{m}$, 흡수형태 모름
- [문제 2-2] 1월 5일 이후 계속 ^{60}Co 관련 작업 수행
12월 13일 ^{60}Co 전신방사능 30,212 Bq
기타 정보는 [문제 2-1]과 동일
- [문제 2-3] ^{60}Co 의 AMAD 및 흡수형태 모름
1월 5일 이후 방사선작업 안함
기타 정보는 [문제 2-1], [문제 2-2]와 동일
- [문제 3-1] 1월 1일 ^{60}Co 오염 (코 속이 입 속의 2배)
 ^{60}Co 의 흡수형태 및 AMAD 모름
체외제염후 1월 2일 전신방사능 703 kBq $\pm 20\%$
- [문제 3-2] ^{60}Co 는 질산화합물로서 AMAD는 $1\ \mu\text{m}$
1월 2일 ^{60}Co 의 소변방사능 9,874 Bq/d $\pm 30\%$
기타 정보는 [문제 3-1]과 동일
- [문제 3-3] 1월 1일 체내오염시 코/입 방사능 측정안함
1월 1일 사고 이후 밀봉선원만 취급
 ^{60}Co 의 흡수형태 및 AMAD 모름
1월 3일 ^{60}Co 전신방사능 390 kBq $\pm 20\%$
12월 17일 ^{60}Co 전신방사능 50.4 kBq $\pm 30\%$

본 문제의 취지는 방사성핵종 섭취량 및 예탁유효선량 평가에 있어서 핵종의 AMAD, 흡수형태, 섭취경로 및 섭취시점이 불확실한 경우에 ICRP에서 제시한 기본 선량평가인자를 잘 적용하는지와 측정자료가 복수인 경우에 피팅결과를 잘 활용하는지 그리고 적절한 선량평가모델(호흡기, 소화기, 대사) 및 전산코드를 이용하는지를 알아보고 종합적으로 내부선량 평가 결과의 조화성을 가늠해 보는 것이다.

결과 및 고찰

참가자가 사용한 내부선량평가 전산코드는 IMBA[3] 또는 KIDAC(한수원자체평가코드)이었고, 참가자 모두 내부선량평가인자가 불확실한 경우에 ICRP의 기본 인자를 잘 적용하였으며, 1명을 제외한 참가자 모두 적절한 선량평가모델을 이용한 것으로 나타났다. 다만, 측정자료가 복수인 경우 일부 참가자는 피팅결과를 활용하지 않았거나, 제대로 활용하지 못한 것으로 나타났다. 국내 내부선량평가 상호비교 문제에 대해서 참가자 7

명이 제출한 내부선량평가 결과를 분석하여 표 1에 나타내었다.

표 1. 국내 내부선량평가 상호비교 분석결과(mSv)

문제 항목	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3
N(참가수)	6	6	6	7	7	7	7	7	7
GM	0.972	3.10	7.28	5.92	10.3	10.9	6.14	32.6	30.0
GSD	53.7	36.3	7.65	1.00	1.54	2.20	1.80	2.42	2.29
AM	6.39	11.5	15.6	5.92	11.1	13.7	7.09	44.0	39.1
ASD	4.88	6.34	12.6	5.35×10^{-3}	4.90	8.81	4.00	34.9	29.3
Minimum	5.59×10^{-4}	2.06×10^{-3}	0.132	5.91	6.03	4.68	3.36	7.05	10.4
Maximum	9.54	17.3	31.2	5.92	17.8	25.9	13.7	93.7	93.7

(주) GM(기하평균), AM(산술평균), GSD(기하표준편차), ASD(산술표준편차)

각 문제별 평가결과와 기하평균에 대한 각 평가결과와의 비의 분포는 $5.75 \times 10^{-4} \sim 9.81$ 로 나타났다. 이와 같이 평가결과와의 분포 차이가 큰 것은 일부 참가자가 [문제 1]에서 주어진 ^{90}Sr 의 흡수형태를 잘못 적용하였거나 선량평가모델을 방사선작업종사자가 아닌 일반인에 대한 것으로 잘못 적용하였기 때문에 발생한 것으로, 이와 관련된 평가결과를 제외시킨 경우에는 평가결과와의 기하평균에 대한 각 평가결과와의 비가 0.216 ~ 3.12의 분포를 보였다.

결론

이번에 수행된 국내 내부피폭방사선량 평가 상호비교는 국내 원자력기관을 대상으로 처음 실시되었다는데 큰 의미가 있다. 평가결과 일부 평가결과를 제외하면 국내 내부선량평가의 조화성이 국제 내부선량평가의 조화성보다 크게 뒤쳐지지는 않으나 국제 기준에 맞는 국내 내부선량평가 지침을 마련하여 한층 더 내부선량평가의 조화성을 제고시킬 필요가 있다.

참고 문헌

1. IAEA, Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment, (2007).
2. ICRP, Draft Guidance Document on Interpretation of Bioassay Data, (2006).
3. NRPB, IMBA Ver 3.0 code: Integrated Modules for Bioassay Analysis Software, (2003).