

파이로 폐기물 처분 안전성에서 I-129의 영향

강철형, 정종태

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

chkang@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원 (KAERI) 에서 고려하고 있는 Pyro-Process는 크게 환원 공정과 전기정련 공정으로 나누어지며, 이들 공정을 통하여 다양한 종류의 폐기물이 발생된다. Pyro-Process는 크게 환원 공정과 전기정련 공정으로 나누어지며, 이들 공정을 통하여 다양한 종류의 폐기물이 발생된다. 현재 이들 파이로 폐기물에 대하여 고려하고 있는 개념에 따르면 금속 폐기물과 고준위폐기물의 경우는 처분을 하고 Cs, Sr 등의 고열량 폐기물은 열량이 충분히 낮아질 때까지 보관을 하며 I-129를 포함한 폐기물의 경우는 추후 고속로나 소멸로에서 소멸 처리하는 것을 고려하고 있다.

후행핵주기 연구에서 I-129는 긴 반감기와 매우 낮은 흡착성 때문에 중요하게 고려된다. 본 논문에서는 처분 관점에서 I-129의 중요성을 평가하여 보고자 한다.

2. 평가 방법

한국원자력연구원에서 각기 다른 종류의 폐기물을 처분하기 위한 시스템인 선진핵연료주기 폐기물 처분 시스템 (A-KRS) 개념을 개발하고 Goldsim [1]을 이용하여 선진핵연료주기 처분 안전성 평가 프로그램을 개발하였다 (Fig. 1).

폐기물 선원향 평가를 위하여 기준 사용후핵연료 (PWR 4.5 wt% U-235, 45,000 MWD/MTU, 5 years cooling)를 가정하고 이 기준 사용후핵연료로 pyro-process 공정을 거쳤을 때 나오는 폐기물의 양을 계산하였다 [2-4]. I-129는 용해도가 크고 흡착이 거의 되지 않으며 반감기가 1.59×10^9 년으로 장반감기 핵종의 하나이다. 따라서 I-129의 경우는 처분안전성 평가 기간의 초기부터 후반부까지 가장 중요한 영향을 미친다. 본 논문에서는 A-KRS 시스템에 처분되는 파이로 폐기물의 처분 안전성에서 소멸 처리 계획인 I-129의 영향을 평가하여 보았다. 이를 위하여 I-129은 세라믹 고준위 폐기물과 함께 처분한다고 가정하였다.

GoldSim Model

A Deterministic and Probabilistic
TSPA Model for A-KRS 2B10
Integrated Safety Assessment Group, KAERI

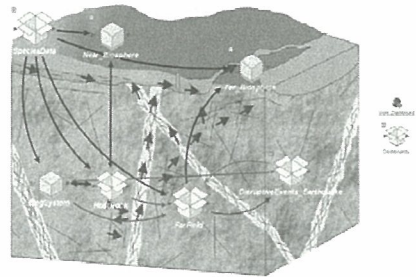


Fig. 1. GoldSom으로 개발한 처분 안전성 평가 시스템.

3. 평가 결과 및 토의

선진핵연료주기 처분 안전성 평가 프로그램은 Goldsim [1]을 이용하여 개발되었으며 복잡한 처분시스템을 평가할 수 있도록 되어 있다 [2]. 즉 각기 다른 형태의 여러 종류의 폐기물을 다양한 방법으로 처분하는 A-KRS를 평가할 수 있도록 설계되었다 (그림 1과 2 참조).

처분 안전성평가를 위하여 기준 사용후핵연료 (PWR 4.5 wt% U-235, 45,000 MWD/MTU, 5 years cooling)를 가정하고 이 기준 사용후핵연료로 pyro-process 공정을 거쳤을 때 나오는 폐기물의 양을 계산하였다 [2-4].

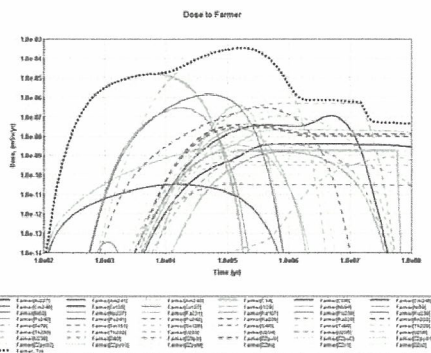


Fig. 2. Annual Individual Dose from Pyro-Process Waster.

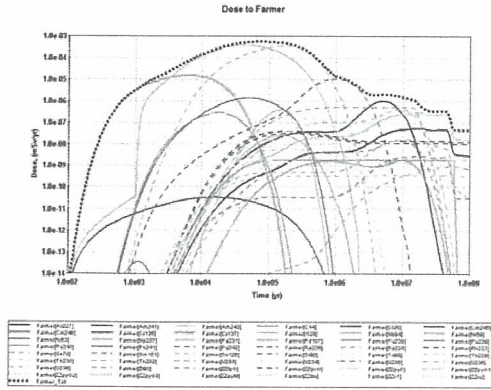


Fig. 3. Annual Individual Dose from Pyro-Process Waste and I-129.

그림 2는 처분 용기의 수명을 금속 폐기물은 100년, 세라믹 고준위 위폐기물은 1,000년, 폐기물 고화체의 유출율을 10^{-5} 1/yr로 가정하였을 경우 현재 개념에 따라 고준위 폐기물과 금속 폐기물을 A-KRS에 처분할 경우 안전성평가 결과이다.

그림 3의 경우는 I-129을 소멸 처리하지 않고 고준위폐기물 및 금속 폐기물과 함께 처분하는 경우의 안전성 평가 결과이다. 그림 2와는 달리 I-129 때문에 1,000년부터 10,000년까지 선량값에 변화가 있으며 선량의 최대치는 높아지며 최대치에 이르는 시간이 빨라진다. 영향이 매우 크게 나타난다. 그러나 I-129를 같이 처분하여도 선량의 최대값은 규제치보다는 매우 적음을 알 수 있다.

그림 4는 I-129을 소멸 처리할 경우 DF (Decontamination Factor)에 따른 처분 안전성 평가 결과를 보여 준다. DF는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Decontamination Factor} = \frac{\text{mass of nuclide in feed}}{\text{mass of nuclide in waste}}$$

DF=0의 경우는 소멸을 하지 않는 경우로 그림 3의 결과와 같으며 DF=∞는 I-129을 100% 소멸하는 경우로 그림 2의 결과와 같아진다. DF가 5이상만 되면 I-129의 존재가 처분안전성에 미치는 영향은 거의 없다고 할 수 있다.

I-129이 처분 안전성에 영향을 주지만 규제치는 충분히 만족시킴을 확인할 수 있다. 또한 I-129을 소멸할 경우에도 DF를 5~10 정도만 된다면 충분한 효과를 얻을 수 있다. 처분 관점에서 보면 I-129은 주요핵종이나 문제 핵종은 아니라고 말할 수 있다.

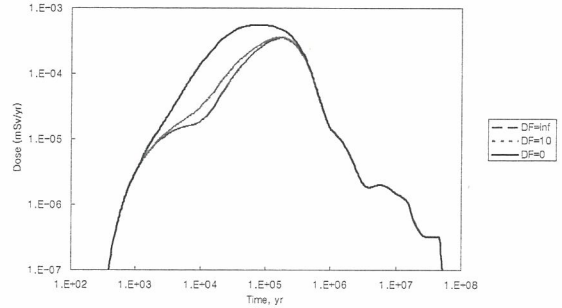


Fig. 4. Annual Individual Dose from Pyro-Process Waste and Transmutation of I-129.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었음.

5. 참고문헌

- [1] Goldsim, Goldsim Contaminant Transport Module, User's Guide, Goldsim Technology Group, 2006.
- [2] Y. Hwang and C. H. Kang, "The Development of a Safety Assessment Approach and its Implication on the Advanced Nuclear Fuel Cycle," NET, 42 [1], 2010.
- [3] 강철형, "선진핵연료주기 폐기물 처분안전성 평가," 한국방사성폐기물학회, 2009년 춘계학술발표회 논문요약집, 2009.
- [4] 강철형, "A-KRS에 처분한 파이로 폐기물의 처분 안전성 평가 민감도 분석," 한국방사성폐기물학회, 2010년 추계학술발표회 논문요약집, 2010.