

사용후핵연료의 경제적 가치분석

고원일, 권은하, 송대용, 장홍래, 정창준, 윤지섭

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150번지)

nwiko@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력발전 후 발생하는 경수로(PWR) 사용후핵연료(SF)에는 96%의 우라늄과 약 1%의 플루토늄(Pu), 그리고 3%의 핵분열생성물이 포함되어 있다. 이러한 사용후핵연료는 국가의 원자력정책에 따라 폐기대상으로서 처분되기도 하고, 혹은 미래의 기술에너지 자원으로 재사용되기도 한다. 사용후핵연료 국가정책을 수립하기 위해서는 사용후핵연료를 폐기물로 볼 것인가 혹은 자원으로 볼 것인가 그 성격을 규명하는 작업이 우선되어야 하며, 이를 위하여 사용후핵연료의 실제 가치가 어느 정도인지 분석해 볼 필요가 있다. 사용후핵연료의 가치는 경제적·정치적·사회적 측면을 종합적으로 고려하여 판명해야 하나, 여기서는 경제적 가치에 대하여만 살펴보았다.

2. 계산 방법

경제적 측면에서의 사용후핵연료의 가치는 그 속에 포함되어 있는 플루토늄과 우라늄의 경제적 가치와 동일한 의미로 해석될 수 있다. 사용후핵연료를 재사용하는 경우, 사용후핵연료 처리비용·MOX 핵연료 제조비용·HLW 처분비용·고방열핵종(Cs&Sr) 장기보관비용이 지불되며, 동시에 사용후핵연료 처분비용 절감에 따른 이득·제조된 MOX 핵연료의 가치·회수된 우라늄의 가치에 대한 이득이 발생한다.

$$\boxed{\text{사용후 핵연료 가치}} = \boxed{\text{Pu 핵연료 가치}} + \boxed{\text{회수 우라늄 가치}} - \boxed{\text{SF 처리 비용}} - \boxed{\text{MOX* 핵연료 제조 비용}} - \boxed{\text{HLW 처분 비용}} - \boxed{\text{고방열 핵종 보관 비용}} + \boxed{\text{SF 처분 Credit}}$$

반면, 사용후핵연료를 재사용하지 않고 직접처분하는 경우에는 사용후핵연료의 처분비용이 지불된다. 한편, MOX 핵연료의 가치는 같은 양의 전력을 생산하는 우라늄핵연료의 가치(우라늄구입비 + 변환비 + 농축비 + 제조비)와 동일하다. 따라서, 우라늄 가격이 상승하면 MOX 핵연료의 가치도 상승하게 된다.

3. 사용후핵연료의 경제적 가치 계산

2100년까지 발생하는 사용후핵연료 7만톤(직접처분주기일 때 국내에서 발생하는 경수로 사용후핵연료의 총량)의 경제적 가치를 계산하였다. 연소도 50,000 MWd/tU, 초기농축도 4.3%의 핵연료를 사용했을 때 발생하는 경수로 사용후핵연료에는 약 1.15%의 플루토늄이 함유되어 있는데, 이는 약 16,240톤의 MOX 핵연료를 만들 수 있는 양이다. 이러한 MOX 핵연료의 가치는 같은 양의 전력을 생산하는 우라늄핵연료의 가치와 동일하다. 천연우라늄의 가격 195\$/kgU (2007년 10월 2일 현재 현물시장가격[1]), 변환단가 7\$/kg, 농축단가 112\$/SWU, 제조단가 250\$/kg을 가정하여 계산할 경우, 우라늄핵연료의 가치는 약 468 억 달러로 추산된다. 또한, 우라늄의 가격이 상승하면 회수우라늄의 가치도 상승하는데, 사용후핵연료에서 회수되는 우라늄은 66,583톤으로서 이

중 15,428톤을 MOX 핵연료 제조에 사용한다. 나머지 우라늄의 가치는 우라늄 구입비용·변환 및 농축비용(1.03%로 농축)을 반영하여 계산할 경우에 약 137 억 달러이다.

위의 MOX 핵연료와 회수우라늄의 가치에서 사용후핵연료 처리비용·MOX 핵연료 제조비용·HLW 처분비용·고방열핵종(Cs&Sr)의 장기보관비용을 빼고, 사용후핵연료를 직접처분할 경우 지불하는 처분비용을 더하면 사용후핵연료의 실제 경제적 가치가 된다. 이러한 방법을 사용하여 계산한 결과, 2100년까지 우리나라에서 발생하는 경수로 사용후핵연료 7만톤의 경제적 가치는 약 7.6 조원으로 계산되었다.

표 1. 사용후핵연료의 경제적 가치에 대한 민감도

우라늄 가격 (\$/kgU)	사용후핵연료 가치(조원)
50	-21.4
100	-11.4
150	-1.4
200	8.6
250	18.6
300	28.5
350	38.5

이러한 사용후핵연료의 가치는 우라늄 가격에 의하여 크게 좌우된다. 즉, 우라늄 가격이 160\$/kgU 이상일 경우에 사용후핵연료의 경제적 가치가 발생하고 있는데, 우라늄 가격이 300\$/kgU에 이르면 사용후핵연료 7만톤의 가치는 약 29 조원까지 상승한다.

한편, 사용후핵연료 7만톤을 처리하여 플루토늄을 추출하고 이를 핵연료로 만드는 경우에 약 16,000톤의 MOX 핵연료를 생산할 수 있다. 이는 현재 우리나라에서 운영하고 있는 16기의 경수로에서의 연간 필요량이 280톤임을 감안할 때, 약 57년간 사용할 수 있는 양으로 분석되었다.

4. 결론

최근 들어, 우라늄 가격이 꾸준히 상승하고 있다. 더구나, 전 세계적으로 고유가 행진이 계속 되고, 중국·인도를 중심으로 한 세계 여러 나라가 원자력 확대정책을 펼치고 있음을 고려해 볼 때, 과거 1990년대의 낮은 우라늄 가격이 유지되기는 어려울 것으로 보인다. 이러한 상황에서, 사용후핵연료는 천연자원이 부족한 우리나라에서 자원으로서의 경제적 가치를 충분히 지닌다 할 것이다. 향후 좀 더 정확한 경제적 가치평가를 위해서는 MOX 핵연료 제조비용·HLW 처분비용·고방열핵종(Cs&Sr) 장기보관비용 등 불확실성이 많은 분야에 대한 엔지니어링 자료 생산이 필요 할 것으로 보인다.

참고자료

[1] Ux Consulting Company, <http://www.uxc.com/>