

후행 핵연료주기 시나리오 평가를 위한 AHP 적용 연구

김형준, 조천형, 이경구

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

khjoon@khnp.co.kr

1. 서론

후행 핵연료주기 시나리오 평가는 기술성과 경제성을 포함한 여러 가지 평가 인자가 복잡하게 혼재되어 있는 대표적인 다기준 의사결정(multi-criteria decision making) 문제에 속한다. 따라서 적정 후행 핵연료주기 시나리오 선정을 위해서는 특별한 의사결정기법의 적용이 필요하다. 본 연구에서는 기술성과 경제성, 에너지안보, 국내외 수용성 등 여러 가지 평가기준에 비추어 볼 때 어떤 시나리오가 어느 정도의 우선순위를 갖고 있는지를 평가하기 위한 여러 가지 방법 중 대표적인 다기준 의사결정기법의 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 적용해 보고자 한다.

2. AHP 적용 절차

AHP를 이용하여 문제를 해결하고자 하는 경우에는 보통 다음과 같은 4단계의 과정을 거친다.

[단계 1] 의사결정문제를 계층구조로 변환 : 이 단계는 주어진 의사결정문제를 상호 관련된 의사결정요소들로 분해하여 계층구조로 만드는 과정이다. 최상위 계층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목표가 놓여지고, 최하위 계층에는 선택의 대상인 대안들로 구성된다.

[단계 2] 쌍별 비교 수행 : 이 단계에서는 상위의 평가기준 관점에서 하위의 평가기준의 상대적 중요도를 비교한다. AHP에서는 평가기준들을 2개씩 쌍별로 비교하는 방식을 취한다. 쌍별 비교는 9점 척도가 사용된다.

[단계 3] 평가기준의 가중치 계산 : 쌍별 비교를 통해 평가한 점수를 이용하여 n개의 평가기준에 대한 중요도 $w(1)$, $w(2)$, ..., $w(n)$ 을 다음과 같이 고유치 방식(eigenvalue method)을 이용하여 계산하는 단계이다.

$$A \times W = \lambda(\max) \times W$$

여기서 A는 쌍별 비교의 결과로 얻어진 값을 정방행렬로 나타낸 것이며, $\lambda(\max)$ 는 행렬 A의 최대 고유치(maximum eigenvalue), W는 고유벡터(eigenvector)이다.

[단계 4] 대안의 우선순위 계산 : 이 단계에서는 아래와 같은 방법으로 대안들의 종합 가중치를 구하는 단계이다.

$$W(i) = \sum w(j) \times u(i,j)$$

여기서 W(i)는 i 번째 대안의 종합가중치이고, w(j)는 평가 기준 j의 상대적 가중치, 그리고 u(i,j)는 평가 기준 j에 대한 i 번째 평가 대안의 가중치를 말한다.

3. 적용 사례

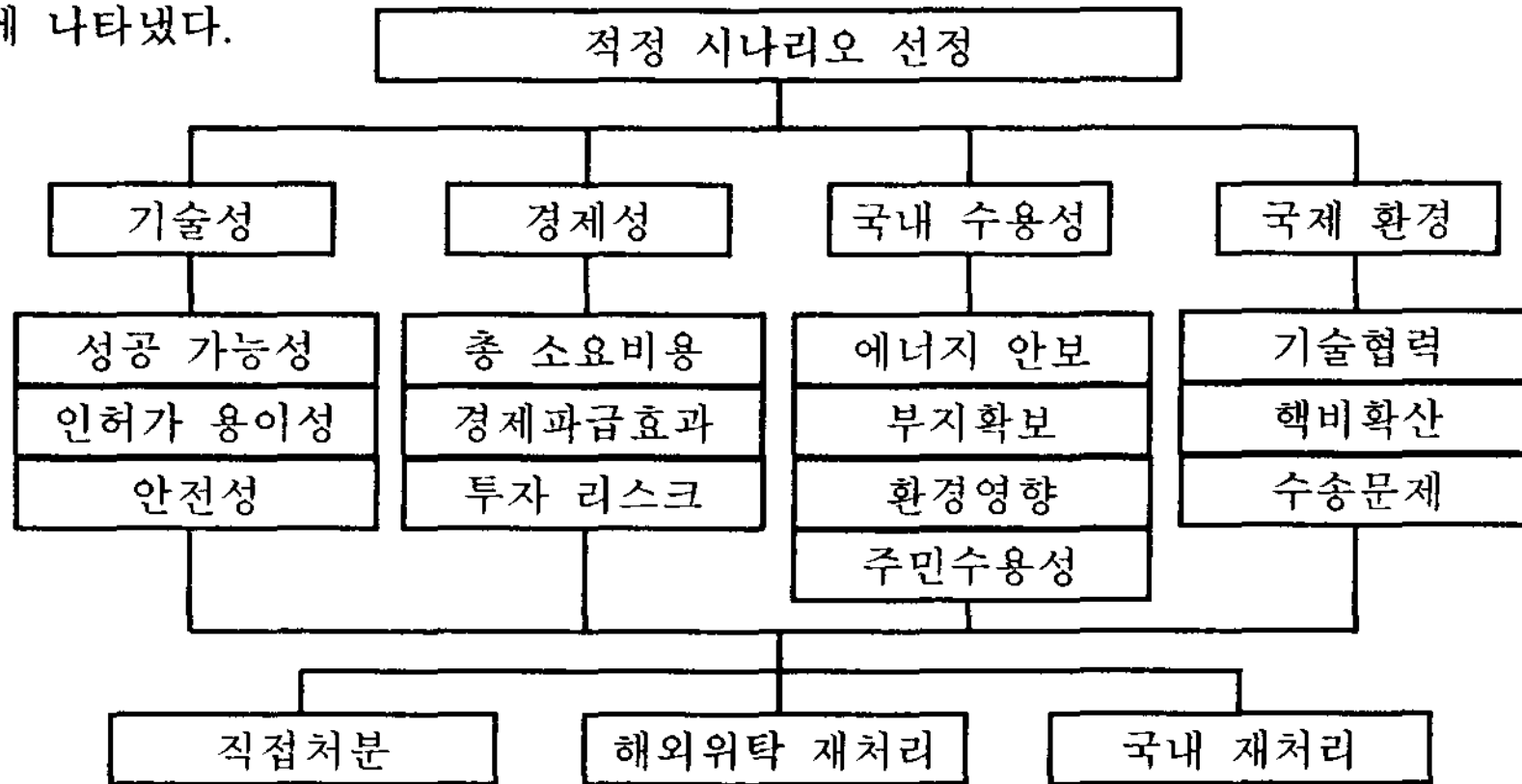
(1) 평가 기준 및 시나리오 작성

국내 실정에 적합한 후행 핵연료주기 시나리오 선정이라는 의사결정을 위해 본 연구에서는 기술성, 경제성, 국내 수용성, 국제 환경 등 4가지 평가 기준을 설정하였다. 그리고 기술성의 하위 평가 기준으로는 기술적 성공 가능성, 인허가 용이성, 안전성 등 3가지를 설정하였다. 경제성의 하위 평가 기준으로는 총 소요비용, 경제과급효과, 투자 risk 등 3가지를 설정하였다. 국내 수용성의 하위 기준으로는 에너지 안보, 부지확보, 환경영향, 주민 수용성 등 4가지를 설정하였다. 국제 환경의 하위 평가 기준으로는 기술협력, 핵비확산, 수송문제 등 3가지를 설정하였다.

평가대안으로는 사용후연료 직접처분 시나리오, 해외위탁 재처리, 국내 재처리 등 3가지를 설정하였다.

(2) 의사결정 계층도 작성

도출된 평가기준 및 평가대안을 기초로 하여 AHP의 의사결정 계층도를 작성하였으며, 이를 <그림 1>에 나타냈다.



<그림 1> 적정 시나리오 선정을 위한 계층구조

(3) 평가 및 결과

평가 기준 및 대안의 상대적 중요도를 측정하기 위하여 후행 핵연료주기 분야 전문가 7인에게 의뢰하여 쌍별 비교를 수행하고, 그 값을 AHP 계산과정에 의해 가중치로 환산하였다.(표 1 참조)

<표 1> AHP에 의한 종합평가 결과

평가 기준(C _i)과 평가 대안(A _i)의 가중치 계산 결과														W _i	P _i
	C ₁ =0.223			C ₂ =0.083			C ₃ =0.273			C ₄ =0.420					
	0.213	0.04	0.713	0.417	0.317	0.263	0.093	0.423	0.180	0.297	0.177	0.610	0.217		
A ₁	0.367	0.183	0.153	0.520	0.363	0.567	0.090	0.130	0.127	0.277	0.497	0.793	0.593	0/387	2
A ₂	0.587	0.710	0.743	0.347	0.240	0.370	0.410	0.817	0.767	0.627	0.557	0.173	0.313	0.441	1
A ₃	0.050	0.103	0.103	0.130	0.397	0.067	0.500	0.053	0.107	0.097	0.047	0.037	0.090	0.172	3

여기서 C₁=기술성, C₁₁=기술적 성공 가능성, C₁₂=인허가 용이성, C₁₃=기술적 안전성, C₂=경제성, C₂₁=총 소요비용, C₂₂=경제과급효과, C₂₃=투자 risk, C₃=국내 수용성, C₃₁=에너지 안보, C₃₂=부지 확보, C₃₃=환경영향, C₃₄=주민 수용성, C₄=국제 환경, C₄₁=기술협력, C₄₂=핵비확산, C₄₃=수송문제, A₁=직접처분, A₂=해외위탁 재처리(프랑스 UP3 기준), A₃=국내 재처리(Pyro 기술), W_i=대안 i의 종합 가중치, P_i=대안 i의 우선순위를 의미한다.

4. 결론

국내 상황에 적합한 후행 핵연료주기 시나리오를 선정하기 위한 여러 가지 방법 중 대표적 다기준 의사결정 기법의 하나인 AHP를 적용하는 방법과 절차에 대하여 알아보았다.

한편 AHP 적용 방법 및 절차의 사례로서, 후행 핵연료주기 분야 전문가 7인에게 평가 기준 및 평가 대안에 대해 쌍별 비교를 행하게 한 후, 가중치를 산정 및 종합한 결과 직접처분이 0.387, 해외위탁 재처리 0.441, 국내 재처리 0.172으로 계산되어 현재 국내의 상황에서는 해외위탁 재처리 시나리오가 적절한 것으로 평가되었다.