

원자력발전소 운영 관련 연구개발 우선 순위 설정 모형

R&D Priority Model for Nuclear Power Utility Company

신영균 최기련 장한수 *강병국 *김용진 **권중주

아주대학교 *한국수력원자력(주) **한국전력공사 전력연구원

1. 서론

전력산업 구조개편 이후 우리 나라의 발전시장이 경쟁체제로 전환됨에 따라 원자력발전 사업의 경영 환경이 급변하고 있다. 전력의 안정적 공급이라는 정부 정책 하에 일관되게 추진되어 오던 원자력발전 사업은 원자력 고유의 공공에 대한 안전성을 확보하는 것 이외에도 타 발전원과의 경쟁에서 수익을 창출해야 하는 한편 국가 기간산업으로서의 공공성을 유지하며 국내 원자력 관련 기술 개발을 선도해야 하는 위치로 그 위상이 전환되어야 할 시점에 와 있다. 이러한 배경 하에 본 연구는 안전성, 경제성 측면에서 원자력발전 효율을 증진하기 위해서 연구개발의 우선 순위 평가 모델을 개발하고 관련 기술을 체계화하고 상대적 우선 순위를 설정할 목적으로 수행되었다.

2. 연구 방법론

AHP는 1976년에 Saaty[1]가 제안한 이후로 의사결정 과정에 많이 응용되어 왔다. AHP는 기술의 상대적 중요도를 명확히 평가할 수 있는 기법으로 활용되고 있지만 평가 대상 대안의 수가 증가하면 설문 항목의 수가 기하급수적으로 증가하는 단점을 안고 있어서 수 백 개에 달하는 기술 모두에 대해서 일일이 설문 조사를 하는 것은 불가능하다. 그러나 각 기술들을 특성별로 기술군으로 분류하여 이들 기술군에 대해서 설문을 실시하면 설문 항목의 수를 대폭 감소시킬 수 있어 이 문제를 어느 정도 해결할 수 있다. 또한, AHP 기법에서는 일정한 척도를 부여하여 설문응답자들이 이러한 척도 내에서만 답을 하도록 하기 때문에 설문 응답자에 의한 주관적 편향성을 방지하고 객관성을 높일 수가 있다.

우선 현장 설문조사 결과를 분석하여 각 기술의 상대적 정량적 우선 순위를 체계적으로 서열화 하기 위하여 Analytical Hierarchy Process를 (이하 AHP : 분석적계층화 과정) 채택하였다. 그 다음에 우리 나라의 원전기술 자립 과정에서 국내에서 작성된 자료들을 토대로 원전운영기술 위주로 대분류, 중분류, 소분류, 세분류로 기술체계를 수립하였다. AHP 설문지는 경영전략 측면의 중요도, 기술특성 측면의 중요도를 정량적으로 분석할 수 있도록 개발하여 원전 현장을 주 대상으로 배포하고 응답 결과를 분석하여 기술분류체계 내 각 기술의 중요도를 분류 수준별로 부여하고 우선 순위를 매겼다. 마지막으로 AHP 설문조사의 신뢰성을 CR과 (일관성 비율 : Consistency Ratio) 현장 브레인스토밍 결과와의 상관성을 분석하여 검증하였다.

3. 기술 체계 구축 (계층 구조화)

기술체계는 기술 내용에 따라 분류하거나 응용 목적에 따라 분류한다. 전자의 경우는 기술적 원리나 학문 분야에 따라서 분류하며 (seed based) 특정 제품이나 서비스의 실제 개발 계획 수립 과정에서 만들어진다. 후자의 경우는 기술을 응용하는 업무의 종류에 따라서 분류하는데 (need based) 주로 기업 차원의 연구개발 투자 전략 기획을 위해서 만들어진다.[11] 다시 말하자면 응용목적 기반의 기술체계는 기업이나 연구기관, 광의로는 국가 차원의 연구개발 전략기

획 과정에서 필요하며 이러한 기획 결과에 의거한 실제 제품이나 서비스 개발 차원에서는 기술내용 기반의 기술체계가 필요한 것이다. 본 연구는 어떤 특정 제품, 서비스를 개발하기 위한 정책 연구가 아니다. 본 연구의 목표는 원전 운영에서 필요한 요소기술들의 전략적 가치와 중요도를 평가하여 연구개발 전략기획에 필요한 기반 참고 자료를 작성하는 것이다. 즉, 수요건인형 기술기획에 활용할 기반 자료를 평가하는 작업이므로 응용목적 기반의 기술체계를 필요로 한다. 기존 기술체계를 검토한 결과 분류 수준별 항목들의 속성과 그 경중에 일관성이나 유사성이 부족하여 이들을 토대로 기술체계를 축조하기에는 다음과 같은 취약점을 지니고 있음이 관찰되었다. [2][4][10][12][14][15][16][17][18][19][20][21]. 즉, 각 분류 수준이 지니는 전략적 가치를 공정하게 평가하기 위해서는 동일한 평가기준을 적용해야 하고 이를 위해서는 각 분류 수준이 동일한 속성을 지녀야 하나 기존의 자료를 검토해 본 결과 같은 분류 수준에서 특정 사업, 기술 분야, 발전소 역무, 하드웨어 등 여러 속성이 동시에 나타나는 경우가 관찰되었다. 동일 분류 수준 내에서 각 항목이 지니는 중요도를 평가하려면 각 항목들은 상호 비교가 용이할 정도의 유사한 수준을 지녀야 한다. 기존의 자료를 검토해 본 결과 규모나 속성 면에서 부적절한 분류 수준에 배치한 경우가 관찰되었다. (예 : 대분류 수준인 “방사성폐기물 관리”를 하위 수준으로 분류한 경우) 또한, 기술체계 내 각 요소들은 용어는 다르지만 그 내용 면에서 중복되는 성질을 지닐 수가 있음에 유의하여 이를 사전에 방지할 필요가 있었다. 본 연구에서는 연구자의 경험에 의존하여 원전운영기술체계 초안을 과거 연구개발 기획 과정 문서 등에서 출발하여 하위 수준의 기술들을 모두 취합하여 중복 요소를 제거한 후, 이들 하위 기술에서 출발하여 발전소 업무 측면에서 분류하여 차상위 기술체계를 분류하고 같은 방법으로 차차상위 기술 체계를 분류하여 기술체계를 상방향으로 (bottom-up)일단 축조하였다. 다음에 발전소 운영 전반적인 관점에서 기술체계를 하방향으로 (top down) 개선하며 축조하고 이러한 상하향 작업을 반복하여 [표 1]과 같은 기술체계를 구축하였다.

[표 1] 원전 운영 기술체계

분류				중분류				분류							
대	중	소	세					소	세						
안전관리	6	21	97	구조물 안전성 향상	2	3	8	운전비점화	6	22	80	운전비점화	4	18	
				내부 안전성 향상	3	4	16					지원수거간 시스템 운용	2	11	
				외부 안전성 향상	4	12	12					정비계획 최적화	7	15	
				자차사고 안전성 향상	3	30	30					정비관리	3	13	
				원전 관리	6	3	10					NSSS 정비	5	20	
방사선관리	3	10	55	방사선량 측정	5	2	18	수명관리	4	16	109	설비수명관리	7	62	
				방사선량 평가	2	3	18					정비수명관리	5	25	
				방사선량 감시	2	3	19					정비수명평가	2	14	
				방사선량 감시	2	3	19					정비수명평가	2	8	
				방사선량 감시	2	3	19					정비수명평가	2	8	
진단평가	9	52	159	구조물 검사	2	2	2	방폐관리	4	15	105	방사성 폐기물 처리	4	30	
				기계 검사	8	6	22					방사성 폐기물 처분	6	39	
				NSSS 검사	2	2	22					방사성 폐기물 처분	3	19	
				기계 검사	4	4	34					방사성 폐기물 처분	3	17	
				기계 검사	5	5	34					방사성 폐기물 처분	2	17	
성능개선	10	34	145	연료 검사	5	6	19	계	42	170	750			170	750
				연료 검사	5	6	19								
				연료 검사	5	6	19								
				연료 검사	5	6	19								
				연료 검사	5	6	19								

(주) 기술체계 초안에 대하여 학연산 12인 자문위원회 검토로 접근 방식의 타당성을 검증한 후에 기술체계를 확정하였다. 기술체계 구축 결과 7 개의 대분류, 42 개의 중분류, 170 개의 소분류, 750 개의 세분류 기술로 구성된 기술체계를 확정하였다.

4. 설문 조사 결과 분석 및 토의

4.1 경영전략 측면의 대분류간 중요도 설문 결과

경영전략 측면의 최상위 평가기준은 안전성 향상과 경제성 향상이다. 설문 조사 분석 결과 안전성향상의 중요도는 0.549, 경제성향상의 중요도는 0.451로 각각 나타났다. 이는 설문에 응답한 원자력발전소 및 원자력발전회사 본사 관리층의 성향이 원전의 경제성보다는 안전성을 중시하는 것임을 보여주고 있다. 평가기준 “안전성 향상”의 하위 평가 기준들간의 상대적 중요도를 보면 “원자로 안전성 향상”을 0.526으로 가장 중요한 기준으로 인식하고 있으며 그 다음으로 “중사자 안전성 향상” 0.307로 그리고 마지막으로 “부지환경 안전성 향상” 0.167로 인식하고 있다. 평가기준 “경제성 향상”의 하위 평가 기준들간의 상대적 중요도는 “전력생산극대화”를 0.444로 가장 중요한 기준으로 인식하고 있으며 “신규투자저감”, “운전보수비절감”, “부대효과”의 순서로 각각 0.233, 0.205, 0.128로 중요도가 낮아지고 있다. 이 결과를 종합하여 하위 평가 기준간의 상대적 중요도에 상위 평가기준의 중요도를 곱하여 정규화하여 서열을 매긴 결과는 [표 2]와 같다. 이 결과에서 보듯이 원자로안전성 향상과 전력생산극대화가 전체 중요도의 절반 가량을 차지하고 있으며, 그 다음으로 중사자안전성향상, 신규투자저감, 운전보수비 절감, 부지안전성향상, 부대효과의 순으로 나타났다.

위에서 분석한 경영측면의 각 평가기준에 대한 대분류간의 상대적 중요도를 종합한 결과 7개 대분류들간의 상대적 중요도 및 그 순위는 [표 3]과 같다. 대분류 항목의 중요도로는 운전 및 정비 최적화가 1위, 성능 개선이 2위, 수명관리가 3위를 차지하여 안전성 향상을 경제성 향상보다 중요하게 인식하는 경영층의 성향과는 반대의 결과가 나타난 것으로 잘못 해석될 수 있다. 그러나 여기서 각 대분류의 중요도란 앞에서 적용한 안전성 향상, 경제성 향상 관련 7개 평가 기준을 모두 적용했을 경우의 중요도이므로 운전 및 정비 최적화가 1위라고 해서 안전성을 무시한다는 의미는 결코 아님에 유의해야 한다. 이는 원자로안전성 향상이라는 평가 기준만을 적용할 경우에 대분류의 안전관리가 1위를 차지했고, 중사자 안전성 향상이라는 평가 기준만을 적용할 경우에는 대분류의 방사선관리가 1위를 차지하였으며, 신규투자비 저감 및 기존 투자에 대한 보호라는 평가 기준만을 적용할 경우에는 대분류의 수명관리가 1위를 차지한 것으로 설명할 수가 있다.

[표 2] 경영전략 측면 하위 평가 기준간의 상대적 중요도

하위 평가 기준	중요도	순위
원자로안전성향상	0.289	1
전력생산극대화	0.200	2
중사자안전성향상	0.169	3
신규투자저감	0.100	4
운전보수비절감	0.093	5
부지환경안전성향상	0.092	6
부대효과	0.058	7
계	1	

[표 3] 경영측면 평가기준에 대한 대분류간의 상대적 종합 중요도

대분류	중요도	순위
운전 및 정비 최적화	0.179	1
성능개선	0.172	2
수명관리	0.151	3
안전관리	0.144	4
방사선관리	0.132	5
방사성 폐기물관리	0.114	6
진단평가	0.110	7
계	1	

4.2 기술 특성 측면의 중분류간 중요도 설문 결과

본 설문조사에서 원전기술체계의 중분류간 상대적 중요도는 기술 특성 측면의 평가기준을 적용하여 도출하였다. 본 연구에서는 각 대분류 산하 중분류들의 중요도 평가에 적용되는 기술

특성 측면의 평가기준간의 상대적 중요도는 대분류마다 다르다고 가정하였다. 이는 각 대분류가 지니는 고유의 기술적 특성들에 의해서 평가기준들간의 상대적 중요도가 결정되기 때문이다. 따라서 각 대분류 산하의 중분류들을 평가하기 위해서 각 대분류에 대한 평가기준들의 중요도를 결정했다. 기술 특성 측면의 평가기준은 기여도, 연관성, 시급성, 투자효율, 성장잠재력 등의 다섯 가지이다. 이 평가 기준들간의 상대적 중요도를 각 대분류별로 설문 조사한 결과는 [표 4]와 같다. 대부분의 대분류에서 소관 중분류의 기여도가 중요도 1위를 압도적으로 차지한 것은 당연한 결과라고 볼 수가 있다. 왜냐하면 기여도란 중분류가 지니는 소속 대분류 목표 달성 가능성을 의미하기 때문이다.

[표 4] 기술 특성 측면의 중분류 평가기준간의 상대적 중요도 평가

대분류 중분류 평가기준	안전 관리		방사선 관리		진단 평가		성능 개선		운전,정비 최적화		수명 관리		방사성 폐기물 관리	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
기여도	0.369	1	0.407	1	0.221	2	0.175	4	0.308	1	0.324	1	0.295	1
연관성	0.178	2	0.102	5	0.182	4	0.098	5	0.156	4	0.153	4	0.154	4
시급성	0.153	4	0.159	3	0.165	5	0.181	3	0.191	3	0.152	5	0.222	2
투자효율	0.168	3	0.189	2	0.222	1	0.306	1	0.216	2	0.211	2	0.137	5
성장잠재력	0.131	5	0.143	4	0.210	3	0.241	2	0.128	5	0.160	3	0.191	3
계	1		1		1		1		1		1		1	

연구 기획 과정에서는 5개 기술특성 평가 기준과 7개 경영 측면 평가 기준을 모두 고려한 종합 서열이 유용하다. 매 대분류 산하 중분류 기술들을 대상으로 각 기술 특성 평가기준을 적용한 경우 중분류간의 상대적 중요도를 평가하고 최종적으로 각 평가기준의 가중치를 적용하여 5개 평가기준을 모두 적용한 경우의 동일 대분류 산하 중분류간의 종합적인 상대 중요도를 평가하였다. [표 5]는 이러한 평가 결과를 보여 주고 있다. 각 대분류에 속한 중분류간의 상대적 중요도는 같은 대분류 내에서만 유효하며, 다른 대분류에 속한 기술들끼리의 상호비교 척도로서는 무의미하므로 동일 대분류 산하 중분류간의 상대적 중요도에 4.1.에서 구한 해당 대분류의 상대적 중요도를 곱하여 한 중분류 기술이 원자력발전소 운영에서 경영 측면과 기술특성 측면을 동시에 고려했을 때 차지하는 종합적인 중요도를 평가하였다. [표5]는 또한 이러한 과정을 거쳐서 얻은 중분류간의 종합 서열을 예시하고 있다. [표 5]에 나타난 동일 대분류 산하 중분류들 간의 우선 순위는 대분류 중요도 평가 결과나 상위 분류 체계와 무관하게 독립적으로 평가된 것이므로 응답자들의 의도를 정확히 반영하고 있다. 따라서 중분류 종합 순위를 향후 기획 과정에서 참고하려면 설문에 적용한 원전운영기술체계와 대분류의 중요도에 근거한 순위임에 유의하여야 한다. 예를 들자면 대분류 “진단평가” 소속 중분류들이 하위 군을 이루고 있다고 해서 이들을 무시하면 안 된다. 하위 군들이 모여서 0.110의 중요도를 지니며 이 중요도는 어디까지나 상대적인 값이며 필요성 여부를 판정할 근거는 아니기 때문이다. 그러나 [표 5]에 나타난 대분류 진단평가 내에서 NSSS 검사가 중요도 1위를 차지함은 정책적 고려 대상이 충분히 될 수가 있다. 이러한 한계를 염두에 두고서 중분류 종합 순위를 보면 1위 “방사선량 측정 및 평가”에서부터 12위 원전해체 및 제염까지 12개 중분류가 누적 중요도 기준으로 50%를 점유하고 있다. 즉 42개 중분류 중 상위 12개의 중요도가 전체 중요도의 절반을 차지할 만큼 큰 비중을 지님을 알 수가 있다.

[표 5] 동일 대분류 산하 중분류간의 중요도 지표 부여 및 서열화

대분류	중분류	대분류내 중요도	대분류내 순위	종합 중요도	종합 순위
안전 관리	원자로안전성향상	0.3083	1	0.0443	4
	중대사고관리	0.1875	2	0.0269	14
	구조물안전성향상	0.1429	3	0.0205	22
	내진안전성향상	0.1325	4	0.0190	23
	원자로안전실험	0.1244	5	0.0179	25
	부지안전성향상	0.1045	6	0.0150	29
방사선 관리	방사선량 측정 및 평가	0.3876	1	0.0510	1
	방사선피폭저감	0.3837	2	0.0505	2
	환경방사능 안전성 향상	0.2286	3	0.0301	13
진단 평가	NSSS검사	0.1548	1	0.0170	28
	기계성능평가	0.1328	2	0.0145	31
	전기, 계측제어기기 진단성능평가	0.1325	3	0.0145	32
	연료검사 및 손상연료평가	0.1316	4	0.0144	33
	기계기기진단	0.1144	5	0.0125	36
	기계기기검사	0.0994	6	0.0109	38
	특수감시	0.0979	7	0.0107	39
	구조물검사	0.0690	8	0.0076	41
	환경평가	0.0678	9	0.0074	42
성능 개선	계측제어시스템 신뢰도 증진	0.1318	1	0.0226	16
	계측제어시스템 성능개선	0.1283	2	0.0220	17
	출력증강	0.1271	3	0.0218	18
	운전신축성 증진	0.1252	4	0.0215	19
	기기성능 개선	0.1217	5	0.0209	21
	구조물 성능 개선 및 내구성 향상	0.0850	6	0.0146	30
	노심분석	0.0817	7	0.0140	34
	수질관리	0.0778	8	0.0133	35
	용수 및 폐수관리	0.0635	9	0.0109	37
	구조물/기기 내진 성능 개선	0.0579	10	0.0099	40
운전 및 정비 최적화	NSSS 정비	0.2537	1	0.0453	3
	터빈정비	0.2262	2	0.0404	6
	정비계획 최적화	0.2240	3	0.0400	7
	운전지원용 전산시스템운용	0.1019	4	0.0182	24
	일반기기정비	0.0989	5	0.0177	26
	인간실수저감	0.0952	6	0.0170	27
수명 관리	설비수명관리	0.2682	1	0.0406	5
	설비진동저감	0.2587	2	0.0392	8
	설비수명관리사업체제구축	0.2443	3	0.0370	10
	설비건전성평가	0.2288	4	0.0347	11
방사성 폐기물 관리	방폐물처분	0.3265	1	0.0371	9
	원전해체 및 제염	0.2828	2	0.0321	12
	사용후핵연료수송저장	0.2024	3	0.0230	15
	방폐물처리	0.1883	4	0.0214	20
	계	7		1	

4.3. 소분류간의 중요도 지표 부여 및 서열화

기술 특성 측면에서 동일 중분류 산하 소분류간 상대적 중요도 평가는 4.2의 중분류간 상대적 중요도 평가와는 달리 5개 기술 특성 항목을 종합적으로 고려하여 수행하였다. 이렇게 구해진 소분류간 중요도에 4.2에서 구한 해당 중분류의 종합 중요도를 곱하여 170개의 소분류 각각이 원자력발전소 전체에서 차지하는 중요도를 구했다. 이 중요도는 원전 운영의 총 중요도를 1이라고 할 때 각 소분류들의 기여도를 의미한다. 중요도가 낮은 소분류 기술은 연구개발 의사 결정 과정에서 후순위로 책정될 것인 바 연구기획자의 관심 사항은 상위 순위의 소분류 기술들로 집중될 것이다. 이러한 맥락에서 일정 수준까지의 소분류들에 대하여 별도로 정리한 것이 [표 6]이다. [표 6]에서는 편의상 1위 소분류부터 35개의 소분류들을 분류하여 수록하였다. 이는 분석 결과, 소분류 항목 170개의 20.6%인 35위까지의 소분류 항목이 상위 중요도 50%를 차지하고 있기 때문이다. 따라서 소분류 종합 순위를 향후 기획 과정에서 참고하려면 설문에 적용한 원전운영기술체계의 해당 대분류와 중분류의 중요도에 근거한 순위임에 유의하여야 한다. 예를 들어서 대분류 “진단평가” 소속 소분류 항목들이 하위 군을 이루고 있다고 해서 이들을 연구개발이 불필요한 항목으로 취급하여서는 안 된다. 이 중요도는 어디까지나 상대적인 값이며 필요성 여부를 판정할 근거는 아니기 때문이다.

[표 6] 누적 중요도 50%까지 소분류 항목

소분류	종합 중요도	순 위	누 적 중 요 도	소분류	종합 중요도	순 위	누 적 중 요 도
터빈정비지원 시스템 운용	0.040402	1	0.040	노심 출력 및 운전 여유도 향상	0.011134	19	0.345
방사선량 평가	0.034968	2	0.075	조직 및 인간 인자 평가	0.011025	20	0.356
기기 진동 저감	0.028931	3	0.104	방사선 피폭저감 체계 운영	0.011018	21	0.367
수명관리 경제성평가	0.027552	4	0.132	열성능 증진	0.010667	22	0.378
신뢰도 정보를 활용한 정비 분석	0.017303	5	0.149	중대사고현상 온라인 감시 시스템 운용	0.010625	23	0.389
계엄	0.016475	6	0.166	계측제어 기기 신뢰도 증진	0.010440	24	0.399
공기최적화 프로그램 운용	0.016130	7	0.182	중대사고해석	0.010422	25	0.410
방사선량 측정	0.016050	8	0.198	원자로기기 수명 관리	0.010304	26	0.420
일일 부하추종 운전	0.016014	9	0.214	구조물 진동 저감	0.010237	27	0.430
원전 해체	0.015661	10	0.229	운전과도 해석 및 신안전 해석	0.010050	28	0.440
환경방사능 거동해석	0.014876	11	0.244	RCP 정비	0.010019	29	0.450
구조해석 및 설계	0.013723	12	0.258	발전소 종합 평가	0.009443	30	0.460
증기발생기정비	0.013641	13	0.272	처분안전성 평가	0.009376	31	0.469
증기발생기 수명 관리	0.012800	14	0.285	증기발생기 건전성 평가	0.009115	32	0.478
방사선 구역 작업 개선	0.012676	15	0.297	SF 저장	0.008904	33	0.487
방사선량 감축	0.012626	16	0.310	구조물 및 기기 내진검증	0.008858	34	0.496
위험도 정보를 활용한 경제화 대응	0.012322	17	0.322	원자로 정비	0.008601	35	0.505
계측제어 디지털 기술 적용을 통한 신뢰도 향상	0.012163	18	0.334				

5. 검증

AHP 설문은 고도로 정교하고 조직적인 기술체계를 사용할 때 효과가 극대화된다. 그러나 본 연구 과정에서 기술체계는 기존의 자료들을 참고하고 연구팀 내외부의 검토와 자문을 거쳤음에도 불구하고 연구자의 경험과 능력에 의존하여 구축되어서 그 완전성에는 한계가 있다. 기

술체계는 대분류, 중분류, 소분류, 세분류로 심화되면서 그 완전성은 점점 저하된다. 예를 들어 본 연구에서 적용한 7개 대분류나 42개 중분류는 완전성을 지녔다고 할 수가 있으나 170개의 소분류에만 이르러도 그 완전성은 현저히 감소할 수밖에 없다. 설문 분석 결과를 보면 분류가 세분화 될수록 우선 순위 설정 결과 해석에 유의해야 함을 감지할 수가 있다. 표본집단이 크고 응답자는 고도의 전문성을 지녀야 설문 응답 결과의 신뢰성도 증가한다. 우리나라의 모든 원자력발전소를 대상으로 설문을 하였지만 응답자의 부담을 덜기 위해서 응답자가 소관 전문 분야에 대해서만 응답하도록 설문지를 설계하였기 때문에 113명이 설문에 응답했지만 결국 1개 원자력발전소에서 1개의 자료세트를 얻었고 자료세트의 총 개수가 9개에 불과해서 통계적 신뢰성은 제한적일 것으로 판단된다. 따라서 이러한 예상 취약점들을 보완하며 설문 응답 결과의 신뢰성을 증진하거나 이를 검증할 방법을 추구해야 한다. 본 연구에서는 AHP의 CR로 (일관성 비율 : Consistency Ratio) 신뢰성을 검증하고 설문 조사와는 독립적으로 현장 방문 브레인스토밍과 자료 수집을 통해서 도출된 제2의 기술수요를 설문 조사 결과 도출된 기술수요와 비교하여 그 상관성을 검토하여 AHP 설문조사 결과의 신뢰성을 확인할 수가 있었다.

5.1. AHP 응답 신뢰도 평가

인간은 완전한 존재가 아니므로 복잡한 의사결정 과정에서 유사하거나 동일한 문항에 대해서 일관성을 유지하는데 한계가 있다. AHP는 이러한 일관성의 정도를 판정할 수가 있다. 즉, 의사결정자가 수행하는 일련의 이원비교 활동에 대한 일관성 지수(Consistency Index ; CI)를 측정하는 방법을 제공하고 이 수치를 이용하여 일관성 비율(Consistency Ratio ; CR)을 계산하여 의사결정자가 행한 판단의 일관성을 측정할 수가 있다. 일반적으로 CR이 0.1 이하이면 의사결정자가 행한 이원비교는 합리적인(reasonable) 일관성을 갖는 것으로 판단하고 0.2이내일 경우에는 용납할(tolerable) 수 있으나 그 이상이면 일관성이 부족한 것으로 판단한다. 한편, 일부 AHP 전문가들은 AHP 평가는 전문가를 대상으로 이루어지는 경우가 많으므로 그들에 대한 CR은 더욱 엄격하게 적용되어야 한다는 의견이 제기되고 있다. 이러한 내용을 바탕으로 본 연구에 적용된 AHP 설문에 대한 CR을 살펴보면 설문의 응답항목 수가 많고 설문 응답자가 다수인 점에도 불구하고 상당히 높은 일관성을 유지한다고 볼 수 있다. 더욱이 원전 종사자라는 전문성을 감안하여 엄격한 CR 기준을 적용한다고 하더라도 대부분 0에 가까운 CR을 나타내어 설문 응답의 일관성에 대한 신뢰 수준이 높은 것을 확인할 수가 있었다.

6.2. 현장 제안 기술 수요와의 상관성 검토

본 연구의 설문조사와는 별도로 원전 현장 실무자 인터뷰와 획득 자료를 통해서 얻은 현장 기술수요들과 설문 결과와의 상관 관계를 검토하여 설문 결과에 대한 검증을 시도하였다. 현장 제안 기술 수요들을 기존 기술체계의 해당 소분류와 대응시킨 후 누적 중요도 50%까지 즉 제 35위까지의 소분류에 해당하는 현장 기술 수요의 개수를 측정하였다. 다음에 이 개수를 현장 제안 기술 수요 총 개수로 나누어 그 백분율을 산출한다. 이 백분율을 설문조사 결과 나타난 누적중요도 50%까지의 소분류에 대하여 현장 실무자들이 지닌 관심의 척도라고 가정한다. 현장 제안 기술 수요 총 개수의 31.9%가 소분류 순위 35위까지에 집중되어 있고 나머지 68.1%가 소분류 36위에서 170위까지에 분포되어 있다. 즉, 설문 조사 결과 나타난 상위 그룹의 기술 군들과 현장 제안 기술수요들과의 상관성이 높다고 결론을 내릴 수가 있으며 이로서 AHP 설문 조사 결과의 신빙성을 확인할 수가 있었다.

7. 맺음말

본 연구를 통해서 도출된 기술 분류별 우선 순위 및 분석 결과가 주는 시사점들은 원자력발전소 운영자의 연구개발 기획 과정에서 참고로 사용할 수가 있을 것이다. 비록 CR의 평가, 현장 제안 기술 수요와의 상관성 분석 결과로 AHP 설문조사 결과의 신뢰성을 확인할 수가 있었지만 앞에서 지적한 대로 기술 체계의 신뢰도 문제가 개제된다. 따라서 상위 수준 분류와 하위 수준 분류간의 중요도를 연계시킨 본 연구의 결과를 정책 기획 과정에서 반영하려면 이 한계를 유념하여 정량적 분석을 통한 검증 또는 보완이 필요하다고 판단된다.

이러한 맥락에서 일부 소분류의 경우 전략기술을 한 개도 포함하고 있지 않지만 이는 어디까지나 AHP 분석에 의한 상대적 순위에 근거한 결과이며 해당 소분류나 중분류에 대한 연구개발의 전략적 중요도가 전무하다는 의미는 아니다.

또한 본 연구는 환경이 다른 각 원전에서 응답한 결과를 분석하여 그 대표 값을 기준으로 수행되었으므로 그 결과는 다분히 일반론적이고 평균적인 내용일 수밖에 없으며 특정 원전에서의 문제가 (예 : 중수 누설 감시) 평균적 관점에서는 희석될 우려가 있음에 유의해야 한다. 따라서 향후 상세 연구개발 기획과정에서 호기별 적용성을 판단해야 할 것이다.

참고 문헌

1. Satty, T.L. : "Applications of Analytical Hierarchy Process", Math. Computers Simulat. Vol.21 (1979).
2. 신형원자로연구센터 : "국내원자력 기술능력 조사" (1994).
3. 아주대학교 : "중수형 원자로 특성을 고려한 안전 규제 체제 개선에 관한 연구" (2001).
4. 중수형원자로 안전협의회 : "중수형원자로 안전연구 종합기술수목도(안) 및 중장기 R&D 추진방안" (2001).
5. 한국수력원자력(주) : "2003년도 전력산업 연구개발 사업 수요조사 결과 보고" (2002).
6. 한국수력원자력(주) : "영광1발전소 업무보고" (2002).
7. 한국수력원자력(주) : "영광2발전소 10대 현안"(2002).
8. 한국수력원자력(주) : "울진2발전소 2002년도 업무 계획" (2002).
9. 한국수력원자력(주) : "전력연구원 의뢰 대상 기술, 연구개발 제안 (고리제1발전소)" (2001).
10. 한국전력공사 : "2010년을 향한 전력기술발전계획" (1999).
11. 한국전력공사 : "기술수준 평가 방법에 관한 연구" (1998).
12. 한국전력공사 : "중장기연구개발계획" (1992).
13. 한국전력공사 : "한국전력공사전력산업 구조개편에 대비한 원전 운영 및 건설 기술 능력 확보 방안" (2000).
14. 한국전력공사 기술연구원 : "국내원자력 기술능력 조사" (1994).

15. 한국전력공사 원자력환경기술원 : “방사성폐기물관리기술 중장기종합개발계획수립을 위한 기술개발 분석보고서”(1999).
16. 한국전력공사 전력연구원 : “SPARK 기술분류 체계” (2001).
17. 한국전력공사 전력연구원 : “분야별 연구개발 계획 (SWOT기법)” (2000).
18. 한국전력공사 전력연구원 : “원자력 분야 기술경쟁력 확보 방안” (1999).
19. 한국전력공사 전력연구원 : “원전기술수목도” (2001).
20. 한국전력공사 전력연구원 : “전략기술자립 실천계획” (1999).
21. 한국전력공사 전력연구원 : “중장기연구개발계획 수립(안)” (2001).