한국에너지공학회지(2002), 제11권 제4호
*Energy Engg. J*(2002), Vol. 11, No. 4, pp. 359~369

# 원자력발전소 운영 관련 연구개발 우선 순위 설정 모형

신영균 · 장한수 · 최기련 · 강병국* · 김용진* · 권종주**
아주대학교, *한국수력원자력(주), **한국전력공사 전력연구원

# R&D Priority Model for Nuclear Power Utility Company

**Youngkyun Shin, Hansoo Chang, Kiryun Choi, Byoungkook Kang*, Yongjin Kim* and Jongjoo Kwon****
*Ajou University, *Korea Hydro and Nuclear Power Company*
***Korea Electric Power Research Institute*

## 요 약

원자력발전소는 여러 공학 분야의 기술이 결집된 거대 시스템이므로 연구개발의 우선 순위를 설정하는 기준을 정립하기가 간단하지 않고 설정 기준의 상대적 중요도에 대한 이해당사자간의 공감대가 부족하다. 본 연구는 이러한 배경에서 원전의 운영 관련 기술 체계를 정립하고 각 기술의 중요도 평가 기준을 설정하고 이 평가 기준들 간의 상대적 중요도를 파악하여 최종적으로는 각 기술의 상대적 중요도를 평가하였다. 연구 과정에서 기존의 연구기획 관련 문헌을 모두 조사하여 기술체계를 마련하고 계층화분석법을 적용하여 기술간의 상대적 중요도를 결정하였으며 일관성지수와 현장인터뷰 결과를 활용하여 연구 결과의 검증을 시도하였다.

**Abstract** — Nuclear power plant is a huge system with multidisciplinary technology. So, R&D prioritization is a not a simple task and the relative importance of each prioritization criterion is not well established. This study built a technology classification chart for nuclear power plant operation and maintenance, established the relative importance of prioritization criteria and assigned the relative importance of each technology at each level. Analytical Hierarchy Process was used for the prioritization and the result was validated with Consistency Index and outcomes of fields interview.

## 1. 서 론

### 1-1. 연구의 배경 및 목적

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 공익성을 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 관련 기술을 체계화하고, 연구개발의 우선순위 평가 모델을 개발하고, 상대적 우선 순위를 설정하는데 그 목적이 있다.

### 1-2. 연구 내용

1) 연구 방법론 확립 : 현장 설문조사 결과를 분석하여 각 기술의 상대적 정량적 우선 순위를 체계적으로 서열화 하여 나타낼 수 있도록 하였다. 이를 위해 Analytical Hierarchy Process를(이하 AHP : 계층화분석법) 채택하였다[1].

[1]AHP에 대한 국문번역은 계층분석과정, 계층화분석법, 분석적계층화과정, 계층분석법, 계층화의사결정법, 분석적계층화방법, 계층적분석과정 등 다양하나 본 연구에서는 한국개발원연구원이 번역한 "계층화분석법"이라는 용어를 사용하였다.

2) 우리나라 원전의 특성에 맞는 기술분류체계를 구성 : 기술분류체계는 우리 나라의 원전기술 자립 과정에서 국내에서 작성된 자료들을 토대로 원전운영기술 위주로 대분류, 중분류, 소분류, 세분류로 구성하였다.

3) AHP 설문지 개발 : 설문지는 경영전략측면의 중요도, 기술특성 측면의 중요도를 정량적으로 분석할 수 있도록 개발하였다. 또한 기술개발 관련 의사 결정을 위한 기본 자료 수집용 설문지를 별도로 개발하였다.

4) AHP 설문 조사 실시 및 결과 분석 : 원전 현장을 주 대상으로 AHP 설문지를 배포하고 응답 결과를 분석하여 기술분류체계 내 각 기술의 중요도를 분류 수준별로 부여하고 우선 순위를 매겼다.

5) 연구 결과의 검증 : 설문조사의 신뢰성을 CR과(일관성 비율 : Consistency Ratio) 현장 인터뷰 결과와의 상관성을 분석하여 검증하였다.

## 2. 연구 방법론

AHP는 1976년에 Saaty가[1] 제안한 이후로 의사결정 과정에 많이 응용되어 왔다. 최근에 IBM이 펴낸 『The Silver-lake Project』에서는 "AHP는 매우 탁월한 의사결정도구이며 의사결정의 정형적인 틀을 제공하면서 매우 탄력적으로 응용되고 있다"라고 기술하고 있다[2]. AHP는 현실세계의 다양한 영역에서 여러 가지 형태로 적용되고 있으며 계속 발전되고 있다. 의사결정의 기본적인 문제는 서로 상충하는 기준으로 평가되는 여러 대안 중에서 최적의 대안을 선택하는 문제를 내포하고 있다. 이런 점에서 AHP 기법은 여러 대안들에 대해서 다양한 평가 기준을 동시에 적용하여 의사결정을 할 때 합리적으로 분석할 수 있도록 설계되어 있는 포괄적인 틀이라고 할 수 있다.

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 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. 또한 이 기법은 각각의 기술군에 대해서 전문가 그룹을 달리하여 설문을 실시한 후 이들 설문을 취합하여 평가하여도 결과의 객관성이 확보된다. 따라서, AHP 기법은 적절한 설문조사 설계를 통하여 설문응답자 개개인에 대하여는 설문에 대한 부담을 완화시켜 주면서도 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다. [그림 1]은 AHP의 적용절차를 나타낸 것이다. AHP의 적용절차는 크게 문제를 계층화하는 단계와 그 계층을 평가하는 단계로 구분될 수 있다. 문제의 계층화는 의사결정 문제를 분석적으로 파악하는데 도움을 주며, 여기에는 문제 영역의 경험과 지식이 중요하게 작용한다.

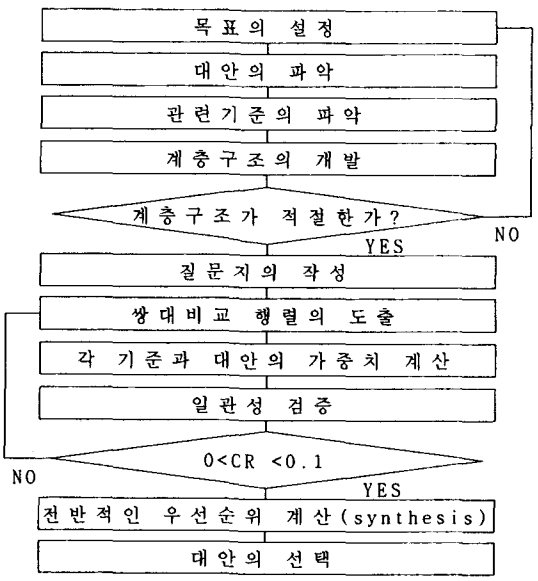


**그림 1. AHP의 적용절차[11].**

## 3. 기술 체계 구축(계층 구조화)

### 3-1. 기술체계 일반론

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 전략기획 과정에서 필요하며 이러한 기획 결과에 의거한 실제 제품이나 서비스 개발 차원에서는 기술내용 기반의 기술체계가 필요한 것이다. 본 연구는 어떤 특정 제품, 서비스를 개발하기 위한 정책연구가 아니다. 본 연구의 목표는 원전 운영에서 필요

[2]한국전력공사 발간 "기술수준 평가 방법에 관한 연구 (1998)" 127쪽에서 재인용.

한 요소기술들의 전략적 가치와 중요도를 평가하여 연구개발 전략기획에 필요한 기반 참고 자료를 작성하는 것이다. 즉, 수요견인형 기술기획에 활용할 기반 자료를 평가하는 작업이므로 응용목적 기반의 기술체계를 필요로 한다.

### 3-2. 선행 사례 고찰

기존의 원전 기술기획 문서 내용 중 기술체계라는 명칭으로 또는 그 내용 상 기술체계라고 간주할 수 있는 자료들을 검토하였다. 한국전력공사가 발간한 1992년도 "중장기연구개발계획"[12] 중 원전 운영 기술 개발 분야는 산하에 다음의 8개 기술개발 과제를 지니고 있었고 응용목적에 따른 기술체계와 기술 내용에 따른 기술체계가 혼합되어 있다. 한국전력공사 전력연구원이 차세대 원자로 기술개발 사업과정에서 1994년 발간한 "국내 원자력 기술능력 조사"는[2] 차세대원자로 설계기술 체계의 대분류를 9개로 설정하고 있는데 이러한 분류는 차세대 원전이라는 제품을 겨냥한 것으로서 기술 내용에 따른 기술체계이다. 한국전력공사 기술본부 기술품질처가 1999년도에 발간한 "2010년을 향한 전력기술발전계획"의[10] 원자력 부문은 12개 기술분야와 32개 확보 대상 기술을 체계화하였다. 응용 목적에 따른 기술체계와 기술 내용에 따른 기술체계가 혼합되어 있다. 한국전력공사 전력연구원이 2001년도에 발간한 "중장기연구개발계획 수립(안)은[21] SPARK(Strategic Plan for Advanced Research at KEPRI) 분류체계에서 원자력을 별도로 분류하지 않고 전력생산이라는 광범위한 응용 분야 중의 하나로 만 다루고 있다. SPARK는 크게 응용기술과 기반기술로 구분되며 응용기술은 설계, 건설, 운전, 보수. 관리의 5개 응용 분야로 분류하고 기반기술은 기계, 건축/토목, 금속/재료, 물리/에너지, 산업공학, 전기, 전자/제어, 정보/통신, 화학/화공, 해양/환경, 핵공학의 11개 분야로 분류했다. 각 분류 항목들은 요소기술들을 거느리는데 이 요소기술들의 발전 분야, 원자력 분야, 전력계통 분야와의 연관성 여부가 표시되어 있다. SPARK에서 유의할 점은 원자력에만 적용되는 기술은 원자력으로 분류하였으나 다른 발전소에도 공통적으로 적용이 되는 기술들은 발전으로 분류하고 있으므로 현행 SPARK체계를 원자력발전소 연구기획에 적용하려면 이러한 문제점에 대한 보완이 필요하다. 한국전력공사 전력연구원은 2001년도에 수행한 기술수목 작업에서[19] 확보대상 기술체계와 SPARK의 분류체계를 모두 고려하였는데 동 기술수목은 그 때까지와는 상당한 기술 체계화를 달성은 하였으나 각 부서별 입력 사항을 취합한 수준으로서 현장 기술수요를 반영하고 종합적인 조정으로 중복성을 배제해야할 필요성이 있다고 보여진다. 이상과 같은 주요 발견 사항과 기타 자료들을 추가로 검토한 결과 분류 수준별 항목들의 속성과 그 경중에 일관성이나 유사성이 부족하여 이들을 토대로 기술체계를 축조하기에는 다음과 같은 취약점을 지니고 있음이 관찰되었다.

1) 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 동

**표 1. 원자력발전소 운영 기술 체계 요약.**

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 세분류 | 중분류 | 소분류 | 세분류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 안전관리 | 6 | 21 | 97 | 구조물 안전성 향상 | 2 | 8 |
| | | | | 내진 안전성 향상 | 3 | 21 |
| | | | | 부지 안전성 향상 | 3 | 16 |
| | | | | 원자로 안전 실험 | 4 | 12 |
| | | | | 원자로 안전성 향상 | 6 | 30 |
| | | | | 중대사고 관리 | 3 | 10 |
| 방사선관리 | 3 | 10 | 55 | 방사선 피폭저감 | 5 | 18 |
| | | | | 방사선량 측정 및 평가 | 2 | 18 |
| | | | | 환경 방사능 안전성 향상 | 3 | 19 |
| 진단평가 | 9 | 52 | 159 | 구조물 검사 | 2 | 2 |
| | | | | 기계 기기 검사 | 8 | 22 |
| | | | | NSSS 검사 | 6 | 22 |
| | | | | 기계 기기 진단 | 4 | 16 |
| | | | | 기계 성능 평가 | 5 | 34 |
| | | | | 연료 검사 및 손상 연료 평가 | 6 | 19 |
| | | | | 전기 · 계측제어 기기진단성능평가 | 5 | 13 |
| | | | | 특수 감시 | 12 | 18 |
| | | | | 환경 평가 | 4 | 13 |
| 성능개선 | 10 | 34 | 145 | 계측제어 시스템 성능 개선 | 8 | 19 |
| | | | | 계측제어 시스템 신뢰도 증진 | 2 | 14 |
| | | | | 구조물 성능개선 및 내구성 향상 | 3 | 14 |
| | | | | 구조물/기기 내진 성능 개선 | 2 | 4 |
| | | | | 기기 성능 개선 | 7 | 11 |
| | | | | 노심 분석 | 2 | 18 |
| | | | | 수질 관리 | 3 | 28 |
| | | | | 용수 및 폐수 관리 | 3 | 12 |
| | | | | 운전 신축성 증진 | 2 | 6 |
| | | | | 출력 증강 | 2 | 19 |
| 운전 및 정비 최적화 | 6 | 22 | 80 | 운전 지원용 전산 시스템 운용 | 4 | 18 |
| | | | | 인적 실수 저감 | 2 | 11 |
| | | | | 일반 기기 정비 | 7 | 15 |
| | | | | 정비 계획 최적화 | 3 | 13 |
| | | | | NSSS 정비 | 5 | 20 |
| | | | | 터빈 정비 | 1 | 3 |
| 수명관리 | 4 | 16 | 109 | 설비 건전성 평가 | 7 | 62 |
| | | | | 설비 수명 관리 | 5 | 25 |
| | | | | 설비 수명 관리 사업 체제 구축 | 2 | 14 |
| | | | | 설비 진동 저감 | 2 | 8 |
| 방사성 폐기물 관리 | 4 | 15 | 105 | 방사성 폐기물 처리 | 4 | 30 |
| | | | | 방사성 폐기물 처분 | 6 | 39 |
| | | | | 사용후핵연료수송저장 | 3 | 19 |
| | | | | 원전 해체 및 제염 | 2 | 17 |
| 계 | 42 | 170 | 750 | | 170 | 750 |

시에 나타나는 경우가 관찰되었다[2][4][10][12][14][20][21].

2) 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)[10][12][19].

3) 기술체계 내 각 요소들은 용어는 다르지만 그 내용 면에서 중복되는 성질을 지닐 수가 있음에 유의하여 이를 사전에 방지해야한다. 기존 자료를 검토해본 결과 중복 사례들이 관찰되었다[10][17].

### 3-3. 기술체계 구성

본 연구에서는 연구자의 경험에 의존하여 원전운영기술체계 초안을 과거 연구개발 기획 과정 문서들에서 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 반복한 후 학연산 12인 자문위원회의 검토로 접근 방식의 타당성을 검증한 후에 기술체계를 확정하였다. 기술체계 구축 결과 7개의 대분류, 42개의 중분류, 170개의 소분류, 750개의 세분류 기술로 구성된 기술체계를 확정하였다. 본 연구에서는 "부서, 분야 기반"에서 "업무 기반"으로 기술체계를 전환시켰으며, 하위 수준에서 잠존 하던 중복 요소들을 제거하여 중복 투자 요인을 배제하도록 유의하였고, "부서나 분야별 우선 순위 평가"에서 "업무별 우선 순위평가"가 가능하게 전환시킨 결과 일관성 있는 평가기준 적용이 가능하게 되었으며, 분류 수준별 속성을 일치시키는데 역점을 두어 기존 기술체계와의 차별화를 기하였다. 이상과 같은 방법으로 구축한 원자력발전소 운영 기술체계는 [표 1]과 같다. [표 2]와 [표 3]은 소분류 체계와 세분류 체계에 대한 예시이다.

**표 2. 소분류 체계 대분류 성능개선 산하.**

| 대분류 | 중분류 | 소분류 |
|---|---|---|
| 성능개선 | 계측제어 시스템 성능개선 | 디지털 계측제어 |
| | | 계측제어기기 성능 향상 |
| | | 계측제어용 고신뢰 통신망 운용 |
| | | 지능형 경보 시스템 운용 |
| | | 계측제어 HW/SW 통합 확인 검증 |
| | | 계측제어 계통설계 |
| | | MMI 활용 |
| | | 계측제어 계통 교정 |
| | 계측제어 시스템 신뢰도 증진 | 계측제어 디지털 기술 적용을 통한 신뢰도 향상 |
| | | 계측제어기기 신뢰도증진 |
| | 구조물 성능 개선 및 내구성 향상 | 취배수, 해안구조물 성능 개선 |
| | | 구조재료 개선 |
| | | 구조시스템 및 내구성능 향상 |
| | 구조물/기기 내진 성능 개선 | 면진장치 성능 개선 |
| | | 기기 기초 내진성능 향상 |
| | 기기성능 개선 | RCP 개선개조 |
| | | 윤활유, 제어유 개선 |
| | | 전식 설비 성능 개선 |
| | | 기기 소음 진동 저감 |
| | | 2차계통개선 개조 |
| | | RTD 개선개조 |
| | | 원자로 cavity 개선개조 |
| | 노심분석 | 노심운전분석 |
| | | 노심설계분석 |
| | 수질관리 | 2차 계통 수질 관리 |
| | | 1차 계통 수질 관리 |
| | | 중수 관리 |
| | 용수 및 폐수관리 | 발전 계통수 처리 |
| | | 발전용수 생산 |
| | | 폐수처리 |
| | 운전 신축성 증진 | 일일 부하추종 운전 |
| | | 주파수제어 운전 |
| | 출력증강 | 노심 출력 및 운전 여유도 향상 (세분류는[표 3] 참고) |
| | | 열성능 증진(세분류는[표 3] 참고) |

**표 3. 세분류 체계 대분류 "성능 개선", 중분류 "출력 증강" 산하.**

| 소분류 | 세분류 |
|---|---|
| 노심 출력 및 운전 여유도 향상 | 노심보호/감독 계통 평가 |
| | 노심열수력특성평가 |
| | 노심핵특성평가 |
| | 소결체설계평가 |
| | 연료건전성평가 |
| | 연료봉설계평가 |
| | 지지격자설계평가 |
| | 피복관설계평가 |
| 열성능 증진 | 증기발생기 열성능해석 |
| | 증기발생기 열전달해석 |
| | 증기발생기 유동장해석 |
| | 2차계통 엔탈피측정 |
| | 2차계통 열성능 분석을 위한 실시간 데이터취득(DAS) 및 계산 |
| | 2차계통 열성능 계산 알고리즘 및 S/W 개발 |
| | 2차계통 유동장해석 |
| | MSR 튜브 U-Bend 부위 증기 우회 방지 방안 개발 |
| | NSSS 열유체 계통 영향 평가 |
| | NSSS 주기기, 보조기기 구조건전성 평가 |
| | NSSS 주기기, 보조기기 용량 평가 |

표 4. 경영 측면의 평가기준.

| 상위 평가 기준 | 하위 평가 기준 |
|---|---|
| 안전성 향상 | 원자로 안전 향상<br>종사자 안전 향상<br>부지환경 안전 향상 |
| 경제성 향상 | 전력생산 극대화<br>신규투자비 저감 및 기존 투자 보호<br>운전보수비 저감<br>부대효과 (발전소 운영 분야 이외의 파급) |

## 4. 설문 조사 방법론

### 4-1. 대분류간의 상대적 중요도 AHP 평가

경영 측면의 대분류간 상대적 중요도 평가에서 적용한 평가 기준은 [표 4]와 같다. 본 연구에서는 원자력발전소 운영의 양대 요소가 안전성과 경제성임을 감안하여 "안전성 향상"과 "경제성 향상"을 최상위 평가기준으로 설정하여 두 기준의 상대적 중요도에 대한 AHP를 시행하고 각각의 하위 평가기준들에 대한 AHP를 실시하여 총 7개의 경영측면 평가 기준들간의 상대적 중요도를 평가하도록 하였다. 그 다음에 앞에서 구축한 기술체계의 7개 대분류를 대상으로 매 평가기준을 적용한 경우 대분류간의 상대적 중요도를 평가하고 최종적으로 각 평가기준의 가중치를 적용하여 7개 평가기준을 모두 적용한 경우의 대분류간의 종합적인 상대 중요도를 평가하도록 하였다.

### 4-2. 기술 특성 측면의 평가 기준을 적용한 중분류간의 상대적 중요도 AHP 평가

대분류에 대한 평가기준과는 달리 중분류에 적용한 평가 기준은 [표 5]와 같다. 이처럼 대분류와 중분류의 평가 기준을 다르게 설정한 것은 대분류는 거시적 수준에서 경영 측면에서의 중요도 평가가 요구되고 중분류에 대해서는 현장 기술성 위주의 평가가 요구되기 때문이다. 따라서 중분류 수준에서 기술 특성 측면의 평가를 하고 최종 종합 순위는 경영 측면의 대분류 가중치를 적용하여 평가한다는 분석틀을 본 연구에서 사용하였다. 이들 5개의 기술특성 측면의 평가기준을 대상으로 AHP를 실시하여 평가기준 간의 상대적 중요도를 평가하였다. 그 다음에 앞에서 구축한 기술체계의 매 대분류 산하 중분류 기술들을 대상으로 매 평가기준을 적용하여 동일 대분류 산하 중분류간의 상대적 중요도를 평가하고 최종적으로 각 평가기준의 가중치를 적용하여 5개 평가기준을 모두 적용한 경우의 동일 대분류 산하 중분류간의 종합적인 상대 중요도를 평가하도록 하였다. 각 대분류에 속한 중분류간의 상대적 중요도는 같은 대분류 내에서만 유효하며, 다른 대분류에 속한 기술들끼리의 상호비교 척도로서는 무의미하므로 동일 대분류 산하 중분류간의 상대적 중요도에 4.1에서 구한 해당 대분류의 상대적 중요도를 곱하여 한 중분류 기술이 원자력발전소 운영에서 경영 측면과 기술특성 측면을 동시에 고려했을 때 차지하는 종합적인 상대 중요도를 평가하도록 하였다.

표 5. 기술 특성 측면의 평가기준.

| 평가 기준 | 설 명 |
|---|---|
| 기여도 | 소속 대분류 항목에 기여하는 정도 |
| 연관성 | 소속 대분류 산하 타 중분류와의 연관성 정도 |
| 시급성 | 기술 개발이 시급한 정도 |
| 투자효율 | 기술개발 시 투자비용 대비 이득의 정도 |
| 성장 잠재력 | 기술개발 후 기술의 성장 가능성 |

### 4-3. 기술 특성 측면의 평가 기준을 적용한 소분류간의 상대적 중요도 AHP 평가

기술 특성 측면의 소분류간 상대적 중요도 평가는 42개의 중분류에 대해서 각각 AHP를 실시하여야 하는데 이 경우 [표 5]와 같은 5개의 기술 특성 평가기준을 일일이 적용하면 설문의 수가 너무 많아져서 AHP 설문 응답자의 부담이 과중해진다. 따라서 소분류간의 중요도 평가를 위해서 본 연구에서는 중분류간 상대적 중요도 평가에서 5개 평가기준을 별도로 적용한 것과는 달리 5개 기술 특성 항목을 종합적으로 고려한 평가로 현장실무자의 응답 부담을 줄였다.

### 4-4. 설문 응답율

각 설문 내용별로 응답자 자격 요건을 적용하여 9개 원자력 발전소와 원자력발전회사 본사에서 총 130명의 설문 대상자를 선정하여 설문지를 발송하였고 113명이 설문에 응해 87%의 설문 응답률을 얻었다.

## 5. 설문 조사 결과 분석 및 토의

### 5-1. 경영전략 측면의 대분류간 중요도 설문 결과

5-1-1. 평가기준간의 상대적 중요도

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 "안전

**표 6. 평가 기준 "안전성 향상"의 하위 평가 기준들간의 상대적 중요도.**

| 하위 평가기준 | 중요도 | 순위 |
|---|---|---|
| 원자로안전성향상 | 0.526 | 1 |
| 종사자안전성향상 | 0.307 | 2 |
| 부지환경안전성향상 | 0.167 | 3 |
| 계 | 1 | |

**표 7. 평가 기준 "경제성 향상"의 하위 평가 기준들간의 상대적 중요도.**

| 하위 평가기준 | 중요도 | 순위 |
|---|---|---|
| 전력생산극대화 | 0.444 | 1 |
| 신규투자저감 | 0.223 | 2 |
| 운전보수비절감 | 0.205 | 3 |
| 부대효과 | 0.128 | 4 |
| 계 | 1 | |

**표 8. 경영전략 측면 하위 평가 기준간의 상대적 중요도.**

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

성 향상"의 하위 평가 기준들간의 상대적 중요도는 [표 6]과 같다. 이를 보면 원자로 안전성 향상을 가장 중요한 기준으로 인식하고 있으며 그 다음으로 종사자 안전성 향상을, 그리고 마지막으로 부지환경 안전성 향상을 중요 기준으로 인식하고 있다. 평가기준 "경제성 향상"의 하위 평가 기준들간의 상대적 중요도는 [표 7]과 같다. 즉, 전력생산극대화를 가장 중요한 기준으로 인식하고 있으며 신규투자저감, 운전보수비절감, 부대효과의 순서로 중요도가 낮아지고 있다.

위의 결과를 종합하여 하위 평가기준간의 상대적 중요도에 상위 평가기준의 중요도를 곱하여 정규화하여 서열을 매긴 결과는 [표 8]과 같다. 이 결과에서 보듯이 원자로안전성 향상과 전력생산극대화가 전체 중요도의 절반 가량을 차지하고 있으며, 그 다음으로 종사자안전성 향상, 신규투자저감, 운전보수비 절감, 부지안전성향상, 부대효과의 순으로 나타났다.

5-1-2. 대분류간의 중요도 종합 지표 부여 및 서열화

위에서 분석한 경영측면의 각 평가기준에 대한 대분

**표 9. 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 |
| 방사성폐기물관리 | 0.1146 | 6 |
| 진단평가 | 0.110 | 7 |
| 계 | 1 | |

류간의 상대적 중요도를 종합한 결과 7개 대분류들간의 상대적 중요도 및 그 순위는 [표 9]와 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, 종사자 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.

### 5-2. 기술 특성 측면의 중분류간 중요도 설문 결과

5-2-1. 평가기준간의 상대적 중요도

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 10]과 같다. 대부분의 대분류에서 소관 중분류의 기여도가 중요도 1위를 압도적으로 차지한 것은 당연한 결과

**표 10. 기술 특성 측면의 중분류 평가기준간의 상대적 중요도 평가.**

| 대분류 / 중분류 평가기준 | 안전관리 | | 방사선관리 | | 진단평가 | | 성능개선 | | 운전, 정비 최적화 | | 수명관리 | | 방폐물관리 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 | |

라고 볼 수가 있다. 왜냐하면 기여도란 중분류가 지니는 소속 대분류 목표 달성 가능성을 의미하기 때문이다.

5-2-2. 중분류간의 상대적 중요도

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 11] 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 5.1.에서 구한 해당 대분류의 상대적 중요도를 곱하여 한 중분류 기술이 원자력발전소 운영에서 경영 측면과 기술특성 측면을 동시에 고려했을 때 차지하는 종합적인 중요도를 평가하였다. [표 12]는 이러한 과정을 거쳐서 얻은 중분류간의 종합 서열을 보여주고 있다. 이 결과를 보면 대분류 방사선관리에 속하는 중분류가 상위 군을 이루고 있고, 대분류 진단평가에 속하는 중분류들이 하위 군을 이루고 있다. 방사선관리의 경우 중요도가 0.132로 5위이지만 소속 중분류가 3개로 적어서 최상위 군을 차지했고 진단평가의 경우에는 중요도가 0.110으로 최하위이면서 소속 중분류가 9개로 많기 때문에 최하위 군을 차지했다고 해석을 할 수 있다. 이는 설문 결과 도출한 중분류 종합 서열의 신빙성이 설문에 적용한 기술체계의 완벽성에 비례하기 때문이다. 최초로 시도한 수요기반의 (need based) 원전 운영 기술체계의 정립 과정에서 많은 검토가 이루어지기는 했으나 본 설문에 적용한 기술체계의 완벽성을 고려하여 중분류 종합 우선 순위를 보정할 방법은 현재로는 존재하지 않는다. 따라서 [표 12]의 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 11]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 11]의 대분류별 소속 중분류 순위를 보면 안전관리에서는 원자로안전성향상, 방사선관리에서는 방사선량 측정 및 평가, 진단평가에서는 NSSS 검사, 성능개선에서는 계측제어시스템 신뢰도 증진, 운전 및 정비 최적화에서는 NSSS 정비, 수명관리에서는 설비수명관리, 방사성폐기물 관리에서는 방사성폐기물 처분이 각각 1위를 차지하고 있다.

### 5-3. 소분류간의 중요도 지표 부여 및 서열화

기술 특성 측면에서 동일 중분류 산하 소분류간 상대적 중요도 평가는 5.2의 중분류간 상대적 중요도 평가와는 달리 5개 기술 특성 항목을 종합적으로 고려하여 수행하였다. 이렇게 구해진 소분류간 중요도에 5.2에서 구한 해당 중분류의 종합 중요도를 곱하여 170개의 소분류 각각이 원자력발전소 전체에서 차지하는 중요도를 구했다. [표 13]은 이렇게 구한 170개 소분류 기술간의 중요도를 서열화한 것의 일부이다. 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 14]이다.

**표 11. 동일 대분류 산하 중분류간의 중요도 지표 부여 및 서열화.**

| 대분류 | 중분류 | 대분류 내 중요도 | 대분류 내 순위 | 종합 중요도 | 종합 순위 |
|---|---|---|---|---|---|
| 안전관리 | 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 |
| 방사선관리 | 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 |
| 진단평가 | 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 |
| 성능개선 | 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 |
| | 운전지원용전산시스템운용 | 0.1019 | 4 | 0.0182 | 24 |
| | 일반기기정비 | 0.0989 | 5 | 0.0177 | 26 |
| | 인간실수저감 | 0.0952 | 6 | 0.0170 | 27 |
| 수명관리 | 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 |
| 방사성폐기물관리 | 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 | |

[표 14]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 [표 13]의 소분류 종합 순위를 향후 기획 과정에서 참고하려면 설문에 적용한 원전운영기술체계와 해당 대분류와 중분류의 중요도에 근거한 순위임에 유의하여야 한다. 예를 들어서 대분류 "진단평가" 소속 소분류 항목들이 하위 군

**표 12. 중분류간의 중요도 종합 지표 부여 및 서열화.**

| 종합 순위 | 중분류 | 대분류 | 종합 중요도 |
|---|---|---|---|
| 1 | 방사선량 측정 및 평가 | 방사선관리 | 0.0510 |
| 2 | 방사선피폭저감 | 방사선관리 | 0.0505 |
| 3 | NSSS 정비 | 운전 및 정비 최적화 | 0.0453 |
| 4 | 원자로안전성향상 | 안전관리 | 0.0443 |
| 5 | 설비수명관리 | 수명관리 | 0.0406 |
| 6 | 터빈정비 | 운전 및 정비 최적화 | 0.0404 |
| 7 | 정비계획 최적화 | 운전 및 정비 최적화 | 0.0400 |
| 8 | 설비진동저감 | 수명관리 | 0.0392 |
| 9 | 방폐물처분 | 방사성폐기물관리 | 0.0371 |
| 10 | 설비수명관리사업체제구축 | 수명관리 | 0.0370 |
| 11 | 설비건전성평가 | 수명관리 | 0.0347 |
| 12 | 원전해체 및 제염 | 방사성폐기물관리 | 0.0321 |
| 13 | 환경방사능 안전성 향상 | 방사선관리 | 0.0301 |
| 14 | 중대사고관리 | 안전관리 | 0.0269 |
| 15 | 사용후핵연료수송저장 | 방사성폐기물관리 | 0.0230 |
| 16 | 계측제어시스템 신뢰도 증진 | 성능개선 | 0.0226 |
| 17 | 계측제어시스템 성능개선 | 성능개선 | 0.0220 |
| 18 | 출력증강 | 성능개선 | 0.0218 |
| 19 | 운전신축성 증진 | 성능개선 | 0.0215 |
| 20 | 방폐물처리 | 방사성폐기물관리 | 0.0214 |
| 21 | 기기성능 개선 | 성능개선 | 0.0209 |
| 22 | 구조물안전성향상 | 안전관리 | 0.0205 |
| 23 | 내진안전성향상 | 안전관리 | 0.0190 |
| 24 | 운전지원용전산시스템운용 | 운전 및 정비 최적화 | 0.0182 |
| 25 | 원자로안전실험 | 안전관리 | 0.0179 |
| 26 | 일반기기정비 | 운전 및 정비 최적화 | 0.0177 |
| 27 | 인간실수저감 | 운전 및 정비 최적화 | 0.0170 |
| 28 | NSSS검사 | 진단평가 | 0.0170 |
| 29 | 부지안전성향상 | 안전관리 | 0.0150 |
| 30 | 구조물 성능 개선 및 내구성 향상 | 성능개선 | 0.0146 |
| 31 | 기계성능평가 | 진단평가 | 0.0145 |
| 32 | 전기, 계측제어기기 진단성능평가 | 진단평가 | 0.0145 |
| 33 | 연료검사 및 손상연료평가 | 진단평가 | 0.0144 |
| 34 | 노심분석 | 성능개선 | 0.0140 |
| 35 | 수질관리 | 성능개선 | 0.0133 |
| 36 | 기계기기진단 | 진단평가 | 0.0125 |
| 37 | 용수 및 폐수관리 | 성능개선 | 0.0109 |
| 38 | 기계기기검사 | 진단평가 | 0.0109 |
| 39 | 특수감시 | 진단평가 | 0.0107 |
| 40 | 구조물/기기 내진 성능 개선 | 성능개선 | 0.0099 |
| 41 | 구조물검사 | 진단평가 | 0.0076 |
| 42 | 환경평가 | 진단평가 | 0.0074 |
| | | 계 | 1 |

을 이루고 있다고 해서 이들을 연구개발이 불필요한 항목으로 취급하여서는 안 된다. 이 중요도는 어디까지나 상대적인 값이며 필요성 여부를 판정할 근거는 아니기 때문이다.

## 6. 검 증

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 능

**표 13. 소분류 기술간 중요도의 서열화 결과(부분 예시).**

| 순위 | 소분류 | 종합중요도 |
|---|---|---|
| 1 | 터빈정비지원 시스템 운용 | 0.04040 |
| 2 | 방사선량 평가 | 0.03497 |
| 3 | 기기 진동 저감 | 0.02893 |
| 4 | 수명관리 경제성평가 | 0.02755 |
| 5 | 신뢰도 정보를 활용한 정비 분석 | 0.01730 |
| 6 | 제염 | 0.01648 |
| 7 | 공기최적화 프로그램 운용 | 0.01613 |
| 8 | 방사선량 측정 | 0.01605 |
| 9 | 일일 부하추종 운전 | 0.01601 |
| 10 | 원전 해체 | 0.01566 |
| 11 | 환경방사능 거동해석 | 0.01488 |
| 167 | 금속파편 감시 | 0.00074 |
| 168 | 온라인 위험도 감시 | 0.00062 |
| 169 | 계측제어 시스템 감시 | 0.00060 |
| 170 | 수문/해안재해 감시 | 0.00039 |
| | | 1 |

**표 14. 누적 중요도 50%까지의 소분류 항목.**

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

력에 의존하여 구축되어서 그 완전성에는 한계가 있다. 기술체계는 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 검증하였고 설문 조사외는 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.

### 6-1. 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. AHP는 의사결정자가 수행하는 일련의 쌍대비교 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 측정한다. 이때 CI는 다음과 같이 계산한다.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}$$

$\lambda_{max}$는 쌍대비교행렬의 가장 큰 고유치(eigenvalue)를 말하며 N은 비교되는 대안(또는 기준)의 수를 나타낸다. CR은 이렇게 구해진 CI를 RI(Random Index)로 나눈 값으로 정의된다. 즉,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

일반적으로 CR이 0.1 이하이면 의사결정자가 행한 쌍

대비교는 합리적인(reasonable) 일관성을 갖는 것으로 판단하고 0.2이내일 경우에는 용납할(tolerable) 수 있으나 그 이상이면 일관성이 부족한 것으로 판단한다. 이러한 기준으로 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 하더라고 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 현장기술수요들과 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. [표 15]는 이러한 과정을 수행한 워크시트이다. 이 시트를 보면 제 35위 소분류에서 누적 중요도 50%가 달성되었음은 170개 소분류 중 20.5%에 해당하는 35개의 기술들이 전체 중요도의 50%를 차지할 정도로 비중이 크다는 의미이다. 이러한 추이는 현장제안 수요에서도 확실히 나타난다. 현장 제안 기술 수요 총 개

**표 15. AHP 설문 결과 신뢰성 검증 워크시트.**

| 소분류 | 중요도 | 누적 중요도 | 순위 | K1 [9] | K2 | Y1 [6] | Y2 [7] | U1 | U2 [8] | W1 [3] | W2 [3] | [13] | [5] | 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 터빈정비지원 시스템 운용 | 0.040 | 0.040 | 1 | | | | | | | | | | | 0 |
| 방사선량 평가 | 0.035 | 0.075 | 2 | | | | | 2 | | | | 1 | | 3 |
| 기기 진동 저감 | 0.029 | 0.104 | 3 | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | 4 |
| 수명관리 경제성평가 | 0.028 | 0.132 | 4 | | 1 | 1 | | | | | | | | 2 |
| 신뢰도 정보를 활용한 정비 분석 | 0.017 | 0.149 | 5 | | | | | 1 | 2 | 1 | | | 1 | 5 |
| 제염 | 0.016 | 0.166 | 6 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | 3 |
| 공기최적화 프로그램 운용 | 0.016 | 0.182 | 7 | 1 | | | 1 | 2 | | | | 1 | 1 | 6 |
| 방사선량 측정 | 0.016 | 0.198 | 8 | | | 1 | | | | | | 1 | | 2 |
| 일일 부하추종 운전 | 0.016 | 0.214 | 9 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| 원전 해체 | 0.016 | 0.229 | 10 | | | | | | | | | | | 0 |
| 환경방사능 거동해석 | 0.015 | 0.244 | 11 | | | | | | | | | 1 | 1 | 2 |
| 구조해석 및 설계 | 0.014 | 0.258 | 12 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| 증기발생기정비 | 0.014 | 0.272 | 13 | 2 | | | | | | 1 | | | | 3 |
| 증기발생기 수명 관리 | 0.013 | 0.285 | 14 | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 3 |
| 방사선 구역 작업 개선 | 0.013 | 0.297 | 15 | 1 | | | 1 | | | 2 | 2 | 1 | | 7 |
| 방사선량 감축 | 0.013 | 0.310 | 16 | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 위험도 정보를 활용한 규제완화 대응 | 0.012 | 0.322 | 17 | | 1 | | | | | 4 | | 1 | | 6 |
| 계측제어 디지털 기술 적용을 통한 신뢰도 향상 | 0.012 | 0.334 | 18 | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 노심 출력 및 운전 여유도 향상 | 0.011 | 0.345 | 19 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 3 |
| 조직 및 인간 인자 평가 | 0.011 | 0.356 | 20 | | | | | | | | | | | 0 |
| 방사선 피폭저감 체제 운영 | 0.011 | 0.367 | 21 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 4 |
| 열성능 증진 | 0.011 | 0.378 | 22 | | | 1 | 2 | 1 | | | | | | 4 |
| 중대사고현상 온라인 감시 시스템 운용 | 0.011 | 0.389 | 23 | | | | | | | | | | | 0 |
| 계측제어 기기 신뢰도 증진 | 0.010 | 0.399 | 24 | | | | | | | | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 중대사고해석 | 0.010 | 0.410 | 25 | | | | | | | | | | | 0 |
| 원자로기기 수명 관리 | 0.010 | 0.420 | 26 | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 3 |
| 구조물 진동 저감 | 0.010 | 0.430 | 27 | | 1 | 1 | | | | | | | | 2 |
| 운전과도 해석 및 신안전 해석 | 0.010 | 0.440 | 28 | | | | | | | | | | | 0 |
| RCP 정비 | 0.010 | 0.450 | 29 | | | | | | | | | | | 0 |
| 발전소 종합 평가 | 0.009 | 0.460 | 30 | | 1 | 1 | | | | 1 | | 4 | | 7 |
| 처분안전성 평가 | 0.009 | 0.469 | 31 | | | | | | | | | | | 0 |
| 증기발생기 건전성 평가 | 0.009 | 0.478 | 32 | | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | 4 |
| SF 저장 | 0.009 | 0.487 | 33 | | | | | | | | | | | 0 |
| 구조물 및 기기 내진검증 | 0.009 | 0.496 | 34 | | | | | | | | | | | 0 |
| 원자로 정비 | 0.009 | 0.505 | 35 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 소계 | | | | 7 | 8 | 11 | 9 | 8 | 2 | 3 | 4 | 18 | 6 | 82 |
| 이하 생략 | | | | | | | | | | | | | | |
| 총계 | 1 | 1 | | 31 | 27 | 26 | 23 | 32 | 8 | 12 | 22 | 63 | 13 | 257 |

수의 31.9%가 소분류 순위 35위까지에 집중되어 있고 나머지 68.1%가 소분류 36위에서 170위까지에 분포되어 있다. 즉, 설문 조사 결과 나타난 상위 그룹의 기술군들과 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 개재된다. 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.

## 참고문헌


1. Satty, T.L.: "Applications of Analytical Hierarchy Process", Math. Cpmputers Simulat, 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 : "방사성폐기물관리 기술 중장기종합개발계획수립을 위한 기술개발 분석 보고서" (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).