

국내 원자력발전소의 조직인자에 관한 연구 Organizational Factors in Korean NPPs

장동주, 김윤익, 정창현
서울대학교
서울시 관악구 신림동 산 56-1

김재환
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

조직인자란 어떤 시스템의 목표달성에 영향을 미치는 조직문화, 의사소통정도, 주변 환경 등 경영/조직상의 모든 요인을 총칭하는 말이다. 조직인자 측면의 잠재오류는 설계, 운전, 보수 등의 단계에서 작업자의 오류로 귀결될 수 있으며 또한 사고로 이어질 수 있다. 이러한 조직인자에 대한 연구를 원자력발전소에 적용함에 있어 원전 내부의 조직인자를 파악, 체계화하고 이를 바탕으로 원전의 안전성을 평가하기 위한 노력이 요구되고 있다. 본 논문에서는 외국의 기존 조직인자 연구에서 도출된 조직인자들을 바탕으로 다음과 같은 연구과정을 통해 국내 원전의 조직인자 체계를 제시하고자 하였다. ① 외국의 13개 연구보고서를 대상으로 각 연구 별로 제시된 총 174개 조직인자의 정의와 범위를 검토한다. ② 검토된 조직인자들을 대상으로 선별분석을 수행, 비교적 신뢰성 있는 조직인자들을 도출하여 제시한다. ③ 도출된 조직인자의 신뢰성 검증을 위해 '국내원전 인적요소관련 고장사례집'을 바탕으로 국내 원전에 대한 분석을 수행한다. ④ Onion Structure Model을 적용하여 위 조직인자들을 체계화하고 신뢰성 및 활용 가능성을 높인다.

Abstract

Organizational factors are referred to as the factors that influence the achievement of a goal of an organization. Latent problems of an organization could contribute to causing human errors in such stages as design, operation and maintenance, and furthermore, leading to an severe accident. In order to evaluate an organization from the safety viewpoint, it is necessary to identify the organizational factors in a systematic fashion. In this paper, some efforts to identify the organizational factors in Korean NPPs are presented. The study was performed in the following steps: ① Reviewing the definitions and range of the organizational factors used by the previous 13 researches, ② Structuring the organizational factors by screening and collating factors, ③ Analysing the organizational factors that is considered to have contributed to the trip events based on the trip report of Korean NPPs, ④ Suggesting a more reliable taxonomy of organizational factors for event analysis by applying the Onion Structure Model to the selected factors.

1. 서 론

어떤 조직이건 간에 그 조직이 얼마나 효율적으로 구성되어 있고, 조직이 수행하는 일련의 작업들이 얼마나 체계적으로 이루어지는가에 따라 그 조직의 효과적 목표달성 여부가 결정된다. 하지만 실제로 '조직'에서 나타나는 요인들에 대한 정량화가 어렵고, 실제 적용에 있어서도 방법론적 어려움이 있어 오랜 기간 이 분야의 연구 필요성을 간과해온 것이 사실이며 원전의 안전성 향상을 위한 연구들도 대부분 공학 지향적인 접근이었다고 할 수 있다. 그러나 TMI 사고 이후 미국

우주왕복선 챌린저호 폭발, 구소련 체르노빌 원전사고 등 많은 대규모 사고의 원인에 조직인자가 관여했다는 것이 알려지면서 조직인자는 차츰 중요한 분석 대상의 하나로 받아들여지고 있다. 최근 BNL-NRC의 공동연구를 비롯해서 원전 조직인자에 대한 다양한 연구들이 수행되어 나름의 성과를 거두고 있으나 연구간 용어나 개념의 차이가 존재하며, 사회·문화적인 요인을 포괄하는 조직인자 연구의 특성상 아직 일반적으로 수용되는 조직인자 모델이 없는 상황이다. 국내에서도 연구 필요성에 대한 공감대는 어느 정도 형성되었다고 볼 수 있으나 실제로 수행된 연구결과가 많지 않고, 개념적 논의가 진행되는 단계라고 할 것이다. 이러한 관점에서 외국의 기존 조직인자 연구에서 도출된 조직인자들을 조사/분석하고, 국내 원전 특성을 반영한 조직인자를 제시하는 것은 의미 있는 작업이 될 것이라고 본다. 본 연구에서는 이를 위해 BNL-NRC 보고서를 비롯, 13개의 조직인자 관련 연구에서 제시한 174개의 조직인자들을 정리하였고, 이를 바탕으로 보다 많은 연구에서 자주 언급된 인자에 상대적으로 비중을 두어 인자들을 선별분석함으로써 23개의 새로운 조직인자들을 도출하였다. 도출한 조직인자를 원전의 안전성 평가에 적용시켜 검증하는 과정에서 Onion Structure Model을 이용하는 연구방법을 구성하였고 이를 통해 연구 결과의 신뢰성을 어느 정도 높일 수 있었다.

2. 기 수행된 조직인자연구 분석

기 수행된 13가지의 연구보고서를 대상으로 각 연구 별로 제시된 총 174개 조직인자의 정의와 적용 범위를 비교/분석하였다. 다음 장에서는 이 결과를 가지고 베를린공과대학에서 수행한 'ORFA Project'를 토대로 선별분석을 수행, 조직인자를 도출하고자 한다.

2.1. OECD/NEA 보고서

OECD 산하의 NEA(Nuclear Energy Agency)에서는 원전을 상당 기간 정지시켜야 했던 사건들 중 많은 부분이 조직의 결함으로 인한 것임이 밝혀지자 조직인자에 대한 연구 필요성을 느끼게 되었다. 이에 따라 스위스 규제기관의 주최로 여러 나라의 전문가들을 초빙하여 "Organizational Factors Identification and Assessment" 워크숍을 헬싱키에서 개최하였고 이를 바탕으로 OECD는 보고서에서 12가지의 조직인자를 제시하였다.

외부영향(External Influences)	업무협력(Co-ordination of Work)
목표와 전략(Goals and Strategies)	조직지식(Organizational Knowledge)
경영 기능과 감독(Management Functions and Overview)	절차화(Proceduralization)
자원배분(Resource Allocation)	조직문화(Organizational Culture)
인적자원 관리(Human Resources Management)	조직학습(Organizational Learning)
훈련(Training)	의사소통(Communication)

2.2. BNL-NRC 공동 연구

BNL-NRC 보고서는 3500여 개의 참고문헌에 관한 방대한 데이터베이스를 구축하여 이들 문헌들에서 원전 안전성과 관련되어 반복적으로 언급되는 인자들을 도출하였다. 이런 과정을 통해 총 20개의 조직인자가 도출되었으며 관리지식, 의사소통, 문화, 의사결정, 인적자원배분 등 5가지 범주로 구분하였다. 특히 NRC의 조직인자 정의는 이후의 조직인자 연구에도 많은 영향을 끼쳤는데, 조직인자 적용을 위한 방법들 중에서 가장 널리 알려진 '(Work Process Analysis Model : Apostolakis, 1999)도 NRC의 조직인자를 그 기준으로 하고 있다.

2.2.1. 관리 지식(Administrative Knowledge)

작업조정(Coordination of work)	조직지식(Organization knowledge)
표준화(Formalization)	역할과 책임(Roles and responsibilities)

2.2.2. 의사소통(Communications)

외부소통(External communication)	부서내 소통(Intradepartmental communication)
부서간 소통(Interdepartmental communication)	

2.2.3. 문화(Culture)

조직문화(Organizational Culture)	안전문화(Safety Culture)
주인의식(Ownership)	긴급도(Time Urgency)

2.2.4. 의사결정(Decision Making)

중앙집중화(Centralization)	문제파악(Problem identification)
목표우선순위(Goal prioritization)	자원배분(Resources allocation)
조직학습(Organizational learning)	

2.2.5. 인적자원배분(Human Resource Allocation)

수행평가(Performance evaluation)	기술지식(Technical knowledge)
인력선정(Personnel selection)	훈련(Training)

2.3. Swiss Federal Nuclear Safety Commission(스위스 연방 원자력안전위원회)

1995년 스위스 연방 원자력안전위원회에서는 스위스 원전의 안전문화 개념을 발전시키고 명확히 하기 위해 작업그룹을 결성했다. 여기에서 작성된 보고서는 안전문화의 정의와 필수요소를 확립하고 이에 대한 평가방법을 제시하는 것이었다. 이 보고서는 안전문화의 한 측면으로서 “조직”을 제시하고 그 인자들을 제시하였다.

안전목표(Safety objectives)	방사능 차폐(Radiation protection)
조직단위간 협력(Collaboration between organization units)	산업안전(Industrial safety)
품질관리(Quality management)	직원에 대한 태도(Attitudes to staff)
운영(Operation)	훈련(Training)
보수(Maintenance)	비상운전(Emergency operation)
기술지원(Technical support)	안전성 검토(Safety review)

2.4. HSE Health and Safety Management(영국 보건안전행정부 - 보건안전관리)

원래 HSE(UK Health and Safety Executive)의 안전규제활동은 대부분 화학산업에 대한 것이었다. 이런 활동의 목표는 정량적 위험도 분석(Quantitative Risk Analysis)에 있어 조직/경영면의 요인을 찾아내는 방법을 향상시키는 것이었다. 이러한 연구를 바탕으로 HSE는 “사회 기술적 피라미드”(Sociotechnical Pyramid) 모델을 만들었다. 이 모델은 5가지의 조직인자 주요 범주를 가진다.

시스템 분위기(System climate)	공학적 신뢰도(Engineering reliability)
조직과 경영(Organization and management)	운전원 신뢰도(Operator reliability)
의사소통과 피드백(Communication and feedback)	

2.5. Finnish Safety Evaluation Memorandum(핀란드 안전성 향상 정관)

1991년 핀란드 의회(State Council of Finland)에서 현대의 안전요구수준에 맞는 종합적인 안전문화의 구축을 위한 ‘새로운’ 안전규제방안에 대한 필요성이 제기되어 정관이 마련되었다.

경영판단(Decisions management)	기술유지/향상(Methods and upgrading the professional skills)
공정관리(Housekeeping at the plant)	자원투자(Resources invested in maintenance safety level)
보상(Rewards to the plant personnel)	준비성(Preparedness of the plant management)
효율화(Efficiency of management system)	문제 개방성(Openness in uncovering and solving)
개인태도(Attitudes of the individuals)	안전성 평가(Systematic assessment and development of safety)
작업과정(Adequacy of procedures)	설비개선 자원투자(Resources invested in safety modifications)

2.6. Factors to Promote Continuous Improvement Organizations(스웨덴 “지속적 발전 조직의 요인”)

스웨덴의 원자력조사위원회(Nuclear Power Inspectorate, SKI)는 두 가지 규제개념을 따른다. 첫째는 규제와 감독의 역할이고 둘째는 안전성 향상을 위한 능동적인 장려활동이다. SKI는 두 번째 목적에 기반을 두고 1994년 미국의 Battle Human Affair Research Center와 공동으로 원자력 안

전에 있어 조직의 영향을 분석했다. 그들은 분석결과를 발전시켜 지속적으로 발전하는(Continuous Improvement: CI) 조직체의 가장 중요한 특성들을 파악했다. 여기에는 네 가지 key process의 향상이 포함된다: 전략적 결정, 조직조정, 관리변화, 조직학습.

우리는 이 중 조직학습과 관계된 몇 가지 인자들을 조직인자로 볼 수 있다.

문제해결(Problem solving)	해법의 실행(Solution implementation)
문제진단(Problem diagnosis)	평가(Assessment)
해법의 조직화(Solution formulation)	피드백(Feedback)

2.7. Carl Rollenhagen's model(칼 롤렌하겐 모델)

독자적인 연구를 통해 칼 롤렌하겐은 1999년에 인간-조직인자와 그들의 안전성과의 관계 등을 평가하기 위한 개념체계를 제시했다. 그의 모델은 세 가지 개념적 구분을 가진다.

2.7.1. 자원(Resources) : 자원이란 인간의 활동이 어떤 목표를 이룰 수 있도록 해주는 모든 것을 말한다. 사람들은 자원을 만들고 사용하고 운영한다. 어떤 활동을 하는 사람들을 우리는 “인적 자원”이라고 할 수 있다. 여기에는 또한 다양한 개념이 적용 가능하다.

정보자원(Information resources)	시간자원(Time resources)
정보기술자원(Information technology resources)	재정자원(Financial resources)
인적자원(Human resources)	기타자원(Other resources)

2.7.2. 활동(Activity) : 활동이란 자원을 만들고 기술수준을 유지하는 어떤 것이다.

건설/설계(Construction/Design)	확인(Verification)
운전(Operation)	관리(Managing)
유지보수(Maintenance)	분석(Analysing)

2.7.3. 기술적 핵심시스템(Technological core system) : 시스템의 하드웨어들에 관련된 개념

2.7.4. 외부요인(External influence)

규제완화(Deregulation)	경제적 구조(Economic structure)
정책결정(Political decisions)	규제활동(Regulatory practices)

2.8. Assessment of Safety Culture in Organization Team (ASCOT) Indicators of IAEA (안전문화 평가를 위한 IAEA 지침)

원전 안전성 극대화를 위한 노력의 일환으로 IAEA(International Atomic Energy Agency)는 원자력 전문가들을 초빙하여 작업그룹을 구성했다. INSAG(International Nuclear Safety Advisory Group)은 안전 문화 측면에 중점을 두고 ASCOT의 가이드라인을 제시하였다.

2.8.1. 정부와 그 조직(Government and its organizations)

정부안전규약(Government commitment to safety)	규제기관(Regulatory agencies)
---	---------------------------

2.8.2. 조직운영(Operating organization)

기업수준의 안전정책(Safety policy at the corporate level)	기업수준(Corporate level)
기업수준의 안전실행(Safety practices at the corporate level)	

2.8.3. 발전소수준(Plant level)

안전강조(Highlighting safety)	안전수행에 대한 검토(Review of safety performance)
책임정의(Definition of responsibilities)	현장경험(Local practices)
관리자 선택(Selection of managers)	관리자에 의한 현장감독(Field supervision by management)
원전경영과 규제기관(Relation between plant management and regulators)	작업부하(Work-load)
훈련(Training)	관리자의 태도(Attitudes of managers)
	개인의 태도(Attitudes of individuals)

2.8.4. 연구기관(Research organizations) : 안전성 분석 연구(Research input to safety analysis)

2.8.5. 설계기관(Design organizations)

설계의 안전성 측면을 위한 코드(Codes for safety aspects of design)	설계검토 과정(Design review process)
---	--------------------------------

2.9. Safety through Organizational Learning : SOL(조직학습을 통한 안전성 확보)

90년대 초 독일 규제위원회는 인간 측면의 사례분석 방법이 부족하다고 판단, 사례분석연구를 시작하였다. 그 결과로 베를린공과대학에서 원전 및 산업 사고 사례 분석에 도움이 될 수 있는 조직 인자의 구별을 위한 SOL 연구방법을 개발하였다. SOL은 사회 기술적 시스템 접근법(Socio-technical system approach)에 기초를 두고 있으며 원전의 안전과 신뢰성을 기술, 개인, 팀, 조직, 환경이라는 하부시스템이 종합된 전체 시스템의 수행결과로 본다. SOL은 19개의 기여요인(Contribution factors)을 제시하고 있다.

정보(Information)	자격관리(Qualification)
소통(Communication)	훈련(Training)
작업환경(Working conditions)	조직과 관리(Organization and management)
운영계획(Operation scheduling)	경험에 의한 피드백(Feedback of experience)
위반(Violation)	안전 원칙(Safety principles)
책임(Responsibility)	품질관리(Quality management)
조정과 감독(Control and supervision)	유지 보수(Maintenance)
그룹 영향(Group influence)	규제/자문 기관(Regulatory and consulting bodies)
규칙(Rules)	환경영향(Environmental influence)
절차 및 문서(Procedures and documents)	

2.10. Cognitive Reliability and Error Analysis Method : CREAM(인식 신뢰도 및 오류 분석 방법)

CREAM은 과거 사례를 분석하고 조직의 수행 결과를 미리 예측하기 위한 것으로서 1998년 Hollnagel에 의해 개발되었다. Hollnagel은 다음의 범주와 인자들을 제시하였다.

2.10.1. 조직(Organization)

보수 실패(Maintenance failure)	설계실패(Design failure)
부적절한 품질관리(Inadequate quality control)	부적절한 작업분배(Inadequate task allocation)
관리 문제(Management problem)	사회적 압력(Social pressure)

2.10.2. 의사소통(Communication)

의사소통실패(Communication failure)	정보 결여(Missing information)
-------------------------------	----------------------------

2.10.3. 훈련(Training)

충분한 기술(Sufficient skills)	지식부족(Insufficient knowledge)
---------------------------	------------------------------

2.10.4. 주변 요건(Ambient conditions)

온도(Temperature)	습기(Humidity)
소음(Sound)	조명(Illumination)

2.10.5. 작업조건(Working condition)

과도한 요구(Excessive demand)	부적절한 팀 지원(Inadequate team support)
부적절한 작업장 배치(Inadequate work place layout)	불규칙적인 작업 시간(Irregular working hours)

2.11. Technic of Operations Review : TOR(운영 검토 기법)

TOR은 진단훈련과 재난 방지를 위한 도구로서 1973년 Weaver에 의해 제시되었다. Weaver는 조직 내에 잠재하는 어떤 근본적인 원인들로 인해 운영상 오류가 발생하는 것이며, 이 근본원인들을 TOR을 통해 발견할 수 있다고 보았다. 여기 언급된 조직인자들은 운영체제상에서 경험적으로 증명된 관리/감독 대상 요인들로서 사고나 오류에 영향을 미칠 수 있다.

훈련(Training)	책임(Responsibility)
결정과 지시(Decision & direction)	감독(Supervision)
작업그룹(Work groups)	조정(Control)
개인 특성(Personal traits)	관리(Management)

2.12. TRIPOD(트라이포드)

TRIPOD는 쉘 석유회사의 석유탐사 및 운영을 위해 1994년 Leiden and Manchester 연구팀에 의해 제시되어 이후 많은 다른 석유회사들에 의해 적용, 발전되었다. 원래 TRIPOD는 사고에 있어 인간요인 측면을 연구하기 위해 설계되었으나 이후 사고 분석에 사용되게 되면서 조직의 안전 표준을 평가하는 진단 도구로서 쓰이게 되었다. TRIPOD의 이론적 기반은 사고를 연속적인 원인(Chain of causes)들로서 설명하는 ‘사고원인모델’이다. TRIPOD에서는 조직인자가 GFT(General Failure Type)라는 명칭으로 나타난다.

하드웨어 결함(Hardware defects)	부적절한 목표(Incompatible goals)
부적절한 설계(Inappropriate design)	소통실패(Communicational failures)
부실한 유지관리(Poor maintenance management)	조직실패(Organisational failures)
부실한 운영절차(Poor operating procedure)	부적절한 훈련(Inadequate training)
오류를 조장하는 조건(Error enforcing conditions)	부적절한 방어시스템(Inadequate defences)
부실한 관리(Poor housekeeping)	

2.13. Ontario Hydro Performance Assessment Report(온타리오 수력 수행 평가보고서)

최근 온타리오수력원자력(Ontario Hydro Nuclear: OHN)발전소는 다른 발전소에 비해 효율이 떨어지는 것으로 조사되었다. 이는 오랜 기간의 관리, 과정, 장치상 문제점이 지속되었기 때문이었다. 그로 인해 OHN은 독립/통합적인 수행평가(IIPA: Independent Integrated Performance Assessment)를 실시하기로 결정하였다. IIPA는 원자력능력자문위원회(NPAG: Nuclear Performance Advisory Group)에서 지휘했다. NPAG는 3개월간의 평가 작업을 통해 관리 보고서를 내놓았는데 이는 이론적으로나 결론 측면에서도 조직인자를 포함하지는 않지만, IIPA 보고서가 기반으로 삼은 핵심요인(Key issue)들은 조직인자의 측면을 포괄하는 것이었다.

2.13.1. 경영 리더쉽(Managerial Leadership)

직원 책임(Employee accountability)	하부경영레벨의 지원(Support of lower level management)
관리 감독(Management oversight)	측면적 작업관계(Lateral working relationships)
관리 관행(Managerial practices)	

2.13.2. 문화와 표준(Culture and Standards)

문화(Culture)	표준(Standards)
의사결정(Decision making)	

2.13.3. 직원과 수행(People and Performance)

2.13.4. 과정과 절차(Process and Procedures)

수행 모니터링(Performance monitoring)	주원인 판단(Root cause identification)
절차승인(Procedural compliance)	보안프로그램(Security program)
품질보증(Quality assurance)	작업과정(Processes)
작업보호(Work protection)	

2.13.5. 하드웨어와 설계(Plant(Hardware) and Design)

가능한 결단(Operability determinations)	안전계통 기능 검사결과
설계 문서화/변경 관리 (Design documentation and change control)	(Safety system functional inspections results)
계통 공학/프로그램 (Systems engineering and programs)	발전소 상태 및 배열제어 (Plant status and configuration control)

2.13.6. 조직과 자원(Organization and Resources)

노동관계(Labour relations)	수행에 영향을 미치는 원인 합의/평가 (Assessment of collective agreement issues affecting performance)
------------------------	---

3. 선별분석을 통한 조직인자 도출

3.1. 연구개념

기 수행된 조직인자 연구들을 살펴보면 각 연구모델 간 중복 언급된 인자가 많으며, 비슷한 의미를 가지면서 용어의 선택을 다르게 한 경우도 자주 발견된다. 또한, 어떤 연구에서 제시한 모델에서는 등장하지만 다른 연구의 모델에서는 전혀 나타나지 않는 경우도 있다. 이미 외국의 선행연구들에서 도출한 인자들에 대한 상호 비교, 보완을 수행함으로써 조직인자를 도출해 내고자 하였다.

ORFA의 연구를 바탕으로, 인자들에 대한 선별분석을 통해 상대적으로 언급 빈도가 낮은 인자들을 걸러내고 유사한 의미를 가지는 인자들은 병합하여 새로운 조직인자 체계를 정의하였다.

3.2. The ORFA Project

3.2.1. 개요

ORFA 프로젝트는 1998년 8월 원자력에 관련된 유럽의 여러 나라가 컨소시엄을 구성하여 시작되었다. 이 프로젝트의 목적은 다음의 두 가지이다.

- ① 유럽 각국의 원전과 관련된 조직인자에 관한 연구 성과를 공유하고 향후 연구 체계를 확립한다.
- ② 원전 안전에 있어 조직인자 측면의 접근을 위해 사용 가능한 이론을 만든다.

이를 위해 이 프로젝트는 조직인자 연구의 필요성과 방법론을 제시하고 세미나를 수행하여 조직인자에 대한 합일점을 찾으려 노력하였다. 이 과정에서 앞의 2장에서 분석한 13가지 연구에서 제시한 조직인자들을 대상으로 하여 7개의 범주를 작성하였으며, 범주별로 중복 언급된 인자들을 하나의 셀로 묶고, 연구별로 인자의 해당 유무를 표시한 연구모델을 제시하였다.

본 연구에서는 이를 인용하여, 조직인자간 연관성을 바탕으로 포괄적 인자를 제시하거나, 13개의 연구에서 많이, 고르게 언급된 조직인자를 제시하는 방법을 통해 나름의 조직인자체계를 제안한다.

3.2.2. ORFA Model

ORFA의 모델에서는 유사한 의미를 가지는 인자들을 한 셀에 묶어서 표시하는 방법을 사용하여 13개의 연구에서 언급된 총 173개의 인자를 63개의 셀로 나타내었으며 각 인자별로 해당되는 연구 모델들을 가로축에 나타내었다.(표 3.1. 참조) 연구 모델별 약어는 임의로 표 3.2과 같이 정하였다.

표 3.2. 연구모델별 약어표

NRC	미국 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission)
SWIS	스위스 연방 원자력안전위원회(Swiss Federal Nuclear Safety Commission)
OECD	OECD/원자력위원회(OECD Nuclear Energy Agency)
HSE	영국 보건안전행정부 - 보건안전관리(HSE Health and Safety Management)
FIN	핀란드 - 안전성 향상 정관(Finnish Safety Evaluation Memorandum)
SWE	스웨덴 - 지속적 발전 조직의 요인(Factors to Promote Continuous Improvement Organizations)
CARL	칼 롤렌하겐 모델(Carl Rollenhagen's model)
ASCO	안전문화 평가를 위한 IAEA 지침(Assessment of Safety Culture in Organization Team Indicators of IAEA)
SOL	조직학습을 통한 안전성 확보(Safety through Organizational Learning : SOL)
CREA	인식 신뢰성 및 오류 분석 방법(Cognitive Reliability and Error Analysis Method : CREAM)
TOR	운영 검토 기법(Technic of Operations Review : TOR)
TRIP	트라이포드(TRIPOD)
OHN	온타리오 수력 수행 평가보고서(Ontario Hydro Performance Assessment Report)

표 3.1. ORFA MODEL

일반분류	조직인자	NRC	SWIS	OECD	HSK	FIN	SWE	CARL	ASCO	SOL	CREA	TOR	TRIP	OHN
조직간관계	환경영향(외부영향)			1						1				
	정부/기관								1					
	관리자와 규제자의 관계								1					
	규제/자문 기관								1	1				
	연구기관								1					
	규정과 규제 설계기관							1		1				
전략, 목표	목표와 전략, 목표	1		1									1	
	정책, 안전목표, 회사수준의 안전정책, 안전중시, 표준	2	1		1			1	2					1
	문화, 조직문화, 안전문화	2		1										1
	조직, 조직/관리, 조직실패				1					1	1		1	1
	관리, 경영, 경영기능과 감독, 낮은수준의 관리 지원			1					1		1	1		2
	발전소경영 결정, 판단/지도, 결정과정					1						1		1
	중앙집중화	1												
감독	산업안전		1											
	감독, 관리자에의한 현장감독, 조정과 감독, 조정								1	1		2		
	직원에 대한 보상					1								
	지원책임 결정, 의무, 의무결정, 역할과책임	1							1	1		1		1
	인력선정, 관리자선택	1							1					
	적합한 작업배분										1			
	협동, 작업관계의 결정	1		1										1
운영관리	출력, 부적합한 출력	1	1	1					1	1	1	1		1
	분석방법, 안전프로그램							1						1
	계획과 성과, 성과확인, 운영				1	1			1					
	분석							2						
	시스템접근과 안전 향상, 안전 분석, 안전수행분석			1		1				1				
	회계와 수행분석, 수행평가, 수행모니터링	1			1									1
	수행자가분석					1								
	품질관리, 품질보장, 품질조정			1						1	1			1
	조직학습, 경험피드백, 근본원인파악	1		1						1				1
	문제공개와 해결 개방성, 문제파악/해결과정	1				1	1							1
운전수행	규격화, 절차화	1		1										
	절차, 규정, 절차/문서, 불안전공정, 절차수금					1		1		1			1	2
	설계상안전측면 코드, 설계문서화								1					1
	유지보수, 조정 교체, 시스템 엔지니어링 프로그램												1	2
	방사능 감지		1											
	운전, 비상운전		2					1						
	운전 스케줄링, 시간자원, 작업부담	1						1	1	1				
	작업행동, 회사수준의 안전실행, 현장수행, 위반, 작업보호							2	2				1	
	일반적인 방법					1							1	
	자원	자원모델, 자원분배, 자원	1		1				1					
안전유지 및 안전관련 공장개선을 위한 자원						1								
재정 자원, 기타 자원								2						
조직 지식		1		1										
정보, 정보 자원								1		1	1			
수행에 영향을 미치는 것들에 대한 합의														1
노동 관계														1
작업그룹, 그룹영향										1		1		
사회 압력												1		
단위간 협력, 협동과 교환		2		1		1								
의사소통, 의사소통실패, 외부소통, 부서간소통		2		1						1	1	1	1	
인적자원관리				1				1						
개인의 태도, 신뢰, 임원/관리자에 대한 태도			1			1			2					
주인의식		1												
개인특성													1	
기술, 유능, 기술지식, 전문지식의 유지와 향상	1				1				1	2				
기술	기술, 실행가능성 결정							1						1
	기술지원, 정보기술지원		1					1						
	안전원칙, 불충분한 안전시스템, 안전시스템 기능 조사									1			1	1
	설계실패, 부적절한 설계, 건설							1			1		1	
	하드웨어 결함, 기술 요소									1			1	
	유지, 유지보수, 유지실패		1					1		1	1			
	작업 환경									1	1		1	
애매한 조건들 : 온도, 잡음, 습기, 조명														

3.3. 연구 방법

3.3.1. 용어 정의

연구의 편의를 위해 다음과 같이 용어를 정의하였다. (그림 3.1 참조)

가. Basis(기본점수 : B) : 인자가 해당 연구에서 언급된 회수를 나타낸다.

나. Frequency(빈도 : F) : 인자가 몇 개의 연구에서 언급되었는가를 나타낸다.

다. Point(점수 : P) : 기본점수와 빈도를 더한 판단 지표이다. (= $\sum B + F$)

라. 병합 : 유사한 인자들을 결합하여 하나의 인자로 제시한다.

병합 시 Basis는 합산하지만 Frequency는 합산하지 않는다.

마. 삭제 : 선별분석 단계별로 빈도와 점수가 기준치 이하인 경우 삭제한다. 삭제된 인자는

본 연구의 조직인자 체계에 기여하지 못한다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R																		
일반분류	조직인자	N	R	G	W	I	E	C	H	S	E	F	I	N	G	W	E	A	R	S	C	S	O	L	R	E	T	O	F	R	I	D	H		
4	운영관리									1					1	2	2	4																	
5	분석방법, 안전프로그램									1																									
6	계획과 성과, 성과확인, 운영				1	1				1						3	3	6																	
7	분석, 확인									2						2	1	3																	
8	시스템접근과 안전 향상, 안전 분석, 안전수행분석				1	1				1						3	3	6																	
9	회계와 수행분석, 수행평가, 수행모니터링	1				1									1	3	3	6																	
10	수행자기분석									1																									
11	품질관리, 품질보장, 품질조정				1																														
12	조직학습, 경험피드백, 근본원인파악	1		1											1	4	4	8																	
13	문제공개와 해결 개방성, 문제파악/해결과	1				1	1								1	4	4	8																	
14	규격화, 절차화	1		1												2	2	4																	
15	절차, 규정, 절차/문서, 불완전공정, 절차수정														1	2	5	11																	
16	설계상안전측면 코드, 설계문서화														1	2	2	4																	
17	유지보수, 조정 교체, 시스템 엔지니어링 프로그램														1	2	3	5																	

그림 3.1 병합과 삭제

3.3.2. 연구 수행

가. Point를 인자간 상대적인 중요도 판단 기준으로 한다.

나. 선별분석 단계별로 병합 가능성을 먼저 고려하고, 삭제 대상을 판단한다.

다. 병합하는 인자는 되도록 병합되는 인자의 의미를 포괄하도록 재정의한다.

라. 획득 Point가 같은 경우 병합을 통해 생겨난 인자보다 그렇지 않은 인자를 더 중요하게 본다.

3.4. 1차 선별분석

3.4.1. 선별분석 규칙

가. 인자간 병합가능성을 검토한다.

- 비슷한 의미를 내포하는 인자들은 병합한다.

- 병합된 인자간 Basis는 합산한다.

- 병합된 인자의 Frequency는 유지된다.

나. 병합 가능성이 없고 6 Point 이하를 획득한 인자는 삭제한다.

3.4.2. 선별분석

가. 병합 : 의미/범위의 유사성을 근거로 표 3.3과 같이 병합하였다.

표 3.3 병합 인자 설명

기 존 인 자	병합인자	설 명
환경영향(외부영향) 정부/기관 연구기관 설계기관	지원환경	'조직간 관계' 카테고리는 조직의 외부에서 내부로 영향을 끼치는 인자들을 나타낸다. '지원환경' 인자는 그 중에서도 원전을 지원하는 외부조직들의 기여도를 나타낸다.
관리자와 규제자의 관계 규제/자문기관 규정과 규제	규정/규제 환경	외부에서 원전내부에 영향을 끼치는 인자로서 원전 규제와 관련된다.
목표와 전략, 목표 정책, 안전목표, 회사수준의 안전정책, 안전중시, 표준	안전중시 정책	정책적인 목표로서 '안전'의 중요성과 그 조직의 안전과 관련된 표준화 정도를 나타낸다.
조직, 조직/관리, 조직실패 관리, 경영, 경영기능과 감독, 낮은수준의 관리 지원 발전소경영 결정, 판단/지도, 결정과정	경영	조직의 상위수준에서 조직목표를 달성하기 위한 계획, 감독, 모니터링을 수행하며 조직 전반적인 사안에 대해 판단하고 목표를 설정한다.
감독, 관리자에의한 현장감독, 조정과 감독, 조정 직원에 대한 보상	조정과 감독	현장과 가까운 곳에서의 관리 행위로서 보수원이거나 운전원에 대한 현장감독 및 직원들 사이의 중재나 작업에 대한 직접적 보상을 포함한다.
직원선택, 관리자선택 적합한 작업배분 협동, 작업관계의 결정	작업배분	관리자와 직원을 선택하는 행위나, 관리자 입장에서 직원간의 협력관계를 지칭하는 것, 즉 적재적소에 적합한 직원을 배치하는 문제를 나타낸다.
시스템접근과 안전 향상, 안전 분석, 안전수행분석 회계와 수행분석, 수행평가, 수행모니터링 수행자가분석	수행평가	전반적인 조직경영 측면에서 수행내용에 대한 사후 평가 자세를 말한다.
규격화, 절차화 절차,규정,절차/문서, 불완전공정,절차수궁	절차/문서	절차서가 불완전하게 작성되어 있는가와 비일상적인 상황까지 상세하게 절차화, 표준화 되어있는가를 판단하는 기준이다. 인간공학적 원리에 기초하여 과거 실수를 고려, 절차화 한다.
조직 지식 정보, 정보 자원	조직지식	공식적인 업무절차를 포함하여 비공식적인 직원들의 노하우까지 조직의 실제적인 업무수행방식에 대한 지식을 의미한다.
작업그룹, 그룹영향 단위간 협력, 협동과 교환	협동	그룹을 형성함으로써 발생하는 문제점이나 부서간 이기주의 등을 감독한다.
기술지원, 정보기술자원 안전원칙, 충분한 대비, 안전시스템 기능 조사	안전기술/ 시스템	하드웨어적인 측면에서 안전설비 수준과, 거시적 측면에서 안전과 관련된 기술지원 수준을 나타낸다.
설계실패, 부적절한 설계, 건설 하드웨어 결함, 기술 요소	건설/설비	설계단계를 포함한 하드웨어 측면의 문제점 여부를 나타낸다.
작업 환경 주변환경 : 온도, 잡음, 습기, 조명	작업환경	온도, 소음, 습기 등 작업에 방해되는 요인이 있는지 판단한다.

나. 유지

병합 대상이 아닌 기존 인자들은 그 자체로 1차 선별분석을 통과한다. 하지만 이 경우에도 ① 동일 의미를 지니면서도 연구모델들 사이에서 다른 용어로 지칭되는 경우, ② 약간의 차이가 존재하지만 크게 같은 것으로 묶은 경우가 공존하고 있다. 예를 들어 '품질관리'의 경우 품질보장, 품질조정 등으로 불려지기도 하며 의미는 서로 동일한 것으로 볼 수 있으나, '현장안전도'는 '작업행동', '회사수준의 안전 실행', '현장수행', '위반', '작업보호' 등으로 정의되며 연구별로 제시한 인자 사이에 약간의 차이가 있다고 보아야 한다. 위와 같은 이유로 본 연구의 진행과정에서는 1차 선별분석을 통과, 유지된 인자들이라 하더라도 조직인자의 명칭을 새로 정하고 그 의미도 재정의할 필요성이 있다고 보았다. (표 3.4 참조)

표 3.4 유지 인자 설명

기 존 인 자	인자재정의	설 명
문화, 조직문화, 안전문화	안전문화	조직내부에서 안전을 중시하는 분위기. 조직 구성원들에 의해 조직내부로 전파된다.
지원책임 결정, 의무, 의무결정, 역할과 책임	역할과책임	감독하고 조정하는 차원에서 각자에게 역할을 지정하고 그에 따른 책임을 관리한다
훈련, 적합한 훈련	훈 련	직원들의 업무에 대한 숙련도, 이를 위한 훈련프로그램의 완성도를 말한다.
계획과 성과, 성과확인, 운영	계획 /성과확인	운전조작, 즉 실무에 관한 내용으로서 피드백하는 정도를 말한다.
품질관리, 품질보장, 품질조정	품질관리	조직운영 전반에 걸쳐 결과의 건전성을 보장하는 데 있어서 얼마나 노력하고 있는지를 점검한다.
조직학습, 경험피드백, 근본원인파악	조직학습	어떤 조직이 사고사례 등의 경험으로부터 피드백하여 더 나은 상태로 가려는 것을 말한다.
문제공개와 해결 개방성, 문제파악/해결과정	문제파악/ 해결	구성원들이 조직 내에 숨어있는 문제점을 찾아낼 수 있도록 조직이 충분한 정보를 제공하고 있는지, 그리고 문제 발견시 이를 공개하는 분위기인지를 판단한다.
운전 스케줄링, 시간자원, 긴급도, 작업부담	작업부담	특히 시간자원 배분의 적절성에 관한 문제로서, 운전 및 점검 계획이 과도하게 잡혀있는 경우 작업자의 수행도 저하를 야기할 수 있다.
작업행동, 회사수준의 안전실행, 현장수행, 위반, 작업보호	현장안전도	현장에서의 안전지침 인지도와 직원들의 작업행동 안전도를 말한다.
의사소통, 의사소통실패, 외부/내부/부서간소통	의사소통	내부 단위간 소통/정보공유가 원활하게 이루어지는가? 외부기관과 오해가 있는가? 명령하달이 원활하게 이루어지고 있는가? 긴급한 상황에서 쉽게 전파가 가능한가?
개인의 태도, 신뢰, 임원/관리자에대한 태도	개인태도	현장에서 행동 건전성 결여, 불성실한 태도로 인한 위반 내용이 있었는지, 그리고 임원/관리자가 해당 위치에서 신뢰를 얻고있는 정도를 말한다.
기술, 유능, 기술지식, 전문지식의 유지와 향상	기술지식	인적자원측면에서 직원들의 업무관련 지식수준 및 최신 기술 지식에 대한 습득 정도를 말한다.
유지, 유지보수, 유지실패	유지보수	하드웨어적 측면에서 설비 유지/보수 노력을 말한다.

다. 삭 제

1차 선별분석의 '삭제' 기준은 $[P \leq 6]$ 이며 유지/병합과정을 거친 44개 인자 중 18개 인자가 삭제 대상이 되었고 26개의 인자가 남게 되었다. 삭제 기준을 설정하기 위해 6 point 외에 여러 가지 기준치를 세우고, 실행해 봄으로서 삭제기준치 변화에 따른 도출인자 수의 변화(그림 3.2) 및 개별인자의 생존 유무, 생존인자의 정의, 그에 따른 전체 도출인자의 완결성 등 조직인자 체계로서 결과물의 만족도를 점검하였다. 특히, 6 point를 획득한 '자원모델' 인자의 경우 그 의미가 다른 많은 인자들과 중복된다는 점도 고려하였다. 그 결과, 의미 있는 수준의 기준치로서 6 point를 정의할 수 있었다. 삭제된 조직인자와 해당인자의 Basis합, 빈도, point는 표 3.5와 같다.

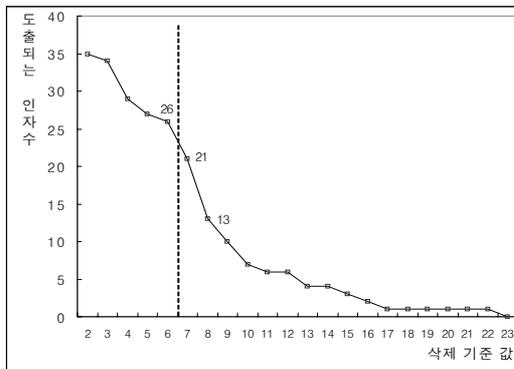


그림 3.2 인자도출 기준.

표 3.5 삭제 인자 설명

삭제된 조직인자	ΣB	F	P	삭제된 조직인자	ΣB	F	P
중앙집중화	1	1	2	노동관계	1	1	2
산업안전	1	1	2	재정자원, 기타 자원	2	1	3
분석방법, 안전 프로그램	2	2	4	수행에 영향을 미치는 것들에 대한 합의	1	1	2
설계상 안전측면 코드, 설계문서화	2	2	4	안전유지 및 공장안전 개선을 위한 자원	1	1	2
유지보수, 시스템 엔지니어링 프로그램	3	2	5	사회 압력	1	1	2
방사능 감지	1	1	2	인적자원관리	2	2	4
운전, 긴급운전	3	2	5	주인의식	1	1	2
일반적인 방법	2	2	4	개인특성	1	1	2
자원모델, 자원분배, 자원	3	3	6	기술, 실행가능성결정	2	2	4

3.5. 2차 선별분석

3.5.1. 선별분석 규칙

- ① 인자간 병합 가능성을 검토한다.
- ② 최소 포인트(7P) 획득인자 중 1차에서 병합을 통해 생성된 것은 삭제한다.
 - 병합과정에서 필연적으로 포인트가 합산되었음에도 불구하고 그 포인트가 가장 낮은 인자는 인자간 상대적인 중요도가 낮다고 볼 수 있다.
- ③ 병합 가능성이 없고 8P 이상을 획득한 인자는 유지된다.

표 3.6에 1차 선별분석 결과와 병합인자, 최소 포인트 인자를 표시하였다.

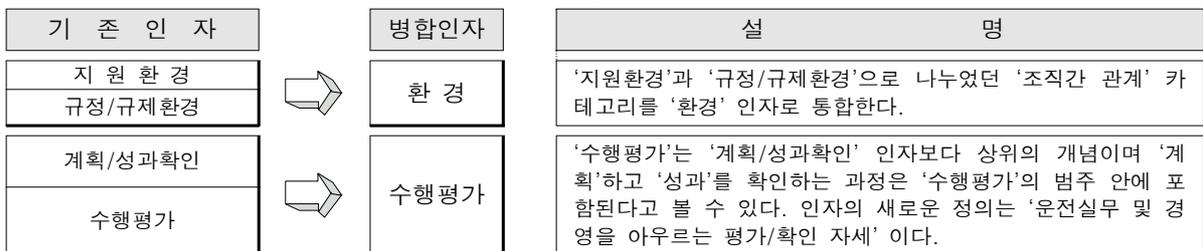
표 3.6 2차 선별분석

일반분류	조직인자	NRC	SWIS	OECD	HSK	FIN	SWE	CARL	ASCO	SOL	CREA	TOR	TRIP	OHN	ΣB	F	P
조직간 관계	지원환경			1					3	1					5	3	8
	규정/규제환경							1	2	1					4	3	7
전략, 목표	안전중시정책	1	1	1	1			1	2				1	1	9	8	17
	안전문화	2		1										1	4	3	7
감독	경영			1	1	1		1		1	2	2	1	4	14	9	23
	조정과 감독					1			1	1		2			5	4	9
	역할과 책임	1							1	1		1		1	5	5	10
운영관리	작업배분	2		1					1		1			1	6	5	11
	훈련	1	1	1					1	1	1	1		1	8	8	16
	계획/성과확인				1	1		2							4	3	7
	수행평가	1		1	1	2			1				1		7	6	13
	품질관리		1							1	1			1	4	4	8
운전수행	조직학습	1		1						1				1	4	4	8
	문제파악/해결	1				1	1							1	4	4	8
	절차/문서	1		1		1		1		1			1	2	8	7	15
	작업부담	1						1	1	1					4	4	8
자원	현장안전도								2	2				1	5	3	8
	조직지식	1		1				1		1	1				5	5	10
	협동		1			1				1		1			4	4	8
	의사소통	2		1						1	1	1	1		7	6	13
	개인태도	1	1			1			2						4	3	7
기술	기술지식	1				1				1	2				5	4	9
	안전기술/시스템		1					1		1			1	1	5	5	10
	건설/설비							1		1	1		2		5	4	9
	유지보수		1					1		1	1				4	4	8
작업환경									1	2		1		4	3	7	
포인트 합계		16	7	11	4	10	1	11	17	20	13	8	8	17			

 => 병합으로 만들어진 인자 => 7point 이하인 인자

가. 병합

표 3.7 병합 인자 설명



나. 삭제

표 3.8 삭제 인자 설명

삭 제 된 조 직 인 자	ΣB	F	P
작업 환경	4	3	7

3.5.2. 선별분석 결과

표 3.9 2차 선별분석 결과

일반분류	조직인자	NRC	SWIS	OECD	HSK	FIN	SWE	CARL	ASCO	SOL	CREA	TOR	TRIP	OHN	ΣB	F	P
조직간 관계	환경			1				1	5	2					9	4	13
	안전중시정책	1	1	1	1			1	2				1	1	9	8	17
전략, 목표	안전문화	2		1										1	4	3	7
	경영			1	1	1		1		1	2	2	1	4	14	9	23
감독	조정과 감독					1			1	1		2			5	4	9
	역할과 책임	1							1	1		1		1	5	5	10
	작업배분	2		1					1		1			1	6	5	11
	훈련	1	1	1					1	1	1	1		1	8	8	16
운영관리	수행평가	1		1	2	3		2	1					1	11	7	18
	품질관리		1							1	1			1	4	4	8
	조직학습	1		1						1				1	4	4	8
	문제파악/해결	1				1	1							1	4	4	8
	절차/문서	1		1		1		1		1			1	2	8	7	15
운전수행	작업부담	1						1	1	1					4	4	8
	현장안전도								2	2				1	5	3	8
자원	조직지식	1		1				1		1	1				5	5	10
	협동		1			1				1		1			4	4	8
	의사소통	2		1						1	1	1	1		7	6	13
	개인태도		1			1			2						4	3	7
	기술지식	1				1				1	2				5	4	9
기술	안전기술/시스템		1					1		1			1	1	5	5	10
	건설/설비							1		1	1		2		5	4	9
	유지보수		1					1		1	1				4	4	8
포인트 합계		16	7	11	4	10	1	11	17	20	13	8	8	17			

3.5.3. 결과 분석

가. 표 3.9와 같이 총 23개 인자를 도출하였다. 연구대상이 된 13개 모델의 평균인자수(연구당 13.4개)에 비해 많은 수이다. 향후의 조직인자 연구에 하나의 지침을 제시한다는 본 연구의 성격상 인자의 범위를 제한하기보다는 최대한 가능성을 열어두는 것이 타당하다고 본다. 앞으로 설문지나 조직 구성원과의 인터뷰, 행위 점검표 등의 방법을 사용한 보충 연구를 통해 각 인자의 중요성을 정량화하여 본 모델내의 인자 개수를 더 줄일 수 있을 것이다.

나. ‘경영’(23P)인자가 가장 많은 포인트를 획득하였고, ‘수행평가’(18P), ‘훈련’(16P)이 그 뒤를 이었다. 특히 ‘경영’인자의 경우 빈도 9로 여러 연구모델들에서 고르게 언급되었음을 확인할 수 있다.

다. 도출된 조직인자는 전반적으로 고른 포인트 획득 형태를 띤다. 그 이유는 포인트가 작은 인자들이라도 병합을 통해 많은 포인트를 획득할 수 있었기 때문이다. 전 범위를 포괄하는 조직인자 체계를 도출하는 데는 이득을 보았으나 도출된 각각의 인자들 사이의 상대적 중요도를 판단하기 위한 근거로는 신뢰성이 약하다고 볼 수 있다. 그러나 적용 가능한, 타당성 있는 조직인자 체계 도출을 위해 적합한 방식이었다고 판단된다. 만약 인자간 의미가 유사함에도 ‘병합’이라는 과정을 배제한 채 포인트가 적다는 이유로 ‘삭제’를 수행할 경우 ‘조직간 관계’ 카테고리의 7개 셀이 전부 삭제되는 결과가 나타난다. 이처럼 단순히 13개 연구모델들에서 많이 언급된 인자만 남겨진다면 의미있는 조직인자 체계라 할 수 없을 것이다.

라. 다음 4장에서는 도출된 23개 인자의 검증을 위하여 ‘국내원전 인적요소관련 고장사례집’(이후 ‘고장사례집’이라 한다.)에 대한 분석을 수행한다. 이를 통하여 도출된 인자들을 실제 사례에 적용하는데 있어 요구되는 사항이 무엇인지 검토하고 도출된 23개 인자들의 타당성을 확인하고자 한다.

4. ‘국내원전 인적요소관련 고장사례집’ 분석

4.1. 국내원전 인적요소관련 고장사례집

‘고장사례집’은 78년 9월부터 92년 5월까지 인적오류와 관련하여 발생한 총 52건의 원전 고장 사례에 대한 분석을 담고 있다. 각 고장 사례들을 ‘원자로 보호 및 제어계통’, ‘원자로 냉각재계통’, ‘기기냉각수계통’, ‘터빈 보호계통’, ‘복수기 및 복수계통’, ‘주급수계통’, ‘주증기계통’, ‘전원계통’ 등 8개 계통으로 분류하고 있으며 각 계통별로 3~12건의 고장사례가 기술되어 있다.

4.2. 조직인자 적용

4.2.1. 적용원칙

- 가. 원전의 '안전'과 관련하여 고장사례별로 연관된 조직인자들을 찾아낸다.
- 나. 도출된 조직인자를 사용하고, 해당 인자 측면에서 '문제점이 있는 경우'만을 고려한다.
- 다. 단일 고장사례에서 어떤 조직인자가 중복하여 연관되는 경우라도 한번만 체크한다.
- 라. 사례별 적용 인자수의 상한선은 없다. 나타나는 모든 관련인자를 모두 체크한다.

4.2.2. 결과 분석

가. 적용결과 Matrix

표 4.1 고장 사례별 적용결과

번호	계 통	기호	발전소명	고장일시	고 장 내 용	인자수
1	원자로보호/제어계통	가1	고리1	79.3.14	정기점검 중 보수원 계전기 특성 미지로 발전정지	3
2		가2	고리2	86.2.26	정기점검 중 보수원 과실	4
3		가3	고리4	86.7.31	정기점검 중 발전소 상태판단 미숙	3
4		가4	영광1	90.12.1	제어봉 제어카드 보수 중 보수원 과실	5
5		가5	울진1	88.9.12	정기점검 중 보수원 과실	6
6		가6	울진1	92.1.16	제어봉 제어카드 보수 중 보수원 과실	6
7	원자로 냉각재계통	나1	고리1	80.2.2	현장점검 부적절	10
8		나2	고리2	87.12.8	유량전송기 보수 중 보수원 과실	5
9		나3	영광2	87.10.26	유량전송기 보수 중 보수원 과실	3
10		나4	월성1	86.7.4	수위계 교정 중 보수원 과실	5
11	기기냉각수계통	다1	고리4	89.11.3	밸브 배열 중 운전원 과실	5
12		다2	고리4	87.9.5	밸브 배열 중 운전원 과실	3
13		다3	고리4	86.3.20	가열운전 중 운전원 과실	1
14		다4	고리3	87.4.18	밸브 배열 중 운전원 과실	4
15	터빈 보호계통	라1	고리3	85.10.22	운전원이 시험 중 설계변경 후 계통특성 변화 미숙지	7
16		라2	고리4	90.5.3	주기말 저출력 운전 기간 장기화로 정기점검 시점 부적절	7
17		라3	고리4	90.12.14	보수원 계통 동작원리 미숙에 의한 과실	5
18		라4	영광1	87.9.18	유위 스위치 점검 중 보수원 과실	5
19		라5	울진1	91.2.2	유압 스위치 점검 중 보수원 과실	5
20		라6	울진2	90.2.20	주기점검 중 계통 과도형상 미숙지	3
21		라7	월성1	90.5.19	Module 보수 중 보수원 과실	9
22	복수기 및 복수계통	마1	고리3	85.10.31	계통밸브 내부 누설 및 작업 전 계통검토 부족	5
23		마2	고리2	83.12.14	기기 교체 운전 중 운전원 과실	4
24		마3	고리1	81.8.24	기기 교체 운전 중 운전원 과실	8
25	주급수계통	바1	고리1	82.7.7	운전원 증기발생기 수위제어 미숙	3
26		바2	고리1	85.6.26	운전원 증기발생기 수위제어 미숙	3
27		바3	고리1	88.7.11	급수조절 밸브 고장 시 원전원 수위 제어 미숙	6
28		바4	고리2	84.8.6	운전원 증기발생기 수위제어 미숙	9
29		바5	고리2	85.8.13	운전원 증기발생기 수위제어 미숙	3
30		바6	고리3	87.7.18	증기발생기 급수제어 밸브 전환 방법 미숙	2
31		바7	영광1	86.11.15	보수원 과실	7
32		바8	영광2	88.5.24	운전원 증기발생기 수위제어 미숙	4
33		바9	영광2	89.3.8	저압급수 가열기 수위제어기 오조작	6
34		바10	울진1	91.4.25	밸브 조작 중 운전원 과실	7
35		바11	월성1	84.4.5	보수원의 작업승인 없는 작업	5
36	주증기계통	사1	고리1	84.10.8	유량 전송기 보수 중 보수원 과실	6
37		사2	고리4	85.11.21	운전원 과실	7
38		사3	영광1	86.9.20	정기점검 중 운전원 과실	6
39		사4	영광1	90.8.16	냉각운전 중 운전원 과실	9
40		사5	울진1	90.2.14	밸브점검 중 운전원 과실	6
41	전원계통	아1	고리1	78.9.5	보수 중 보수원 과실	7
42		아2	고리1	83.6.3	보수 중 보수원 과실	6
43		아3	고리1	91.5.3	보수 중 보수원 과실	4
44		아4	고리2	87.7.9	전지회로 점검 중 보수원 과실	8
45		아5	고리34	89.6.26	정전작업 중 운전원 과실	8
46		아6	고리4	85.9.11	운전원 과실	6
47		아7	고리4	92.2.21	보수원 점검능력 부족	7
48		아8	영광1	86.10.25	전원 절체 중 운전원 과실	3
49		아9	영광2	87.8.13	소화 계통수 수질 부적절	5
50		아10	영광2	92.5.27	건설 크레인 운전원 과실	6
51		아11	울진1	91.2.21	주 변압기 점검 중 보수원 과실	5
52		아12	울진2	89.10.11	절차서 미비로 인한 축전지 점검 미숙	3
계					9개 발전소, 인적오류관련 고장사례 52건	278

나. 적용결과 그래프

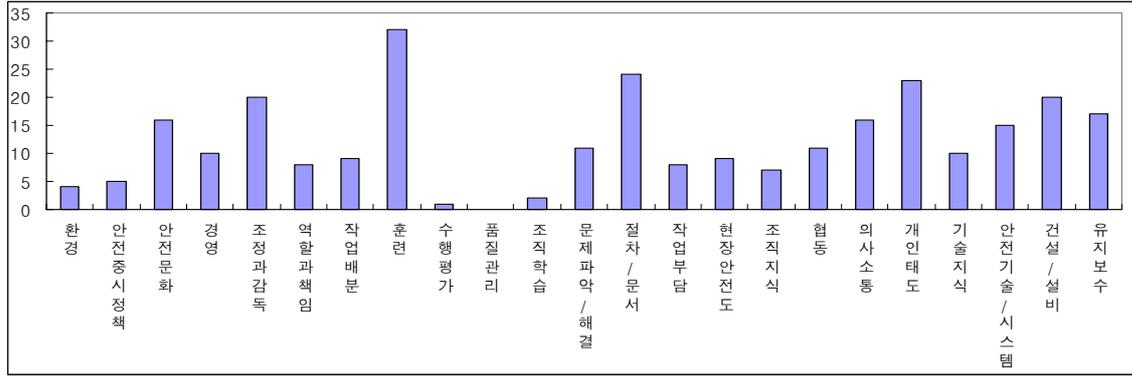


그림 4.1 적용 결과 그래프.

‘훈련’ 인자가 전체 사례를 통해 가장 많이 체크되었고(32), ‘절차/문서’(24), ‘개인태도’(23), ‘조정과 감독’(20) 인자들도 많이 나타났다. ‘수행평가’(1), ‘품질관리’(0), ‘조직학습’(2) 등의 인자는 ‘고장 사례집’을 이용한 본 연구에서는 거의 나타나지 않았다. 이는 이들 인자의 중요성, 적용 가능성의 문제라기보다는 ‘고장사례집’을 사용하는 연구방법이 갖는 한계라 할 수 있다.

다. 논의

- ① 23개의 도출인자를 각 고장사례의 진행상황에 따라 적용해보는 과정에서 다음과 같은 연구필요성이 제기되었다.
 - ㉠ ‘고장사례집’은 고장의 시간대별 진행과정을 밝히고 있으며 고장 계통에 내재해 있던 기계적, 전기적 결함에 대한 상세한 분석 위주로 구성되어있다. 때문에 그러한 고장이 발생하기까지 운전의 계획 단계에서 어떤 미비점이 있었는지, 또한 이전에 그러한 고장사례가 있었다면 그 사후처리가 어떠했는지, 조직 전체적으로 훈련 프로그램의 진행이나 외부 기관의 연구 지원에 문제가 없었는지 등 거시적인 문제점의 도출과 분석에는 부족함이 있었다.
 - ㉡ 또한, 인자의 적용에 있어 확실한 지침이 요구되었다. 어떤 인자는 조직의 수행을 계획하고 준비하는 단계에 적용하는 것이 타당하다고 느꼈으며, 또 다른 인자의 경우에는 사고 현장에서 일하고 있었던 운전원이나 보수원들의 개인적 자질 문제에만 적용하는 것이 타당하다고 판단되었다. 이러한 적용 지침 중 하나가 WPAM(Work Process Analysis Model)이며 차후에는 WPAM에 입각한 연구가 필요하다고 판단된다.
 - ㉢ 본 연구에서는 고장사례에서 드러난 문제점만을 점검하고 이를 각 인자들과 연결 지었으나, 이후의 연구에서는 연관된 조직인자가 그 조직에서 양호한 수준을 유지하고 있는 경우와 그렇지 못한 경우를 함께 고려하여 점수를 부여하는 노력이 필요할 것이라고 본다.
- ② 그림 4.1을 보면 ‘훈련’과 ‘절차/문서’ 인자의 값이 매우 큰 것을 알 수 있다. 이는 ‘고장사례집’이 고장의 원인을 주로 ‘훈련’과 ‘절차서’, ‘감시감독 소홀’ 등에서 찾고 있기 때문이다. 즉, 운전원이나 보수원, 현장 감독 책임자 및 이들이 준수하도록 되어있는 절차서의 미비 등 현장 ‘가까이’에 고장의 원인을 한정하는 경향이 있는 것이다.
- ③ 위의 결과분석을 통해 인자의 타당성과 적용가능성 검증에 있어 연구 방법을 다각화하는 노력이 필요하다는 것을 알게 되었다. 또한, 다른 한편으로는 조직인자의 ‘도출’ 만이 아니라 도출된 인자들을 체계화하는 것이 중요하다고 판단되었다. 특히 본 ‘고장사례집’을 통한 조직인자 적용 연구는 현장 ‘근처’에 집중된 자료를 분석하는 과정이라고 볼 수 있다. 그림 4.1 그래프를 통해 알 수 있듯이 ‘환경’, ‘안전중시정책’, ‘수행평가’, ‘품질관리’, ‘조직학습’ 등 거시적인 인자들이 거의 체크되지 못했다는 점이 근거가 될 수 있을 것이다. 조직인자들은 상호 엄격한 구분이 쉽지 않으며 인자들 상호 간 영향을 주고받는 복잡한 관계에 있다. 예를 들어 OECD 연구모델에 따르면 ‘조직학습’ 인자는 ‘훈련’ 인자를 포함하여 ‘조직지식’, ‘안전문화’ 등의 인자들에 영향을 끼치고 ‘훈련’ 인자는 다시 ‘조직학습’을 포함, ‘협동’, ‘절차/문서’ 등에 영향을 끼친다. 이런 조직인자들을 체계화하고 4장의 분석결과에 신뢰성을 더하기 위해 다음 5장에서는 ‘Onion Structure 모델’을 도입하였다.

5. Onion Structure Model

5.1. Onion Structure Model

Onion Model은 구 형태의 field가 겹쳐진 형태를 하고 있으며, 각각의 단계는 서로 상호작용하기도 하지만 개별적인 속성도 유지한다. 제일 바깥쪽에 조직의 외부환경이 위치하고 안쪽으로 갈수록 그 범위가 좁아지면서 마지막에는 worker(5 level) 수준으로 좁혀진다. 이때 가장 안쪽의 worker level(작업자 수준)은 인간-기계 인터페이스를 포함하는 개념이다. Onion Structure Model은 일반적으로 작업자의 생산성과 신뢰도에 영향을 미치는 인자들로 구성되어 있다. 이 모델은 경제적인 여건과 규제환경 등 일반적인 외부환경을 나타내는 'Level 0'에서 시작된다. 사실 외부환경이 어떤 Layer 안에 있다고 보기는 힘들기 때문에 그림 5.1과 같이 'Level 0'의 인자들은 껍질의 바깥쪽에 표시되며, 굳이 '0'이라는 번호를 사용하여 나타내고 있다. 다음의 'Level 1'은 그 조직이 무엇을 할 것인지, 어떻게 발전소를 건설할 것인지 등을 포함하는 목표구조나 경영구조를 나타내며, 그보다 안쪽의 'Level 2'는 발전소 수준에서 발견되는 인자들로서 현장 특유의 문화들이나 현장 지휘자의 특별한 경영 스타일 등을 나타낸다. 'Level 3'은 진행 중인 프로그램, 조직의 부서들에서 중요하게 나타나는 인자들인데 특히 '보상/처벌 시스템', 또는 '경영 스타일' 등이 작업자의 생산성과 신뢰성에 영향을 크게 미친다고 본다. 이 수준에는 작업단위(work unit)간의 의사소통문제도 포함된다. 'Level 4'의 '작업단위'는 작업자가 업무를 수행하는 동안 물리적, 사회적으로 매우 큰 영향을 미치게 되며 작업자의 생산성/신뢰성에 직접적인 효과를 발휘한다. 이 모델의 심장부인 'Level 5'에 이르면, 실질적으로 업무를 수행하는 '작업자'를 직접 나타내고 있는데, 이 수준의 인자들에는 작업자의 지식, 기술, 능력(KSAs: Knowledge, Skills and Abilities) 등이 있고 작업동기, 작업자의 태도뿐 아니라, 회사·공장·작업현장·작업단위 등에 대한 작업자의 감정적 관계 및 나아가 이 모든 것들에 대한 가치관이라고 할 수 있는 도덕성까지 포괄한다.

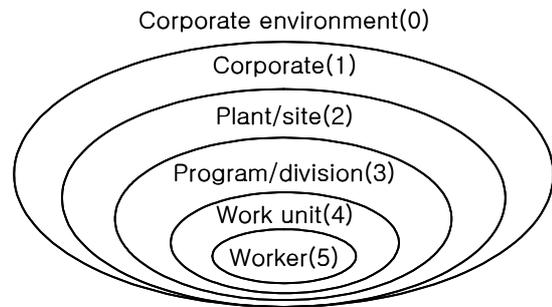


그림 5.1 Onion Structure Model.

5.1.1. 연구 적용 개념

Onion Model을 통해 각각의 조직인자가 실제로 적용될 수 있는 수준을 결정함으로써 '고장사례집'의 분석결과에 신뢰성을 더한다.

가. '고장사례집'은 조직인자를 통한 원전의 문제점을 분석하는데 있어 현실적으로 접근이 용이하며 다양하고 많은 사례를 검토해 볼 수 있다는 장점이 있다.

나. 그러나 '고장사례집'의 특성상, 나열된 고장사례들이 '조직의 문제'보다는 '인적오류'(작업자 수준의 오류)에 치중되어 있으며, 사고의 분석도 마찬가지로 인적오류에 치중되어 있다는 문제점을 내포하고 있다.

다. Onion Model을 기 선정된 인자들에 적용하여 작업자와 관련된 수준까지의 조직인자들만을 선별하고, 선별된 조직인자를 사용하여 국내 원전 분석을 수행한다면, 그 수준까지의 조직인자 분석결과는 더 높은 신뢰성을 가진다고 할 수 있다.

라. Onion Model과 기 선정된 인자들에 대한 비교 분석을 통해, Onion Model에서 설명하지 않은 인자들에 대해서는, 인자별로 정의한 범위를 고려하여 적합한 수준을 결정하였다.

5.2. Onion Structure Model을 통한 고장사례분석

5.2.1. Onion Structure Matrix

Onion Model에 제시된 47개 인자들을 level에 따라 정리하고, 선정된 23개 인자들과의 연관성을 살펴보면 표 5.1과 같다. '제시인자'란에 Onion Model에서 제시한 인자들이 정리되어 있으며 '관련인자'란에 선정된 인자들과의 비교를 수행하였다.

표 5.1 Onion structure matrix

level	제시인자	관련인자	level	제시인자	관련인자
5 worker	attitude	개인태도	2 plant/site	facility size	건설/설비
	motivation			facility age	유지보수
	morale	현장안전도		explicit job structure	조직지식
4 work unit	work environment	작업환경		explicit procedure	(절차/문서)
	training	훈련		site public relation	
	selection	작업배분	milieu		
	professionalism	역할과 책임	1 corporate	leadership ability1	(경영)
	team maintainance			management structure	(경영)
	team dependency			corporate size	
team structure		corporate age			
human factors engineering		immediacy in addressing problems		문제파악/해결	
3 program/ division	management style 2	경영		technology level 1	(기술지식)
	reward/punishment	조정과 감독	goal structure	안전중시정책	
	leadership ability2	(경영)	corporate efficiancy		
	policy consistency		corporate culture	안전문화	
	inter cooperation	협동	0 corporate environment	federal regulation	지원/규제환경
	inter communication	의사소통		state regulation	(지원/규제환경)
career paths		return on assets			
2 plant/site	management/labor relations			competitive position	(지원/규제환경)
	management style1	(경영)		public relations	(지원/규제환경)
	technology level 2	기술지식		vendor relations	(지원/규제환경)
	leadership ability1		debt/equity ratio		
	personal control methods	(조정과 감독)	local regulations	(지원/규제환경)	
	explicit rules and standard	절차/문서			

5.2.2. Onion Model에 정의되어 있지 않은 인자들에 대한 level 정의

- 가. 수행평가(corporate level(1)) : 전반적인 조직경영 측면에서 수행내용에 대한 평가 자세
 - 나. 품질관리(corporate level(1)) : 모든 단계에서 폭넓게 적용되는 개념으로서 작업자나 조직이 수행하는 작업 및 작업의 성과물에 대해 그 건전성을 보장하기 위해 행하는 노력의 정도
 - 다. 조직학습(corporate level(1)) : 조직이 사고사례 등의 경험으로부터 피드백하여 더 나은 상태로 가려고 노력하는 정도
 - 라. 작업부담(program/division(3)) : 경영 측면에서 시간 배분의 문제
 - 마. 안전기술/시스템(program/division(3)) : 하드웨어 측면에서 안전설비 수준과, 거시적 측면에서 안전과 관련된 기술지원 수준
- 위 결과를 표 5.2에 정리하였다.

표 5.2 Level 정의

번호	조직인자	사례분석	Onion Level	지정Level	번호	조직인자	사례분석	Onion Level	지정Level
1	환경	4	0		13	절차/문서	24	2	
2	안전중시정책	5	1		14	작업부담	8	3	3
3	안전문화	16	1		15	현장안전도	9	5	
4	경영	10	3		16	조직지식	7	2	
5	조정과 감독	20	3		17	협동	11	3	
6	역할과 책임	8	4		18	의사소통	16	3	
7	작업배분	9	4		19	개인태도	23	5	
8	훈련	32	4		20	기술지식	10	2	
9	수행평가	1	1	1	21	안전기술/시스템	15	3	3
10	품질관리	0	1	1	22	건설/설비	20	2	
11	조직학습	2	1	1	23	유지보수	17	2	
12	문제파악/해결	11	1						

5.2.3. 고장 사례집 적용

가. 적용 Level

‘고장사례집’은 고장의 원인을 주로 운전원이나 보수원, 현장 감독 책임자 및 이들이 준수하도록 되어있는 절차서의 미비 등, 고장이 발생한 현장 ‘근처’에 한정하고 있다. 때문에 ‘환경’, ‘안전중시정책’ 등 corporate environment(0), corporate level(1)의 조직인자 분석에는 적합치 않다고 판단되거나 역으로 국내 원전의 고장사례에 있어 현장 ‘근처’, 즉 worker level(5), work unit level(4)등에

대한 분석에는 적절하다고 볼 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 도출된 23개 조직인자의 신뢰성 확보 차원에서 수행되는 ‘고장사례집’ 분석에 있어 그 대상 인자를 2, 3, 4, 5 level 인자로 한정하였다.(그림 5.2 참조) ‘환경’, ‘수행평가’, ‘안전문화’, ‘안전중시정책’, ‘문제파악/해결’, ‘품질관리’, ‘조직학습’ 등 0, 1 level 인자는 ‘고장사례집’ 분석을 통해 검토할 수 있는 대상이 아니며, 여기에는 설문지나 조직구성원과의 인터뷰, 행위점검표 등 다른 검증 방법의 적용이 요구된다.

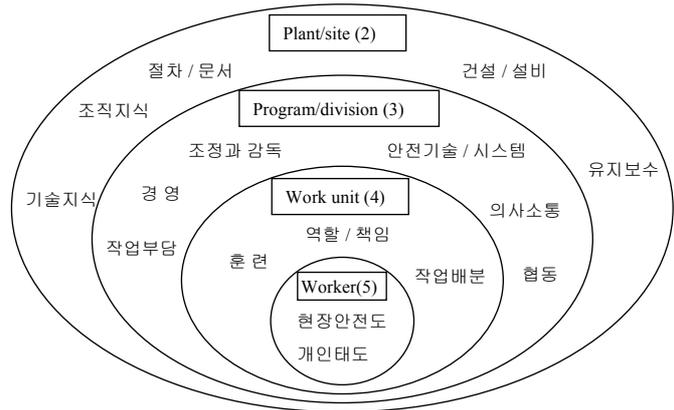


그림 5.2 도출된 모델

나. Onion Model 적용 결과 분석

① 사례 분석 결과 기준

표 5.3 사례분석 결과

번호	조직인자	사례분석결과	Onion Level	번호	조직인자	사례분석결과	Onion Level
1	훈련	32	4	9	협동	11	3
2	절차/문서	24	2	10	경영	10	3
3	개인태도	23	5	11	기술지식	10	2
4	조정과 감독	20	3	12	작업배분	9	4
5	건설/설비	20	2	13	현장안전도	9	5
6	유지보수	17	2	14	역할과 책임	8	4
7	의사소통	16	3	15	작업부담	8	3
8	안전기술/시스템	15	3	16	조직지식	7	2

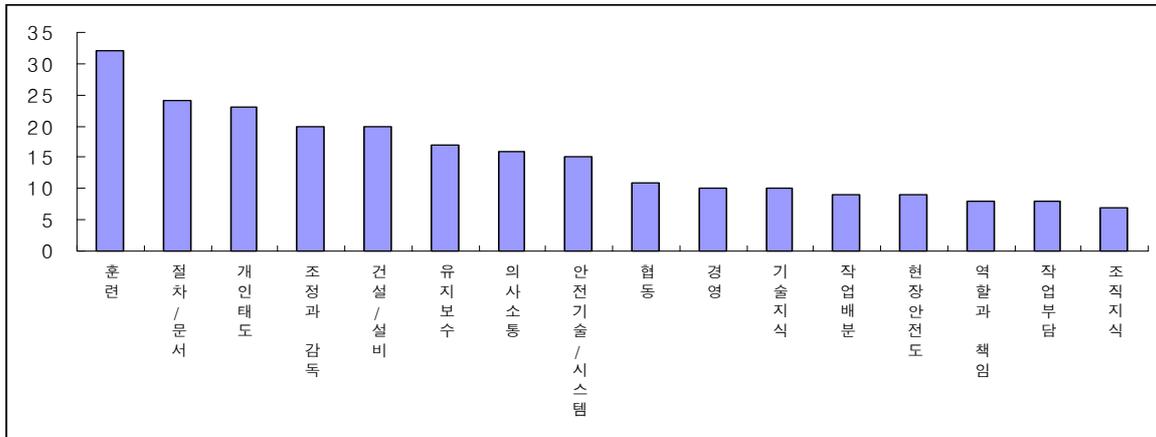


그림 5.3 사례분석 결과.

- ㉠ 선정된 조직인자들 중 0, 1 Level을 제외한 2, 3, 4, 5level 의 인자들을 활용하여 ‘고장사례집’을 분석한 결과 그림 5.3과 같은 결과를 얻을 수 있었다. ‘훈련’(32) 인자가 가장 많이 체크되었고, ‘절차/문서’(24), ‘개인태도’(23) 등도 많이 나타났다.
- ㉡ 위의 그래프에서 알 수 있듯이 0, 1 Level이 제외된 결과에서는 전 인자가 비교적 고른 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 선정된 조직인자의 적용가능성과 신뢰성이 어느 정도 양호하다는 사실을 보여주는 결과라고 할 수 있다.
- ㉢ 선정된 조직인자를 통해 나름대로 국내 원전의 문제점을 살펴볼 수도 있을 것이다. 위의 사례 분석 결과에서 자주 나타나는 인자들을 통해 살펴본다면 국내 원전에 불시정지 등 고장이 발생하였을 때 실질적으로 많은 영향을 끼치는 것은 역시 작업자의 훈련 상태나 절차서의 완비성, 또 작업자가 수칙을 얼마나 잘 준수하고 있는가 하는 문제일 것이다. 하지만 ‘훈련’, ‘절차/문서’, ‘개인태도’ 등의 인자들을 인적요소와 관련된 고장으로 드러나게 하는 인자들이 그 배후에 엄연히 존재한다. 특히 작업자를 감독하는 현장 감독자나 더 상위에서 감독하는 경영자의 성실성과 능력(조정과 감독), 그리고 발전소 시설 단계부터 잠재되어 있던 설비 및 안전 시스

템의 문제(건설/설비), 설비의 유지보수 상태(유지보수), 작업자간/부서간 의사소통의 문제(의사소통) 등을 지적할 수 있을 것이다.

② Level 기준

표 5.4 level 기준 결과

번호	조 직 인 자	사례분석결과	Onion Level	번호	조 직 인 자	사례분석결과	Onion Level
1	개인태도	23	5	9	협 동	11	3
2	현장안전도	9	5	10	경 영	10	3
3	훈 련	32	4	11	작업부담	8	3
4	작업배분	9	4	12	절차/문서	24	2
5	역할과 책임	8	4	13	건설/설비	20	2
6	조정과 감독	20	3	14	유지보수	17	2
7	의사소통	16	3	15	기술지식	10	2
8	안전기술/시스템	15	3	16	조직지식	7	2

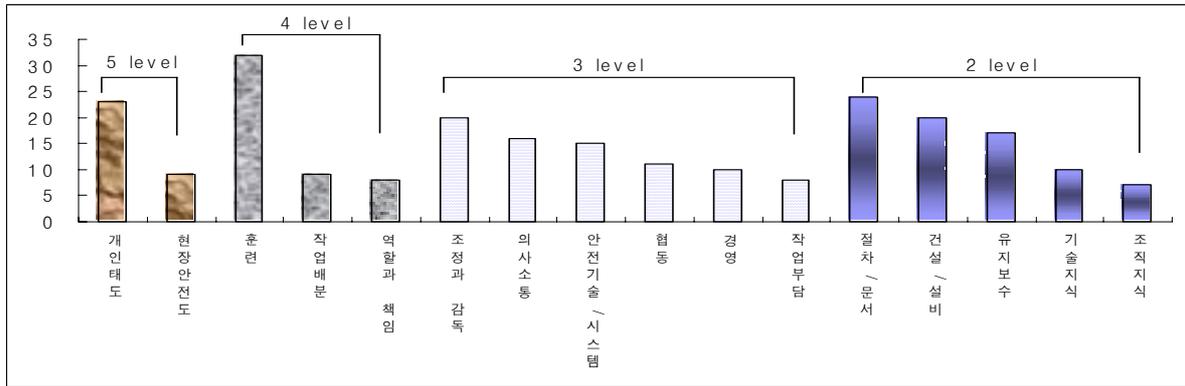


그림 5.4 level 기준 결과.

㉠ 그림 5.4에서는 가장 왼쪽의 level 5 인자들부터 순서대로 level 별로 묶어서 인자들을 나타내고 있다. worker level(5 level)에 가깝다고 해서 특별히 그 값이 크거나 하지 않는다는 것을 알 수 있다.

㉡ 각 Level 인자 당 평균값은 다음과 같다.

표 5.5 level별 평균값

구 분	5 level	4 level	3 level	2 level	1 level	0 level
인자 당 평균값	16.0	16.3	13.3	15.6	5.8	4.0

2~5level의 인자들의 평균값이 서로 비슷한 것에 비해 0~1 level의 인자들은 상당히 적은 값을 가지는데 이는 4장에서 논의된 대로 ‘고장사례집’이 ‘현장에서 멀리 떨어진’ 인자들을 제대로 반영하지 못하기 때문이다.

㉢ 위의 결과를 종합해 보면, 5~2level의 인자들을 ‘고장사례집’을 통한 검증대상으로 제한한 것은 나름대로 타당성을 지닌다고 볼 수 있다.

6. 결론 및 논의

원전 신뢰도 향상을 위한 외국의 선행 연구 사례들을 살펴보면 이미 조직인자에 관하여 많은 연구가 수행되었으며 다양한 조직인자 체계가 제시되어 있음을 알 수 있다. 본 논문에서는 그중 13개 연구 173개 조직인자를 대상으로 인자간 유사성을 바탕으로 한 ‘병합’ 및 언급빈도를 기준으로 한 ‘삭제’ 등 선별분석을 수행하여 표 6.1의 7개 범주, 23개 조직인자를 제시하였다.

표 6.1 제시된 조직인자.

조직간 관계	전략, 목표	감독	운영관리	운전수행	자 원	기 술
환 경	안전중시정책	조정과 감독	수행평가	작업부담	조직지식	안전기술/시스템
	안전문화	역할과 책임	품질관리	현장안전도	협 동	건설/설비
경 영		작업배분	조직학습		의사소통	유지보수
		훈 련	문제파악/해결		개인태도	
			절차/문서		기술지식	

위 23개 조직인자의 신뢰성과 적용 가능성 검증을 위해 ‘국내원전 인적요소관련 고장사례집’ 분석을 수행하였다. 그러나 본 논문에서 채택한 사례집 분석 방법이 가지는 한계로 인하여 실제로 중요할 수도 있는 인자들이 드러나지 않을 가능성이 존재하였다.

이에 도출된 조직인자들에 대한 검증 결과의 신뢰성 및 ‘고장사례집’을 통한 조직 안전성 검증 방법의 신뢰성을 높이고, 도출된 조직인자를 보다 체계화하기 위하여 Onion Structure Model을 도입하였다. Onion Model은 조직인자를 단순히 범주화하여 병렬적으로 제시하는 조직인자 모델의 단점을 보완하며, 작업자에 미치는 영향 정도에 따라 level을 구분하므로 ‘고장사례집’ 분석 시 적용될 수 있는 인자들만을 분석 대상으로서 분류할 수 있게 한다.

이에 도출된 23개 조직인자에 Onion Model을 적용, 조직인자 체계를 재구성하고 2~5 레벨에 해당하는 인자들에 대해서만 사례집 분석 결과를 제한하였다. 그 외 0, 1 레벨의 인자들은 설문지 조사, 직원 면담 등의 방법을 통해 분석할 수 있을 것이라고 보았다. 결과적으로 본 방법에 따라 ‘고장사례집’ 분석을 수행하여, 2 레벨내의 인자들 중, 국내 원전에서 상대적으로 중요하게 고려해야 할 조직인자로 ‘훈련’, ‘절차/문서’, ‘개인태도’, ‘조정과 감독’, ‘건설/설비’ 등을 도출하였다.

Onion Model을 통한 위 연구방법은 조직인자를 통해 조직을 분석할 때 사례분석, 인터뷰, 설문지 등의 분석방법 중 어떤 것을 선택하여 어디에 어떻게 적용시켰는가에 따라 달라지게 되는 분석결과를 해석하는데 도움이 될 것이라고 생각한다. 또한 조직분석 과정을 보다 체계화하며, 그 결과의 신뢰성을 강화하는데 도움이 될 것이라고 생각한다.

현재 국내에서도 원전신뢰도 제고를 위한 조직인자 연구의 필요성에 대한 공감대가 어느 정도 형성되었다고 볼 수 있으나 실제로 수행된 관련 연구결과는 많지 않은 상황이며 이제 개념적 논의가 진행 중인 단계라고 할 것이다. 이러한 관점에서, 비록 앞으로 보완/개선해야 할 점들이 산재해 있긴 하지만 본 연구를 통해 외국의 기존 조직인자 연구에서 도출된 조직인자들을 조사/분석하고, 국내 원전 특성을 반영한 조직인자를 제시/검증한 것은 조직인자 관련 연구의 출발점을 제공한 것이라 할 수 있다. 본 연구를 포함하여 앞으로 국내 원전의 특성을 반영하는 조직인자를 도출하기 위한 노력을 지속한다면 이러한 노력들을 바탕으로 향후 신뢰성을 가지고 조직인자를 통해 원전을 평가할 수 있는 방법론을 수립하여 발전소의 설계 변경 없이도 원전의 안전성을 높일 수 있을 것이며, 운전능력제고, 경제적 이익 발생 등을 기대할 수 있을 것이라고 판단된다.

참고문헌

1. OECD Nuclear Energy Agency "Identification and Assessment of Organisational Factors Related to The Safety of NPPs", NEA/CSNI/R(99)21/VOL1, Sep 1999
2. Bernhard Wilpert, Rainer Miller "Organisational factors; their definition and influence on nuclear safety (ORFA) - Report on needs and Methods" AMM-ORFA(99)-R03, Contract NO. REB FI4S-CT98 0051, May 1999
3. Rick Jacobs, Sonja Haber "Organizational processes and nuclear power plant safety", Reliability Engineering and System Safety, 1994
4. Ram W. Tuli, George E. Apostolakis, Jya-Sin Wu, "Identifying Organizational Deficiencies Through Root-Cause Analysis" *NUCLEAR TECHNOLOGY* 116, pp. 334~356 Dec 1996
5. John Wreathall, "An observation on human performance and safety : The onion model of human performance influence factors" Proceedings of PSAM Vol. 1, pp. 25~30, 1991
6. Keyvan Davoudian, Jya-Syin Wu, George Apostolakis "Incorporation organizational factors into risk assessment through the analysis of work process" *Reliability Engineering and System Safety* 45, pp. 85~105, 1994
7. M. Modarres, A. Mosleh, J. Wreathall, "A framework for assessing influence of organization on plant safety" *Reliability Engineering and System Safety* 38, pp. 157~171, 1992
8. 이광석, "원전안전에 있어서의 조직요인에 대한 IAEA 기술위원회의 참가 보고서" KAERI/OT-206/95, pp. 10~18, 1995
9. 한국전력공사 원자력연수원, "국내원전 인적요소관련 고장사례집", Dec 1992