Title

A Study of Methodology to Examine Organizational Root Causes through the Retrospect Error Analysis of Railroad Accident Cases

ABSTRACT

Objective: This study proposes a systematic process to present the analysis methods and solutions of organizational root causes to make human errors of the railroad .

Background: In fact, organizational root cause such as organizational culture is the important factor in the safety concerns with human errors in the nuclear power plants, railroad and aircraft.

Method: The proposed process is as follows: 1) define analysis boundary 2) select human error taxonomy 3) perform accident analysis 4) draw root cause with FGI 5) review root causes analysis with survey 6) chart analysis of root causes, and 7) propose alternatives and solutions.

Results: As a result, root causes of the organizations like railroad and nuclear power plant came from the educational problems, violations, payoff system, safety culture and so forth.

Conclusion: The process does prospect management through retrospect analysis. It is important to build a database for human error taxonomies and problem solution.

Application: This study would contribute to examine the relationship between human error based accidents and organizational root causes.

Keywords

Organizational culture, Human error, Root cause, Safety culture

1. Introduction

2003년 2월 대구 도시철도 1호선 중앙로역의 방화로 발생된 화재는 192명의 사망자와 21명의 실종자, 151명의 부상자를 냈으며, 물적 피해로 579억 원의 손해 및 복구를 위한 영업 중지 등을 야기시켰다. 2011년 3월 후쿠시마 원자력 발전소 사고는 국제 원자력 사고 등급(INES)의 최고 단계인 7단계를 기록하며, 현재도 계속적으로 방사능 물질이 누출되고 있다. 2014년 4월 인천발 제주행 연안 여객선 세월호가 전복되어 탑승인원 476명 중 295명이 사망하고 9명이 실종되었다.
여러 분야에서 수행되는 인간-기계 시스템(Human-Machine System)들에서 보이는 공통적인 현상으로 오류가 많은 인간 때문에 기계는 지능화되고 시스템은 자동화가 이루어지게 된다. 그 결과 인간과 기계 사이의 목적

충돌(goal conflict)이 종종 일어나 새로운 시스템 오류들이 발생하며, 큰 사고로 이어진다(Cha, W. 2013). 인적 오류의 중요성은 1979년 TMI 원전사고로 알려지면서 원자력 분야를 중심으로 연구가 진행되어 오고 있으며, 항공, 철도, 선박, 화학플랜트, 원자력 발전 등 여러 분야의 많은 사고가 인간의 잘못된 판단이나 행위, 즉 인적 오류에 의해 발생된다는 보고가 많다(Kim 2006). 인적 오류는 개인의 실패(personal failure)로 나타나므로, 작업 및 환경의 특성에서 드러나는 종사자의 신체적 또는 인지적 한계와 같은 개인적 특성 위주로 분석되어 왔다. 하지만 그 배경에는 조직과 문화적 특성과도 깊은 연관이 있음은 알려진 사실이다(Lee 2011). 그럼에도 불구하고 조직과 문화적 특성을 중심으로 한 인적 오류의 개선에 대한 연구는 많이 미흡하다. 그것은 한국 사회의 조직이 매우 폐쇄적으로 반응하는 것도 있겠지만 이러한 문제를 문제로 인식하지 못하고 있는 원인이 매우 크다. 철도 조직의 사고분석과 설문조사를 통하여 실제 사고에 대한 조직적 근본 원인(organizational root causes)들을 찾아내었지만, 이러한 원인들 중 조직원들에게 인식되고 있는 항목은 28%에 불과하였다. 이와 같이 인식되지 못한 조직적 근본 원인으로 인하여 사고의 근본적인 해결방안을 제시하지 못하게 된다. IAEA(2004)나 Boeing사(2005)의 통계자료에 따르면 인간-기계시스템의 사고에서 인적 오류(human error)는 큰 비중을 차지하고 있다(Cha, W. 2013). 인적 오류의 원인으로 조직적 원인이 작용한다는 사실은 Reason(1990)의 사고 인과관계 모형이나 Hollnagel(1998)의 CREAM, Shappell과 Wiegmann(2001)의 HFACS등 많은 모형과 분류체계에서 거론되고 있지만, 조직적 원인을 중심으로 한 인적 오류의 개선 방법으로의 접근은 쉽지가 않다.

본 연구는 철도조직의 조직적 근본 원인 유형(type)과 형태(form)를 찾아내고 분석할 수 있는 방법론을 사례를 통하여 제시하고자 한다.

2. Method

2.1 Organization's root cause identifying process

본 연구에서는 Reason(1990)의 사고인과모형의 조직 원인을 유형과 형태로 분류하여 [Figure 1]과 같은 사고인과모형을 만들었다. 여기서 말하는 Actual cause(type)는 인적 오류 유형으로 일반적인 사고 조사 파일 등을 통하여 쉽게 분류되는 오류 유형을 말하며, Organizational cause(type)는 조직 오류 유형으로 사고 조사 파일에는 직접적으로 나타나지 않지만 관련 있을 것으로 예상되는 오류 유형을 의미한다. Organizational Root Cause(form)는 Organizational cause(type)의 실제 현장에서 나타나는 오류 형태를 의미한다.

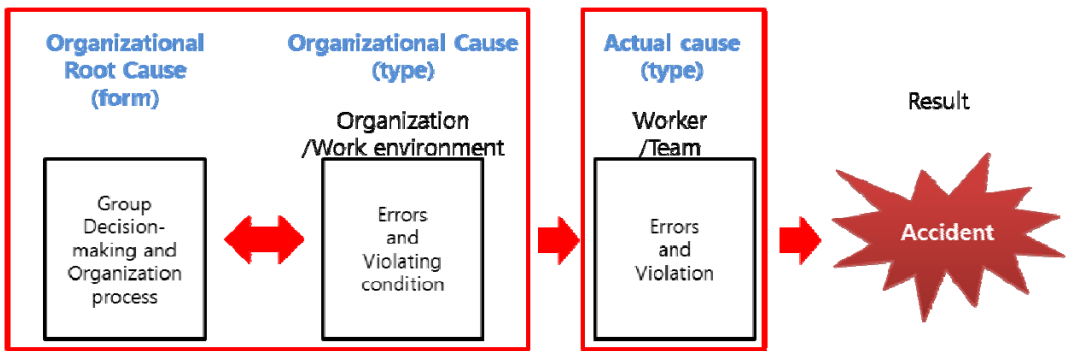


Figure 1. Model of accident causation

국내 철도나 원자력발전소의 사고 조사 파일을 대상으로 CREAM 이나 HFACS 등의 오류 분류체계에 맞춰 구분하는 것은 쉬운 일이 아니었다. 분류를 하더라도 일반적으로 조직 오류 유형에 해당하는 항목은 사고 조사 파일에서는 잘 나타나지 않았다. 본 연구는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 [Figure 2]와 같은 process 를 사용하였다. 이 방법은 [Figure 1]의 인적 오류 유형(Actual cause(type))과 조직적 근본 원인(organizational root cause(form))을 연결하는 방법으로 사고분석, FGI, 설문조사를 통하여 접근한다.

먼저 사고 조사 파일을 통하여 인적 오류 유형을 판단 한다. 조직 오류 유형은 사고 조사 파일에서 잘 나타나지 않기 때문에(철도조직의 경우 팀 분위기나 상벌제도에 대한 문제 등은 사고 파일에 서술되지 않았음) 인적 오류 유형을 먼저 파악하고 인적 오류 유형과 관련 있을 것으로 생각되는 조직 오류 유형을 찾아낸다. 하지만, 이 단계에서 파악되는 조직 오류 유형이 올바른가에 대한 판단은 중요하지 않다. 각 인적 오류 유형으로 생겨날 수 있는 많은 조직 오류 유형을 파악하여 FGI 를 위한 키워드로 만드는 것이 목적이다. 이렇게 만들어진 키워드를 대상으로 FGI 를 시행하고 조직적 오류 유형의 형태(form)에 해당하는 조직적 근본 원인(organizational root cause(form))을 파악한다[Figure 3]. FGI 를 통하여 나온 결과를 조직적 근본 원인으로 보며, 그 원인들을 수치화 시키기 위하여 설문조사를 실시한다. 사고분석, FGI, 설문조사의 결과를 바탕으로 차트를 만들고 대안을 제시한다. 사고분석의 내용과 FGI 의 결과, 설문조사의 결과는 모두 상호 보완 관계를 갖게 되며, 하나의 사고에 관련한 오류 유형과 형태가 모두 연결된다.

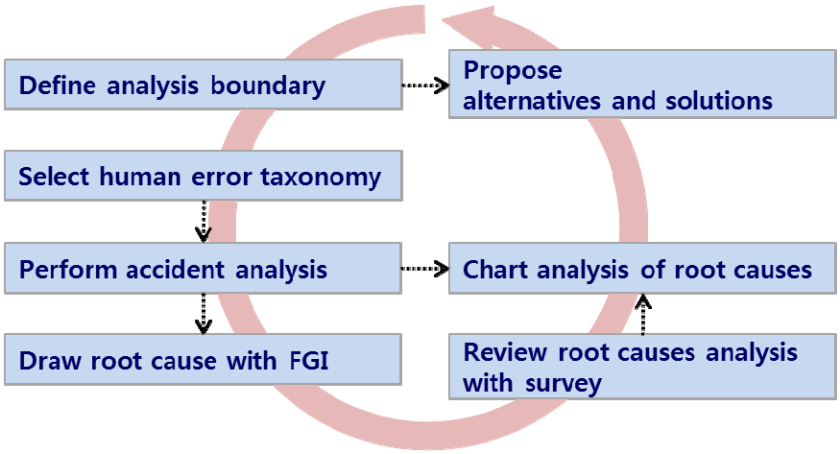


Figure 2. Organizational root cause identifying process

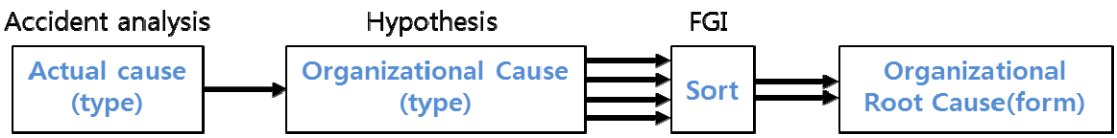


Figure 3. Step to draw Organizational Root Cause

2.2 Select human error taxonomy

사고 분석을 통하여 직접적으로 조직 오류 유형(organizational cause(type))을 찾아내는 것은 어려움이 있으므로 프로세스를 적용하기 위해서는 인적 오류 유형을 통하여 조직 오류 유형을 선택할 수 있는 분류체계가 필요하다. 조직 오류 유형을 따로 구분하고 있는 분류체계로는 HFACS, CREAM, HEAR 등이 있다. HFACS은 조직적 유형을 자원관리(resource management), 조직문화(organization culture), 조직 절차 및 규정(organizational process) 등 크게 세 범주로 나누며, 세부적으로 36가지의 유형으로 구분한다(Shappell and Wiegmann, 2011). CREAM은 소통(communications), 조직문화(Organizational culture), 교육(Training), 주변 환경(ambient conditions), 근무환경(working conditions) 등 크게 다섯 범주로 나누며, 세부적으로는 32가지 유형으로 나눈다(Hollnagel, 1998). HEAR는 규정 및 절차서, 인적자원관리(작업자 선발, 배치, 교육훈련, 평가 등), 그룹 및 팀의 특성, 관리 및 감독, 조직의 프로세스(정책 및 문화) 등 크게 다섯 범주로 나누며, 세부적으로 51가지 유형으로 나누고 있다(Yoon 2010). 본 연구에서는 철도 환경에 맞추어 설계된 HEAR의 분류체계를 사용하였다.

2.3 Perform accident analysis

사고분석은 실제로 일어난 사고 조사 파일을 읽고 오류 유형을 파악하여 분류하였다. 사고 파일의 경우 객관적인 사실을 기록하는 문서이기 때문에 직접적으로 나타나지 않는 조직 오류 유형은 잘 기록되지 않는다. HEAR의 경우 인적 오류 유형을 관련 원인이라는 항목을 통해 조직 오류 유형과 연결시켜 놓았다(예를 들어 1.1 긴장/두려움의 관련원인으로 1.7 낮은 자신감, 3.8 과거의 사고 경험 등등). HEAR의 분류체계를 토대로 사고 조사 파일의 인적 오류 유형에 해당하는 조직 오류 유형을 모두 선택하고 분류된 조직 오류 유형을 대상으로 FGI(Focus Group Interview) 키워드를 만든다. 선택 된 키워드는 FGI를 통하여 검증하는 절차를 갖는다. 본 연구의 사례에서는 이미 인적 오류 유형과 조직 오류 유형의 관계를 정의해 놓은 HEAR를 이용하여 쉽게 접근하였으나 이러한 관계가 정의되지 않은 경우 브레인스토밍이나 델파이 기법(delphi technique) 등을 이용하여 폭넓게 키워드를 선택해야 한다.

2.4 Draw root cause with FGI

사고분석을 통해 나온 키워드를 대상으로 FGI(Focus group interview)를 실시하여 각 조직에서 나타나고 있는 조직적 근본 원인(organization root cause(form))을 모두 찾아낸다. FGI 과정을 통하여 나타난 조직적 근본 원인은 현재 조직에서 나타나고 있는 조직 오류의 형태로 사고의 근본적 문제라고 결론짓는다.

2.5 Review root causes analysis with Survey

설문내용은 FGI를 통하여 나온 조직적 근본 원인을 토대로 만들어진다. 안전검사와 같이 일반적으로 정해져 있는 항목을 조사하는 것이 아니라 FGI를 통하여 나온 실제 일어나고 있는 조직적 근본 원인의 인식 정도를 파악하는 설문으로 각 항목은 실제 운전원 혹은 관리자에게 직접적으로 와 닿는 항목이 된다.

설문은 객관성 및 문제의 우선순위 파악 등을 위하여 AHP 방법을 적용하는 것이 좋다.

2.6 Chart analysis of root causes

[Figure 4]는 조직적 근본 원인을 분석하는 차트이다. x축은 사고분석을 통해 분석된 사고의 양을 의미하며, 세로축은 설문분석을 통해 분석된 조직적 근본 원인에 대한 인식 정도를 나타낸다. 설문결과에서 높은 결과 값(매우 그렇다)이 나타나는 것은 조직적 근본 원인에 대해 인식이 높은 것이며, 그렇지 않은 경우는 인식이 낮은 것으로 본다. x축은 가장 많은 사고의 수를 등분하여 좌표 상에 위치시켰다(이 경우 도메인에 따라 상대적인 해석이 필요하다). 지금까지 분석한 정보를 토대로 조직적 근본 원인을 4분면에 위치시키는 경우 다음과 같은 정보의 확인이 가능하다. 첫째, 각 조직적 근본 원인에 대한 조직(관리자와 운전원)의 인식 및 관심의 정도로 안전문화의 척도로도 이용될 수 있다. 둘째, 사고에 영향을 미치는 주요 조직적 근본 원인의 정보이다. 조직에서 일어나고 있는 모든 조직적 근본 원인들이 사고에 영향을 미치는 것이 아니라 특정 몇 가지 원인에 의해 사고가 일어날 수가 있기 때문이다. 즉 문제해결의 선택과 집중에 대한 근거를 제시해줄 수가 있다. 셋째, 현재 적용되고 있는 문제의 해결방법을 평가할 수가 있다. 카테고리 II에 해당하는 부분으로 문제에 대한 인식은 높게 나타나고 있으나 사고가 계속적으로 많이 일어나는 경우에 해당하겠다. 이 경우 문제의 해결방법을 바꿀 수 있도록 제안할 수가 있다.
여기에서 고려되어야 할 점은 차트에 나타나는 모든 조직적 근본 원인은 사고의 많고 적음이나 인식의 높고 낮음에 상관없이 모두 일어나고 있는 현황이므로 카테고리 III과 같이 사건의 수가 적고 인식이 높다 하더라도 상대적인 중요도가 낮은 것이지 '조직의 문제가 아니다.' 라고 말할 수는 없다.

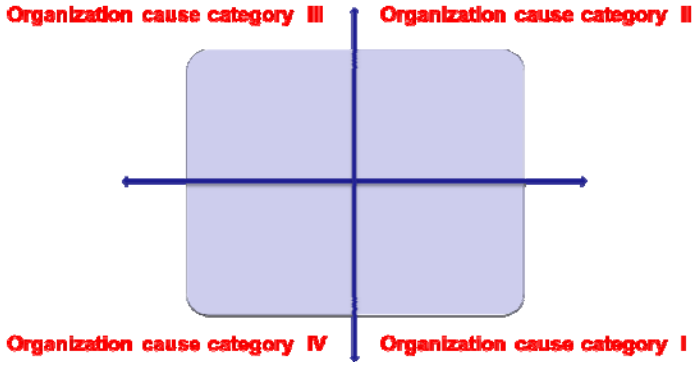


Figure 4. Chart analysis of root causes

2.7 Propose alternatives and solutions

조직원인 도출 결과 각 문제점의 대안은 다음과 같이 분석하였다. 조직원인 카테고리 I은 문제 원인에 대한 인지도가 낮고, 사고 횟수가 많은 경우이다. 이 경우 사고에 대한 원인 파악이 안 되어 있는 경우로 빠른 개선책이 필요하다. 조직원인 카테고리 II는 문제 원인에 대한 인지도가 높고, 사고 횟수가 많은 경우를 말한다. 이것은 근본원인에 해당하는 문제가 사고의 원인이라는 인지는 높지만 계속적으로 사고에 원인이 되는 것으로 현재 시행되고 있는 문제의 해결 방법이 잘못된 것으로 볼 수가 있다. 조직원인 카테고리 III은

문제원인에 대한 인지도가 높고, 사고횟수가 적은 경우로 가장 마지막에 고려할 수 있는 항목으로 볼 수 있다. 조직원인 카테고리 IV는 문제원인에 대한 인지도가 낮고 사고 횟수가 낮은 경우이다. 이 경우 인지도가 낮기 때문에 사고가 더 발생할 수 있으며, 그 경우 카테고리 I로 옮겨갈 수 있는 주요 조직적 근본 원인으로 볼 수 있다.

3. Results

본 연구의 프로세스를 철도조직에 적용한 사례이다.

3.1 Define analysis boundary and Accident analysis

오류 유형 분석을 위하여 2011년 1월부터 2012년 12월까지의 사고 214건을 HEAR 오류 분류체계에 따라 분류하였다. 사고 조사 당시 문서자료에는 조직적 오류 유형을 거론하고 있지 않기 때문에 HEAR 분류체계의 관련원인을 토대로 조직 오류 유형을 파악하였다.
조직 오류 유형을 FGI를 위한 키워드로 만들기 위하여 3rd Delphi 방법을 사용하였으며, 조직, 소통, 운영이라는 대표 키워드를 선택하였다.

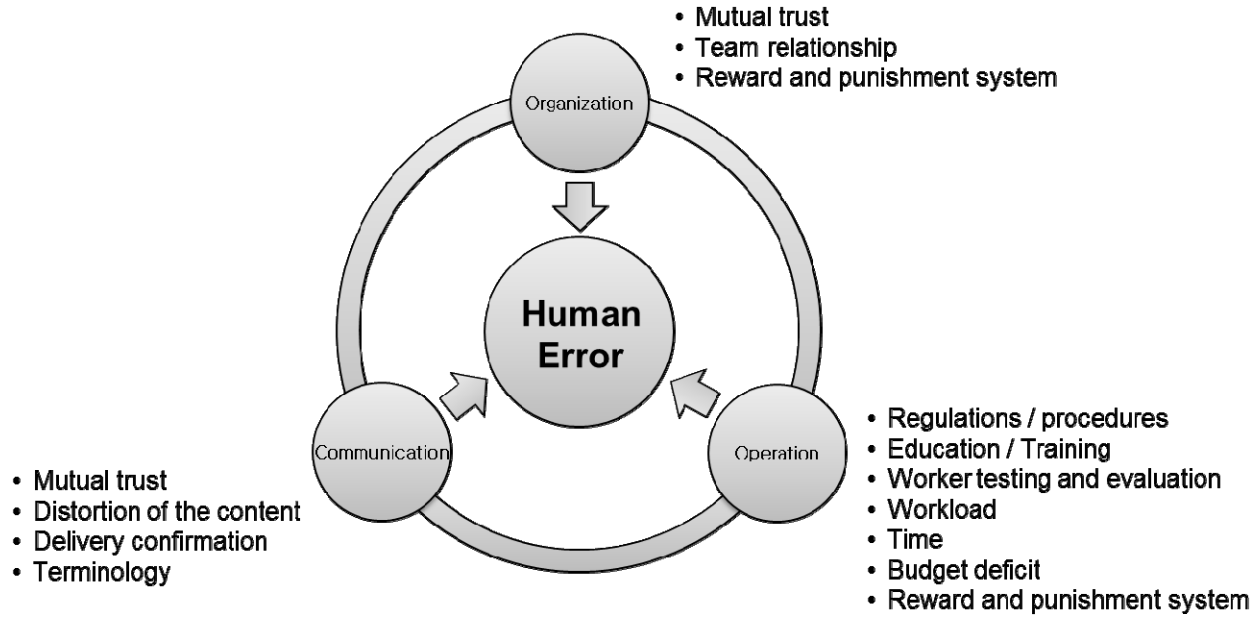


Figure 5. Validation of Organization cause; FGI Keyword Selection

3.2 Draw root cause; FGI

각 키워드에 해당하는 조직적 근본 원인 파악을 위하여 FGI를 시행하였다. 각 조직의 관리자와 운전자 6명을 선정하여 FGI를 시행하였으며, 조직의 특성에 따라 5조직을 대상으로 하였다.

결과 [Table 1]과 같은 키워드 별 조직적 근본 원인을 파악하였다.

Table 1. Root Cause

Organization cause keyword	Root causes
Organization	Root causes 1. Misunderstanding between organizations
	Root causes 2. Closed organizational environment
	Root causes 3. Treatment of staff caused the accident
	Root causes 4. The occurrence of worry and distraction
	Root causes 5. Distrust of reward and punishment system
Operation (Education)	Root causes 6. Problems of education
	Root causes 7. Difficulties in understanding official document
	Root causes 8. Weakening expertise(promotion system)
	Root causes 9. Lower expertise
Operation (Human Resources)	Root causes 10. Tight work schedule
	Root causes 11. Confusion due to frequent reorganization of the rules
	Root causes 12. Operation system does not help field organization
	Root causes 13. Vulnerable time driving accident
	Root causes 14. Inadequate work and rest time
Communication	Root causes 15. Problem does not use a prescribed term
	Root causes 16. Communication problem due to dialect and unusual accents
	Root causes 17. Not clear communication process
	Root causes 18. Unfixed safety culture

3.3 Survey analysis

조직적 근본 원인으로 세운 18가지 항목의 인식 정도를 파악하기 위하여 설문조사를 하였다. 설문 대상은 경력, 조직, 지역에 따라 구분하였다. 설문을 통하여 조직적 근본 원인에 대한 각 조직의 문제 인식 정도를 파악하고 나아가 각 조직(본사, 운전자, 관제) 사이의 생각 차이를 비교하였다. 사고가 발생하고 있는 이유는 FGI의 결과 개개인의 안전문제도 있지만 각 조직에 따라 문제(근본원인)에 대한 인식의 정도 차이로 인해 해결방법을 잘못 설계했을 것이라는 가정을 세울 수 있었기 때문이다.

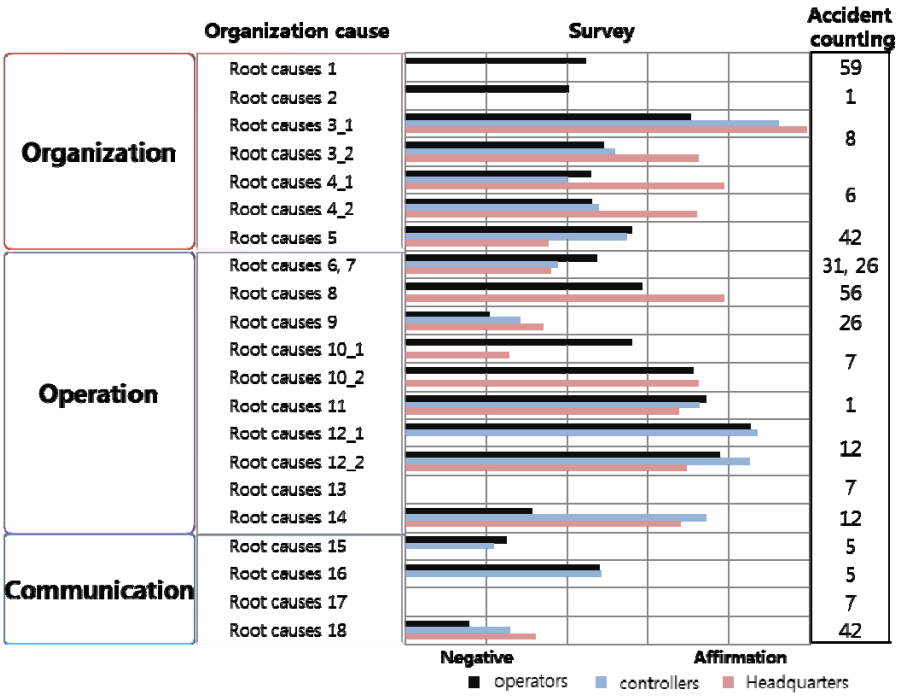


Figure 6. Survey results

설문조사 결과와 조직원인 사이의 관계를 정리하면 [Figure 6]과 같다. 조직 원인으로 내놓은 잠재원인들에 대한 인식이 대부분 높지 않은 것을 알 수 있다. 특이한 점은 관리자와 운전원의 문제에 대한 인식 정도의 차이가 서로 다르다는 점이다.

조직적 근본 원인에 대한 해석은 다음과 같이 할 수 있다. 예를 들어 '잠재원인1. 관제조직의 역할에 대한 현장조직의 오해'의 경우 조직간 정보의 차이를 말하고 있으나, 평균(그런 편이다.)보다 낮은 인식의 정도가 나타났다. 이것은 40% 정도의 사람들이 관제조직의 역할을 정확하게 파악하고 있지 않거나 모르고 있다는 것이다. 관제조직의 역할을 이해하지 못하고 있는 것은 교육의 문제나 폐쇄적인 환경의 영향으로 볼 수 있다. 와 같은 해석을 해 볼 수 있을 것이다. 각 항목을 구체적으로 분석하기 위하여 차트 분석을 시행한다.

3.4 Chart analysis of root causes

사고 분석, FGI, 설문 분석 등을 통하여 현재 조직이 가지고 있는 문제점과 그 문제에 대한 인식 정도, 그리고 문제에 따른 사고 횟수를 쉽게 확인하기 위하여 [Figure 7]의 차트를 그린다. x축은 사고분석의 결과를 통하여 나온 사고횟수를 나타낸다. 좌측으로 갈수록 사고의 횟수가 적은 경우이며, 우측으로 갈수록 사고 횟수가 많은 경우이다. y축은 설문분석의 결과로 설문항목에서 높은 점수가 나올수록 그래프의 위 부분에 위치하며, 그렇지 않은 경우 그래프의 아래 부분에 위치한다. 각 사분 면의 의미는 다음과 같이 해석된다.

- 카테고리 I 근본 원인에 대한 인식이 낮고 사건이 많이 일어나는 경우
- 카테고리 II 근본 원인에 대한 인식은 높으나 사건이 많이 일어나는 경우

- 카테고리 III 근본 원인에 대한 인식이 높고 사건이 적게 일어나는 경우
- 카테고리 IV 근본 원인에 대한 인식이 낮고 사건이 적게 일어나는 경우

많은 조직적 근본 원인이 아래쪽에 배치된 것을 알 수 있다[Figure 7]. 실제 사고에 영향을 미치는 원인들에 대한 인식 정도가 상당히 낮은 것을 알 수가 있다. 사고 횟수를 보게 되면 오른쪽에 위치한 잠재원인의 수가 상대적으로 적은 것을 확인 할 수 있다. 이것은 소수의 조직적 근본 원인이 많은 사고를 일으키는 원인으로 작용한다고 생각할 수 있다.

카테고리 IV로 분류된 조직적 근본 원인은 인식 정도가 매우 낮기 때문에 사고로 언제든지 이어질 수 있으며, 이 경우 사고의 횟수가 증가하게 되면 카테고리 I로 옮겨 갈 수 있는 주요 조직적 근본 원인으로 볼 수 있다.

카테고리 II로 분류된 Cause 8은 문제에 대한 인식 정도는 많이 있음에도 불구하고 사고가 많이 일어나는 경우이다. 이러한 조직적 근본 원인은 문제의 해결 방법을 개선할 필요가 있다고 생각해 볼 수 있다.

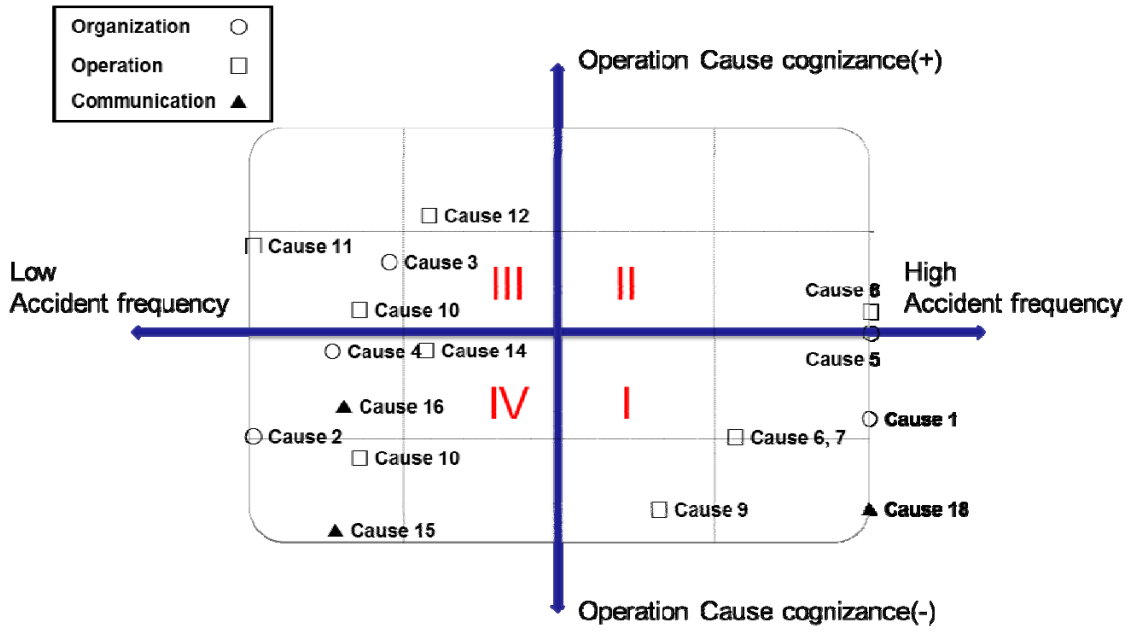


Figure 7. Organizational Root Causes chart analysis

4. Conclusion

4.1 Contributions

사고 조사 파일을 통하여 현재 가지고 있는 오류 유형을 파악하고 FGI와 설문조사 등을 통하여 조직적 근본 원인을 파악하였다.

본 연구는 첫째, 사고의 조직적 근본 원인을 막기 위한 초석이 될 수 있을 것이다. 인적 오류 유형을 발생시키는 조직적 근본 원인을 막지 않는다면 사고에 대한 위험에 계속적으로 노출될 것이다. 둘째, 오류 분류체계를 재정립하였다. 예를 들어 지금까지 연구에서는 망각이라는 인적 오류 유형에 관련된 조직 오류

유형이 어떠한 유형인지를 파악하였다면, 본 연구에서는 망각이라는 인적 오류 유형에 미칠 수 있는 모든 조직 오류 유형을 확인하여 조직적 근본 원인으로 만들어 냈다. 이 방법은 쉽게 오류 형태에 접근할 수 있도록 도와준다. 현장 근무자에게는 단어의 어려움이나 애매함 등으로 이해하기 어려운 오류 유형들도 FGI를 통하여 대화를 해나가면 전문가의 입장으로 문제가 되는 부분을 찾아낼 수가 있다. 셋째, 문제 분석의 tool과 개선방안 구축을 위한 실제적인 방법론을 제시하였다. 사고 분석, FGI, 설문조사를 각각의 독립적인 분석의 방법으로 이용하는 것이 아닌 서로의 상관관계를 차트로 표현하였다. 조직의 근본원인을 차트에 표시해 놓음으로 현재 조직 오류 형태가 얼마나 사람들에게 인식이 되고 있는지, 어떠한 조직적 근본 원인들이 사고에 많은 영향을 미치고 있는지를 한눈에 볼 수 있도록 하였다. 마지막으로 공학과 경영학 등 학문의 융합적 사례를 제시하였다. 조직이라는 인문학적 분야에 공학적인 오류 분류체계와 체계적인 분석방법을 도입하여 접근하였다는 것은 학문적으로 의미가 있다고 생각된다.

4.2 Limitation and Future Research

본 연구방법을 범용적으로 사용하는 것은 많은 어려움이 따른다. 실제로 원자력 발전소에서 발생하는 사고 조사 파일을 대상으로 프로세스를 진행한 결과 FGI항목을 뽑아 내는 과정에서 사고에 대한 범위 선정의 차이나 조사 파일에 대한 구조적 차이 등으로 인하여 결과를 얻어내는 것이 쉽지 않았다. 이러한 부분을 해결하기 위해서는 다음과 같은 항목들이 추후로 연구될 필요가 있다. 첫째, 데이터 베이스의 구축이다. 연구에 필요한 데이터베이스는 크게 두 가지로 오류 분류 체계를 통한 FGI 항목 선택 방법과 조직적 근본 원인 해결에 대한 데이터베이스이다. 계속적인 연구 진행을 통하여 인적 오류 유형과 조직 오류 유형 사이의 관계를 파악하고 FGI 항목으로 이끌어내는 과정을 통하여 조직적 근본 원인을 정확하게 파악할 필요가 있다. 둘째, 설문의 객관성을 높이기 위하여 AHP 등의 여러 방법을 사용할 필요가 있다. 설문의 결과는 분석 결과에 직접적인 영향을 미치는 중요한 값이다. 따라서 설문의 정확도를 높이기 위한 여러 방법론들을 연구할 필요가 있다.
인적 오류는 결과적으로 조직이나 국민 안전의식이 낳은 결과라고 생각된다. 이러한 오류는 겉으로 크게 들어나지 않기 때문에 문제의 심각성에 대한 인식이 매우 낮으며 분석이나 파악이 매우 힘들다. 겉으로 보이는 오류 유형만을 해결한다면 다른 오류 형태로 사고는 계속될 것이다. 문제해결을 위한 조직적 근본 원인을 찾아내고 각 원인의 해결책을 찾는 것은 매우 중요한 일일 것이다.

Acknowledgements

This paper was supported by Research Fund, Kumoh National Institute of Technology.

References

Yoon, W., Technical Report of Safety service personnel training system construction, Technical Report, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010.

Kim, D., Analysis of human errors in safety-critical systems: A framework for analysis and its application to a railway accident case, Conference of the Ergonomics Society of Korea, pp. 451-452, 2006.
Hollagel, E., *Cognitive Reliability and Error Analysis Method*, Oxford: Elsevier, 1998.
Reason, J., *Human error*, Cambridge university press, 1990.
Shappell, S. and Wiegmann, D., Applying Reason: The human factors analysis and classification system, Human Factors and Aerospace Safety, pp. 59-86, 2011.
Cha, W., *Cognitive Systems Design*, Chaos book, 2013.
Lee, Y., A Preliminary Study on the Organizational Characteristics and Safety Culture against to Human Errors, Conference of the Ergonomics Society of Korea, pp. 21-26, 2011.