

한국 산업계에서 사고조사 수행 시 사고조사자의 관점에 관한 연구

권재범* · 권영국**†

Incident Investigator's Perspectives on Incident Investigations Conducted in Korea Industry

Jae Beom Kwon* · Young Guk Kwon**†

†Corresponding Author

Young Guk Kwon

Tel : +82-2-970-6380

E-mail : safeman@seoultech.ac.kr

Received : February 1, 2021

Revised : March 18, 2021

Accepted : March 26, 2021

Abstract : Incident investigation is regarded as a means to improve safety performance. For the prevention of industrial accidents, measures such as providing safety education, enhancing management interest and participation, establishing a safety management system, and conducting inspection of the work site are necessary. In particular, accident investigation activities, which are an important element of safety management, help to prevent similar accidents, thereby minimizing damage and enhancing work safety. They are critical for understanding business-related incidents and the vulnerabilities and opportunities associated with them. Therefore, it is clear that accident investigation activities are important for accident prevention. The primary focus of many incident investigation processes is on identifying the cause of an event. While considerable research has been conducted on potential accident investigation tools there has been little research on including the views and experiences of practitioners in the accident investigation process. In this study, a questionnaire survey was conducted among safety managers in the domestic manufacturing/construction industry to understand the practice of accident investigation. The investigation pertained to companies' accident investigation systems, the competence of investigators, and the identification and recommendations of the cause of accidents. From the analysis results of accident investigations, investigators' competence, the difficulty level of investigations, and the root causes of accidents were identified from the viewpoint of the participants of the accident investigations. In particular, the development of standardized and simple accident investigation methods and their dissemination to companies were found to be necessary for activating the root cause of accidents. Based on this, it can be used as basic data for the development of root cause analysis investigation techniques that are easily applicable to organizations.

Key Words : incident investigation, survey, root causes, investigator

Copyright©2021 by The Korean Society of Safety All right reserved.

1. 서론

산업재해 예방을 위해서는 경영진의 관심과 참여, 안전보건 경영시스템의 구축, 안전보건 교육, 현장의 불안정한 상태에 대한 점검, 위험성평가 등 다양한 활동들이 효과적으로 운영되는 것이 필요하다. 산업 재해 예방을 위한 이런 다양한 안전보건관리 활동들은 국내외 기업의 안전보건조직에서 수행되고 있으며, 산

업재해 예방 활동들의 효과성과 개선 방향 등에 관해 서도 연구들이 진행되었다¹⁻³⁾. 사고 예방 활동 중 하나인 사고조사는 사고 발생원인의 합리적 설명이 가능한 근본적인 원인을 찾아, 현재 관리상의 문제점을 파악하고 동일 또는 유사한 사고의 재발을 방지하여 다음에 일어날 수 있는 사고를 예방하는 기초자료로 활용하기 위한 안전관리의 중요한 관리방법 중 하나이다^{4,5)}. 이런 사고조사의 과정과 결과는 사고와 관련된

*서울과학기술대학교 안전공학과 박사과정 (Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science Technology)

**서울과학기술대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science Technology)

조직의 관리 취약점과 개선의 기회를 이해하는데 매우 중요하다. 그래서 효과적인 사고조사를 위해서는 비난의 목적이 아닌 예방을 위한 객관적인 증거를 가려 철저하게 조사해야 실제로 어떤 일이 일어났는지를 명확히 설명할 수 있다. 사고의 근본원인이 파악되면 재발 가능성과 큰 손실이 발생할 가능성을 판정하는 재료가 얻어지고, 이를 통해 적절한 예방 대책을 수립할 수 있게 되는 등 사고조사는 안전성교를 향상시키는 중요한 수단으로 간주되는데, 이런 긍정적인 사고조사의 목적을 달성하기 위해 사고의 직접원인이 발생하게 된 근본원인(Root Cause)를 효과적으로 파악하기 위한 분석법인 ECFC⁶⁾, AEB⁷⁾, FRAM⁸⁾ 등과 같이 Root Cause Analysis(RCA) 기법들이 개발되고 활용되는 등 사고의 원인파악과 사고조사 도구와 방법 및 장단점에 관해서 많은 연구가 진행되었다⁹⁻¹¹⁾. 국내에서는 철도 분야의 인적오류로 인한 사고 분석을 위한 HEAR 기법의 개발이 연구되었다¹²⁾. 이런 방법들은 각각 적용되는 산업분야가 다르고, 조사방법에 익숙해지기 위해서는 일정기간의 훈련이 필요하다는 단점도 있다⁹⁾.

이렇듯 사고조사 활동이 사고 예방을 위해서 중요한 활동임은 분명하나, 산업안전보건법에 따라 산업재해 조사 제출표 작성 시 사고원인을 4M의 형태로 기재하라고 되어있으나, 근본원인을 파악하기 위한 방법은 구체적으로 언급되어 있지 않다. 다만, 한국안전보건공단에서 업무상 사고조사에 관한 기술지침¹³⁾과 사고의 근본원인 분석기법에 관한 기술지침¹⁴⁾ 등을 제공하여 기업체에서 더욱 면밀한 사고 근본 원인 분석과 개선 활동을 추진할 수 있도록 지원을 하고 있다.

고용노동부에서도 사고조사 활동이 산업재해 예방에 미치는 효용성에 관하여 연구를 하는 등 사고조사의 중요성을 인식하고 관련 연구가 진행 되었지만¹⁵⁾, 기업에서 사고조사가 실제로 어떻게 이루어지고 있으며, 조사 과정에서 어떤 어려운 점들이 있는지에 대한 실상이 충분히 파악되지 않고 있다. 조선업계는 해외 선주사들의 선진 안전관리 프로그램사고조사 방법들과 비교, 분석하여 관리기준들을 적용하고 있으며¹⁶⁾, 해외 프로젝트 수행 기업들은 해외 발주처들에 의해 의무적으로 사고의 근본원인 조사를 실시¹⁷⁾하고 있으나 기업의 사고조사실태와 특히 사고조사자의 관점에서 사고조사의 애로점, 효과성과 중요성, 조직의 사고조사 체계, 그리고 사고의 근본 원인 파악에 관한 연구는 미흡하다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 기업들의 사고조사에 대한 관행을 조사하기 위하여, 국내 기업의 안전관리 업무 종사자들을 대상으로 설문을 진행하

고 그 결과를 분석하여, 사고조사자들의 역량 및 사고조사 원인을 파악해보았다. 그리고 기업의 사고조사 시스템 확인을 통해 사고조사 활동의 문제점을 파악하여 효과적인 사고조사를 위한 개선의 기초자료들을 파악하는 목적으로 진행되었다.

2. 연구 방법

본 연구는 한국 산업계에서 사고조사 활동이 어떻게 수행되는지를 조직의 안전보건관리 업무 관련자들의 관점으로 파악하기 위해 설문지를 이용하여 조사하고 분석을 하였다.

설문지는 사고조사 관행과 관련된 절차, 상황, 사고조사 관점 등에 초점을 맞춘 해외의 선행연구를 바탕으로¹⁸⁻²⁰⁾ 국내의 실정에 맞추어 개발하였다. 질문은 부분적으로 사고조사의 단계에 대한 잠정적인 일반 모델에 기초하여^{21,22)}, 아래 5가지 주제로 구성하였다.

- 1) 사고조사자들의 역량
- 2) 조직의 사고조사 시스템
- 3) 사고원인 파악
- 4) 사고조사 후속조치
- 5) 사고조사 시 개선방향

응답자들은 자신의 의견을 가장 잘 설명한 옵션을 선택하여 86개의 질문에 응답하도록 요청받았다. 일부 질문들은 기본 질문들에 대해 좀 더 상세하게 파악하기 위한 후속 질문들로 구성되어 Likert 척도 5점 기준으로 평가하였다. 설문조사는 72개사의 277명의 안전보건업무 종사자들을 대상으로 이메일을 통해 배포되어 진행하였으며, 설문에 참여한 응답자들은 58개 기업에 종사하는 257명이 설문에 응답하여 주어, 설문 응답률은 93%이다. 설문 응답자들의 85%는 기업의 안전보건 업무 담당자들이었고, 근무하는 회사의 규모는 82%가 대기업으로 나타났다. 관련 업무경력은 10~20년 사이 근무자들이 전체의 45%로 나타났으며, 업종은 제조업이 전체의 44%, 건설업이 41%의 비율로 나타났다. 사고조사 경험은 30건 이상의 사고에 조사자로 참여한 비율이 전체의 약 40%였고, 약 12%는 조사 경험이 전혀 없다고 응답하였다. 평균 근속연수는 10~15년 근속이 약 23%로 가장 많은 인원이 분포되어 있었고, 다음으로는 15~20년 근속이 약 22% 순으로 많은 인원이었다.

Table 1은 업종별 설문 참여자들에 대한 기본정보를, Table 2는 업종별 설문 참여자들의 사고 조사횟수를, 그리고 Fig. 1은 업종별 설문 참여자들의 평균 근속연수를 보여준다.

Table 1. Background information of survey participants

| Industry | Manufacturing | Construction | Others |
|--|---|---|---|
| Number of response | N : 117 44% | N : 104 41.2% | N : 36 14.8% |
| Number of Company | 29 companies | 15 companies | 14 companies |
| Number of participants by company size | Major company 95 Persons Medium company 22 Persons | Major company 93 Persons Medium company 11 Persons | Major company 25 Persons Medium company 11 Persons |

Table 2. Number of incident investigation participation by industry

| | Manufacturing | Construction | Others |
|----------------|---------------|--------------|--------|
| No experience | 6 | 18 | 6 |
| Under 10 cases | 32 | 39 | 14 |
| 10~20 cases | 10 | 17 | 4 |
| 20~30 cases | 69 | 30 | 12 |

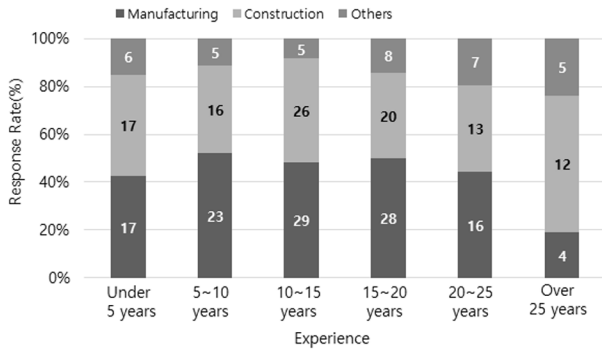


Fig. 1. Working experience of survey participants by industry.

3. 연구 결과

3.1 사고조사자들의 역량

사고조사자들의 역량 파악을 위하여 사고조사 관련 교육의 이수유무에 대한 질문을 하였다. 응답자의 약 59%가 관련된 교육을 이수하였다고 응답하였으며, 이들 중 약 37%는 근무하는 조직 내부의 자체 교육, 26%는 근무하는 조직에서 외부 전문기관 초빙을 통하여 교육을 이수하였다고 응답하였다. 교육 이수 시간은 Fig. 2과 같이 약 40%가 8시간 이하로 교육을 이수함을 알 수 있었다. 반면, 16시간 이상 교육 이수자들도 약 40%에 달하였다. 업종별 사고조사 교육시간을 Table 3과 같이 분석해본 결과 건설업의 교육 미이수 비율은 제조업에 비해 높았으나, 17시간 이상 교육 이수자 비율은 제조보다 낮게 나타났다.

Fig. 3는 사고조사 교육 시 받았던 교육과정들을 보여주고 있는데, SCAT²³⁾, DuPont²⁴⁾, TapRoot²⁵⁾의 전문

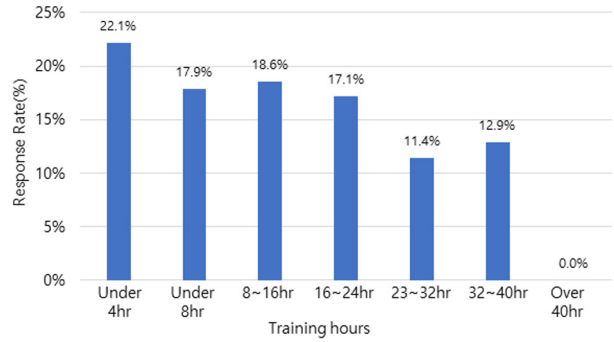


Fig. 2. Incident investigation training time.

Table 3. Incident investigation training hours by industry

| | Manufacturing (N) | Construction (N) | Others (N) |
|--------------|-------------------|------------------|------------|
| Not educated | 42 (35.9%) | 49 (47.1%) | 16 (44.4%) |
| Under 4hr | 12 (10.3%) | 13 (12.5%) | 6 (16.7%) |
| 4 ~ 8hr | 13 (11.1%) | 10 (9.6%) | 2 (5.6%) |
| 9 ~ 16hr | 15 (12.8%) | 8 (7.7%) | 3 (8.3%) |
| 17 ~ 24hr | 12 (10.3%) | 9 (8.7%) | 3 (8.3%) |
| Over 25hr | 23 (19.7%) | 15 (14.4%) | 6 (16.7%) |

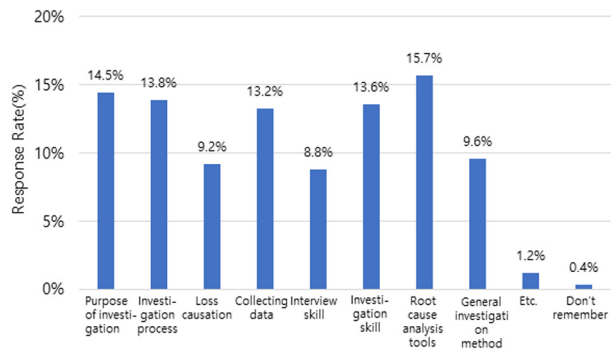


Fig. 3. Contents of incident investigation training.

사고조사 교육과정과 비교 시 교육시간은 조금 짧은 편이지만, 학습한 교육내용들은 사고조사 시 필요한 중요 내용에 대해서는 대부분 교육을 받은 것으로 추정된다.

사고조사 필요성에 대한 응답은 약 98%가 사업장 안전확보와 동종재해 예방을 위해 필요하다고 응답하여 조직의 안전보건 업무 담당자들은 사고조사의 필요성에 대하여 매우 긍정적으로 생각하고 있음을 알 수 있었다. 이때 조사의 목적은 유사/동종재해의 재발 방지와 사고원인의 파악과 개선안의 도출 등 사고조사의 긍정적인 응답이 70% 달하였다. 사고조사 목적에 대한 상세 응답은 Fig. 4에 제시하였다.

Fig. 5는 응답자들의 사고조사 역량 확인에 대한 응답을 보여주고 있다. 응답자의 51%는 본인의 사고조사

능력이 보통이라고 하였고, 29%는 높은 편이라고 응답하였다.

근무경력과 사고조사 능력의 비교 시 경력이 높을수록 조사능력도 높다고 응답하였다. 이때, 건설업과 제조업 종사자들의 역량 차이는 제조업은 85%가, 건설업은 77%가 보통~매우 높다는 긍정의 비율로 응답하여, 제조업 종사자들이 건설업 종사자들보다 사고조사 역량이 높다고 생각하는 것을 알 수 있었다.

사고조사 역량에 대한 추가적인 질문을 Likert 5점 척도 기준으로 하였고 분석결과는 Table 4에 제시하였다. 사고가 발생하는 원인에 대한 설명인 사고발생 이론에 대하여 알고 있는가에 대한 응답은 56%가 알고 있다고 응답하였고, 근본원인을 파악할 수 있는 체계화된 조사기법에 대해 알고 있다는 응답은 45%만이 긍정적인 응답을 하였다.

3.2 조직의 사고조사 시스템

3.2절은 응답자들이 근무하는 조직의 사고조사 시스템과 관련된 내용에 대한 응답의 분석결과를 보여준다. 조직에서 어떤 유형의 사고에 대해서 조사를 시행하는가에 대해서는 약 12% 정도만 아차사고부터 사고 조사를 시행한다고 응답하였고, 약 44% 이상의 응답자들이 휴업손실 3일 이상인 사고 즉 산업재해부터 사고

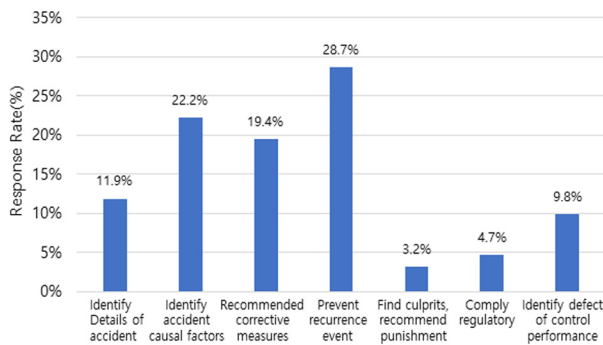


Fig. 4. Purpose of the investigation.

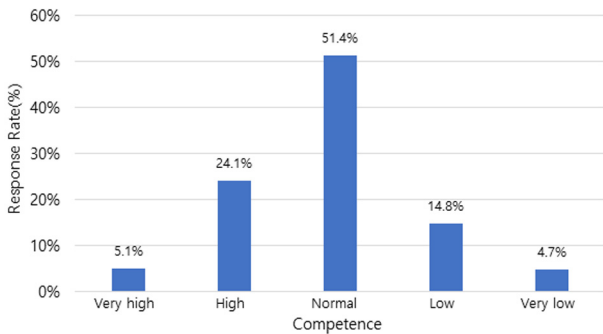


Fig. 5. Competence of incident investigator.

조사를 하고 있다고 응답을 하여 아직 우리나라 기업들은 산업재해에 대해서만 사고조사를 하는 경향, 즉 잠재적인 사고 발생위험에 대해서는 관리가 상대적으로 약하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 업종별 사고의 심각도에 따라 조사를 실시하는 경향의 차이를 보여 주는데, 건설업은 타 업종과 비교하면 휴업손실 3일 미만의 재해에 대해서 조사한다는 비율이 높지 않았고, 휴업손실 3일 이상 사고, 즉 산업재해와 중대재해에 대해 사고조사를 집중한다는 것을 알 수 있었다. 이는 도급과 하도급의 관계로 되어 있어, 협력업체의 근로자들이 다수이고, 위험의 노출이 제조업 등 타 업종과 비교 시 상대적으로 높은 건설업에서는 잠재적 심각도가 상대적으로 낮은 사고에 대한 보고와 조사가 타 업종에 비교해 잘 이루어지지 않는다고 간접적으로 추정을 할 수 있다.

사고조사에 참여하는 조사팀 구성은 안전담당자와 관리감독자, 그리고 생산/시공 관리자가 함께 참여 한다는 비율이 전체의 약 54%에 해당하여, 절반 정도의 조직들이 사고조사팀 구성 시 직접 부서의 관리자들이 함께 포함하고 진행함을 알 수 있었다.

사고조사 시작시점은 응답자의 63% 이상이 사고 발생 후 1일 후 이내에 조사를 시작한다고 하였고, 조사 기간은 하루 이내에 완료한다는 응답이 약 50%, 2일 이내에 완료한다는 응답을 포함할 때에는 전체의 75%

Table 4. Additional questions to identify competence of investigator

| Question | Mean |
|--|------|
| 1) Knows about accident causation model | 4 |
| 2) Knows about systematic tools to identify root cause of the incident | 3 |
| 3) Knows about purpose of the investigation | 4 |
| 4) Incident investigation is necessary to prevent incidents and to make safe workplace | 5 |

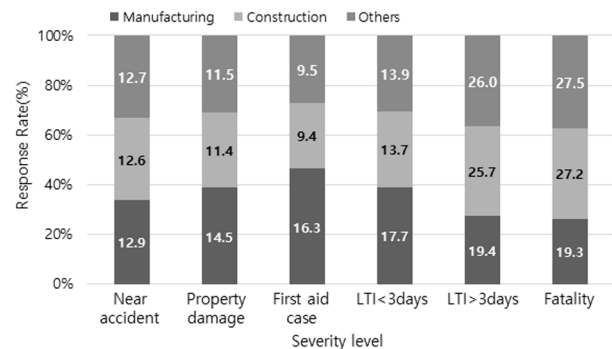


Fig. 6. Severity level of conduct incident investigations by industry.

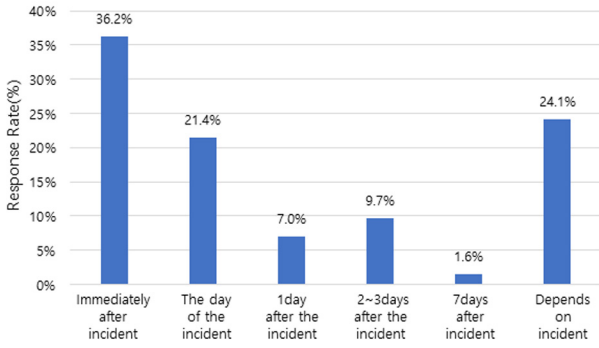


Fig. 7. Average time to start incident investigation.

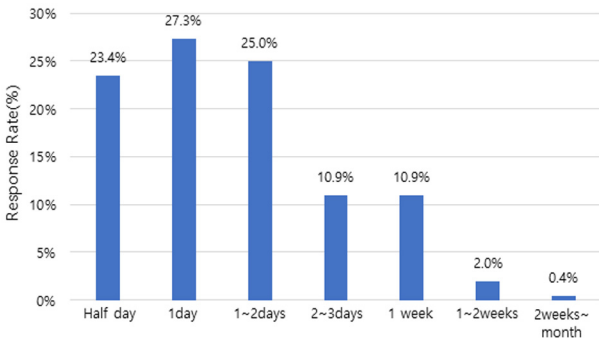


Fig. 8. Elapsed between the time of the accident.

가 사고 발생 후 2일 이내에 조사를 완료한다고 응답하였다. Fig. 7은 조직의 평균 사고조사 시작 시점을 Fig. 8은 평균 조사 기간을 나타내고 있다.

조직에서 실제 사고조사 시 전문화된 기법들의 사용여부에 대한 질문결과, Fig 9와 같이 응답자의 55%가 전문화된 방법을 사용한다고 응답하였다. 이들 중 57%는 사고의 크기, 유형 등 상황에 따라 다양한 방법과 기법 등을 적용한다고 하였다. 43%는 단일 방법으로 사고조사를 시행한다고 하였다. 이때 사용된 기법의 명칭을 주관식으로 요청하였는데, 일반적으로 알려진 4M과 5Why 방법을 사용한다는 응답이 각각 30명, 10명으로 전체 23%이었다. 기타로 외국계 기업의 자체적인 사고조사 기법 및 Bow-tie 기법을 사용한다는 응답이 6%며, SCAT 및 TapRoot와 같은 상용화된 전문기법들의 사용은 9%의 비율만 사용한다고 응답하였다. 그리고 실제 사용기법 명칭 대신 근본원인 분석이라는 일반화된 명칭인 RCA(Root Cause Analysis)라고 응답한 비율이 26%, 그리고 어떤 방법을 사용하는지 모른다는 응답은 17%였으며, 조사기법 명칭 대신 위험성 평가 등을 사고조사 기법으로 잘못 알고 대답한 응답비율이 14%로, 근본원인 기법 응답자 중 56%가 조직에서 사용하는 사고조사기법의 명칭에 대하여 제대로 알지 못하고 있어, 아직 사고조사에 참여하는 안전담

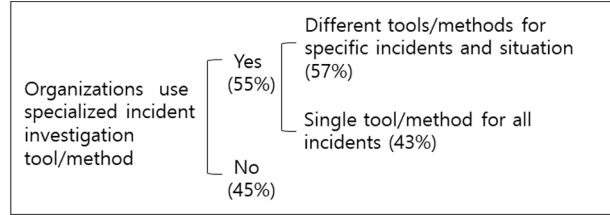


Fig. 9. Whether specialized tool is used in incident investigation.

Table 5. Various RCA method used in incident investigation.

| Tools | No. of users (%) | Tools | No. of users (%) |
|-----------|------------------|--------------|------------------|
| 4M | 30 (17%) | ETA | 3(2%) |
| 5Why | 10 (6%) | RCA | 46(26%) |
| SCAT | 7 (4%) | Etc. | 10(6%) |
| FTA | 7 (4%) | Wrong answer | 25(14%) |
| Fish bone | 6 (3%) | Don't know | 31(17%) |
| TapRoot | 4 (2%) | Total | 179 |

당자들이 RCA 기법에 대해서 체계적인 지식을 가지고 있지 않다고 유추할 수 있었다. Table 5는 조직에서 사고조사 시 사용되는 기법들에 대한 상세 내용을 보여주고 있다.

사고조사 진행단계에 대한 프로세스는 여러 논문 및 가이드에서 3단계, 9단계, 10단계 등으로 구분하고 있으나²⁶⁻²⁸⁾ 응답의 편이성을 위해 선행연구들을 참고로 하여 5가지 단계로 구분하여 실제 사고조사 시 각 단계별 시간 할당 비율을 확인해 보았다.

Table 6은 사고조사의 단계별 평균 시간 할당 비율 분석결과를 보여주고 있는데, 1단계 계획과, 5단계 보고서 작성에 사고조사 단계의 전체 100% 중 약 10% 정도의 시간을 사용한다는 것을 알 수 있었고, 2단계 자료수집, 4단계 개선안 수립이 20%~30%의 시간을 할애하여, 사고조사 5단계 중 자료수집 및 개선안 수립에 가장 많은 시간을 활용함을 확인하였다.

조직은 사고조사 시 어떤 방법으로 자료를 수집하는가에 대한 질문에는 관계자 인터뷰가 25.2%, 현장조사가 25.8%, 문서 확인이 20%로 전체의 약 70%를 차지

Table 6. Percent of time spent in investigation process

| Investigation Process | Percent of time spent in investigation process (total 100%) | | | | |
|-----------------------|---|------|------|------|------|
| | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% |
| Planning | 9.3 | 73.5 | 15.2 | 1.6 | 0.4 |
| Data collection | 0.4 | 10.5 | 38.5 | 36.2 | 14.4 |
| Data analysis | 1.6 | 11.7 | 52.9 | 31.1 | 2.7 |
| Recommendation | 0.8 | 7 | 45.5 | 41.2 | 5.4 |
| Writing Report | 0.4 | 47.5 | 33.9 | 14 | 4.3 |

Table 7. Additional questions to identify incident investigation system of the company

| Question | Mean |
|--|------|
| 1) Is there a system for deciding whether to investigate an incident? | 4 |
| 2) Is the level of the organization's accident investigation system high? | 4 |
| 3) Is the incident investigation team sufficiently independent? | 4 |
| 4) Do you have a manual/guide for investigating an accident? | 4 |
| 5) Is incident investigation conducted fairly? | 4 |
| 6) Is systematic investigation conducted well in case of industrial accidents within the organization? | 4 |
| 7) Is it possible to seek help from experts inside and outside the organization if necessary? | 4 |
| 8) Do organizations and managers believe that accident investigation helps prevent incidents? | 4 |
| 9) Is there any change in the perception of the members of the organization through accident investigation?? | 4 |
| 10) Is the organization's incident investigation identify the root cause? | 4 |

하였다. 기타로 비파괴검사/재료검사 등이 6.4%, 이전 사고조사 결과 확인이 7.7%, 유사 사고정보 및 기타 정보자료를 활용한다는 11.6%였다. 외부의 전문 조사기관을 활용하는 경우는 3.3% 밖에 되지 않았다.

수집된 정보들을 통하여 사고원인을 어느 수준까지 파악하는가에 대해서는 불안정한 행동과 불안정한 상태까지만 조사한다는 응답률이 절반에 육박하는 46%라고 응답하여, 조직에서는 인적/업무적 사고 예방과 관리시스템적 요인을 파악하는 단계인 근본원인에 대해 조사까지는 아직 미흡한 것으로 분석되었다.

조직의 사고조사 시스템에 대하여 10개의 추가적인 질문을 Likert 5점 척도 기준으로 응답하도록 하였고, 이에 대한 분석결과를 Table 7에 나타내고 있다. 10개의 질문에 대한 분석결과 모두 평균이 4점으로 나타내어 응답자들이 생각하는 조직의 사고조사시스템은 사고조사를 진행할 수 있는 체계가 갖춰져 있다는 긍정적인 응답을 하였다

3.3 사고원인 파악

Fig. 10은 응답자들이 생각하는 조직에서 발생한 사고의 주요 근본원인 항목들을 나타내고 있다. 총 13개의 근본원인 항목들을 설문지에 제시하였는데, Table 8에 자세히 나타내고 있다. 이 13가지 근본원인 항목들은 사고조사 시 근본원인 파악을 위한 다양한 기법들 중²⁹⁾ 근본원인 항목들을 체크리스트처럼 제시하고 있는 SCAT³⁰⁾, TapRoot³¹⁾, RCA³²⁾, DOE²⁰⁾의 기법들의 주

요 근본원인 항목들을 분석해서 유사하거나 같은 항목들로 선정하였다. 조직이 수행하는 사고조사에 직/간접적으로 참여하여 파악된 주요 사고원인은 1)스트레스, 인간 신체능력 한계 등 인간실수 2)잘못되거나 부족한 지식/훈련/교육 부족 등 부적절한 훈련 실수 3)관리감독자의 잘못된 작업지시, 근로자의 잘못된 작업 등 부적절한 행동 4)잘못되거나, 미흡한 작업절차 등 절차혼돈 실수의 4가지가 주요원인으로 파악되었다

업종별로 사고의 주요 근본 원인에 대한 인식의 차이를 비교한 결과는 Fig. 11에 나타내었다. 제조업, 건설업, 기타 업종에서 파악된 주요 근본원인에서 1)인간실수, 4)부적절한 훈련실수, 7)관리감독자의 잘못된 작업지시, 근로자의 부적절한 행동 등의 원인은 업종과 관계없이 모두 사고의 주요 근본원인이라고 분석되었다. 반면에, 시공 중인 건축물 또는 옥외 작업이 대부분인 건설업에서는 조도/정리정돈 불량 등 작업 환경적인 문제가 사고의 주요 원인이라고 분석되었고, 생산설비를 이용하는 제조업에서는 설비의 부적절한 유지보수가 주요 근본원인 이라고 분석 되는 등 업종의 특성에 따라 사고의 주요 근본원인이라고 생각하는 항목들의 차이가 있었다.

Table 8에 제시된 사고의 근본원인 항목 13가지에 대하여 응답자들이 사고의 근본원인으로 어느 정도로 생각하고 있는지를 파악해보기 위해 각각의 항목들을 Likert 5점(100% 환산) 척도로 응답하게 하였고, 이 결

Table 8. Major root causes of incident used in survey

| NO. | Major root causes of incident |
|-----|---|
| 1 | Human error like stress, inadequate physical capability |
| 2 | Working environment like lack of illumination, poor housekeeping, noise exposure |
| 3 | Complicate machine system like difficult control device and too many alarm |
| 4 | Inadequate education like wrong or lack of knowledge, training |
| 5 | Leadership issue like lack of leadership or communication, supervision |
| 6 | Equipment issue like inadequate facility, tools, parts |
| 7 | Inadequate acts like wrong work direction by supervisor, substandard acts by worker |
| 8 | Inadequate/wrong predictive maintenance program |
| 9 | Procedure error like inadequate or wrong work standards, inadequate maintenance of standards |
| 10 | Design error like improper layout of facility/equipment and wrong design specification, input, construction |
| 11 | Human resource management like lack of training/education, organization management |
| 12 | Human engineering like improper motivation, inadequate risk identification, communication and design |
| 13 | Natural disaster like earthquake, typhoon, disease |

Table 9. Additional questions to identify root causes of incident

| Question | Mean |
|---|------|
| 1) Major root cause of Human error like stress, inadequate physical capability | 4 |
| 2) Working environment like lack of illumination, poor housekeeping, noise exposure are the main root causes of accidents | 3 |
| 3) Complicate machine system like difficult control device and too many alarm are the main root causes of accidents | 3 |
| 4) Inadequate education like wrong or lack of knowledge, training are the main root causes of accidents | 4 |
| 5) Leadership issue like lack of leadership or communication, supervision are the main root causes of accidents | 3 |
| 6) Equipment issue like inadequate product, tools, parts are the main root causes of accidents | 3 |
| 7) Inadequate acts like wrong work direction by supervisor, substandard acts by worker are the main root causes of accidents | 4 |
| 8) Inadequate/wrong predictive maintenance program are the main root causes of accidents | 3 |
| 9) Procedure error like inadequate or wrong work standards, inadequate maintenance of standards are the main root causes of accidents | 4 |
| 10) Design error like improper layout of facility/equipment and wrong design specification, input, construction are the main root causes of accidents | 3 |
| 11) Human resource management like lack of training/education, organization management are the main root causes of accidents | 4 |
| 12) Human engineering like improper motivation, inadequate risk identification, communication and design are the main root causes of accidents | 3 |
| 13) Natural disaster like earthquake, typhoon, disease are the main root causes of accidents | 2 |

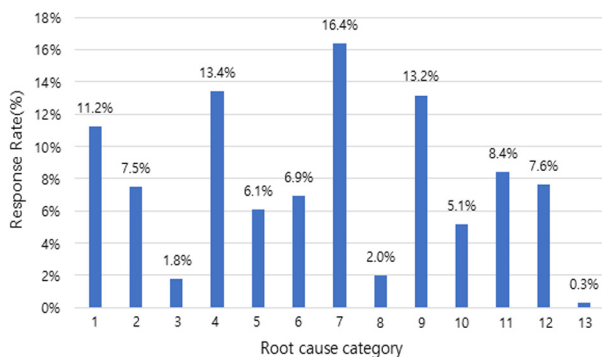


Fig. 10. Major root cause of the incident.

과에 대한 평균값을 Table 9에 나타내었다. Fig. 10에서 사고의 주요한 근본원인 항목이라고 파악된 4가지 항목들은 모두 평균 4점(80%)으로 나타나, 응답자들이 해당 4가지 항목들이 매우 중요한 근본원인이라고 생각하고 있음을 알 수 있었다.

3.4 사고조사 후속조치

해당 파트는 사고조사 후 이루어져야 하는 후속조치들에 대하여 조직의 시스템이 어떻게 되어 있는가에 대한 분석결과를 제시하였다. 사고조사 결과는 회사 전체에 공유한다는 응답이 54%로 나타나, 사고조사의 결과를 숨기기 보다는 조사된 사고의 보고서를 적극

활용한다는 것을 알 수 있었다. 다만 조사 보고서의 활용방안에 대해서는 사고의 재발을 막기 위해 유사 또는 동일 공정 조직원에게 공유한다가 35%로 가장 높게 나타났고, 교육 교재로 활용한다가 30%로 분석되어 약 65%가 사고조사 보고서를 사고예방을 위한 목적으로 활용하고 있다는 것을 알 수 있었다. 우려를 했던 ‘책임자 파악에 활용’ 또는 ‘조사만 하고 끝’ 과 같은 부정적인 반응은 약 8.1%만 응답하여, 설문지 주된 응답자들이 대기업 제조, 건설업에서는 사고조사 결과를 긍정적인 목적으로 활용하고 있음을 알 수 있었다. Fig. 12는 사고조사 보고서 활용에 대한 상세결과를 제시하였다.

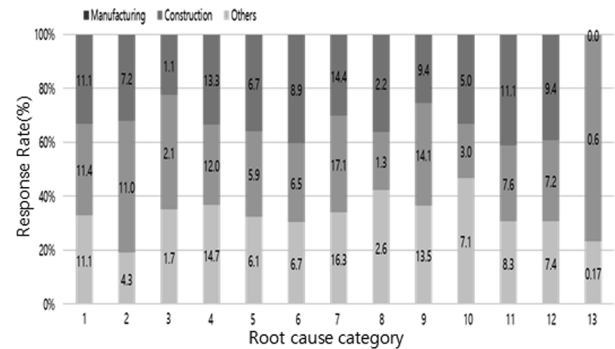


Fig. 11. Comparison of root causes of incidents by industry.

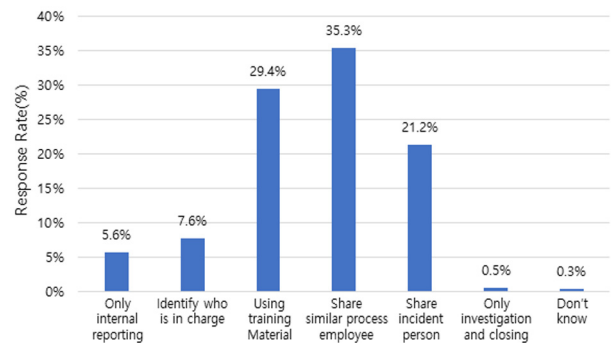


Fig. 12. How to use the investigation reports in the organization.

사고조사 후속조치에 대한 상세분석을 위한 추가 질문에 대한 결과를 Likert 5점 척도로 Table 10에 나타내었다. 분석결과는 7가지 질문 중 6가지 질문이 평균 4점을 나타내어, 조직의 사고조사 활용도 및 필요성에

Table 10. Additional questions to identify follow up activity after incident investigation

| Question | Mean |
|---|------|
| 1) Organization's incident investigation report provides a detailed description of the incident and its root cause. | 4 |
| 2) Accident investigation report carried out by the organization can be easily found and used when necessary or desired. | 4 |
| 3) Organization's accident investigation results provide as much useful information as possible to prevent future accidents. | 4 |
| 4) Preventive/corrective action applied to the incident investigation report are reviewed for appropriateness and effectiveness for actual application. | 4 |
| 5) Incident investigation results evaluate whether the root cause is properly identified and measures to prevent recurrence are properly established. | 4 |
| 6) Results of other companies' incident investigations are helpful in preventing accidents at the workplace. | 4 |
| 7) Experience and feedback of the accident investigator are collected, organized and reviewed regularly. | 3 |

대해서는 긍정적인 반응을 보임을 알 수 있었다. 다만, ‘사고조사자의 조사경험과 피드백은 취합/정리되어 정기적으로 검토한다’에 대한 응답은 평균이 3점으로 아직 조직에서 미흡한 활동으로 파악되었다.

3.5 사고조사 시 개선 방향

조직에서 사고조사를 잘 수행하기 위한 개선 방향에 대하여 파악하였다. 먼저 사고조사 시 근본원인까지 파악하기 어려운 이유가 무엇인가란 질문에 1)체계적인 조사방법을 몰라서 2)개선방안의 도출이 쉽지 않아 3)조사 경험의 부족 이라는 3개의 항목에 대한 응답이 가장 높게 나타났다. Fig. 13은 해당 질문에 대한 상세 분석결과를 보여주고 있다. 체계적인 조사방법을 모른다는 응답은 3.2항 조직의 사고조사 시스템 분석결과 질문 중 근무하는 조직은 전문화된 사고조사 기법을 사용하느냐는 질문에서 45%가 ‘전문화된 사고조사 기법을 사용하지 않는다’라고 응답하였고, 전문화된 기법을 사용하는 그룹에서도 56%가 정확한 사고조사 기법의 명칭을 모르고 있는 것을 보아 이런 결과가 나온 것으로 분석된다. 또, 개선방안 수립이 어렵다는 내용이 나온 것으로 보아서, 사고조사 시 근본원인을 제거하기 위한 충분한 조사가 진행되지 않고 있음을 유추할 수 있다.

Fig. 14는 사고조사 활성화를 위한 개선 필요 항목에 관한 결과를 보여주는데 응답자의 약 22%가 표준화된 쉬운 조사방법의 개발, 교육 및 홍보가 필요하다고 분석되어, 기업의 안전담당자로 근무하는 응답자들이 사

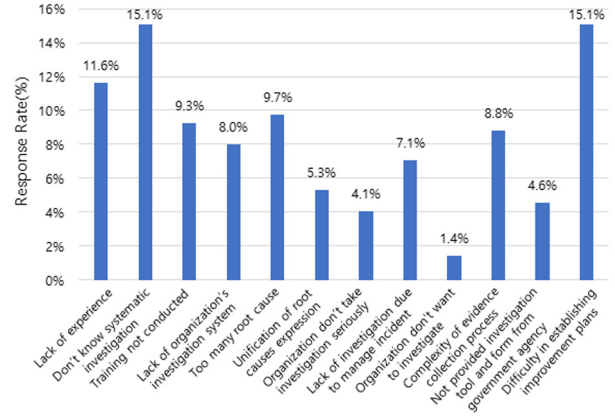


Fig. 13. Reason of difficulty to find root cause.

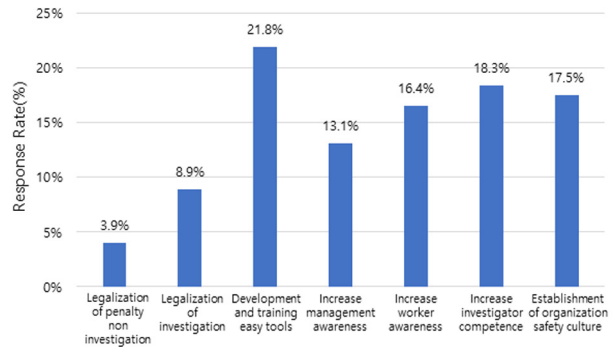


Fig. 14. Activation method of incident investigation.

고조사 활성화를 위해서 쉬운 조사방법이 가장 필요하다는 것을 알 수 있다. 다음으로는 사고조사자 참여자의 역량 강화가 18%, 조직 내 안전문화 정착이 17.5%, 근로자 의식전환이 16.4% 순으로 분석되었다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 국내 기업에 종사하는 58개사의 257명의 안전보건 업무 담당자들이 사고조사와 관련된 직접/간접 업무 경험을 바탕으로 참여한 설문 결과 분석함으로써, 한국의 산업계에서 사고조사 참여자들의 관점에서 조사자들의 역량, 실제 근무하는 조직에서 사고조사가 수행되는 방식을 파악해보고, 사고의 근본원인 및 사고조사의 개선방안에 대한 간략한 개요를 제공하였다.

설문 응답자들의 약 59%는 사고조사 교육을 이수하였고, 사고조사의 목적에 대해서는 잘 알고 있음을 알 수 있었다. 하지만, 응답자 중 약 51%가 사고조사 역량이 보통이라고 응답하였는데, 이들의 역량을 향상하기 위해서는 조사의 참여는 제한적이므로 기존의 8시간 이내의 교육보다는 전문화된 사고조사 교육의 활성화

가 필요할 것으로 생각된다.

조직의 사고조사 시스템의 설문 분석결과, 아차사고, 물적피해 사고, 경미상 부상과 같이 잠재적인 사고 발생위험에 대해서는 관리 시스템이 미흡하다는 것을 알 수 있었다. 또, 약 57%의 응답자들이 사고조사는 사고 발생 당일에 실시한다고 응답을 하였으나, 그 중 약 50%의 응답자들이 하루 만에 조사가 종료된다고 응답하였다. 이것은 사고조사 시 개선방향에 대한 질문 중 개선대책 수립이 어렵다는 응답이 높게 나왔었는데, 사고조사 기간의 부족과 영향이 있는 것으로 생각된다. 응답자들의 55%는 사고의 근본원인 파악을 위해 전문화된 방법을 사용한다고 하였고, 이때 4M, 5Why 등의 기법이 사용되고 있으나, 대다수 응답자는 조직에서 사용하고 있는 사고조사 기법을 정확하게 모르거나, 잘못된 응답을 하여, 아직 우리나라 기업에서는 사고조사 기법에 대한 안전담당자들의 이해도가 낮다는 것을 알 수 있었다.

사고의 근본원인은 인간의 실수, 부족한 지식/교육/훈련의 부족/실수, 관리감독자의 잘못된 작업지시 및 작업자의 불안정한 행동, 잘못되거나 미흡한 작업지시가 주된 근본원인으로 나타났는데, 고용노동부에서 발행하는 기존 통계자료에 파악되지 않았던 사고의 근본원인을 알 수 있었으며, 개선방안 수립 시 사고의 근본원인 제거를 위한 방안 수립이 필요함을 알 수 있었다.

기업에서 사고조사 후 사고조사 보고서의 활용 등 후속 조치는 사고조사의 목적에 맞게 사고의 재발을 방지하기 위해서 직원들의 교육/홍보 등에 활용하는 것을 알 수 있어서, 기업에서 사고조사가 긍정적 방향으로 활용되고 있음을 간접적으로 알 수 있었다.

사고조사 시 근본원인까지 파악이 어려운 이유가 체계적인 근본원인 조사방법을 모른다는 응답이 가장 높게 나왔고 해결책으로 표준화된 쉬운 조사법의 개발과 교육이 나왔다. 즉, 기업에서는 근본원인까지 조사한다고는 하지만 여전히 근본원인에 대한 조사방법이 조직에서 체계화되어 있지 않다는 것과 조사자의 역량 부족 등으로 인해 사용되고 있는 RCA 조사법을 어렵게 느끼고 있다고 판단된다.

본 연구는 비록 설문 응답자들의 표본이 대기업에 집중되어 산업계를 대표하기에는 부족할 수는 있으나, 산업 전반에 걸친 사고조사 관련자들의 의견을 통해 국내 기업들의 현재 운영하는 사고조사 시스템을 통해 사고조사의 현황을 알 수 있었고, 기존 사고조사 통계에서 파악되지 않은 사고의 근본원인들을 파악할 수 있었다는 것에 의의가 있다. 특히 사고원인의 근본원인 활성화를 위해서는 표준화되고, 쉬운 사고조사법의

개발과 교육의 필요성이 요구되고 있다는 것을 알 수 있었으며, 향후 정책적으로 현업에서 쉽게 사용할 수 있는 근본원인 조사기법들의 개발 및 사고조사 교육 등의 의무화가 이루어진다면 사고예방에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

References

- 1) Ministry of Employment and Labor (MOEL), “A Survey on Field Safety Management to Prevent Accident Recurrence Prevention”, 2013.
- 2) Occupational Safety & Health Research Institute (OSHRI), “A Study on the Revitalization of Occupational Safety and Health Management System for Companies”, 2004.
- 3) Occupational Safety & Health Research Institute (OSHRI), “The Effect of Policies and Activities for Industrial Accident Prevention on Industrial Accident Reduction”, 2016.
- 4) F. S. Caparros, M. S.C Ebador and J. C. Romero, “Analysis of Investigation Reports on Occupational Accidents”, Safety Science, Vol. 72, pp. 329-336, 2015.
- 5) E. Stern, M. E. Hassall and D. Cliff, C. Bofinger, “Incident Investigators’ Perspectives of Incident Investigations Conducted in the Ghanian Mining Industry”, Safety Science, Vol. 112, pp. 173-188, 2019.
- 6) Department of Energy(DOE), Workbook Revision 2, “Conducting Accident Investigation”, 1999.
- 7) O. Svensson, “Accident Analysis and Barrier Function (AEB) Method – Manual for incident Analysis”, SKI Report, 2000.
- 8) E. Hollagel, “FRAM: The Functional Resonance Analysis Model”, Ashgate, 2012.
- 9) S. Sklet, “Comparison of Some Selected Methods for Accident Investigation”, Journal of Hazardous Materials, Vol. 111, pp. 29-37, 2004.
- 10) P. Katsakiori, “Towards an Evaluation of Accident Investigation Methods in Terms of their Alignment with Accident Causation Models”, Safety Science, Vol. 47, pp. 1007-1015, 2009.
- 11) E. Hollnagel and J. Speziali, “Study on Developments in Accident Investigation Methods: A Survey of the State of the Art”, SKI Report, 2008.
- 12) D. S. Kim, D. H. Baek S. R. You and W. C. Yoon, “A Methodology for Analyzing Human Error in Railway Operation”, Conference of the Korean Society for Railway, pp. 1817-1827, 2009.

- 13) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA Guide (P-151-2016), “Technical Guidance of Root Cause Analysis for the Accident”, 2016.
- 14) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA Guide (G-5-2017), “Technical Guidance of Business Accident Investigation”, 2017.
- 15) Ministry of Employment and Labor (MOEL), “A Study on the Effect of the Accident Investigation Affecting on the Industrial Accident Prevention”, 2010.
- 16) J. H. Ye, S. R. Jung and S. R. Chang, “A Case Study on the Potential Severity Assessment for Incident Investigation in the Shipbuilding Industry”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 34, No. 1, pp. 62-69, 2019.
- 17) Occupational Safety & Health Research Institute (OSHRI), “OSH Research Brief”, Vol. 6, No. 3, pp. 6-11, 2012.
- 18) P. Dodshon and M. E. Hassall, “Practitioners’ Perspectives on Incident Investigation”, Safety Science, Vol. 93, pp. 187-198, 2017.
- 19) J. Lundberg, C. Rollenhagen and E. Hollnagel, “What you Find is Not Always What You Fix-how Other Aspects Than Causes of Accidents Decide Recommendations for Remedial Actions”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, pp. 2132-2139, 2010.
- 20) Department of Energy(DOE), Handbook “Accident and Operational Safety Analysis”, 2012.
- 21) C. Rollenhagen, J. Westerlund, J. Lundberg and E. Hollnagel, “The Context and Habits of Accident Investigation Practice : A Study of 108 Swedish Investigators”, Safety Science, Vol. 48, pp. 859-867, 2010.
- 22) A. K. Lindberg, S. O. Hansson and C. Rollenhagen, “Learning from Accident-What More Do We Need to Know?”, Safety Science, Vol. 48, pp. 714-721, 2010.
- 23) DNV-GL, https://learn.dnvgl.com/lmt/clmsCourse.prCourseDetails?site=dnvgl&in_rcoid=44192080&in_region=kr&in_language_identifier=ko, Accessed, December 19, 2020.
- 24) DuPont Sustainable Solutions, <https://www.dsslearning.com/psm/incident-investigation-training>, Accessed December 19, 2020.
- 25) TapRoot, <https://www.taproot.com/solutions/rootcausetraining>, Accessed December 19, 2020.
- 26) S. Emsile, “Root Cause Analysis- Application Guidelines”, pp. 8-9, 2007.
- 27) A. T. Goldberg, “Taming the Cost of Accidents While Improving Safety”, Occup. Health Safety, Vol. 66, pp. 66-70, 1997.
- 28) J. Lundberg, C. Rollenhagen and E. Hollnagel, “What You Look For Is What You Find - The Consequences of Underlying Accident Models in Eight Accident Investigation manuals”, Safety Science, Vol. 47, pp. 1297-1311, 2009.
- 29) H. C. A. Wienen, F. A. Bukhsh, E. Vriezokolk and R. J. Wieringa, “Accident Analysis Methods and Models - a Systematic Literature Review”, p. 15, 2017.
- 30) F. E. Bird Jr. and G. L. Germain, “Practical Loss Control Leadership”, International Loss Control Institute, Georgia, USA, 1985, ISBN 0-88061-054-9.
- 31) M. Paradies and L. Unger, “Tap Root”, System Improvements, Inc., pp. 324-325, 2008.
- 32) L. V. Heuvel, D. K. Lorenzo, L. O. Jackson, W. E. Hanson, J. J. Rooney and D. A. Walker, “Root Cause Analysis Handbook”, ABS Consulting, pp. 286-287, 2008.