

A Preliminary Study on the Communication Effect on Team Performance in Main Control Room of SMART

Eun Mee Heo¹, Seong Nam Byun²

¹Department of Industrial Engineering, The University of Kyunghee, Yong-in, 446-701

²Department of Industrial & Management Engineering, The University of Kyunghee, Yong-in, 446-701

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate the attributing factors influencing team performance. **Background:** Technically, it is necessary that operators adapt themselves to computerized and advanced techniques to operate the main control rooms safely in nuclear power plant in Korea. The more main control rooms are digitalized, the more important for operators to have high team performance it is. **Method:** This paper analyzes team process through literatures review and elicits team performance shaping factor. Especially, the objective of this research is to elicit communication using common team performance shaping factors. **Results:** This study has found communication through team performance shaping factors in Main Control Room of the SMART. **Conclusion:** This paper can offer a starting point for team communication, which can use team performance shaping factor framework that are emerging in these new nuclear power plant. **Application:** As a result, I expect that the evaluation communication for MCR operator's team performance will lead the operating techniques in nuclear power industry internationally.

Keywords: Communication, Team performance, Team process, Main control room, SMART

1. Introduction

최근 건설되고 있는 원자력발전소(이하 원전) 주제어실(이하 MCR)은 디지털 기반으로 설계되어 아날로그 기반의 기존 제어실과 다른 특징을 보인다. MCR 운전원은 팀 단위로 발전소 상태를 감시(monitoring)하면서 발전소가 안전하게 발전할 수 있도록 효과적으로 제어(control)하는 직무를 수행한다. 특히 컴퓨터 기반의 첨단 MCR의 경우, 발전소의 상태변수를 정보표시장치(예, LDP, FPD 등)를 통해 감시하고 전산화된 입력장치(예, 마우스, 키보드, 터치스크린 등)를 통해 제어하는 인지적 직위가 증가하는 형태를 보이고 있다. 따라서 개인용 컴퓨터를 주로 사용하는 디지털 MCR에

서 개인적 수행도는 향상될 수 있지만, 상대적으로 팀 수행도가 저하될 가능성이 있다(Gaddy & Wachtel, 1992; Sebok, 2000).

팀 수행도에 영향을 미치는 다양한 요인들 가운데 핵심 요인으로 팀워크(teamwork)를 들 수 있는데(Hoegl & Gemuenden, 2001), 의사소통(communication) 없이는 팀워크를 형성하기 어렵다. Hoegl & Gemuenden(2001)은 팀원간 상호작용, 즉 팀워크간 의사소통, 조정 활동, 팀원의 균등한 기여, 상호 지원, 노력, 응집력의 여섯 가지 측면으로 구성되며, 그 중 가장 기본적인 요소는 팀원간 의사소통으로 의사소통 빈도와 시간, 구조, 비공식성, 개방성 등을 중요한 특성으로 보았다.

안전이 최우선시 되는 항공, 의료, 원자력 분야 등의 고

Corresponding Author: Seong Nam Byun, Department of Industrial & Management Engineering, The University of Kyunghee, Yong-in, 446-701.

Phone: +82-31-201-2878, E-mail: snbyun@khu.ac.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

신뢰도 산업에서는 정확하고 효율적인 의사소통이 매우 중요하다. 항공 분야의 ASRS(Aviation Safety Reporting System)의 데이터에 따르면 항공 사고의 70%가 잘못된 의사소통 문제로 야기된다고 보고한 바 있다. Bowers et al. (1995)은 의사소통과 직무 수행도와와의 관계성을 연구하였고, Visciola & Armando(1992)는 자동화된 비행시뮬레이터에 필요한 조종사들의 인식과 의사소통 연구를 기반으로 인간기계 인터페이스 및 훈련에 대해 연구하였다. 그리고 Kanki & Lozito(1989)는 팀워크에 영향을 미치는 의사소통 특성을 조사하고 이는 잘 훈련된 Shared Mental Model이 형성된 팀의 경우에 팀워크와 직무 수행도가 높다는 등 항공 산업에서는 다양한 분야에서 팀워크 향상을 위한 의사소통 연구를 진행하고 있다. 일반적인 의사소통은 작업자들간 정보를 교환하는 것으로 이해하고 있지만 최근 원자력 산업을 비롯하여 항공 분야에서 항공 사고의 주요 원인이 되는 의사소통 오류 때문에 많은 연구들이 의사소통에 관심을 가지고 있다.

이에 본 연구는 국내 원전 MCR 운전원의 팀 수행도 향상을 위한 기초자료로서 팀 수행도 요인을 분석하고, 특히 의사소통 유형을 중점적으로 보고자 노력하였다.

2. Contents of Study

2.1 Team performance

인적오류에 대한 조직적 관점은 팀(team) 단위 직무 수행이 증가함에 따라 팀 오류(team errors)에 대한 관심을 갖게 되었다. 팀 수행도(team performance)에 대한 대표적인 이론 연구를 요약하면 다음과 같다. 팀 수행도 연구는 투입(Input) → 프로세스(Process) → 산출(Output)의 이론적 틀을 바탕으로 접근하고 있으며(Figure 1 참조), 프로세스를 구성원이나 팀, 조직의 특성과 팀 특성을 매개하는 메커니즘으로 보고 있다(Mathieu and Zaccaro, 2001). 여기서 매개

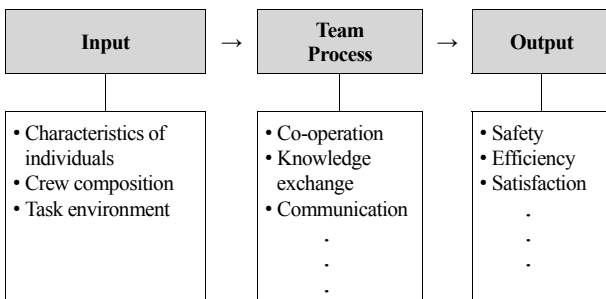


Figure 1. Model of team performance

체는 팀원들간의 의사소통, 리더십 등을 말하며, 이러한 요소를 팀 기술(team skills) 혹은 팀워크(teamworks) 요소라 한다. 팀 기술은 팀 수행도를 달성하는 과정에서 반드시 필요한 요소로 팀의 기능(functions)과 관련된다.

많은 연구자들에 의해 팀 프로세스가 팀 수행도에 중요한 영향을 미치고 있음을 강조해 왔지만, 팀 프로세스 개념에 대한 명확한 정의는 내려지지 않았다. 팀에 관해 기존의 연구에서 제시하고 있는 팀 프로세스 개념들은 아래와 같다.

- Cohen and Bailey(1997): 팀 프로세스를 팀 구성원들 사이에서 발생하는 커뮤니케이션과 상호갈등과 같은 상호작용으로 정의
- Mathieu and Zaccaro(2001): 팀 프로세스를 공동의 목표를 달성하도록 직무를 조직화하는 활동을 통해 투입 요소를 성과로 전환하는 구성원들의 상호 의존적인 행동으로 정의
- Hogel and Gemuenden(2001): 팀워크(teamwork) 개념을 제안, 팀워크는 팀 수행도에 미치는 영향을 팀 내 상호작용, 즉 팀워크를 커뮤니케이션(communication), 협업(coordination), 직무할당(balance of member contribution), 상호 지원(mutual support), 응집성(cohesion)으로 구분하여 제시, 높은 수준의 팀워크는 팀 내 활동의 효과성 및 효용성을 촉진
- Campion(1993): 팀 프로세스의 구성 요소를 의사소통, 사회적 지원, 과업 분담, 협력, 잠재적 효능(potency)으로 정의, 팀원과 리더로 구성된 80개의 팀을 대상으로 실증한 결과 이러한 팀 프로세스가 생산성, 팀원 만족, 팀 효과성에 긍정적인 영향을 미침을 확인
- Werner(2001): 팀 프로세스의 구성 요소로 의사소통, 사회적 지원, 과업 분담, 과업 관련 요소와 팀 구조를 고려하여 107개 대학생 팀을 대상으로 한 연구를 수행, 결과변수로 팀 만족과 팀에 대한 교수 평가를 보았는데, 팀 구조(team structure), 팀 정신(team spirit)은 팀 만족과 교수 평가에 긍정적

2.2 Factors of team performance

팀 수행도 이론 연구와 팀 수행도 사례분석을 통해 항공, 군수, 의료 등의 산업에서 팀 수행도에 영향을 미치는 요인을 다양하게 제시하고 있다. 다음은 대표적인 팀 수행도 연구자들이 제시하고 있는 팀 수행도 요인들이다.

- Helmreich et al.(1990): 팀 의사소통, 상황인식, 업무협조 의사결정, 비상 대응, 자기관리
- Smith, Kend(1963): 융통성, 업무협조, 의사결정, 리더십

- Seamster et al.(1994): 상황인식, 융통성, 업무협조, 자기 관리
- Dutra et al.(1995): 상황인식, 업무협조, 자기관리
- Cannon-Bowers et al.(1995): 융통성, 상황인식의 공유, 수행도 감시 및 피드백, 리더십 및 팀 운영, 상호관계, 조정, 의사소통, 의사결정
- Fowlkes et al.(1994): 의사소통, 상황인식, 융통성, 의사 결정, 리더십
- Baker(2004): 상황인식
- Watts, Monk(2000): 의사소통, 업무협조
- Salmon et al.(2005): 업무협조, 자기관리
- Bower(1998): 자기관리
- Klein(2000): 상황인식, 위험관리
- Cohen, Bailey(1997): 업무협조, 혁신
- Hogel, Gemuenden(2001): 조정, 의사소통, 업무협조, 리더십, 과업조정, 노력, 응집성
- Galdstein(1984): 의사소통, 지원, 갈등 경계관리
- Campion(1993): 의사소통, 지원, 업무협조, 비상대응, 권위
- Werner(2001): 의사소통, 업무협조, 팀 구성, 팀 정신
- Cacciabue(2004): 위험관리

팀 수행도에 관한 이론 및 사례 연구를 통해 팀 수행도에 영향을 주는 공통 요소를 도출하고(Table 1 참조), 지원(support)과 조정(coordination)과 같은 유사한 요인을 통합하였다. 또한 팀 수행도 요인들과 국내 원전 운전원의 팀

Table 1. Factors of team performance

Study	Factors of team performance								
	Communication	Situational awareness	Adaptability	Cooperation	Risk management	Decision making	Emergency response	Self management	Leadership
Helmreich et al., 1990	○	○		○		○	○	○	
Smith, Kendall, 1963			○	○		○			○
Seamster et al., 1994		○	○	○				○	
Dutra et al., 1995		○		○				○	
Cannon-Bowers et al., 1995	○	○	○	○		○			
Fowlkes et al., 1994	○	○	○			○			○
Baker, 2004		○							
Watts, Monk, 2000	○			○					
Salmon et al., 2005				○				○	
Bower, 1998								○	
Klein, 2000		○			○				
Cohen, Bailey, 1997				○					
Hogel, Gemuenden, 2001	○			○				○	○
Campion, 1993	○			○			○		
Werner, 2001	○			○					
Cacciabue, 2004					○				
Galdstein, 1984	○								
계	8	7	4	11	2	4	2	6	3

직무 특성과의 관련성을 국내 원전 운전전문가 2인을 대상으로 심층 인터뷰(in-depth interview) 방식으로 검토되었다.

이상의 과정을 통해 다음과 같이 총 9개의 팀 수행도 요인으로 도출하였다.

- 의사소통(communication): 아이디어나 정보의 교환 혹은 지시 등의 메시지를 혼란 없이 다른 팀원에게 전달 등
- 팀 상황인식(team situational awareness): 예상되는 위험 요소를 팀원이 공동으로 인지, 잠재된 위험을 유용한 정보로부터 발견, 그리고 일정 시공간에서 팀원들의 이해와 예측을 공유할 수 있는 인지 요소 등
- 융통성(adaptability): 변화된 상황에 대처하는 대안선택 과정, 적절한 행동의 변화, 그리고 어떠한 압력 하에서 건설적인 행위를 유지하는 등의 융통성 등
- 업무협조(cooperation): 팀원들이 필요한 정보를 공유하여 직무를 수행하고 다른 팀원의 수행 직무를 관찰 및 피드백하여 팀의 목적 달성에 도움을 주는 행위, 때로는 그 직무를 수행하기 위해 필요한 직무부하를 공유하여 팀의 목표를 달성하거나 팀원을 돕는 행위 등
- 위험관리(risk management): 위기 상황에 대처하는 능력, 결정에 대한 대응, 질문에 대응하거나 대처하는 적극성, 그리고 위험 요소에 대한 합리적 대응 등
- 의사결정(decision making): 행위 과정을 선택, 그 의사결정을 수행, 그리고 예상되는 결과물을 평가하는 과정 등
- 비상 대응(emergency response): 위험의 평가, 감각적이고 즉각적인 판단력, 그리고 안전 대응 등
- 자기관리(self management): 피로, 시간적 압박, 예상치 못한 상황이나 난제 등을 스스로 극복하는 능력, 특정 한계 상황을 인정하고 협조를 요청하는 등의 행위
- 리더십(leadership): 주어진 상황에서 다른 팀원의 생각이나 행동에 영향을 미칠 수 있는 리더의 아이디어나 행위 등

2.3 Communication

2.2절의 Table 1과 같이 도출된 9개의 팀 수행도 요인 중 높은 빈도로 도출된 업무협조와 의사소통 중 특히 의사소통은 조직에 있어서 중요한 위치를 차지하고 있다.

의사소통에 대해서는 많은 정의가 내려져 있는데 일반적인 '정보의 전달이나 교환' 혹은 '의미를 공유하는 과정'으로서 커뮤니케이션, 이외에 '의미 생성의 과정', '행동 변화의 과정'으로 개념이 확장될 수 있다. 다음은 의사소통의 요소이다.

- 메시지 전달자, 매체, 그리고 메시지 수령자로 연결된 의사

소통 과정

- 의사소통 과정의 목적
- 의사소통 과정에 사용되어지는 언어
- 의사소통 맥락(context)
- 개인적인 요소

Coury와 Terranova(1991)은 팀 의사소통은 협조적인 팀의 의사결정에 영향을 미친다고 주장하였다. 그들은 의사소통의 내용, 의사소통 기술 및 능력, 역할과 책임, 그리고 의사소통에 표현되는 양식의 효과 등이 팀의 의사결정에 영향을 미치는 요소임을 밝혔다.

항공 운항 분야에서는 이미 오래 전부터 조종팀원간이나 조종사와 관제사간 의사소통의 오류를 제거하기 위해 의사소통 방법과 단어의 사용까지 표준화를 실시해 왔다.

하지만 국내외 항공 산업을 비롯한 원자력 산업에서 의사소통은 다양한 측면에서의 평가 및 개선에 대한 국내외 연구 분야가 현재 미흡한 실정이다.

Svensson과 Andersson(2006)은 공군 조종사의 팀 수행도에 영향을 미치는 음성 언어행위(speech acts)와 의사소통 문제(communication problems)에 관한 연구를 수행하였다. 그들의 연구에 따르면, 음성 언어 행위와 의사소통의 문제는 상호 연관되어 나타나며, 이들은 팀 수행도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

미국의 NTSB(National Transportation Safety Board)는 1978년에서 1990년 사이에 미국에서 발생한 37건의 주요 사고를 분석하여 총 302건의 오류를 분류하였고, 평균 8,162건의 오류가 발생하였다(NTSB, 1994). 이를 주 오류(8가지)와 부수적 오류(1가지)로 분류하였는데, 부적절한 정보 혹은 정확한 정보 전달의 실패나 부적절한 정보제공으로 인한 오류가 사고의 주 오류 중 하나인 것으로 나타났다. 다음은 이러한 정보 전달의 오류 유형이다.

- 메시지 전달의 실수
- 언어의 문제
- 메시지 수령자의 실수
- 전달 매체의 문제

팀원간의 상호 의사소통에 영향을 주는 요인들로는 사회적 요인, 지각적 요인, 조직/구조적 요인으로 구분될 수 있다. 특히 구조적인 요인으로서 조직 구조가 지나치게 구조화되어 있는 경우에는 의사소통의 속도가 느려지고 잡음(noise)이 발생하기 때문에 신속성과 정확성을 떨어뜨려 조직의 유효성을 확보하기가 힘들게 된다(Baik Ki Bok, 2000).

현재 많은 연구들에서 조직 내부의 의사소통이 팀원의 수행도 향상과 긍정적인 조직 결과물에 중요한 요소임을 지적

하고 있다(Argenti, 1998; Goris, 2000). 그리고 리더에게 있어 특히 의사소통은 중요한 요소인데(Harris, 1998), 리더의 핵심 요소인 비전(Larwood et al., 1995)을 잘 전파하기 하기 위해서 효율적인 의사소통의 발휘가 필요하다고 할 수 있다.

팀 의사소통과 팀 수행도의 관계에 대한 연구를 살펴보면, Kanki 등(1989)은 팀 의사소통 프로토콜이 표준화되어 있는 경우, 팀 직무의 조절 및 협조가 향상되나 표준화된 프로토콜이 없는 경우, 팀 수행도는 효과적이지 않다고 주장하였다. Kawano et al.(1991)은 원전 운전원의 시뮬레이션 분석을 통해 의사소통 방식의 차이가 팀 수행도에 영향을 주는 것을 밝혔다.

Kanki and Foushee(1989)와 Bowers et al.(1995)은 항공 분야에서의 의사소통 유형을 아래와 같이 제시하였다.

- 식별: 화자 혹은 청자의 고유 명칭을 사용하여 신원을 확인시켜 주는 내용
- 예의: 인사나 감사 혹은 예의를 갖추는 표현
- 지시: 관제사가 조종사에게 하는 명령
- 권고/통지: 책임을 수행하기 위해 필요한 내용을 상대방에게 전달하는 메시지
- 요청: 상대방으로부터 정보나 서비스를 얻기 위해 보내는 메시지
- 수신 표시: 상대방으로부터의 지시, 권고, 요청을 수신했음을 확인해 주는 반응의 메시지
- 기타: 다른 유형으로 분류할 수 없는 메시지
- 주석: 의사소통의 내용 분류자가 추가한 메시지

또한 Kettunen and Pyy(2000)는 원자력 분야에서의 의사소통 유형을 다음과 같이 제시하였다.

- 명령: 다른 사람에게 구체적인 책임을 할당
- 수신 표시: 메시지를 받았음에 대해 확인해 주는 반응
- 질의: 정보를 요구하는 잘 정의된 요청
- 응답: 수신 표시 이외의 반응을 요구하거나 정보를 요구하는 메시지에 대한 반응으로서의 메시지
- 관찰: 다른 사람의 주의를 특정한 방향으로 환기시키기 위해 언급하는 관찰의 내용
- 제안: 특정한 행위나 생각을 하도록 추천하는 메시지
- 의도: 자신의 의도를 공표하는 메시지
- 격려: 다른 사람에게 단체 정신 함양 또는 북돋우는 메시지
- 직무 무관: 직무와는 관련이 없는 내용의 메시지
- 기타: 모호하거나 불분명한 메시지

하지만 두 연구 모두 언어분류 체계만 제시하였을 뿐 표준

화된 프로토콜을 제안하지 못했다는 한계점을 가지고 있다.

국내에서는 Min Dai Whan (2004) 연구에서 응답을 응답(확인)과 응답(보고)로 세분화하고 호출 및 판단을 추가하였다.

본 연구는 사전 수행된 연구를 기반으로 SMART에 적용하여 운전팀의 의사소통 형태를 분석하고자 하였다.

3. Case study

한국원자력연구원에서 개발 중인 SMART용 비상운전지침서를 대상으로 팀 수행도 분석을 위해 먼저 수행 직무를 분석하였다. 직무분석은 계층적 직무분석(Hierarchical Task Analysis: HTA) 기법을 활용하였다. 도출된 직무를 대상으로 SMART MCR 운전원의 직무를 NUREG-0711(Rev. 2)에서 제시한 직무 요건(task consideration) 아홉 가지 기준(Table 2 참조)으로 하여 세분화하였다. HTA의 결과인 세부 직무에 대해 직무 요건을 정의하는 작업은 SMART 계통 설계자, MMI 설계자, 인간공학 전문가 등 전문가 집단에 의해 수행되었다.

Table 2. Task considerations

No.	Type	Example
1	Information	Feedback needed to indicate adequacy of actions taken
2	Decision making	Decisions type(relative, absolute)
3	Response	Type of action to be taken(verify, ensure, operate, perform, control)
4	Communication	Personnel communication for monitoring information or control
5	Workload	• Cognitive • Physical
6	Task support	• Job aids or reference materials needed • Tools and equipment needed
7	Workplace factors	Typical and extreme environmental conditions, such as lighting, temp, noise
8	Situational and performance shaping factors	• Stress • Reduced manning
9	Hazard identification	Identification of hazards involved

3.1 An analysis with task considerations

NUREG-0711(Rev. 2)에 따라 운전원의 발전소 운전

직무 요건을 구분한 결과, 의사결정(절대적(absolute), 상대적(relative))/직무 대응(단순 확인(verify), 지속적 확인(ensure), 단순 조치(operate), 지속적 조치(perform), 조건 조치(control))/의사소통(정보 요청 및 피드백(inquiry & feedback), 제어 요청 및 피드백(manipulation & feedback), 보고 및 피드백(reply & feedback)) 등 세 가지의 요인이 도출되었다. 이상의 세 가지 직무 요건의 조합으로 총 40가지의 직무 수행 유형(상대적-단순 확인 직무-정보 요청 및 피드백, 상대적-지속적 확인 직무-정보 요청 및 피드백/보고 및 피드백, 절대적-조건 조치 직무-정보 요청 및 피드백/제어 요청 및 피드백/보고 및 피드백)이 가능하다. 전체 비상 운전 직무는 총 40가지의 직무 수행 유형 중 12가지 유형의 직무 수행 유형으로 구성될 수 있음을 확인할 수 있다. 즉, 비상 운전 직무를 수행하기 위해 발생하는 각각의 세부 직무는 각각의 직무 요건(의사결정, 직무 대응, 의사소통)의 조합에 따라 12가지 직무 수행 유형으로 구분할 수 있다. '의사결정' 및 '직무 대응'의 팀 수행도 요인에 대해서는 추후 연구로 진행될 것이다. 본 논문은 의사소통을 A와 B로 나누어 분석하였는데 이는 정보감시를 위한 운전원간의 의사소통과 화면 MMI와 운전원간의 Interaction을 구분하기 위해서이다.

- 의사소통 A: 세부 직무로 분해된 해당 절차를 수행하기 위하여 필요한 운전원간의 의사소통의 형태를 구분(운전원은 직무 수행을 위해 정보를 요청, 특정 기기의 제어를 요청, 정보 및 제어 요청에 대한 보고 활동).
- 의사소통 B: 세부 직무로 분해된 해당 절차를 수행하기 위하여 필요한 기기와의 의사소통 형태를 구분(의사소통 B에는 확인을 위한 감시, 조작을 위한 제어, 지속적인 확인을 위한 경계 활동이 포함).

의사소통은 쌍방향으로 이루어지는 활동이므로 정보 요청, 제어 요청을 포함한다. 보고 활동에는 그에 대한 반응(피드백)이 반드시 포함되어 있다. 의사소통 A는 일반적으로 정보 요청 및 피드백, 제어 요청 및 피드백, 보고 및 피드백의 세 가지 유형으로 나뉜다.

그러나 본 연구에서 직무 요건을 분석한 결과, 정보 요청 및 피드백, 정보 요청 및 피드백/보고 및 피드백, 제어 요청 및 피드백/보고 및 피드백, 정보 요청 및 피드백/제어 요청 및 피드백/보고 및 피드백 이상 네 가지 유형으로 세분화 가능하였다.

Table 3은 '원자로냉각재상실사고' 절차서 단계 4의 '가압기압력이[안전주입작동신호설정치] 미만이면, 신호가 모두 동작하였는지 확인한다.'를 수행하기 위한 세부 직무와 세부 직무에서 요구되는 직무 요건을 분석한 것이다.

Table 3. Examples of task considerations

Sub task	Task considerations		
	Decision making	Response	Communication
4.1 Verify a SIAS is actuated.	Absolute	Verify	• Inquiry & feedback • Reply & feedback
4.1.1 Verify at least minimum SI flow within [SI flow delivery curves].	Absolute	Verify	• Inquiry & feedback • Reply & feedback
4.1.1.1 Ensure electrical power to SI pumps and valves.	Absolute	Operate	• Manipulation & feedback • Reply & feedback
4.1.1.2 Ensure correct SI valve lineup.	Absolute	Operate	• Manipulation & feedback • Reply & feedback
4.1.1.3 Ensure operation of necessary auxiliary systems.	Absolute	Operate	• Manipulation & feedback • Reply & feedback
4.1.1.4 Start additional SI pumps as needed until SI flow is within [SI flow delivery curves].	Relative	Control	• Inquiry & feedback • Manipulation & feedback • Reply & feedback
4.1.2 Start idle charging pumps	Absolute	Operate	• Manipulation & feedback • Reply & feedback

세부 직무인 '4.1 안전주입작동신호가 동작되었는지 확인한다.'는 '절대적 의사결정 및 단순 확인' 직무이며, '정보 요청 및 피드백'과 '보고 및 피드백' 등의 SMART 운전원간 의사소통이 필요함을 확인할 수 있다.

아울러 SMART 운전원 의사소통 직무 요건을 Kettunen and Pyy(2000)의 언어행위 분류체계에 따라 SMART 의사소통 직무 요건을 대입시켜 보면 '정보 요청 → 질의', '제어 요청 → 명령', '피드백 → 수신 표시', '보고 → 응답'으로 대응시킬 수 있다.

본 연구는 팀 수행도 이론 연구를 통해 팀 수행도에 영향을 미치는 요인들 중 의사소통을 중심으로 SMART 운전원의 의사소통 유형을 파악해보고자 하였다. 표준화된 의사소통 프로토콜을 확립 후 추후 연구를 통해 SMART 운전원의 의사소통 효율성 평가가 이루어진다면 의사소통으로 인한 인적오류 메커니즘을 규명하고 팀 수행도를 높여 운전원 인적오류를 최소화할 수 있을 것으로 예상된다.

4. Conclusion

본 연구는 팀 수행도 향상을 위해, 첫째로 팀 수행도와 관련한 이론 연구를 통해 팀 프로세스(process)를 분석하고 팀 수행도에 영향을 미치는 요인을 도출하였다. 둘째로 팀 수행도에 관한 이론 및 사례 연구를 통해 팀 수행도에 영향을 주는 공통 요소를 도출하였다. 특히 팀 수행도 공통 요소 중 의사소통에 대한 기초 연구로 접근하고자 하였다.

SMART용 비상운전지침서 중 '원자로냉각재상실사고' 절차서를 대상으로 직무를 세분화하고 의사소통 직무 요건에 따라 정보 요청 및 피드백, 정보 요청 및 피드백/보고 및 피드백, 제어 요청 및 피드백/보고 및 피드백, 정보 요청 및 피드백/제어 요청 및 피드백/보고 및 피드백으로 구분하였다. 하지만 국내외 원전 산업의 경우, 팀 직무에 대한 기존 연구의 부족으로 보다 정밀한 팀 직무 행위에 대한 정의가 어려웠다. SMART와 같은 첨단 MCR 운전 직무의 경우, 팀 직무뿐만 아니라 개인 직무분석 결과조차도 아직 활용할 수 없는 단계이다. 따라서 주요 비상 운전 직무에 대한 개인 직무 및 팀 직무분석이 선행된 이후에 팀 행위에 대한 평가를 보완할 필요가 있다. 또한, 본 연구는 의사소통만을 연구 대상으로 보았지만 팀 수행도 요인분석 결과에 따라 도출된 나머지 8개의 요인의 추가 평가가 필요하고 더 나아가서는 각 시나리오별 팀 수행도 평가가 필요하다. 이는 팀 수행도 증진 프로그램을 개발하여 국내 원전의 안전성을 높이는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- Baik, K.B., Jung, D.I. and Shin, J.G., A longitudinal study on the effects of group competence and collective efficacy on performance: Measurement, level of analysis, and the importance of performance feedback, *Journal of Human Resource Development*, 2(1), 115-140, 2000.
- Barker, L.L., Wahlers, K.J. and Watson, K.W., *Groups in process: An introduction to small group communication*, 5th ed., Allyn and Bacon, 1995.
- Bowers, C., Jentsch, F., Salas, E. and Braun, C., Analyzing communication sequences for team training needs assessment, *Human Factors*, 40(4), 672-679, 1998.
- Bowers, C.A., Salas, E. and Braun, C.C., Analyzing communication sequence for team training needs assessment. *Human Factors*, 40(4) 672-679, 1998.
- Bowers, C., Deato, J., Oser, R., Prince, C. and Kolb, M., Impact of automation on aircrew communication and decisionmaking performance, *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 5, No. 2, pp. 145-167, 1995.
- Bradach, J.L. and Eccles, R.G., Markets vs hierarchies: From ideal types to plural forms, *Annual Review of Sociology*, No. 15, pp. 97-118, 1989.
- Byun, S.N. and Lee, D.H., Preliminary Safety Review on the Design of Korea Next Generation Reactor: A Human Factors Evaluation of Advanced Control Facilities in Korea Next Generation Reactor, Korea Institute of Nuclear Safety, KINS/HR-404, 2001.
- Campion, M.A., Medsker, G.J. and Higgs, A.C., Relations between work group characteristics and effectiveness: Implications for designing effective work groups, *Personnel Psychology*, 46, 823-850, 1993.
- Cannon-Bowers, J.A., Tannenbaum, S.I., Salas, E. and Volpe, C.E., Defining competencies and establishing team training requirements. In R. A. Guzzo, E. Salas, & Associates (Eds.), *Team effectiveness and decision making in organizations*; 333-380. San Francisco: 1995.
- Chidester, T.R., Helmreich, R.L., Gregorich, S.E. and Geis, C.E., Pilot personality and crew coordination: Implications for training and selection, *The International Journal of Aviation Psychology*, 1(1), 25-44, 1991.
- Coblentz, A. and Mollard, R., Human efficiency variability in monotonous conditions effects on safety, *Human decision making and manual control*, 76-86, 1989.
- Cummings, J.N. and Cross, R., Structural properties of work groups and their consequences for performance, *Social Networks*, No. 25, pp. 197-210, 2003.
- Dennis, A.R. and Kinney, S.T., Testing media richness theory in the new media: The effects of cues, feedback, and task equivocality, *Information Systems Research*, No. 9, pp. 256-274, 1998.
- DeSantis, G. and Monge, P., Introduction to the special issue: Communication processes for virtual organizations, *Organization Science*, Vol. 10, No. 6.
- Dwyer, D.J., Fowlkes, J., Oser, R.L., Salas, E. and Lane, N.E., Team performance measurement in distributed environments: The TARGETs methodology. In M. T. Brannick, E. Salas, & C. Prince (Eds.), *Team performance assessment and measurement: Theory, methods, and applications*, pp. 137-153. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1997.
- Ericsson, K.A. and Simon, H.A., *Protocol analysis: Verbal reports as data*, MIT Press, 1984.
- Federico, P., Expert and novice recognition of similar situations. *Human Factors*, 37(1), 105-122, 1995.
- Flin, R. and Martin, L., Behavioral markers for crew resource management, Civil Aviation Authority Paper 98005. London: University of Aberdeen, 1998.
- Ford, J.D. and Ford, L.W., The role of conversations in producing intentional change in organizations, *Academy of Management Review*, Vol. 20, No. 3, pp. 541-570, 1995.
- Fowlkes, J.E., Lane, N.E., Dwyer, D.J., Willis, R.P. and Oser, R., Team performance measurement issues in DIS-based training environments. *In Proceedings of the 14th Interservice/Industry Training Systems and Education Conference* (pp. 272-280). Arlington, VA: American Defense Preparedness Association, 1995.
- Gaddy, C. and Wachtel, J., Team skills training in nuclear power plant

- operations, in Swezey, R. and Salas, E. (Eds), Teams: Their Training and Performance, Ablex, Norwood, NJ, 1992.
- Goldstein, I.L., Training in work organizations, *Annual Review of Psychology*, 31, 229-272, 1980.
- Goldstein, I.L., Training in work organizations, *Annual Review of Psychology*, 31, 229-272, 1980.
- Griffin, A. and Hauser, J.R., Patterns of communication among marketing, engineering, and manufacturing-A comparison between two new product teams, *Management Science*, Vol. 38, No. 3, pp. 360-373, 1992.
- Guo, Z. and Uhrig, R.E., Nuclear power plant performance study by using neural networks, *IEEE transaction on nuclear science*, 39(4), 915-918, 1992.
- Ha, J.S., Seong, P.H., Lee, M.S. and Hong, J.H., Development of human performance measure for human factors validation in the advanced MCR of APR-1400, *IEEE Transaction on Nuclear Science*, Vol. 54, No. 6, pp. 2687-2700, 2007.
- Hackman, J.R. and Morris, C.G., Group tasks, group interaction process, and group performance effectiveness: A review and proposed integration, In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, Vol. 8, pp. 45-99, New York: Academic Press, 1975.
- Hackman, J.R. and Walton, R.E., Leading groups in organizations, In P.S. Goodman, & Associates (Eds.), *Designing effective work groups*, pp. 72-119, San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1986.
- Hackman, J.R., Effects of task characteristics on group products, *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 4, pp. 162-187, 1968.
- Hackman, J.R., A normative model of work team effectiveness (Tech. Rep. No. 2), New Haven, CT: Yale University, 1983.
- Hackman, J.R., *Leading teams: Setting the stage for great performances*, Boston: HBS Press, 2002.
- Handy, C., Trust and the virtual organization, *Harvard Business Review*, Vol. 73, No. 3, pp. 40-50, 1995.
- Hauptman, O. and Hirji, K.K., The influence of process concurrency on project outcomes in product development: An empirical study of cross-functional teams, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 43, No. 3, pp.153-164, 1996.
- Helmreich, R.L., Fifteen years of the CRM wars: A report from the trenches, In B.J. Hayward & A.R. Lowe (Eds.), *Proceedings of the Australian Aviation Psychology Symposium*, 73-87, Melbourne: The Australian Aviation Psychology Association, 1993.
- Helmreich, R.L. and Foushee, H.C., Why Crew Resource Management? Empirical and theoretical bases of human factors training in aviation. In e. Wiener, B. Kanki, & R. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management*, pp.3-45. San Diego, CA: Academic Press, 1993.
- Helmreich, R.L. and Wilhelm, J.A., Outcomes of Crew Resource Management training, *International Journal of Aviation Psychology*, 1(4), 287-300, 1991.
- Helmreich, R.L., Butler, R.E., Taggart, W.R. and Wilhelm, J.A., Behavioral markers in accidents and incidents: Reference list. NASA/UT/FAA Technical Report 95-1. Austin, TX: The University of Texas, 1995.
- Helmreich, R.L. et al., The evolution of crew resource management training in commercial aviation, *The international journal of aviation psychology*, 9(1), 19-32, 1999.
- Helmreich, R.L., Merritt, A.C. and Wilhelm, J.A., The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation, *International Journal of Aviation Psychology*, 9(1), 19-32, 1999.
- Helmreich, R.L., Wilhelm, J.A., Klinect, J.R. and Merritt, A.C., (In press), Culture, error, and Crew Resource Management. In E. Salas, C.A. Bowers, & E. Edens (Eds.), *Applying resource management in organizations: A guide for professionals*. Hill sdale, NJ: Erlbaum.
- Hinds, P. and Kiesler, S., Communications across boundaries: Work, structures, and use of communications technologies in a large organization, *Organization Science*, Vol. 6l, No. 4, pp. 373-393, 1995.
- Hines, W.E., Teams and technology: Flight crew performance in standard and automated aircraft. The University of Texas at Austin: Unpublished Doctoral Dissertation, 1998.
- Hoegl, M. and Gemuenden, H.G., Teamwork quality and the success of innovative projects: A theoretical concept and empirical evidence, *Organization Science*, Vol. 12, No. 4, pp. 435-449, 2001.
- Holt, R.W., Meiman, E. and Seamster, T.L., Evaluation of aircraft pilot team performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting* (p. 44-48), 1996.
- INPO, Control Room Teamwork Development Training: Course Administration and Facilitation Guide, National Academy for Nuclear Training, Atlanta, GA, 1993.
- INSAG, International Nuclear Safety Advisory Group (1986), Summary report on the Post-Accident Review Meeting on Chernobyl Accident. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency. instructor-based training, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27(4), 141-157, 2001.
- Jossey-Bass. Cohen, S.G. and Bailey, D.E., What makes teams work: Group effectiveness research from the shop floor to the executive suite, *Journal of Management*, 23, 239-290, 1997.
- Jarvenpaa, S.L. and Leidner, D.E., Communication and trust in global virtual teams, *Organization Science*, Vol. 10, No. 6, pp. 791-815, 1999.
- Jarvenpaa, S.L., Rao, V.S. and Huber. G.P., Computer support for meetings of groups working on unstructured problems: A field experiment, *MIS Quarterly*, Vol. 12, No. 4, pp. 645-666, 1988.
- Jeffrey S, Kane, Behavioral Observation Scales and The Evaluation of Performance Appraisal Effectiveness, 1982.
- Kanki, B.G. and Foushee. H.C., Communication as group process mediator of aircrew performance. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 60, pp. 402-410, 1989.
- Kanki, B.G. and Lozito, S., Communication indices of crew communication, *Aviation space and environmental medicine*, 1989 Corradini P, Cacciari C, The effect of workload and work shift on air traffic control: taxonomy of communication problem, *Cognition Techno Work*, 4(4), 229-239, 2002.
- Kettunen, J. and Pyy, P., Assessing communication practices and crew performance in a NPP control room environment - A prestudy, TAU-001/00, 2000.
- Kim, S.K., Development and Evaluation of Crew Resource Management

- Training for Improving Team Performance of Operators in the APR-1400 Nuclear Power Plant, Graduate School of Kyung Hee University, Dissertation of Industrial Engineering, 2008.
- KINS, Development of Evaluation Technique for MCR Operator's Team Performance., KINS/RR-555, KINS, 2008.
- Lee, D.H., Byun, S.N. and Lee, Y.H., Short-Term Human Factors Engineering Measures for Minimizing Human Error in Nuclear Power Facilities, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(4), 121-125, 2007.
- Leonard, M., Graham, S. and Bonacum, D. The human factor: The critical importance of effective teamwork and communication in providing safe care, *Quality and Safety in Health Care*, Vol. 13, No. 1, pp. i85-i90, 2004.
- Mann, W. C., <http://www.sfu.ca/rst/>, 2007.
- Mathieu, J.E. and Button, S.B., An examination of the relative impact of normative information and self-efficacy on personal goals and performance over time, *Journal of Applied Social Psychology*, 22: 1758-1775, 1992.
- Mathieu, J.E. and Zaccaro, S.J., A temporally based framework and taxonomy of team process, *Academy of Management Review* 2001, Vol. 26, No. 3, 356-376, 2001.
- Mayer, R.C., Davis, J.H. and Schoorman, F.D., An integrative model of organization trust, *Academy of Management Review*, Vol. 20, No. 3, pp. 709-734, 1995.
- Min, D.W., A Survey on Methods for Analyzing Team Communication, *Journal of Information Technology Application & Management*, 14(2), 169-187, 2007.
- Montgomery, J. Gaddy, C. and Toquam, J., Team interaction skills evaluation criteria for nuclear power plant control room operators, *Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting*, 2-6 September, 918-22, Santa Monica, CA: HFS, 1991.
- Moreno, J.L., *Sociometry, experimental method and science of society*, Beacon, NY: Beacon House, 1951.
- Mumaw, R., Swatzler, D., Roth, E. and Thomas, W., Cognitive skill training for nuclear power plant operational decision making (NUREG/CR-6126), Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1994.
- Ngwenyama, O.K. and Lee, A.S., Communication richness in electronic mail: Critical social theory and the contextuality of meaning, *MIS Quarterly*, Vol. 21, No. 2, pp. 145-167, 1997.
- O'Hara, J.M. and Hall, R.E., Advanced control rooms and crew performance issues: implications for human reliability, Brookhaven National Laboratory, New York 11973, 1405-1409, 1990.
- Oh, Y.J., Yun, J.H. and Lee, Y.H., An Evaluation of the Communication Efficiency of the Main Control Room Operators in Nuclear Power Plants, *Ergonomics Society of Korea*, 2010.
- Paul O'Connor, Angela O'Dea, Rhona Flin, Steve Belton, Identifying the team skills required by nuclear power plant operations personnel, *Industrial Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 1028-1037, 2008.
- Pinto, M.B. and Pinto, J.K., Project team communication and cross functional cooperation in new program development, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 7, pp. 200-212, 1990.
- Prinzo, O. and Morrow, D., Improving pilot/air traffic control voice communication in general aviation, *Int J Aviat Psychol*, 12(4), 341-357, 2002.
- Prinzo O., Pilot's visual acquisition of traffic: operational communication from an in-flight evaluation of a cockpit display of traffic information, *Int J Aviat Psychol*, 13(3), 211-231, 2002.
- Reason, J., The Chernobyl errors. *Bulletin of the British Psychological Society*, 40, 201-206, 1987.
- Rogovin, M. and Frampton, G.T., Three Mile Island: A report to the Commission and the public (NUREG/CR-1250, Vol. 1). Nuclear Regulatory Commission (NRC) Special Inquiry Group, Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1980.
- Roth, E.M. et al., An empirical investigation of operator performance in cognitively demanding simulated emergencies, NUREG/CR-6208. Washington, DC: USNRC, 1994.
- Salas, E., Gerlad F. Goodwin, and C. Shawn Bueke. Team effectiveness in complex organizations: Cross-disciplinary perspective and approaches. Psychology press Taylor & Francis group, 2009.
- Salas, E. and Cannon-Bowers, J.A., Methods, tools, and strategies for team training. In M.A. Quiñones & A. Ehrenstein (Eds.), *Training for a rapidly changing workplace: Applications of psychological research* (pp. 249-279). Washington, DC: American Psychological Association, 1997.
- Schraagen, J.M. and Rasker, P.C., *Communication in command and control teams*, TNO human factors, The Netherlands.
- Seamster, T.L. et al., *Developing Advanced Crew Resource Management (ACRM) Training: A Training Manual*, 1998.
- Seamster, T.L., Edens, E.S. and Holt, R.W., Scenario event sets and the reliability of CRM assessment. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, OH: Ohio State University, 1995.
- Seamster, T.L., Hamman, W.R. and Edens, E.S., Specification of observable behaviors within LOE/LOFT event sets. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, OH: Ohio State University, 1995.
- Sebok, A., Team performance in process control: influences of interface design and staffing levels, *Ergonomics*, 43(8), 1210-1236, 2000.
- Smith, P.C. and Kendall, L.M., Retranslation of expectations: An approach to the construction of unambiguous anchors for rating scales, *Journal of Applied Psychology*, Vol. 47, pp. 149-155, 1963.
- Stout, R.J., Salas, E. and Fowkes, J.E., Enhancing teamwork in complex environments through team training, *Group Dynamics: Theory, research and practice*, 1(2), 169-182, 1997.
- Stout, R.J., Salas, E. and Fowkes, J., Enhancing teamwork in complex environments through team training. *Group Dynamics: Theory, Research, & Practice*, 1, 169-182, 1997.
- Straus, S.G., Technology, group process, and group outcomes: Testing the connection in computer-mediated and face-to-face groups, *Human-Computer Interaction*, No. 12, pp. 227-266, 1997.
- Taboada, M., Modeling task-oriented dialogue, *Computers and the*

- Humanities*. Vol. 37, No. 4, pp. 431-454, 2003.
- Taggart, W.R., The NASA/UT/FAA Line/LOS checklist: Assessing system safety and crew performance. *In Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, OH: Ohio State University, 1995.
- Te'eni, D., Review: A cognitive-affective model of organizational communication for designing IT, *MIS Quarterly*, Vol. 25, No. 2, pp. 251-312, 2001.
- USNRC, NRC action plan developed as a result of the TMI-2 Accident (NUREG-0660), Washington DC: US Nuclear Regulatory Commission, 1980.
- USNRC, Operator licensing examiner standards (NUREG-1021), Washington DC: US Nuclear Regulatory Commission, 1989.
- Valacich, J.S. and Schwenk, C., Devil's advocacy and dialectical inquiry effects on face-to-face and computer-mediated group decision making, *Organizational Behavior and Human Decision Process*, Vol. 63, No. 2, pp. 158-173, 1995.
- Visciola, M. and Armando, A., Communication patterns and error in flight simulation, *Reliability engineering and system safety*, 36, 252-259, 1992.
- Walther, J.B., Relationship aspects of computer-mediated communication : Experimental observations over time, *Organization Science*, Vol. 6, No. 2, pp.186-203, 1995.
- Wickens, C.D., *Engineering Psychology and Human Performance*. New York, NY; Harper Collins, 1992.
- Wickens, C.D., Gordon, S.E. and Liu, Y., *An Introduction to Human Factors Engineering*. New York, NY: Longman, 1998.
- Wigdor, A.K. and Green, B.F., Jr., *Performance assessment for the workplace*. Washington, DC: National Academy Press, 1991.
- Williams, S.M., Putting case-based instruction into context: Examples from legal and medical education. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 367-427, 1992.

Williges, R. and Wierwille, W.W., Behavioral measures of aircrew mental workload. *Human Factors*, 21, 549-574, 1979.

Author listings

Eun Mee Heo: hem2040@khu.ac.kr

Highest degree: MS, Department of International Management, Kyunghee University

Position title: Ph.D. candidate, Department of Industrial Engineering, Kyunghee University of Yong-in

Areas of interest: Human Factors in Nuclear Power Plant, HRA, Team Performance

Seong Nam Byun: snbyun@khu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The University of Michigan

Position title: Professor, Department of Industrial & Management Engineering, Kyunghee University of Yong-in

Areas of interest: Human Factors in Nuclear Power Plant, Training, HCI, HRA

Date Received : 2013-01-21

Date Revised : 2013-01-31

Date Accepted : 2013-01-31