Journal of the Korean Institute of Navigation. KIN
Pusan Korea Vol. 24. No. 1. pp. 23~34. 2000.

선박운항시스템에 있어서 인적요소(Human Factors)의 조사방법론에 관한 고찰

황 병 호* · 이 종 인**

A Study on the Methodology for Analysing Human Factors in Ship Operating System

*Byeong-Ho Hwang** · *Jong-In Lee***

〈목 차〉

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 인적요소 조사방법론 개요
Ⅲ. 선박운항 직무와 인적요소
Ⅳ. 선박운항시스템에 적용한 인적요소 조사방법
Ⅴ. 결론

Abstract

The human error or error involved with human is still the major portion of the causes of marine casualties and attracting a great concern in ship operation. However, there are not so many researches conducted to investigate or develop methodologies for analyzing such causes of human error in maritime industry, which may be caused by the variety of factors affecting the performance of ship operation and the characteristics of human being. This paper aims to study the methodologies used in investigating human factors or errors in maritime field through the investigation of researches performed so far. The methodology for human factors can be usually classified into one of three types; descriptive studies, experimental research and evaluation research. Also there are many different kinds of applied researches for some specific subjects. Prior to the investigation of the root cause of marine accident related with human error, clear concept of the human factors and systematic taxonomy shall be established. Moreover, it is very important considerations in case of casualty inspection on human factors that the inspector on the accident shall have adequate knowledges, understandings on the concept of human factors including the way of research more than those of methodologies and techniques.

* 정회원, 한국해양수산연수원 항해학과 교수
** 한국해양대학교 교수

Ⅰ. 서론

선박의 운항중 발생하는 각종 사고의 유형과 그 상황은 매우 다양하다. 전세계적으로 해난사고의 발생은 최근에 그 증가세가 다소 둔화되고 있다는 통계도 있지만, 사고의 발생빈도나 사고로 인한 피해규모는 여전히 증가하고 있다. 또한 해난사고 원인의 절대다수가 인간의 과실 또는 인적 요인이 포함된 것에 기인하는 것으로 나타나고 있다. 그러나 왜 인적 과실이 절대다수를 차지하고 있는지, 또한 그러한 인적 과실의 유발요인은 구체적으로 무엇인가에 관한 연구와 조사는 아직도 크게 미흡한 실정이다. 이러한 분야에 관한 연구는 1990년대 중반 이후 국제적으로 또는 국가별로 관련 연구기관 등에서 여러 가지의 조사와 분석방법의 개발 등이 추진되어오고 있지만, 해난사고의 다양한 환경특성과 인간 특성의 다변성 등으로 인하여 이렇다 할 만한 일반론적인 결과를 가져온 것은 그렇게 많지는 않다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 선박운항시스템에 있어서 해난사고의 원인으로서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 인적 과실의 원인을 규명하기 위하여 또는 새로운 시스템의 도입과 관련하여 시도되고 있는 인적요소에 대한 조사방법들에 관하여 각종 문헌 및 연구보고서 등을 통하여 고찰하여 보고자 한다.

Ⅱ. 인적요소 분석방법론 개요

인적요소에 관한 조사 분석방법에는 일반적으로 다음과 같은 세 가지로 분류할 수 있다.[1] 즉, 기술(記述)조사(Descriptive Studies), 실험조사(Experimental Research) 및 평가조사(Evaluation Research) 등이다. 그러나 모든 인적요소에 관한 연구가 이들 중 어느 하나의 방법만으로 가능한 것은 아니며, 어떠한 특정 연구에서는 두 가지 이상의 범주에 포함될 수 있다. 또한 Alphonse Chapanis[2] 는 시스템 개발을 위한 인적요소에 관한 연구조사방법은 하나의 연속적 분석단계를 가지는 것으로서 그 개념과 조사방법을 <그림 1>과 같이 설명하고 있다.[3] 이러한 여러 가지의 조사방법들은 서로 다른 목적을 가지고 있지만 다음과 같은 공통의 의사결정과정을 가지고 있다. 즉, 조사방법의 선택, 변수의 선정, 샘플 주제의 선택, 데이터 수집방법의 결정 및 데이터 분석방법의 결정 등의 과정을 밟게 된다. 여기에서는 이들 세 가지 방법들의 차이점에 대하여 간략히 설명하고자 한다.

2.1 기술(記述)조사(Descriptive Studies)

이 연구방법은 특정의 속성에 미치는 사람집단을 특성화하기 위한 방법으로 많이 활용되는 것으로서 인적요소의 연구에는 매우 중요한 의미를 가진다. 왜냐하면 설계에 관한 의사결정의 기초가 되는 데이터를 나타내기 때문이다. 또한 이것은 해결방안을 제시하기 전에 어떠한 문제점의 규모와 범위를 평가하기 위하여 수행되기도 한다. 설계의 결함이나 운영상의 문제점에 대한 운영자들의 의견을 모으는 조사가 이러한 경우의 좋은 예에 속할 수 있다. 일반적으로 이 방법의 목적은 크게 세 가지로 볼 수 있다.[4] 즉, 첫째는 관련상황에 대한 특성파악과 특정상황의 발생빈도를 측정하는 것이다. 대부분의 조사가 이 경우에 해당된다. 둘째는 관련변수들 사이의 상호관계의 정도 파악이다. 그리고 셋째는 관련상황에 대한 예측이다.

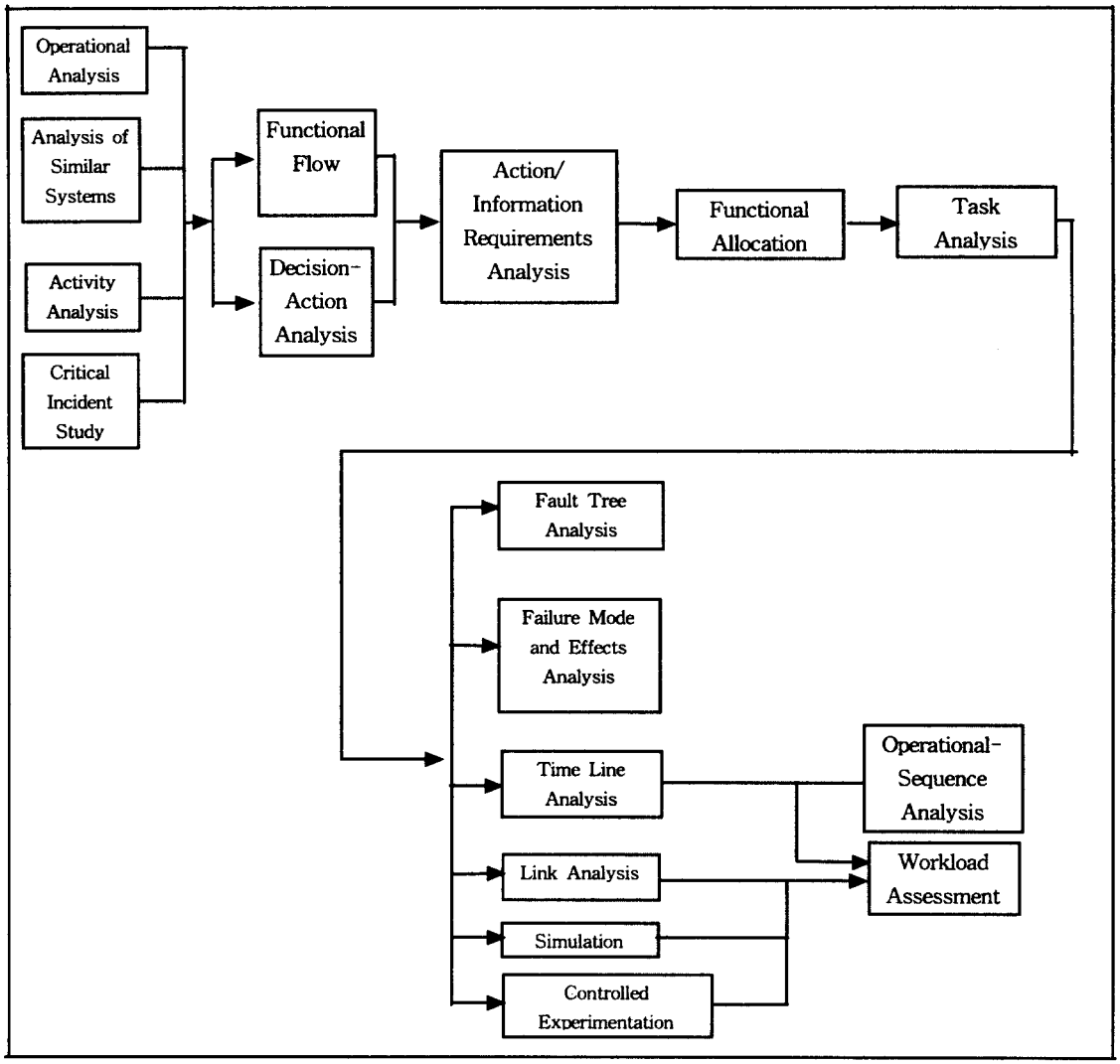
---

1) Mark S. Sanders & Ernest J. McCormick, *Human Factors in Engineering & Design*, McGraw-Hill Inc., 1992,pp 24

2) Alphonse Chapanis는 미국의 John Hopkins University에서 은퇴한 교수로서 인적요소 문제에 관하여 35년간 강의, 연구하였으며, Society of Engineering Psychologists, Human Factors Society 및 International Ergonomics Association의 회장을 역임함.

3) Alphonse Chapanis, *Human Factors in System Engineering*, John Wiley & Sons, Inc. 1996, pp 79~82

4) 채서일, 사회과학 조사방법론, 학현사, 1994, pp.94



〈그림 1〉 인적요소 조사방법 및 절차의 개념도

2.2 실험조사(Experimental Research)

이 방법의 목적은 행동에 관한 어떠한 변수의 영향을 실험하기 위한 것으로서 어떠한 변수가 인간의 행동에 영향을 가지는지 그리고 어떠한 형태로 미치는지를 연구하는 것이다. 기술조사방법은 변수의 영향을 평가하는 것이 아니라 일반적으로 인구집단의 모수(母數)를 설명하는 것이다. 즉, 성별 또는 연령과 같은 어떠한 변수에 따라 다른 집단간의 평균치, 표준편차 및 주된 관심사에 대한 각 집단의 백분위수를 설명하는 것이다. 따라서 記述조사와 실험조사는 두 방법의 목적이 서로 다름으로 인하여 주제를 선택하는 과정에서 이러한 점을 고려하여야 한다.

2.3 평가조사(Evaluation Research)

이 방법은 어떠한 것의 영향을 평가한다는 점에

서는 실험조사와 유사하다. 그러나 그 어떠한 것이 일반적으로 어떠한 시스템 또는 제품이라는 점이 다르다. 또한 이 방법은 어떠한 시스템 또는 제품을 사용하게 되는 인간의 성능과 행동에 대하여 설명한다는 점에서는 기술조사방법과 유사하다. 이 방법이 실험조사방법보다는 더 널리 사용되고 있으며, 가끔 여기에는 비용효과분석(cost-benefit analysis)이 포함되기도 한다. 어떠한 시스템이나 제품의 평가는 그들의 목적과 비교하는 방법으로 이루어진다. 즉, 의도하는 결과와 의도하지 않은 결과 두 가지 모두에 대하여 평가되어야 한다. 이 방법은 가끔 어떠한 실제의 시스템이나 제품의 설계를 개선하는데 사용되기 때문에 연구결과의 이득을 크게 얻을 수도 있으나 연구조사의 실행이 매우 어려운 경우도 있을 수 있다.

Ⅲ. 선박운항 직무와 인적요소

선박운항의 직무는 수많은 요소들의 상호작용으로 이루어지고 있다는 것이 그 특성 중의 하나라고 할 수 있다. 이들 각종 요소들을 인간-기계 시스템의 개념에서 나누어 보면 인간, 기계, 환경 및 정보 등의 요소들로 구분하여 볼 수 있으나, 해상수송 업무의 하부구조(infrastructure)로서 크게 선박(Vessel), 경로(Path) 및 육상설비(Facility) 등으로 나누며, 이들 요소의 활동과 그것에 영향을 주는 요인들로서는 <표 1>에서와 같이 분류하고, 이러한 수많은 요소들 중에서 인간의 의사결정에 영향을 주게 되는 인적요소들을 <표 2>에서와 같이 세분하고 있다.[5]

<표 1>과 <표 2>에서 보는 바와 같이 선박운항 직무 및 그와 관련하는 요소들은 그 내용이 매우 광범위하고 다양하다. 또한 실제 선박의 운항과정에서 이와 같은 각각의 요소들이 영향을 미치는지의 여부 및 그 정도는 운항과정의 수많은 경우별로 모두 달라지게 되므로 해난 사고원인의 규명과정에서 인적과실에 관한 조사 또는 분석방법을 일반화하기란 매우 어려울 수밖에 없다.

선박운항에 있어서 이러한 광범위한 인적요소들 중에서 인적의 실수 또는 인간이 포함된 과실요인(이하 '인적과실'이라 칭함)에 관하여 보다 체계적으로 연구하여 1995년 7월에 발표한 미국 연안경비대 Quality Action Team의 보고서인 "Prevention Through People(PTP)"에서는 인적과실에 관한 주요 범주를 다음과 같은 다섯 분야로 분류하고 있다.[6] 즉,

(1) 관리적 요소: 선내관리, 수로관리 및 회사의 정책과 지침에 관한 것을 포함하는 것으로서 여기에는 불충분한 승무정원, 의사소통 또는 협조와 잘못된 기준, 규정, 정책 또는 실무지침 등이 포함된다.

(2) 운영자 요소: 운항자의 피로, 부주의, 시야협소 및 작업부하 등이 해당하며, 부주의 또는 경각심 부족과 피로 문제를 실수의 일반적 요인으로 보고 있다.

(3) 작업환경 요소: 여기에는 자연적인 요소와 선내 작업환경으로 구분되며, 위험한 자연적 환경과 열악한 인적요소 관련 장비, 유지관리, 적절하지 못한 해상 또는 육상의 항로표지와 정보 등이 포함된다.

(4) 지식 요소 : 운항자 또는 도선사의 지식과 경험에 관한 것으로서 적절하지 못한 일반적인 기술지식, 조종선박에 관한 지식의 부족 및 직무/역할에 대한 책임의식의 부족 등이 여기에 포함된다.

(5) 의사결정 요소: 현재 상황에 대한 잘못된 이해, 적절하지 못한 정보를 기초로 한 의사결정, 건전하지 못한 선원의 자세 등이 여기에 포함된다.

선박운항과 관련한 인적요소의 분류 또는 용어들에 관하여 국제해사기구(IMO)의 해상안전위원회(MSC) 및 해양환경보전위원회(MEPC)에서 공

5) IMO MSC 65/15/1, *Role of Human Element in Maritime Casualties*, 10 Feb., 1995
6) Quality Action Team, USCG, "*Prevention Through People*", July 15, 1995

〈표 1〉 해상수송업무의 하부구조 구성 및 영향을 미치는 요수

선박(Vessel)	경로(Path)	육상설비(Facility)
활동 · 선박의 항해 · 화물작업 · 통신업무 · 투묘작업 · 훈련 · 연료유 보급 · 접이안 작업 · 도선사 탑승 · 비상시 작업 · 선교관리 · 선내정비작업 · 어로작업 · 예인/선단구성	**활동** · 선박의 협수로 통항 · 다른 선박들 · 항로표지 · 선박통항관제 · 통신업무 · 수로의 정비유지 · 선교의 정비(구조적) · 쇄빙선 서비스 · 예인선 작업 · 준설작업	**활동** · 화물작업 · 접이안 작업 · 유지정비 · 비상시 절차 · 통신업무 · 훈련
영향을 미치는 요소 · 새로운 기술 · 도선사 · 검사기관의 내부적 활동 · 기국/항만국/선급의 규정 · 운영/정비에 관한 정책 · 선박의 장비/설계 · 안전에 관한 기준 · 노동조합(단체)의 규칙 · 승무정원 기준 · 교육훈련	**영향을 미치는 요소** · 수로/항만의 형상 · 정체불명의 장애물 · 환경의 변화성 · 환경적 조건 · 기상정보 · 다국적성에 대한 통제 · 비상시 서비스 · 국가의 통제 · 고속도로/철길의 배치/관리 · 해도 · 통항 패턴 · 과다한 경제적 압박 · 도선사 · 수로의 유체역학적 특성 · 조석에 관한 정보 · 기술 · 항해시스템 · 안전에 관한 기준 · 규정/규칙 · 화물 · 선박의 승무원 · 항행통보	**영향을 미치는 요소** · 과다한 경제적 압박 · 안전에 관한 기준 · 규정/규칙 · 설비의 구조물 · 환경조건 · 위치 · 교육훈련 · 인적조직 · 운영/정비에 관한 정책 · 보안 · 기술 · 유지정비 · 노동조합(단체)의 규칙

동으로 1997년 6월에 발행한 회람문서에서는 인적 요소들을 크게 (1) 인간의 성능을 저하시키는 요소, (2) 해상 환경적 요소, (3) 안전행정 요소, (4) 관리적 요소 및 (5) 정신적 요소 등의 5종류로 분류하고 있다.[7] 이들 각 요소에 해당하는 구체적인 내용들을 보면 <표 3>과 같다.

Ⅳ. 선박운항시스템에 적용한 인적요소 조사방법

해상운송시스템은 인적요소의 문제점으로 가득 찬 분야라고 말할 정도로 해운시스템은 매우 복잡하다.[8] 여기에는 상업적 목적의 해운회사(선박, 화

7) IMO, MSC/Circ.813, MEPC/Circ.330, *The Role of the Human Element*, 23 June, 1997

8) Perrow, C., Normal Acicdents:Living with High-Risk Technologies, 1984/ Sanquist Lee, Mandler, Rothblum, *Human Factors Plan for Maritime Safety*, AD-A268267, US DOT, 1994

〈표 2〉 선박운항에 있어서 인간의 의사결정에 영향을 미치는 요소

<table>
<tr><td colspan="2"><u>문화적 요소</u>
· 고용주의 정책
· 국적
· 취업
· 충성심
· 믿음</td><td colspan="2"><u>개인능력 및 상황인식</u>
· 자질 · 지식
· 교육 · 의사소통
· 훈련 · 기술</td></tr>
<tr><td><u>건강 요소</u>
· 긴장
· 피로
· 직무 내용/ 스트레스
· 식생활
· 거주 여건
· 승무정원 수준</td><td colspan="2" rowspan="2">인적요소
(Human Factors)</td><td rowspan="2"><u>사회적 요소</u>
· 노동
· 계약조건
· 상호작용
· 모랄(Morale)
· 리더쉽/지원체제
· 협동작업(Team work)
· 신용</td></tr>
<tr><td><u>선박 요소</u>
· 설계 및 건조/품질
· 검정
· 유지
· 기술</td><td><u>법적 요소</u>
· 국제해사기구
· 항만통제
· 기국의 법규
· 노동조합</td></tr>
</table>

〈표 3〉 선박운항에 있어서 인적요소의 분류 및 그 내용

구 분	구체적 내용
(1) 인간성능 저하요소	감정, 고통, 화냄, 개인문제, 정신적 장애, 알코올, 약물, 부주의, 부상, 정신적 질병, 육체적 질병, 동기 저하, 고의과실, 피로, 낮은 수준의 모랄, 자제력 부족, 시각장애, 지나친 업무부하
(2) 해상환경적 요소	위험한 자연환경, 인적요소를 고려하지 않은 설계, 잘못된 조작, 정비불량
(3) 안전행정 요소	적합하지 못한 기술적 지식, 부적절한 상황인식, 의사소통 또는 협조의 부족, 선박운항에 관한 부적합한 지식, 규칙/기준에 관한 부적합한 지식, 절차/지침에 관한 부적합한 지식, 책임에 대한 인식부족, 부족한 언어능력
(4) 관리적 요소	원칙유지의 실패, 지휘의 잘못, 부적절한 감독, 부적합한 협력 또는 의사소통, 물적자원의 잘못된 관리, 부적합한 승무정원, 적합한 인적자원 미비, 잘못된 작업설계, 적합하지 못한 규정/정책/절차 또는 지침, 훌륭한 규정/정책/절차 또는 지침의 잘못 적용
(5) 정신적 요소	상황인식의 결핍, 지각능력의 결핍, 부정확한 인지, 부정확한 식별

물, 관리 정책 등을 제공)와 노동조합(선원을 공급하는 일), 국제적 규정 및 규칙과 각국의 검사관(검사, 조사 업무) 및 선박통항관제, 항만과 수로의 설계, 그리고 각종 환경적 요소(바람, 조류, 황천, 극한 기온, 안개 등) 등으로 구성되어 있다. 따라서 많은 종류의 해난사고에서는 인적요소가 그 주된 원인으로 지적되고 있으며, 해운분야에 대해서도 1990년대 중반부터 인적요소 또는 인간이 포함된 실수(error of human-related or human involved)에 대한 연구와 조사가 활발히 이루어져 오고 있으나 그 결과물은 아직도 일부분에 대해서만 조사가 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 여기에서는 이러한 인적요소 조사방법과 관련하여 최근에 이루어진 조사연구의 결과 또는 보고서 등을 통하여 그

조사방법에 대하여 고찰하고자 한다.

4.1 해난사고 원인조사를 위한 인적요소의 분석

발생한 해난사고의 원인을 조사하고 특히 인적과실의 근원적 원인(root cause)을 조사하기 위해서는 사고와 관련되는 당사자 및 현장의 증인들에 대한 인터뷰 및 여러 가지 관련 정황자료들을 수집하는 일도 중요하지만, 무엇보다도 인터뷰조사를 이행하는 조사자의 인적요소에 관한 지식과 능력이 보다 더 중요시되고 있다. 또한 조사를 하기 위한 조사문서의 내용 및 그 조사문서의 형식과 작성 또는 데이터를 입력하는 과정도 매우 중요하다. 해난사고의 원인으로서 80% 이상이 인적과실에 기인하고 있다는 점에서 일반적으로 해난사고의 원인은 대부분 여러 사람들에 의한 복합적인 실수로 발생하고 있다는 분석결과에서[9] 조사자의 능력 및 조사수단의 중요성은 매우 클 수밖에 없다

미국해안경비대(USCG)에서는 매년 약 4천건 이상의 해난사고를 조사하고 있는 실정에서 해난사고의 원인에서 인적과실에 관한 근원적 요인을 조사하기 위한 보다 개선된 방법으로서 조사하기 위하여 1981년부터 사용하고 있는 컴퓨터 데이터베이스시스템을 새로이 개선한 시스템인 MINMOD (Marine Investigation Module: 여기에는 인적과실을 조사하기 위한 분류체계가 구성되어 있음)을 1992년부터 사용하고 있으며, 조사관이 이 시스템에 직접 데이터를 입력하도록 하고 있다. 그러나 조사관들의 인적요소의 원인에 관한 식별능력 부족으로 자료의 신뢰성 및 유효성이 문제가 되었다. 어떠한 내용은 지나치게 설명적이거나 불필요한 내용이 되어버려 시간의 낭비를 초래하는 결과를 가져왔다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 두 가지 목적의 인적요소의 관점에 대한 조사를 사용하였다.

첫째는 MINMOD 데이터 입력과정의 문제점을 개선하기 위한 것이었다.[10] 조사관들이 현장에서 경험한 자료입력과정의 문제점들을 토의형식을 통하여 파악하고 MINMOD 인간-컴퓨터의 인터페이스에 관한 Formal Evaluation(강점-약점을 평가조사)을 실시하였다. 그 조사의 결과로서 컴퓨터 화면의 설계, 사용자와의 상호작용, 화면 연결원칙 등을 컴퓨터의 설계지침에 반영하도록 한 것이다. 둘째는 인적요소에 관한 사고원인 자료의 유효성과 신뢰도를 높이기 위하여 120명 이상의 조사관들에 대한 Structured Interview를 실시하여 인적과실의 일반적인 개념, 해난사고의 조사과정에서 인적 과실이 원인인 것으로 의심이 될 경우 조사를 어떠한 방법으로 진행해야 하는지의 방법, 시스템 용어 및 인적과실의 분류체계 등을 교육 훈련시켜서 이러한 문제를 개선하였다.

해난사고의 원인을 조사하기 위한 인터뷰를 통한 데이터 수집과정에서는 인터뷰에 응하는 사람의 솔직함과 정직함이 무엇보다도 중요하다. 또한 해난사고의 원인에서 인적 과실의 근원적 원인을 조사하기 위해서는 조사자의 지식과 능력 및 인적요소를 체계적으로 정확히 분석할 수 있는 시스템의 개발과 데이터의 올바른 입력이 필수적이라 할 수 있다.[11] 사고의 조사과정에서 인적과실에 대한 정확한 조사와 규명이 이루어지기 위해서는 다음과 같은 네 가지의 요소가 중요하다고 지적하였다.

1) 데이터의 신뢰성과 완성도는 조사자의 사고 데이터의 목적과 범위에 대한 이해력에 의하여 영향을 받게 된다.

---

9) Perrow, C., *Normal Acicdents:Living with High-Risk Technologies*, 1984/Wagenaar, W.A., & Groeneweg, L., Accident at Sea: *Multiple Causes and Impossible Consequences*, International Journal of Man-Machine Studies, 27, 587-598, 1987

10) Anita M. Rothblum & A.B. Carvalhais, *Maritime Application of Human Factors Test and Evaluation*, T.G. O'Brein & S.G. Charlton, Mahawah, NJ.,1996

11) S.G. Hill, J.C. Byers, A.M. Rothblum, R.L. Booth, *Gathering and Recording Human-Related Casual Data in Marine and Other Accident Investigations*, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, 1994, pp.863-867

2) 인적요소 데이터를 수집하는 일이 사고에 대한 조사로 간과될 수 있다. 만일 간과되지 않았다면 인적요소 데이터는 조사자에 의하여 지나치게 단순화될 수도 있다.
3) 인적요소에 대한 분류방법 또는 체계가 보고된 데이터와 마찬가지로 수집된 데이터에도 영향을 미친다.
4) 데이터 입력을 위한 컴퓨터 인터페이스가 인적요소 데이터의 신뢰성, 유효성 및 완성도에 영향을 미칠 수 있다.

4.2 해난사고의 기록에서 인적요소를 연구하기 위한 방법[12)]

영국의 Tavistock Institute of Human Relations에서는 영국 운수성의 요구로 "해난사고에 있어서 인적요소(The Human Element in Shipping Casualties)"라는 연구를 이행하면서 기존에 보관하고 있는 해난사고 기록문서에서 다음과 같은 두 가지 관점에 대한 연구를 목적으로 세 가지의 기술적 방법을 사용하였다. 즉,

1) 해난사고에 있어서 무엇이 중요하고 다시 재발할 수 있는 인적요소인가?
2) 그와 같은 인적요소들을 향후 해난사고 조사 과정에서 기록하는데 있어서 어떻게 식별할 수 있도록 할 것인가?

이 연구팀에서 개발하고 다양한 실험방법을 통하여 접근한 세 가지 기술은 1) 점검표(check-list), 2) 시나리오(scenario) 및 3) 편집된 기록(edited account)이었다.

1) 점검표(The Check-list)

점검표를 사용한 목적은 시스템적인 조사를 위한 것이었으며, 기존의 데이터 기록시스템에 관한 의견을 언급하도록 하였다. 특히 정보수집 과정에서 직접적으로 인적요소와 관련되는 내용에 대하여 언급하도록 하였다. 사고의 원인과 그 이면에 숨어 있는 인적요소들을 미리 판단하는 것을 피하도록 질문 내용을 재정비하였다. 점검표의 내용과 형식 등에 대해서는 문헌조사를 포함하여 선원, 검사관 및 산업체의 핵심적인 사람들과 인터뷰를 통하여 다양한 내용을 포함하도록 하였다.

2) 시나리오(Scenario)

시나리오는 기본적으로 어떠한 사고의 핵심적인 내용을 요약하기 위하여 시도된 짧은 이야기이다. 이 기법의 장점은 다른 추정 가능한 설명들을 배제하지 않고 있는 그대로를 보기 위한 좋은 기술이다. 특별한 형태의 시나리오를 간략한 제목(어떠한 사고인가를 표시), 현장의 설정(선박의 명세, 위치 및 보고된 사고의 개요), 사고의 주요 내용(당시의 사람, 기타 요소 및 환경적 요소 등을 포함하는 상세한 내용) 및 가능한 가설의 범위(특별히 인적요소와 관련하는 것으로 생각되어지는 그러한 요소들에 관한 토의: 여기에는 단순한 최적의 설명보다는 있을 수 있는 여러 가지의 설명을 신중히 찾아내도록 하는 일을 중요시함)등으로 나누어 구성하였다.

3) 편집된 기록(Edited Account)

이것은 반복적인 요소들을 제거하고 개별 조사 보고서의 모든 상세한 내용들을 유지하기 위하여 사용한 기술이며, 증인 및 조사자 또한 서로 충돌하였거나 반대적인 정보는 물론 보고서에 사용되었던 실제의 언어를 재정비하여서 보고서를 읽는 사람이 어떠한 도덕적 해석을 하지 않고 인간의 복잡성에 대한 인상을 그대로 가지도록 하기 위한 것이다.

4.3 전자해도 표시시스템(ECDIS)에 대한 인적요소의 조사

선박에서 자동화시스템의 하나로 채택되어 사용되고 있는 전자해도 표시장치시스템(Electronic Chart Display and Information Systems:ECDIS)이 과연 선박에서 항해사의 직무수행에 도움을 줄

12) D.T Bryant, *The Human Element in Shipping Casualties*, DOT, UK, 1991, pp.12-13

수 있는 것인가를 조사하기 위하여 선박조종시뮬레이터를 이용하고 실제의 장비를 설치하여 실험한 조사이다. 조사과정의 개요는 다음과 같다. 미국 뉴욕의 Kings Point에는 Marine Safety International/Computer Aided Operations Research Facility(MSI/CAORF)에 있는 선박조종시뮬레이터에 실제로 상업적 목적에 사용하고 있는 2 대의 ECDIS장비를 탑재하고 4명의 선장과 2명의 항해사가 New York항과 San Francisco항을 입출항하는 시뮬레이션과정을 통하여 다음과 같은 네 가지 요소에 대한 평가조사를 실시하였다.[13]

1) ECDIS 장비가 항해의 안전에 도움을 주는가?
2) ECDIS장비의 사용으로 항해당직 업무의 부하를 줄여주는가?
3) ECDIS장비의 해도 표시상태와 항해기능에 대한 조사
4) ECDIS장비에 레이더 영상을 통합하는 문제

이 실험의 결과로서 ECDIS장비를 선박의 침로감시에 사용함으로써 기존의 종이해도 사용의 경우에 비하여 보다 많이 항해안전에 기여하는 것으로 나타났다. 특히 계획된 항로에서 선박의 침로이탈 정도가 감소하였으며, 보다 많은 시간을 견시와 충돌회피를 위한 시간으로 활용할 수 있게 하였다. 또한 한 눈에 항해업무를 수행하도록 하는 자동 위치측정의 기능(특히 항만의 입구와 같이 위치의 정확성이 많이 요구되는 장소 등에서)으로 작업부하를 많이 경감하는 것으로 나타났다. 침로이탈 감시기능 면에서 화면표시를 보다 간단히 그리고 화면의 크기를 다소 더 크게 표시할 수 있는 의견이 있었으며, ECDIS에 레이더 화면을 통합하는 시스템에 대한 측정은 필요성은 있다는 의견이 있었지만 결과를 내지 못하였다.

이러한 자동화 장비로 인한 인적요소의 검증방법에 구체적으로 적용된 방법은 선박조종시뮬레이터와 실제의 ECDIS장비를 사용하고 실험을 위한 시나리오의 구성과 여러 사람의 조작에 의한 평균치 및 최대/최소치를 분석하는 평가분석방법과 결과에 대한 전문가의 토의 등 을 사용한 것으로 볼 수 있다.

4.4 안전성 평가시스템(Formal Safety Assessment: FSA)에서의 인적요소[14]

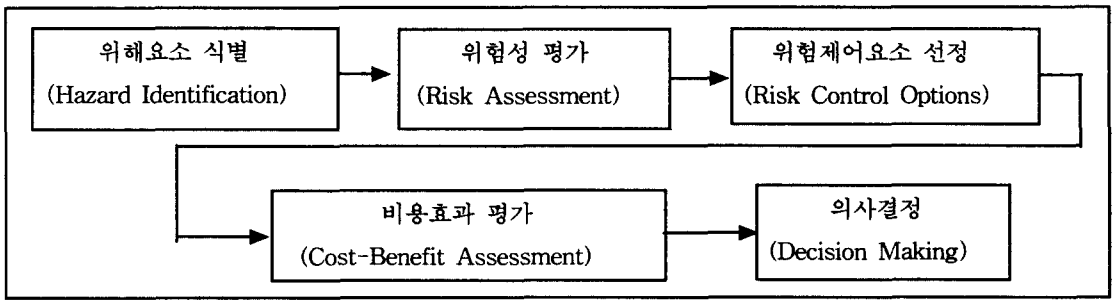
1993년 영국의 해상안전국(Marine Safety Agency: MSA)에서 해상안전과 오염의 방지를 위하여 선박운항의 안전성 평가를 위한 방법으로 개발하여 제안되었으며, 그 이후 IMO에서도 이 방법과 개념(FSA방법론)을 안전관리를 위한 확고한 하나의 방법으로 채택하여(IMO MSC 66/INFORMAL PAPER, May 16, 1996) 향후 해운산업에 있어서 안전에 관한 규정과 통제를 위한 틀로서 개발, 활용하고자 하는 방법론이다. 여기에서는 이 방법론에서 인적과실과 관련하는 부분의 방법론에 대하여 간략히 고찰하고자 한다.

FSA방법론에 인적요소를 적용하는 문제와 관련하여 5단계로 되어있는 FSA방법론 개발프로젝트에 현재 이미 밝혀진 인적요소에 관한 지식을 어떻게 입력할 것인가를 고려하도록 IMO에서 요구하였으며, FSA 방법론의 개념 및 다섯 단계는 다음과 같다.

FSA방법론은 모든 형태의 선박에 공통적으로 도입할 수 있는 선박요소들을 포함하는 소위 "Generic Ship"모델을 설정하고, 이 선박의 기능과 운항에 관련하는 모든 요소들에 대한 종합적인 안전성 평가를 시스템적으로 분석하려는 프로그램이라 할 수 있다. 이러한 평가를 위한 다섯 단계는 <그림 2>와 같다.

이 프로그램에서 각 단계별 사용하고 있는 모든 요소들을 분석 또는 평가하는 방법에는 각종 개념의 계량화, Fault Tree Analysis, Contribution Tree Analysis 등 여러 가지의 도구나 분석방법들

13) Myriam W. Smith, *Human Factors Analysis of ECDIS*, Proceeding of IALA Conference, March 1994
14) MSA, UK, *A Methodology for Formal Safety Assessment of Shipping*, MSC 66/INFORMAL PAPER, 16 May, 1996



〈그림 2〉 FSA방법론의 5단계

이 사용되고 있다. 여기에서는 인적요소에 대하여 어떻게 이 시스템에 접합시키는가와 인적요소의 모델화 도구에 대하여 설명하고자 한다.

1) FSA방법론에 인적요소의 계량화 접목(인적요소를 도입하는 목적)
- 위험성 분석 전문가로 하여금 인적요소에 대한 인식을 제고하여 해상안전에 있어서 인적요소의 중대한 역할을 보다 많이 고려하도록 하기 위함.
- 해상에서 사용하고 있는 시스템에 인적과실의 모델화와 실수를 예상할 수 있도록 하기 위한 기술을 제공하기 위함.
- 인적과실 및 그 이면에 숨어있는 원인에 대한 확률을 계량화함.
- 인간의 실수로 발생하는 위험을 감소시키기 위함.

2) 인적요소 모델화를 위한 도구

인간이 실수를 할 것 같은 것을 수치적으로 평가하기 전에 먼저 이들에 대하여 시스템적 방법을 통한 식별을 할 필요가 있다. 이 방법에는 사람이 어떠한 일을 정상적으로 운영하고 있거나 사고발생의 진행상태로 들어가기 시작할 때 인간의 행동을 모델화하는 기술로 구성되어 있다. 이것은 사고 발생을 초기화하는 행동이 되었는지 또는 인명의 손실로 이어지는 사고발생의 상승의 결과가 되는 인간의 실수로 되는 행동인지를 식별하게 하는 것이 되면, 이 방법에는 다음과 같은 4단계로 구성되어 있다.

① 직무구성요소 파악 : 이것은 다양한 상태의 시스템 작동기간 동안 이루어지는 직무와 활동을 명확히 하는 것이다. 예를 들어서 양화작업과 같은 정상적 활동과 화재 또는 충돌과 같은 비정상적인 상황 등.

② 중대한(위험한) 직무의 식별 : 이것은 만일 인간의 실수가 발생할 경우 심각한 결과를 초래할 수 있는 경우에 있어서 그러한 직무가 무엇인가를 식별하기 위한 선별과정이다.

③ 직무분석 : 여기에서는 상기 ②의 단계에서 식별된 중대한 직무의 상세한 내용과 그 분석이 포함된다.

④ 수행 영향요소 분석 : 이것은 인간이 실수를 야기할 수 있음직한 것을 결정하는 요소들을 식별하는 것이다.

그러나 이러한 FSA방법론의 계량화 과정에서 특정요소에 대한 평가에는 전문가의 판단에 의존하는 한계성을 가지고 있다.

V. 결론

인적 요소에 대한 연구목표 중의 하나는 인간이 기술적 환경하에서 어떻게 기능할 것인가라고 할 수 있다. 어떠한 시스템의 목적은 시스템에서 유지되어야 하는 변수들의 허용한계를 세분화함으로써 정의될 수 있을 것이다. 그러나 선박운항시스템에서의 변수들 간에는 상호작용이 매우 다양하기 때문에 모든 요인을 전부 연구대상으로 하는 것은 매우 어려운 일이다. 특히 시스템 설계에 있어서 인

적 요소의 이론과 적용은 인간의 심리적 요인에 의한 행위가 대부분 주관적 사고에 의한 것임으로 해서 그 행위에 관한 개념의 정립이 혼란스럽고 일정하지 못하다고 하였다.[15]

그러나 앞에서 설명한 것과 같이 선박운항시스템에 있어서 인적요소에 관한 최근의 몇 가지 연구조사들을 통해서 인적요소에 관한 조사연구 또는 접근방법에는 Structured Interview, 컴퓨터시스템의 데이터분석을 통한 방법, 토의 형식, Formal Evaluation, 시뮬레이션, 전문가 집단의 토의 및 인적요소 및 인적과실의 계량화와 모델화를 통한 분석방법 등이 사용되고 있다. 또한 이러한 인적요소에 관한 조사방법에는 다음과 같은 관점에 유의할 필요가 있는 것으로 판단할 수 있다.

첫째, 어떠한 목적을 정의하는 과정에서 관련하는 분야의 모든 직무 및 요소들에 대한 명확한 개념의 설정과 이들에 대한 분석과 체계적 분류가 먼저 이루어져야 한다는 점이다. 선박운항시스템과 인적요소라는 두 가지 분야는 수많은 변수들로 구성되어 있으며, 이들 변수들간에는 상호작용이 매우 다양하기 때문에 분류체계를 정립하는 문제가 쉽지 않다는 점이다.

둘째, 해난사고에서 인적요소의 근원적 원인(root cause)을 조사하고 분석하는 문제에 있어서는 조사계획의 수립과정에서부터 조사방법 및 조사자의 지식과 능력, 조사과정 등이 분석방법 이상으로 중요하다는 점이다.

셋째, 인적요소와 관련하는 사고의 원인을 규명하는 목적은 사고와 동일한 또는 유사한 사고의 재발방지가 가장 중요하다고 할 수 있으며, 근원적인 원인을 찾아내어 근본적인 예방책을 구하고자 하는 것이다. 발생한 사고의 원인조사 과정에는 사고당사자 및 현장의 증인들의 진술과 설명에 의존할 수밖에 없으나 인간의 본질적 특성(정직함과 솔직함)과 정황증거 자료수집 및 상황재현의 어려움으로 정확한 원인조사에 한계성이 있다는 점이다. 또한 근원적 원인규명을 위해서는 관련분야에 대한 정확한 직무분석과 체계적 분류 및 시스템적 분석방법이 개발되어야 할 것이다. 선박운항시스템에 대한 FSA모델과 같은 방법이 개발되어 추진중이나 여기에도 특정요소에 대한 계량화 작업과정에는 전문가의 판단에 의존해야 하는 문제점이 남아 있다.

참고문헌

(1) 채서일, "사회과학 조사방법론"(1994)

(2) Alphonse Cahapanis, *"Human Factors in System Engineering"* (1996)

(3) Anita M. Rothblum & A.B. Carvalhais, *"Maritime Application of Human Factors Test and Evaluation"* (1996)

(4) Antonio B. Carvalhais, Donald I. Tepas, Michael J. Paley, "An Evaluation of a Coast Guard "Live-Aboard" Concept: Can Crews Adapt to a Restricted Living and Operational Environment?", (1995)

(5) Chris Johnson, *"Visualizing the Relationship between Human Error and Organizational Failure"*, University of Glasgow, (1996)

(6) D.T. Bryant, *"The Human Element in Shipping Casualties"* (1991)

(7) IMO, MSC 65/15/1, *"Role of Human Element in Maritime Casualties"* (1995)

(8) IMO, MSC/Circ.813, MEPC/Circ.330, *"The Role of the Human Element"* (1997)

(9) John R. Wilson, Andrew Rutherford, *"Mental Model: Theory and Application in Human Factors"* (1989)

(10) Mark S. Sanders & Ernest J. McCormick, *"Human Factors in Engineering & Design"* (1992)

15) John R. Wilson, Andrew Rutherford, *Mental Model: Theory and Application in Human Factors*, Human Factors Society Inc., 1989, 31(6), pp.617-618

(11) Marvin C. McCallum, Myriam W. smith, George Sandberg, Douglas Hard, Robert Meurn, Richard Stewart, *"Criterion-Based Assessment of Marine Simulator Operator Performance"*, (1996)

(12) Myriam W. Smith, *"Human Factors Analysis of ECDIS"*, Proceeding of IALA Conference (1994)

(13) M.W. Smith, Kevin, V. Laxar, *"Workload of The VTS Watchstander"*, ISHFOB 1995

(14) MSA, UK, *"A Methodology for Formal Safety Assessment of Shipping"*, (1996)

(15) N. Takarada, N. Fukuchi, R. Hosoda, *"Human Factors in Marine Design"*, 6th Intetrnational Marine Design Conference, (1997)

(16) Perrow, C., *"Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies"* (1984)

(17) Quality Action Team, USCG, *"Prevention Through People"* (1995)

(18) Sanquist Lee, Mandler, Rothblum, *"Human Factors Plan for Maritime Safety"* (1994)

(19) S.G. Hill, J.C. Byers, A.M. Rothblum, R.L. Booth, *"Gathering and Recording Human-Related Casual Data in Marine and Other Accident Investigations"*, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting (1994)

(20) USCG, *"Code for the Investigation of Marine Casualties and Incidents", Enclosure to NVIC, 1 December*, 1997

(21) V. David Hopkin, *"Some Human Factors Aspects of Single Manning"*, RIN/Nautical Institute Honourable Company of Master Mariners Seminar, 6 Dec. 1989

(22) Wagenaar, W.A. & Groeneweg, L., *"Accident at Sea: Multiple Causes and Impossible Consequences"*, International Journal of Man-Machine Studies (1987)