[UCI]I804:24011-200000232969

2006年 8月
碩士學位論文

선박의 충돌사고에 있어서의 인적요소의 고찰

朝鮮大學校 大學院

船 舶 海 洋 工 學 科

金 南 輝

선박의 충돌사고에 있어서의 인적요소의 고찰

Considerations of Human Factors onto the Collision of Ships

2006년 8월 25일

朝鮮大學校 大學院

船 舶 海 洋 工 學 科

金 南 輝

선박의 충돌사고에 있어서의 인적요소의 고찰

指導敎授　權 寧 燮

이 論文을 工學碩士學位 申請 論文으로 提출出함.

2006年　4月

朝鮮大學校 大學院

船 舶 海 洋 工 學 科

金 南 輝

金南輝의 碩士學位 論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校　　敎授　　朴 齊 雄　印

委　　員　　朝鮮大學校　敎授　　尹 德 榮 印

委　　員　　朝鮮大學校　敎授　　權 寧 燮 印

2006年　5月

朝鮮大學校 大學院

- 목 차 -

List of Figures ……..iii

List of Tables ……... iv

Abstract ……..... v

제 1 장 서론

1.1 연구배경..... 1

1.2 연구의 목적 및 범위..... 2

제 2 장 해양사고의 발생현황과 원인

2.1 우리나라의 해양사고의 발생현황..... 4

2.1.1 해양사고의 종류.....4

2.1.2 해양사고의 발생 빈도 및 추이.....4

2.2 해양사고 발생의 원인 9

2.2.1 우리나라 해양사고 발생의 주요 원인.....9

2.3 각종 해양사고에서의 인적요소의 비중..... 12

제 3 장 인적요소(Human Factor)와 인간과실(Human Error)

3.1 인적요소의 연구와 개념..... 15

3.1.1 다른 산업에서의 인적요소에 관한 연구.....15

3.1.2 인적요소의 개념과 정의..... 17

3.1.3 해양분야에서의 인적요소의 연구 22
3.2 인간과실(Human Error)의 개념 29
3.2.1 Rasmussen 의 이론 30
3.2.2 Reason 의 이론 31
3.2.3 HFACS(Human Factors Analysis and Classification System: 인적요소 분석 및 분류시스템) 인간과실이론 34
3.3 인간과실의 발생원인 36
3.3.1 인간과실의 발생원인 37
3.4 인적요소의 조사방법 39

제 4 장 인적요소와 충돌사고

4.1 선박운항에서의 인적요소 42
4.2 인적요소 조사의 절차 49
4.2.1 인적요소의 조사를 위한 IMO/ILO 절차 50
4.3 선박의 충돌사고 60
4.3.1 선박충돌사고의 발생원인 61
4.3.2 선박충돌사고와 인적요소 64
4.4 충돌사고를 일으키는 구조적 문제 65

제 5 장 결론 및 제언

5.1 결론 68
5.1 제언 70

참고문헌(References) 72

List of Figures

그림 2.1 1999 년~2003 년 해양사고 발생현황(KMST)..... 6
그림 2.2 해양사고별 인적요소와 비인적요소의 비중(1999 년~2003 년, KMST).....13
그림 3.1 Hawkins 의 SHELL Model (1975).....20
그림 3.2 STAR Model 23
그림 3.3 시스템 변수와 직무수행 요소들간의 상관관계.....25
그림 3.4 Reason's Error Model.....34
그림 3.5 HFACS 의 인간과실 발생모델.....36
그림 4.1 선박운항의 인간 의사결정에 영향을 미치는 요소.....43
그림 4.2 선박운항 및 해양사고의 인적요소 영역.....46
그림 4.3 SHELL Model 52
그림 4.4 SHELL 과 Reason 의 혼합모델.....53
그림 4.5 GEMS 구조.....58

List of Tables

표 2.1 해양사고의 종류의 구분.....4
표 2.2 선박등록척수대 어선의 등록척수 현황(KMST).....5
표 2.3 사고종류별 해양사고 발생현황(KMST).....7
표 2.4 선박용도별 해양사고 발생현황.....8
표 2.5 어선 해양사고 종류별 발생현황(1999 년~2003 년).....8
표 2.6 해양사고 종류별 발생원인 분류 9
표 2.7 사고종류별 해양사고 원인현황(재결분, 1999 년~2003 년).....11
표 2.8 인적요소와 비인적요소의 분류.....12
표 4.1 선박운항에 있어서 인적요소의 분류 및 제반내용.....45
표 4.2 해양사고 조사코드(조사단계).....49
표 4.3 충돌사고 현황분석(1999 년~2003 년, 재결분).....62
표 4.4 우리나라 선박충돌사고의 원인(재결분, 1999 년~2003 년).....63
표 4.5 충돌사고 관련 3 가지 요소 64

ABSTRACT

Considerations of Human Factors onto the Collision of Ships

Kim Nam-Hwi

Advisor : Prof. Kwon Young-Sub, Ph. D.

Department of Naval Architecture & Ocean Engineering,

Graduate School of Chosun University

It is stated that around 80% of all accidents at sea are attributable to human error which is begun with human factors. Human factors were defined to be the substantial cause of maritime casualties. Over the last several decades or so, the international maritime community has approached maritime safety from a predominantly technical perspective and operational facilities in order to reduce maritime accidents. Despite these technical innovations, the marine casualty is still high and significant marine casualties have occurred continuously in spite of expectation. Through the statistical analysis of marine accident reports, human factors which contribute to accidents is defined as the classification of accident causes by category of accident and it is shown that the human factor plays an very important role in collision and explain up to 97% of the occurrence.

This paper is analyzed on human factor onto the collision of ships a conceptual model of human factors such like SHELL Model and Reason's Error Model.

제1장. 서론

1.1 연구배경

과학기술의 발달로 산업현장에서는 각종 기기와 장비 및 시스템을 이용한 분야가 나날이 광범위해지고 있다. 우리 주변에서 다양하고 크고 작은 각종 사고가 일어나고 있으며, 이는 기계의 결함보다는 이러한 기기와 장비를 관리하고 운영하는 인간의 과실과 인적요소(human factors)에 기인하여 발생하는 사고가 이들 사고 원인의 많은 부분을 차지하고 있는 실정이다.

분석의 방법에 따라 다소 차이가 있지만 전체 해양사고의 80%이상이 선원들의 인간과실이 차지하고 있다. 그 중에서 충돌사고에 있어서는 발생원인 중 인적요소와 관련되어 기인한 사고의 원인이 90%이상으로 나타난다고 보고되고 있다. 더군다나 선박간의 충돌과 침몰 등의 해난사고는 매년 증가하여 오고 있다.

오늘날 해상에서의 선박의 안전사고는 과학과 기술의 발달에 따른 선박의 건조기술과 안전한 운항을 위한 제반설비의 발달과는 달리 선박의 운용주체인 인간의 실수에 의해 대부분 발생하기에 기대만큼 줄어들지 못하고 있는 실정이다. 더욱이 선박의 해난사고는 많은 인명과 재산손실은 물론, 커다란 환경오염을 초래한다는 점에서 국제사회의 심각한 문제로 대두되어왔다. 이에 대응하기 위하여 지속적으로 개정된 선급의 규정이나 새로운 국제협약의 제정에도 불구하고 해양에서의 사고의 발생은 줄어들지 않고 있는 실정이다.

항공기, 원자력 발전소 그리고 화학 플랜트 설비와 같이, 인간의 실수에 의한 사고 결과의 심각성이 큰 대형 시스템의 개발과 운영에 있어서는 인간의 실수를 예방하기 위하여 일찍부터 인적요소에 대한 연구가 활발히 이루어져 오고 있다. 그러나 해양사고 원인의 절대적 부분을 차지하는 인적요소에 관한 해운분야에서의 연구는 본격적으로 1990 년대에 접어들면서 국제적인 차원에서 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)를 중심으로 해운관련 단체 및 각국 정부에서 이에 대한 연구, 조사가 활발하게 이루어지고 있다.

특히 해양에서 선박의 항행 형태는 항상 일정하게 고정될 수가 없고, 상황 변화에 따라 항해를 하고, 자연조건과 육상의 상황에 따라 운항이 조절되어야 하는 선박운항의 특수성으로 인하여 인적요소에 의한 사고유발의 가능성도 높아질 수 있다. 여러 해양사고 중에서 선박의 충돌사고와 관련된 원인은 단순히 하나의 요인에 의한 것보다는 여러 요인이 복합적으로 상호작용을 일으켜 결국 사고에 이른다고 볼 수 있다.

1.2 연구의 목적 및 범위

안전을 확보하기 위해서는 우선 과거에 발생한 사고를 정확하게 분석하고 그 현황을 체계적으로 파악하여 문제의 초점이 무엇인가를 찾아내는 노력이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 어떠한 사고의 원인규명에 있어서 인간과실의 원인에 의한 사고의 조사는 인간이 가지는 여러가지 특성과 한계성, 인간과 기계, 시스템 그리고 이를 둘러싼 환경의 영향 등과의 상호작용으로 인한 매우

복잡한 요소들을 대상으로 이루어져야 한다. 또한 인간이 가지는 특성과 한계성은 그 운영환경과 조건에 따라서 다르게 나타난다.

이번 연구에서는 항공기, 원자력 산업, 화학 플랜트 등에서 일찍부터 연구되어온 인적요소의 이상적인 개념을 살피고, 해양사고에서 있어서의 주요 발생원인인 인적요소의 근원적인 원인조사를 위한 일반적인 절차에 대해서 고찰하고, 그 중에서 인간과실로 인한 발생원인의 비중이 가장 높은 선박충돌사고에 있어서 발생원인과 인적요소를 규명하는 것에 그 목적이 있다.

과거 5 년간(1999 년~2003 년)의 해양사고 통계자료의 분석을 통하여 국내의 각종 해양사고의 종류별 발생 빈도 및 추이, 발생의 주요원인, 해양사고에 있어서의 인적요소의 비중에 대하여 다루었으며, 사고의 발생 시 재산손실과 인명피해에 있어서 가장 피해가 큰 선박의 충돌사고에 있어서 발생현황과 원인에 대하여 분석하였으며, 다음과 같은 내용에 대하여 기술하고자 한다.

1) 인적요소에 대한 이상적인 개념과 의의에 대하여 고찰하고

2) 해양분야에서의 인적요소의 연구에 대하여 살피고

3) 선박운항에 있어서의 인적요소에 관하여 고찰하고

마지막으로 충돌사고의 현황과 발생원인에 대하여 분석하고, 충돌사고의 인적요소를 규명하였다. 이에 대한 해양사고의 자료는 해양안전심판원(KMST: Korea Maritime Safety Tribunal)의 해양사고 통계분석의 자료들을 참조하였다.

제 2 장. 해양사고의 발생현황과 원인

2.1 우리나라의 해양사고의 발생현황

2.1.1 해양사고의 종류

<표 2.1>에서 알 수 있는 것처럼, 해상에서 발생하는 선박 관련의 각종 해양사고는 충돌, 접촉, 화재, 좌초, 폭발, 전복 등 그 종류가 다양하다. 이러한 해양사고의 종류의 분류에 대해서도 나라마다 다소의 차이가 있지만 대부분 선박간 충돌사고, 화재 및 폭발사고, 좌초사고, 접촉사고, 침몰사고 등을 주요한 해양사고로 보고 있다. 구체적인 해양사고의 종류의 구분은 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 해양사고의 종류의 구분

구 분	종류	해양사고의 종류의 구분
영국 (Lloyd's Register)	14	충돌, 접촉, 좌초, 고장(failure), 침수, 화재, 파손(broke), 손상(damage), 폭발, 전복, 경사, 파쇄(fracture), 주묘(dragging), 기타
미 국 (USCG)	10	충돌, 좌초, 전복, 침몰, 침수, 실종, 폭발, 화재, 고장, 기타
한 국 (KMST: 해양안전심판원)	10	충돌, 접촉, 좌초, 화재/폭발, 조난, 침몰, 기관손상, 시설물 손상, 인명사상, 안전운항 저해, 기타

2.1.2 해양사고의 발생 빈도 및 추이

과거 5 년간(1999 년부터 2003 년) 선박등록척수대 어선의 등록척수의 현황을 보면 1999 년 이후 선박의 등록척수와 어선의 등록척수는 감소세를 나타내고 있음을 알 수 있다.

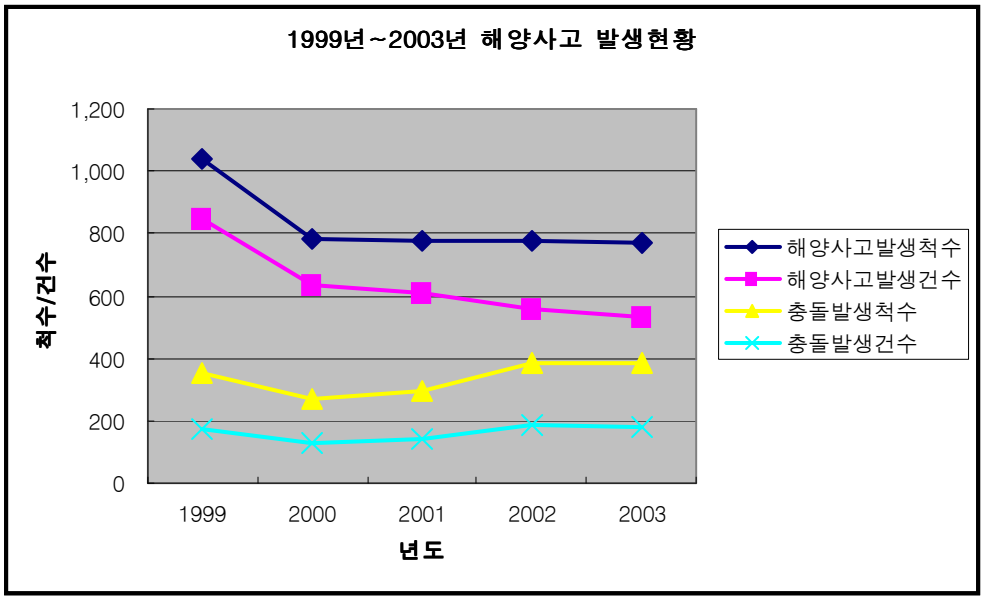
<표 2.2>선박등록척수대 어선의 등록척수 현황(KMST)

현황 \ 년도	1999	2000	2001	2002	2003
선박등록척수	101,307	102,384	101,521	101,180	100,138
어선의 등록척수	87,502	89,294	89,347	89,327	88,523

이는 그동안 정부가 해양사고 절감을 위해 종합적인 대책을 마련하여 추진하여왔고 또한 한일 어업협정 이후 어선의 구조조정으로 인하여 등록대수의 감소와 채산성의 부족으로 조업척수의 감소가 해양사고의 감소로 이어진 것으로 보는 시각도 있다.

그러나 정부의 대책과 선박의 등록대수의 감소에도 불구하고 선박의 충돌사고척수 및 건수는 2000 년을 기점으로 증가 추세에 있다. 우리나라 연안에서 발생하고 있는 해양사고의 종류별 발생빈도(<표 2.3>)를 살펴보면 가장 많은 발생빈도를 보이는 것은 충돌사고로 25.6%를 차지한다.

충돌로 인한 사고발생이 810 건으로 가장 많으며, 그 다음으로 기관손상으로 인한 사고발생이 767 건, 침몰사고가 330 건으로 나타났다. 이들 세종류의 해양사고는 우리나라의 해양사고의 전체 발생사고 건수에서 차지하는 비중이 60.1%를 넘어서는 가장 빈번한 사고라 할 수 있다. <표 2.3>에서 보는 것과 같이 충돌사고에 이어 기관손상에 기인한 해양사고가 많은 부분을 차지하는



[그림 2.1] 1999년~2003년 해양사고 발생현황(KMST)

것은 우리나라의 해양사고 발생현황의 전체에서 어선의 사고 점유율이 <표 2.4>에서 보는 것과 같이 약 70% 에 달하고 있기 때문이며, 어선의 해양사고 원인의 대부분이 기관손상과 충돌사고가 차지하고 있기 때문인 것으로 판단할 수 있다.

<표 2.3> 사고종류별 해양사고 발생현황(KMST)

(단위 : 건)

사고종류 / 연도	충돌	접촉	좌초	화재·폭발	침몰	기관손상	조난	시설물손상	사상	안전운항저해	기타	계
1999	173	2	68	67	90	269	24	2	13	73	68	849
2000	130	11	58	48	63	196	23	-	19	51	35	634
2001	141	15	60	62	72	135	25	1	17	44	38	610
2002	184	13	58	42	55	110	18	3	20	13	41	557
2003	182	9	65	53	50	57	21	-	43	12	39	531
계	810	50	309	272	330	767	111	6	112	193	221	3,181
구성비(%)	25.6	1.6	9.7	8.5	10.4	24.1	3.5	0.2	3.5	6.1	6.9	100

<표 2.4> 선박용도별 해양사고 발생현황

(단위 : 척)

용도 / 연도	여객선	화물선	어선	유조선	예선	기타	계
1999	15	97	781	24	41	83	1,041
2000	15	93	586	14	25	47	780
2001	13	116	537	23	40	50	779
2002	13	132	509	17	46	58	775
2003	10	120	483	28	51	75	767
계	**66**	**558**	**2,896**	**106**	**203**	**313**	**4,142**
구성비 (%)	**1.6**	**13.5**	**69.9**	**2.6**	**4.9**	**7.5**	**100**

<표 2.5> 어선 해양사고 종류별 발생현황(1999 년~2003 년)

(단위 : 건)

사고 종류 / 합계	충돌	접촉	좌초	전복	화재·폭발	침몰	기관 손상	조난	인명 사상	안전 운항 저해	기타	계
계	449	9	202	93	233	266	714	90	82	167	85	2,390
연평균	89.8	1.8	40.4	18.6	46.6	53.2	142.8	18	16.4	33.4	17	478
구성비 (%)	**18.8**	**0.4**	**8.4**	**3.9**	**9.7**	**11.1**	**29.9**	**3.8**	**3.4**	**7.0**	**3.6**	**100**

2.2 해양사고 발생의 원인

2.2.1 우리나라 해양사고 발생의 주요 원인

우리나라의 해양사고 원인의 종류별 구분은 <표 2.6>에서 보는 것과 같이 전체적으로 3 개 영역으로 구분하고 세부적으로는 22 가지로 분류하고 있다.

<표 2.6> 해양사고 종류별 발생원인 분류

사고원인	사고원인의 세부구분
1. 운항과실	① 출항준비 불량, ② 수로조사 불충분, ③ 침로의 선정 유지불량, ④ 선위확인 소홀, ⑤ 조선 부적절, ⑥ 경계소홀, ⑦ 황천대비/대응 불량, ⑧ 묘박/계류의 부적절, ⑨ 항행법규 위반, ⑩ 복무감독 소홀, ⑪ 당직근무 태만, ⑫ 선내 작업안전수칙의 미준수, ⑬ 기타
2. 취급불량 및 결함	① 기관설비 취급불량, ② 화기취급 불량, 전선노후/단락, ③ 선체/기관설비 결함
3. 기타	① 여객, 화물의 적재불량, ② 선박운항관리 부적절, ③ 승무원 배승 부적절, ④ 수로, 항만, 항로표지시설 등의 부적절, ⑤ 이상기후, 해상에 의한 불가항력, ⑥ 기타

사고원인을 기준으로 하여 최근 5 년간(1999 년~2003 년)의 사고종류별 해양사고 원인현황< 표 2.7>을 살펴보면 다음 아래와 같은 사실을 알 수 있다.

1) 운항과실 중 세부항목으로서 '경계소홀'이 37.5%(599 건)으로 차지하는 비중이 가장 높게 나타났으며, 다음은 '항행법규 위반'으로 운항과실 중 16.3%(260 건), '조선부적절'이 7.8%(124 건)로 이들 3 대 발생원인이 전체 운항과실에서 차지하는 비중이 61.6%로 절대적인 비중을 차지하고 있다.

2) 전체 해양사고 발생의 원인 중, 인간과실 범위에 속한다고 할 수 있는 비중은 선체/기관설비의 결함, 불가항력 등을 제외한 약 83%에 이른다.

3) 앞서 설명한 우리나라의 주요 해양사고(기관손상, 충돌, 침몰)의 원인으로서 가장 비중이 높은 것을 보면 다음과 같다.

① 기관손상에 기인한 사고의 경우, 그 원인 중 '기관설비 취급불량'이 약 87%에 이른다.

② 충돌사고의 경우, 약 49%가 '경계소홀'이며 '항행법규 위반'이 약 21%로 전체의 70%를 차지하고 있다.

③ 침몰사고의 경우, '황천대비/대응불량"이 24%이며 '선체/기관설비 결함'이 23%로 높은 비중을 차지하고 있다. 그 이외에는 '선박운항관리 부적절'(7%), '기관설비 취급불량'(6.5%) 등 여러가지 원인들이 나타나고 있다.

<표 2.7> 사고종류별 해양사고 원인현황(재결분, 1999년~2003년)

(단위 : 건)

해양사고의 원인 \ 사고종류별		충돌	접촉	좌초	화재·폭발	침몰	기관손상	조난	사상	기타	계
운항과실	출항준비 불량	2	-	5	-	8	-	-	-	2	**17**
	수로조사 불량	2	2	13	-	2	-	-	-	1	**20**
	침로의 선정 유지불량	13	-	5	-	-	-	-	-	-	**18**
	선위확인 소홀	1	1	62	-	-	-	-	-	-	**64**
	조선 부적절	78	9	16	-	11	-	-	1	9	**124**
	경계소홀	580	2	8	1	3	1	1	2	1	**599**
	황천대비, 대응불량	3	-	16	-	51	1	-	4	29	**104**
	묘박, 계류의 부적절	-	1	2	-	-	-	-	-	-	**3**
	항행법규 위반	256	-	-	-	1	-	-	1	2	**260**
	복무감독 소홀	-	-	1	1	-	-	-	-	-	**2**
	당직근무 태만	17	3	10	3	11	4	1	1	1	**51**
	선내작업 안전수칙 미준수	1	-	2	9	1	-	-	38	5	**56**
	기타	189	8	21	2	21	5	-	13	21	**280**
취급불량및결함	기관설비 취급불량	6	2	5	38	14	129	-	3	6	**203**
	화기취급불량, 전선노후, 전선단락	-	-	-	118	-	1	-	1	-	**120**
	선체/기관설비결함	4	-	3	3	49	7	5	4	8	**83**
기타	여객, 화물의 적재불량	-	-	1	-	10	-	-	1	20	**32**
	선박운항관리 부적절	3	-	7	2	15	1	-	1	5	**34**
	승무원 배승 부적절	4	-	3	-	3	-	-	1	-	**11**
	수로, 항만, 원조시설 등의 부적절	3	2	-	-	1	-	-	-	1	**7**
	이상한 기후, 해상에 의한 불가항력	2	3	3	-	12	-	-	1	9	**30**
	기타	22	-	-	2	4	-	-	5	4	**37**
	합 계	**1,186**	**33**	**183**	**179**	**217**	**149**	**7**	**77**	**124**	**2,155**

(주): 사건에 복수의 원인이 있을 경우에는 모든 원인을 중복 계상하였음.

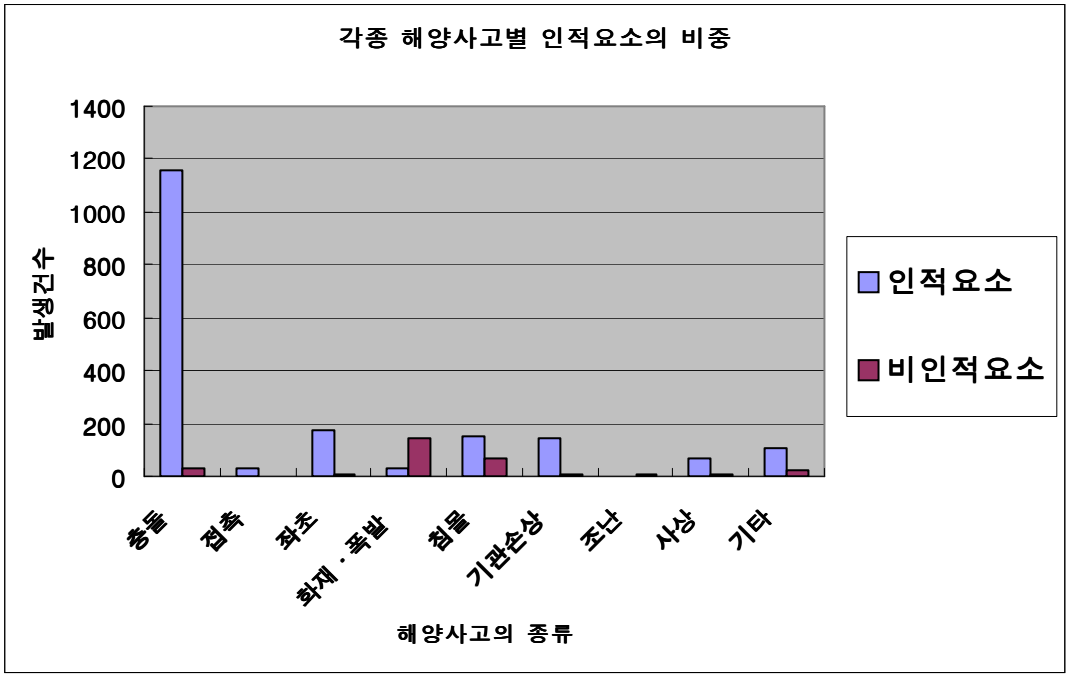
2.3 각종 해양사고에서의 인적요소의 비중

해양사고 중에서 인간과실과 관련하여 사고 종류별 인적요소가 직접 또는 간접적으로 기여를 한다는 것은 각종 문헌을 비롯하여 앞서 조사한 <표 2.6>에서와 같이 나타났다. <표 2.6>에서의 사고종류별 해양사고 원인현황에서 분류되어진 해양사고의 원인을 인적요소와 비인적요소로 구분한다면 다음의 표와 같이 분류할 수 있다.

<표 2.8> 인적요소와 비인적요소의 분류

구 분	해양사고의 원인
인적요소	출항준비 불량, 수로조사 불량, 침로의 선정 유지불량, 선위확인 소홀, 조선 부적절, 경계소홀, 황천대비, 대응불량, 묘박, 계류의 부적절, 항행법규 위반, 복무감독 소홀, 당직근무 태만, 선내작업 안전수칙 미준수, 기관설비 취급불량, 화기취급불량, 여객, 화물의 적재불량, 선박운항관리 부적절, 승무원 배승 부적절, 수로, 항만, 원조시설 등의 부적절,
비인적요소	전선노후, 전선단락, 선체/기관설비결함, 이상한 기후, 해상에 의한 불가항력

전체 해양사고 발생의 원인을 인적요소와 비인적요소로 분류하였을 때, 인적요소 범위에 속하는 비중은 대부분을 차지하며 과거의 각종 해양사고에서의 인적요소의 비중을 살펴보면 다음의 그림과 같다.



[그림 2.2] 해양사고별 인적요소와 비인적요소의 비중(1999년~2003년, KMST)

[그림 2.2]에서는 1999 년부터 2003 년사이의 해양안전심판원의 해양사고별 통계자료를 인적요소를 중심으로 분류하여 그려낸 것이다. [그림 2.2]에서는 각종 해양사고들 중에서 선박의 충돌사고에 있어서의 인적요소(97.6%)와 관련되어진 해양사고의 비중이 가장 높다는 것을 보여주고 있다. 그 다음으로는 선박의 좌초사고로 96.7%를 차지하며 기관손상으로 인한 사고에 있어서는 94.6%를 차지한다. 이와 같은 사실과 충돌사고로 인한 인명의 손실과 재산의 피해가 크다는 것을 비추어 봤을 때 충돌사고에 국한하여 운항과실이 차지하는 절대적인 비중을 고려하면, 인적요소와 충돌사고는 불가분의 관계가 있다는 것이 분명하게 되었다. 충돌사고와 관련된 위해요소의 파악은 인적요소에

집중하여 이를 철저히 분석하고 그 대책을 마련하는 것이 무엇보다 필요하고 시급한 문제라고 할 수 있다.

제 3 장. 인적요소(human factor)와 인간과실(human error)

3.1 인적요소의 연구와 개념

사고의 원인에 있어서는 기계의 결함보다는 인간의 실수 또는 인적요소로 인한 사고의 비중이 다수를 차지하고 있으며, 인적요소는 사고의 유발과 회피에 기여하는 가장 중요한 요소 중의 하나로 사고발생, 근본적인 원인 또는 영향과 직접적인 연관이 있다고 본다. 그리하여 각 산업분야에서는 이러한 인간의 실수를 예방하기 위하여 인적요소에 관한 연구가 활발하게 이루어져 오고 있다. 그 대표적인 산업분야로서는 사고의 위험도와 그로 인한 결과의 심각성이 타 분야보다 상대적으로 큰 원자력 산업, 우주 산업 및 항공기 분야, 의학분야 등을 들 수 있다.

본 연구에서는 인적요소에 대한 일반적인 관점과 개념을 중심으로 살펴보고, 이러한 일반적인 개념을 기준하였을 때 해운산업의 선박운항시스템에서의 인적요소 개념에는 구체적으로 어떠한 요소들이 포함될 수 있는가를 찾고자 한다.

3.1.1 다른 산업에서의 인적요소에 관한 연구

인적요소의 분야에 관한 관심은 대형사고나 많은 이들의 관심을 일으키는 사고가 발생하였을 때, 그 중요성이 높아지게 된다. 이러한 현상은 Exxon Valdez 호의 사고에서 확인하였으며, 인간의 실수는 Three Miles Islands

원자력 발전소 사고를 포함하여 대형여객기의 조종사가 이륙하는 과정에서 실수로 인하여 치명적인 참사로 이어지는 것 등, 여러 사고들에서 연관되어져왔다. 특히 원자력과 항공산업에서의 인적요소에 대한 보다 높은 관심의 결과로 미국의 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission, 1982)와 연방항공국(Federal Aviation Administration, 1990)에서는 모든 시스템의 수행과 안전을 향상시키기 위하여 요구되는 인적요소 관점에서의 작업들을 명확히 하기 위하여 상당한 긍정적인 노력을 기울여 왔다.

먼저 원자력 산업의 경우는 미국의 Three Miles Islands 원자력 발전소 사고로 인하여, 국가조사위원회(National Research Council: NRC)에서는 원자력산업에 있어서 인적요소에 관한 장기적인 조사계획에 대한 조언을 하도록 인간공학회가 결성되었다. 결성된 이 모임은 원자력 분야의 전문가들과 NRC 및 산업체의 근무 경력이 있는 사람들로 구성되었다.

항공산업에서는 항공교통량의 증가 및 장비의 신뢰성을 개선을 목적으로 항공교통에서 보다 높은 안전도를 증가하기 위한 하나의 방법으로 인적요소에 대한 관심을 집중하게 되었다. 1980 대 후반 미국의 연방항공국(Federal Aviation Agency: FAA)에서 사용하였던 방법은 원자력 규제 위원회에서 사용한 것과는 다소 달랐다. 즉, 인적요소에 관한 핵심 전문가 그룹을 사용하는 것보다는 인적요소 전문가와 항공통제 또는 정비 등과 같은 특정문야에 관한 전문적인 사람들로 구성된 과학적 직무그룹을 구성하였다. 여기에서는 항공운송협의회에서 개발한 고도의 인적요소에 관한 계획을 바탕으로 하여 항공기 안전운항에 요구되는 직무를 조사하는 데에 활용하였다.

3.1.2 인적요소의 개념과 정의

인적요소에 관한 정의는 여러가지로 표현되고 있을 뿐만 아니라 용어의 사용에 있어서도 목적에 따라서 영어로는 'Human Factors', Human Element' 또는 'Human Aspects'라고 표현하는 경우도 종종 있다. 우리말의 용어에서는 '인적요소' 또는 '인간요소'로 표현하고 있다. 학문적 연구분야에서는 '인간공학(Human Factors), 인간요소공학(Human Factors Engineering), 작업경제학(Ergonomics) 등과 인간공학이라는 'Ergonomics'라는 용어로 널리 사용되고 있다. 'Ergonomics'와 Human Factor'라는 두 단어는 영어와 우리말에서도 그 표현을 달리하고 있으나 학문적 전문분야에서는 동일한 개념으로 사용되고 있는 실정이다. 우리말로서 표현에서도 'Human Factors'를 '인적요소', '인간요소'등으로 달리 사용되고 있으나, 본 논문에서는 개념구분을 명확히 구분하기 위해서 선박운항시스템에서의 사람 및 사람과 관련하는 요소 즉, 인적요소는 무엇인가를 설명하고자 하는 것이므로 '인적요소'(Human Factors)라는 용어로 칭하며, 잘못을 저지른 주체자로서의 과실이란 의미로서 'Human Error'는 '인간과실'이라고 표현한다.

인간공학은 사회의 여러 전문분야와 관련하는 학문으로서 대부분의 인간공학 전문가들은 산업공학(Industrial Engineering) 또는 심리학 측면에서 이 분야에 접근하고 있다. A. Chapanies 는 인간공학의 정의 및 연구 목적을 다음과 같이 설명하고 있다. 즉, 인간공학이란 "인간이 안전하고 편안하게 그리고 효과적으로 사용할 수 있도록 인간이 사용하는 도구, 기계, 시스템, 작업 및 환경 등에 관한

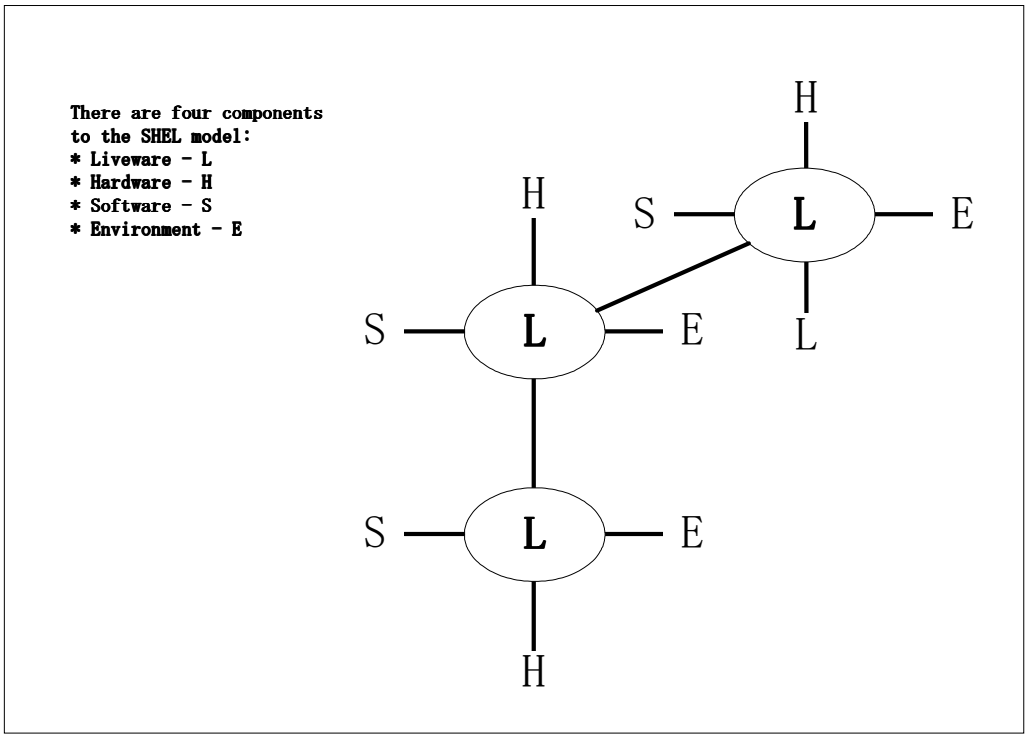
설계에 인적요소들의 정보를 적용하는 것", 또는 "작업상 안전성의 향상과 사고방지, 기계조작의 능률성과 생산성 향상을 연구하는 학문" 등으로 정의하였다.

반면에 M.S. Sanders & E.J. McCormick 은 인간공학의 개념을 그것의 초점, 목적 및 접근방법을 통하여 개념을 정의한다. 즉, 인간공학의 초점은 인간과 인간이 일과 일상생활에서 사용하고 있는 제품, 장비, 설비, 절차 및 환경 등과의 상호작용에 관한 것이다. 엄격한 공학적 기술에 관한 것을 초점으로 하는 공학과 달리 인간자체에 관한 것과 사물의 설계가 어떻게 인간에게 영향을 끼치는가에 관한 것이 그 주요 대상인 것이다. 그리하여 인간공학은 인간이 사용하는 물건들과 이러한 물건들을 사용하고 있는 환경을 인간의 능력과 한계 및 필요에 따라 더 적합하도록 이들을 변경하는 것을 찾고자 하는 것이다.

한편 선박의 운항시스템과 유사 분야인 항공기 운항 분야에서는 인적요소에 관한 개념과 정의를 다음과 같이 표현하고 있다. 즉, 광의의 인적요소란 인체기관과 심리등 인간본질에 대한 능력과 그 한계 및 변화 등 인간 과학적 제요소들을 인지하고, 그 주변의 모든 요소와 상호작용시 그 관계를 최적화하여 인간행동의 능률성과 효율성 그리고 안전성을 도모하기 위한 것이라고 할 수 있으며, 인간공학과 함께 하는 주변 모든 요소와의 관계에서 발생하는 현상을 총칭하는 의미를 포함하고 있어, 그 영역과 깊이는 매우 광범위하며, 부문별로는 고도의 전문성을 띠고 있다. 미국의 심리학 교수인 Elwyn Edwards 는 1972 년에 인적요소에 관한 개념 모델(SHEL Model: 4 가지 구성요소의 첫

글자를 따서 칭하는 것으로서 Software, Hardware, Environment, 2 개의 Liveware 를 말함)을 처음 개발하였으며, 인적요소는 학문 지향적이기보다는 문제해결 지향적이라는 의견을 피력하면서, 인간의 인체기관 능력 및 한계에 대한 인식과 함께 인간과 기기시스템 및 주변환경과의 부조화를 해소하는 것이 필수적이라는 점을 강조하였으나, 그의 이론은 크게 인정받지 못하였다.

그 후 1975 년 네덜란드 KLM 항공의 기장 출신인 Frank H. Hawkins 는 E. Edwards 의 SHEL 모델을 수정하여 새로운 SHEL 모델을 제시하였으며, 이것이 항공기 사고의 원인을 뒷받침하는 이론적 근거가 됨으로써 국제민간항공기구(ICAO)에서 추천하고 있는 인적요소 이론의 모태가 되고 있다. 이 모델의 각 구성요소들은 하나의 블록으로서 상호 결합된 형태를 취하는 것으로서 그 중심은 인간이라고 하였으며, 이들 각 요소는 상관관계를 가지고 있고 L-L 관계를 가장 중요시하고 있다([그림 3.1]). 그 이유는 항공기의 운항을 위한 승무원들의 업무가 팀워크로 이루어지는 업무이므로 승무원간 상호 협력하는 가운데 업무가 이루어지는 것이 조종실 업무의 효율성을 높일 수 있고 또한 안전운항에도 기여할 수 있기 때문이다. 이에 따라 세계 각국에서는 인적요소분야에서 운항승무원들간의 인간-인간 관계를 가장 중요시하고 있으며, 이를 강화하기 위한 방법으로 승무원 자원관리(CRM: Crew Resource Management) 및 비행현장 적응훈련(LOFT: Line Oriented Flight Training)의 프로그램을 개발하여 운항승무원들의 교육, 훈련에 활용하고 있다.



[그림 3.1] Hawkins의 SHELL Model (1975)

- **Liveware(중앙)** - 인간(운항승무원: 항공관제사, 항공정비사 등 각종 부문에서 업무를 주도적으로 수행하는 사람); 시스템에서 가장 가치가 높고 유연성이 있는 것이 이 모델의 중앙에 위치하고 있는 인적요소인 liveware 이다. 이 요소들은 운영과 그를 지원하는 일에 관여하는 모든 사람들에게 적용될 수 있는 것이다. 이들은 4 가지 각 요소의 각 개인과 직접적으로 상호작용을 하는 것이다. 각 개인과 각각의 상호작용 또는 상호접촉은 인간이 수행하는 직무를 조사하는 잠재적인 요소에 해당한다.

- **Liveware(주변)** – 운항업무에 직접 관련되는 사람(운항승무원); 주변 liveware 는 시스템의 사람과 사람간의 상호작용에 관한 것이며, 관리, 감독, 승무원간의 상호작용 및 의사소통 등과 같은 것들이 포함된다.

- **Software** – 시스템의 물질적이 아닌 것들을 말하며, 여기에는 조직의 정책, 절차, 지침서 등을 말한다.

- **Hardware** – 운항 관련 승무원이 조작하는 모든 기기; 운송시스템의 장비부분을 말하며, 여기에는 작업장소의 설계, 표시, 통제, 좌석 등이 포함된다.

- **Environment** – 주변 환경 및 실내 조명, 습도, 온도, 기압, 산소농도, 소음, 진동 등; 환경에는 내부적 환경요소와 외부적 환경요소 및 기타 사람이 작업을 행하는 장소와 조건 등이 꽘된다. 가끔 시스템의 운영과 관련하여 정치적 및 경제적 제약 등이 이 요소에 포함되기도 한다.

이상과 같이 인적요소에 관한 용어의 정의와 개념의 설명에서 인적요소에 관한 공통적인 개념으로서는 인간과 인간을 중심으로 하는 주변요소들간의 문제라는 점과 인간과 이들 각 요소들간에는 상관관계를 가지며, 이들 관계에서 인간의 능력, 한계, 특성을 고려한 상관관계가 되어야 한다는 점이라고 할 수 있을 것이다.

선박의 운항 시스템의 경우에는 항공기 운항과 마찬가지로 인간 개인의 능력과 한계 등도 중요하지만 구성원들간의 유기적인 업무의 수행이 강조되는 분야이다 보니 인간(Liveware)-인간(Liveware)의 상관관계 요소도 특히 강조되어야 한다.

3.1.3 해양분야에서의 인적요소의 연구

이에 반하여 해양분야에서 인적요소와 관련하는 연구는 미국의 해안경비대 조사위원회(US Coast Guard National Research Council: NRC)가 주도하여 1976 년부터 시작된 "인적요소 연구계획(Human Factors Plan)"과 유조선 'Exxon Valdez'호 좌초사고를 계기로 인적요소 연구개발의 종합적인 계획의 최초 과제로서 시작된 것으로서 "해상안전에 관한 인적요소 연구개발계획(Human Factors Research and Development Plan for Maritime Safety)"을 들 수 있다. 이의 연구목적은 미국해안경비대와 해운업체 및 국제해사기구(IMO)에서 인적요소들과 관련하는 것들을 효과적으로 집행하기 위한 종합계획에 대하여 기술하고자 하는 것이었다. 이 계획을 통하여 인적요소의 중요한 문제영역과 해결방안을 명확히 하여 각국 정부와 해운업체가 해양사고의 최대 원인을 감소하기 위한 기초와 전략을 수립을 목적으로 하였다. 그 최종 보고서(1993 년)에서는 해운분야에 있어서 인적요소의 개념을 다음과 같은 다섯가지 영역을 STAR(Shipping Technologies And Resources) Model[그림]STAR Model 로 칭하여 개념화하였다. 즉,

(1) 승무원 및 인적자원

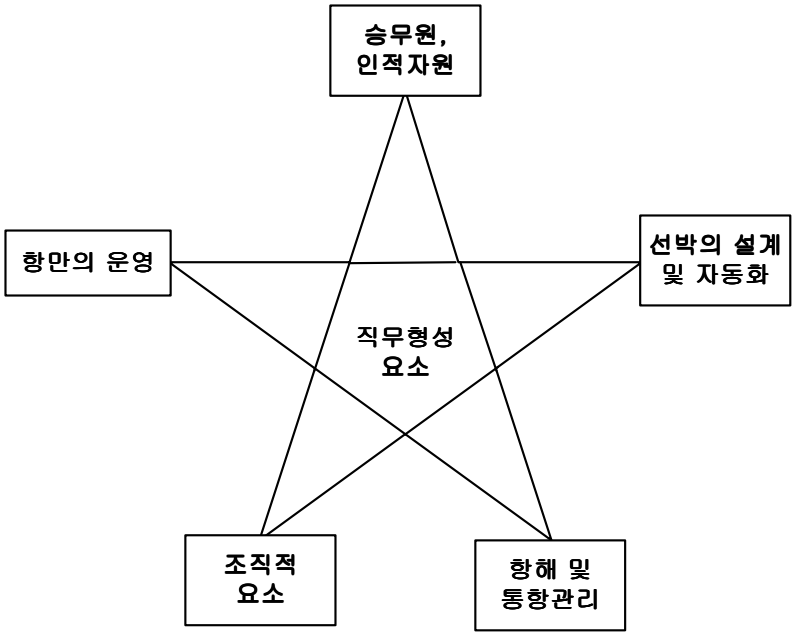
(2) 선박의 설계 및 자동화

(3) 항만의 운영

(4) 항해 및 통항관리

(5) 조직적 요소

이들 다섯가지 요소들은 상호의존적이며 해운업의 복합적인 특성을 모두 지니고 있으며, 이러한 모든 요소들은 각종의 인적요소들에 의한 실행요소에 의하여 영향을 받게 된다. 인적 실행요소들에는 작업의 노동강도와 수준, 피로 및 지식의 수준 등이 포함된다.

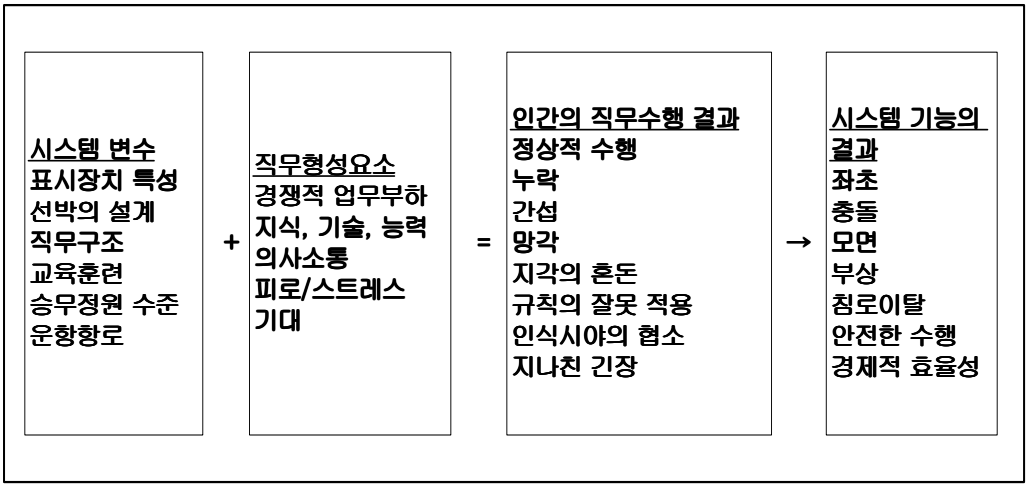


[그림 3.2] STAR Model

이러한 시스템 영역을 기초로 하여 해운환경 속에서 인간의 직무수행에 영향을 주는 여러 가지의 요소들을 고려하기 위한 구조를 제시하고 있다. 이 구조에는

시스템 변수, 예를 들어서 기술(표시, 통제, 선박 설계 등) 및 내부적 변수(internal variables), 즉 업무부하, 피로 및 주의력 등과 같은 것들이 있다는 것을 암시하고 있다. 후자의 변수들을 '직무형성 요소(PSF: Performance Shaping Factors)'라고 언급하고 있다. 시스템 변수와 직무형성요소는 운영되고 있는 해운환경에서 결합되어 인간의 직무수행 결과와 시스템 기능의 결과를 가져오게 하며, [그림 – 시스템 변수와 직무수행 요소들간의 상관관계]에서는 이러한 변수들의 종류들간의 상관관계와 잠재적인 안전의 결과를 설명하고 있다.

또한 인적요소의 역할은 직무를 수행하고 있는 동안 어떻게 직무형성요소가 표명되는가에 영향을 주는 것이며, 그렇게 하여 인간의 직무수행 결과가 실수가 없도록 또는 실수를 유발시키는 작용을 하는 것이다. 이것은 장비의 설계를 변경하든가 사람에 대한 교육훈련을 개선하든가 직무구조 또는 직무설계를 변경하는 등의 여러가지 방법을 통하여 얻을 수가 있다. 인적요소를 해운환경에 적용는 노력은 정부와 기업체에게 시스템 변수와 직무형성요소들이 결합되어 효과적인 인간의 직무수행 및 안전하고 경제적인 시스템의 결과를 가져올 수 있다는 사실을 확실히 하기 위한 자료, 방법 및 절차를 제공하는 것이라고 할 수 있다.



[그림 3.3] 시스템 변수와 직무수행 요소들간의 상관관계

STAR Model 의 각 구성 영역에 관한 세부적인 요소들에 대해서는 다음과 같이 설명할 수 있다.

(1) 승무원 시스템 및 인적자원

인적요소에 포함되는 것 중에서 가장 명확한 것은 선박의 승무원이다. 승무원들은 각자 개별적으로 업무를 수행하기도 하지만 또한 여러 사람이 함께 팀을 구성하여 작업을 수행하기도 한다.선내 조직은 [그림] STAR Model 의 '조직적 요소'와 상관성이 있으며, 인적자원시스템에 있어서 주요한 관점에는 다음과 같은 다섯가지의 내용들을 포함할 수 있다고 제시할 수 있다.

① 승무정원 및 승무정원 결정방법

② 교육훈련, 자격취득 및 면허부여

③ 비상대응 및 오염방지

④ 직무에 대한 적합성

⑤ 선교팀 자원관리

인적자원시스템과 관련하는 두 가지의 인적요소로소 교육훈련의 전수와 피로가 포함될 수 있다. 교육훈련의 전수라는 것은 어떠한 한 척의 선박과 그 선박의 시스템에 관하여 고도로 훈련된 사람이 다른 종류의 선박에 쉽게 적응할 수 있는 능력이다.

(2) 선박의 설계 및 자동화

이 분야는 주로 선박 내에서 사용되고 있는 가술과 관련하는 것으로서, 자동화에 대한 이해, 훈련 및 안전에 관한 기술의 사용과 관련하는 인적요소 논제들이다. 다음과 같은 분류들이 인적요소들의 각 특성을 수분하는데 기초가 될 수 있다.

① 선형: 화물선, 여객선, 어선, 유조선, 경비정

② 자동화 시스템: 조타장치, 통합된 선교(Integrated Bridge), 계류장치, 투묘, 전자항해장비, 통신, 기관실, 화물취급

③ 선원의 거주공간: 생활, 작업, 휴식

선박의 설계와 관련한 인적요소의 논제는 선박의 승무원들이 자동화시스템에 대한 이해에 관한 것이다.

(3) 항만의 운영

이 분야는 상선의 운항과 관련하여 가장 광범위한 면의 하나를 그 대상으로 한다는 것으로서, 여기에는 다음과 같은 부분들이 포함될 수 있다.

① 화물작업에 관한 대체적인 수단의 지원시스템

② 선박의 입항 및 출항

③ 항만 입출항의 빈도

④ 육상의 지원시스템 및 장비

항만의 운영과 관련하여 자주 거론되는 인적요소 논제는 선박의 핵심적인 사람들, 예를 들어 항해사와 도선사와 같은 사람에 대한 육체적이고 정신적인 작업부하에 관한 것이라고 지적할 수 있다.

(4) 항해 및 통항관리

넓은 바다에서 특히, 복잡한 해역에서의 선박의 운항에 관한 이 분야는 이들 두 분야 모두에 관련하는 것으로서 다음과 같은 요소들이 포함될 수 잇다.

① 선박통항 시스템: 통항 방향지시의 역할, 선박통항관제(VTS: Vessel Traffic Control System)의 Workstation 설계, 인간 – 기계의 조화

② 전자해도 시스템: 유용성, 상황파악의 역할, 인간 – 기계의 조화

③ 수로의 설계: 환경의 영향, 제작자의 형식과 배치, 물리적인 규모

④ 도선업무: 도선사 및 선장간의 상호작용, 예인선과의 통신, 선박에 관한 친숙정도

⑤ 선박들간의 통신

⑥ 충돌예방규칙

일반적인 항해 및 전자항해장비 관련 인적요소의 논제는 전자장비로부터 얻게 되는 정보를 인간이 지각하고 사용할 수 있는 능력에 관한 것이다. 항만 해상교통관제서비스 (VTS: Vessel Traffic Service)나 전자해도 표시

시스템(ECDIS: Electronic Chart & Display System) 둘 다 모두 사용자에게 전자영상을 제공하는 것이며, 여기에서 얻는 정보를 기초로 하여 사용자가 지속적으로 의사결정을 하여야 한다는 것이다. 적절하지 못하게 설계된 영상장치는 정보의 의미를 혼돈하게 할 수 있으며, 장비의 비활용성 및 해석상의 오류를 범하게 만들 수 있다.

(5) 조직적 요소

이 분야는 해운산업의 해상안전 정책당국의 두 부문에 있어서 정책 및 절차에 관한 인적요소를 말하며, 이러한 것들은 선박의 승무원들에게 영향을 주게 된다.

① 승무정원 정책 및 조합과의 관계

② 계획수립과 작업지침

③ 인적자원에게 요구되는 행정적인 요구사항들

④ 안전을 위한 훈련 프로그램

⑤ 유지 정비에 관한 정책

⑥ 규칙

⑦ 선박과 육상의 책임 및 보고에 관한 상호관계

조직의 변수들에 의하여 영향을 받는 인적요소에 관한 논제는 좌초 또는 충돌의 경우에 긴급상황에 대처하는 기술의 개발에 관한 것들로서, 현재의 조직과 관련하는 정책은 그 예방에 그 역점을 두고 있다. 긴급상황에 대처하는 훈련과 오염을 완화하는 활동에 대하여 보다 많은 역점을 두는 것이 가능하다.

따라서 인적요소란 인간을 중심으로 주변의 모든 요소와의 관계에서 발생하는 현상을 총칭하는 의미를 포함하고 있으며, 그 영역과 깊이는 매우 광범위하면서 무한하며, 부문별로는 고도의 전문성을 띠고 있다 할 수 있다. 또한 인적요소는 인간의 성능을 최적화하고 인간의 실수를 줄이기 위한 것을 목적으로 하는 여러 전문분야에 걸친 학문이라고 할 수 있으며, Hawkins 는 이러한 분야로서 행동과학과 사회과학 그리고 엔지니어링 및 철학적인 방법과 원리들을 통합하고 있다고 하였다.

미국해안 경비대가 1995 년부터 해양사고와 관련한 연구모델 또는 조사기법 등에 대하여 최근까지 여러가지 연구결과를 발표하여 오고 있다. Human Factors Working Group(HFWG) 2002 에서 발표된 "사고조사 및 분석에 있어서 인적요소(Human Factors in Incident Investigation and Analysis)" 내용에서 해상분야에서 인적요소와 관련하는 10 가지 핵심적 내용으로 1) 피로, 2) 부적절한 의사소통, 3) 부적합한 일반적 전문기술, 4) 본선 시스템에 관한 부적합한 지식, 5) 좋지 않은 자동화 설계, 6) 부적절한 정보를 기초로 한 의사결정, 7) 잘못된 판단, 8) 불완전한 기준, 정책 또는 실무지침, 9) 빈약한 유지정비, 10) 유해한 자연환경 등이다.

3.2 인간과실(human error)의 개념

해운분야에서 인간과실을 광의의 의미로서 1995 년 국제해사기구(IMO)의 해상안전위원회(MSC: Maritime Safety Committee)에서는 특정시스템의 올바른 기능 또는 특정직무의 성공적 수행에 대하여 부정적인 영향을 끼치는 인간의

행위 또는 그러한 행위의 생략이라고 정의하였으며, 1997 년 IMO 산하의 MSC 와 MEPC 에서 인적요소에 관한 향후의 연구에서 용어의 개념에 관한 통일을 목적으로 공동으로 정의한 바에 따르면 즉, “개인 또는 집단에 있어서 수용할 수 있거나 기대되는 실행에서 이탈하여 수용할 수 없거나 기대되지 않는 결과를 가져오는 것”이라고 하였다.

인간과실에 관한 이론은 심리학적 측면과 인간의 행동과학적인 측면의 양면성을 동시에 지니고 있는 것으로서 많은 학자들 사이에서 그 개념의 정립과 발생원인에 대해서 다소간의 차이가 있다. 인간과실에 대한 주요 연구의 내용을 정리하면 다음과 같다.

3.2.1 Rasmussen 의 이론

Jens Rasmussen 은 이전의 과실의 인식적인 측면에 대해서 그 범위를 확대하였고 3 종류의 운영자 직무수행 형태를 정의하고 그와 관련하는 3 종류의 과실형태를 정의하였다. 즉, skill-based error(기술기반의 과실), knowledge-based error(지식기반의 과실), rule-based error(규칙기반의 과실) 등이다. 기술기반의 직무수행은 사람이 오랜 기간동안에 걸쳐서 습득하고 기억하여 둔 기술에 의존하고 있는 것을 말하며, 이는 행위의 오류(slip)와 유사한 것으로 주로 이행의 과실이다. 기술기반의 직무수행보다는 보다 진전된 것인 규칙기반의 직무수행은 운영자가 경험과 훈련을 통하여 마주치게 된 것들과 유사한 상황에 대하여 규칙을 적용하는 것이다. 규칙기반의 직무수행에 따른 과실은 마주치게 되는 상황이나 환경을 인식하지 못하거나 이해하지 못하는

것으로부터 일어난다. 이것은 상황을 이해하기 위하여 필요한 정보를 얻지 못하는 때에 발생하거나 운영자가 잘 알지 못하는 환경에 대하여 잘못된 규칙을 적용할 때 발생한다.

Rasmussen 은 훌륭한 수준의 직무수행은 지식기반 직무수행이라고 주장하고 있다. 과거에 겪었던 것과 유사한 상황에 대하여 단순히 행동으로 하는 직무 또는 규칙을 적용하는 것보다 운영자는 과거에 알게 되었던 정보 또는 과거의 경험으로부터 얻은 정보를 새로운 정보에 적용하여 그러한 상황과 관련하는 문제점을 분석하거나 해결하는 것이다. 지식기반의 직무수행으로 인한 과실은 주로 지식이 부족하거나 이미 그가 지니고 있는 지식을 새로운 상황에 적용하는 능력의 제약으로부터 일어나게 된다.

3.2.2 Reason 의 이론

James Reason 은 기초적인 과실의 형태에 관한 것 중에서 과거의 과실에 관한 정의와 그 이후의 것들에 대하여 그 초점을 보다 확대하였다. 그는 행위의 오류(slip)에 대하여 다른 사람과 같이 비교적 작은 이행의 과실이라고 정의하였으나 그는 또한 다른 추가의 과실형태 즉, 기억착오(lapse)를 식별하였다. 그는 이것을 초기의 기억 과실이라고 특성지었다. 기억 착오는 행위의 과실(slip)보다는 관측하기가 더 어렵고 사람이 어떠한 직무를 막 이행하려할 때 집중력이 산만해질 때 발생하며, 또는 직무를 완성하려고 시도하는 과정에서 어떠한 절차를 빠뜨리게 되는 때에 발생한다.

Reason 은 또한 사고의 오류(mistake)와 위반(violation)을 구분하였다. 이들 두가지 모두는 의도하려는 것의 과실로서 사고의 오류는 적절하지 못한 의도 또는 상황에 대한 정확하지 못한 진단으로부터 발생하는 것이며, 위반은 고의적으로 저지른 표준화되지 않은 또는 절차와 반대적인 행위를 말한다. Reason 은 위반을 반드시 부정적인 것으로 보지 않았다. 운영자는 가끔 설계자나 관리자가 개발한 절차에 따르는 것보다 보다 더 효율적이라고 그가 믿는 방법으로 직무를 완성하려고 위반하는 것이다. 대조적으로 Reason 은 시스템의 안전을 침식하기 위하여 행한 고의적인 행동을 태업(sabotage)라고 하였다.

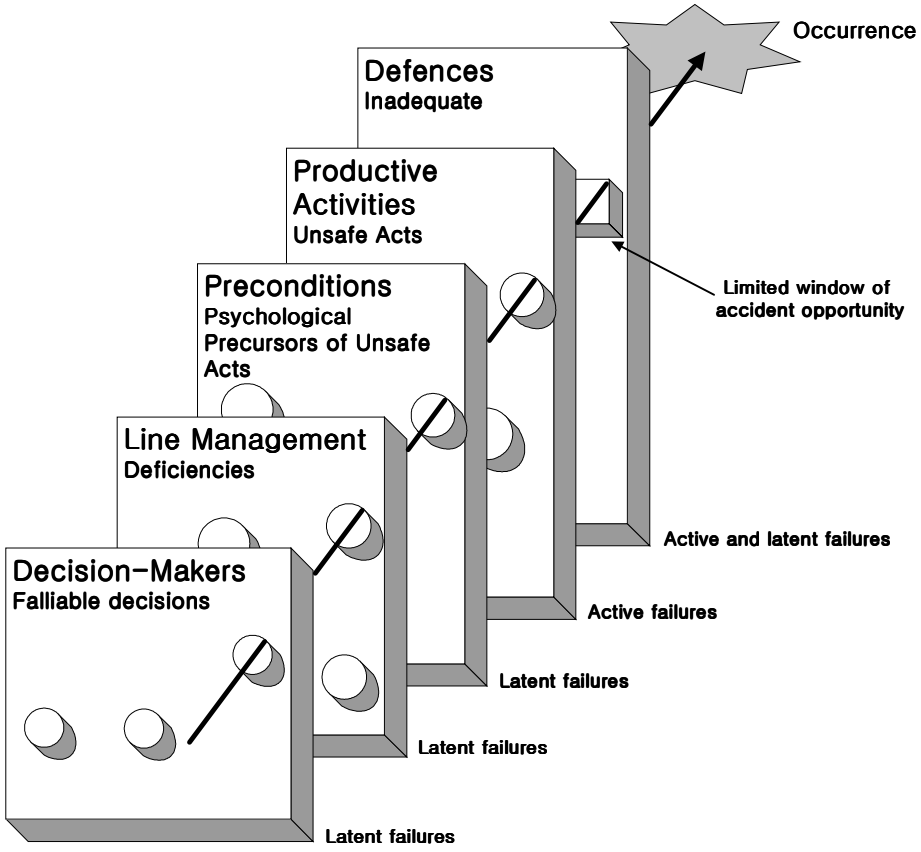
Reason 의 과실에 관한 분류는 Rasmussen 의 직무수행 수준과 일치하고 있다. 행동의 오류(slip)와 기억착오(lapse)는 기술기반 직무수행의 행동과실을 포함하는 것이며, 사고의 오류(mistake)는 규칙기반 또는 지식기반 직무수행의 과실 중 어느 하나를 포함하고 있다.

Reason 은 설계자와 관리자의 역할에 대하여 즉, 보다 높은 수준의 운영을 하는 이들에 대하여 그가 어떠한 시스템의 “blunt-end”(주변)의 역할을 하고 있는 사람이라고 하고, 시스템 내에서 이들이 저지르는 과오를 “숨어있는 과실”(latent error)이라고 하였다. 그러나 최근에는 이를 “숨어있는 조건”(latent conditions)이라고 하였고, 시스템의 “sharp-end”(현장)에 있는 운영자가 저지르는 과실을 “active error”(직접과실: 사고에 직접적으로 연결되는 과실)이라고 하였다.

운영자의 직접과실(active error)은 시스템의 내부에 숨겨져 있는 blunt-end(주변)에 있는 사람들의 저지른 숨어있는 과실(latent error)에 의하여 영향을 받는다고 Reason 은 주장하고 있다. 비록 직접과실은 거의 임박하게 인지되는 과실의 결과를 가져오지만, 숨어있는 과실의 결과는 모를 수도 있고 직접과실에 대비한 시스템의 방어가 요소들의 결합에 의하여 약화되는 때에만 명백하여지는 것이다. Reason 은 시스템 설계자와 관리자가 사고로 이어지게 하는 과실을 방지하기 위하여 내부 방어장치를 만들어 두는 것으로 믿고 있다. 왜냐하면 그들은 인간의 직무수행에는 잠재적으로 틀리기 쉬운 한계가 있다는 점을 인식하고 있기 때문이다. 그러나 운영자가 과실을 범할 때에 그 방어장치가 제 역할을 하지 못하게 되면 엄청난 결과를 초래하게 될 것이다.

Reason 은 시스템의 관련 방어수단과 이미 존재하고 있는 위험요소가 어떻게 안전에 영향을 미치는가에 대하여 치즈 모델(Reason's Error Model: 1997)을 이용하여 설명하고 있다. 의심스러운 관리 및 설계에 관한 의사결정, 전문 관리자의 행동, 스트레스나 인간의 상태에 관한 다른 현상에 대한 반응과 같은 운영자의 "심리적 선행조건" 및 안전하지 못한 행동 등을 포함하는 시스템 내부에 있는 예측할 수 없는 결함들이 치즈의 각 장에 있는 구멍을 나타내는 것이다. 치즈의 단단한 면은 안전하지 못한 행동에 대한 시스템의 관련 방어장치를 나타내고 있다. 만일 치즈조각이 각 장의 구멍이 서로 엇갈리게 한 장씩 놓여 있다면 각 구멍 또는 결함들은 하나의 선상에 같이 놓이지 않을 것이다. 치즈의 딱딱한 부분으로 묘사하고 있는 시스템 방어수단은 과실이 관통되는 것을 막을 수가 있다. 그러나 결함들이 하나의 선상에 일직선으로

놓이게 되면 직접과실(avtive error)이 시스템을 파괴하고 치즈조각 전부를 통과하여 안전하지 못한 행위는 시스템에 영향을 주어 사고의 결과로서 나타나게 되는 것이다.



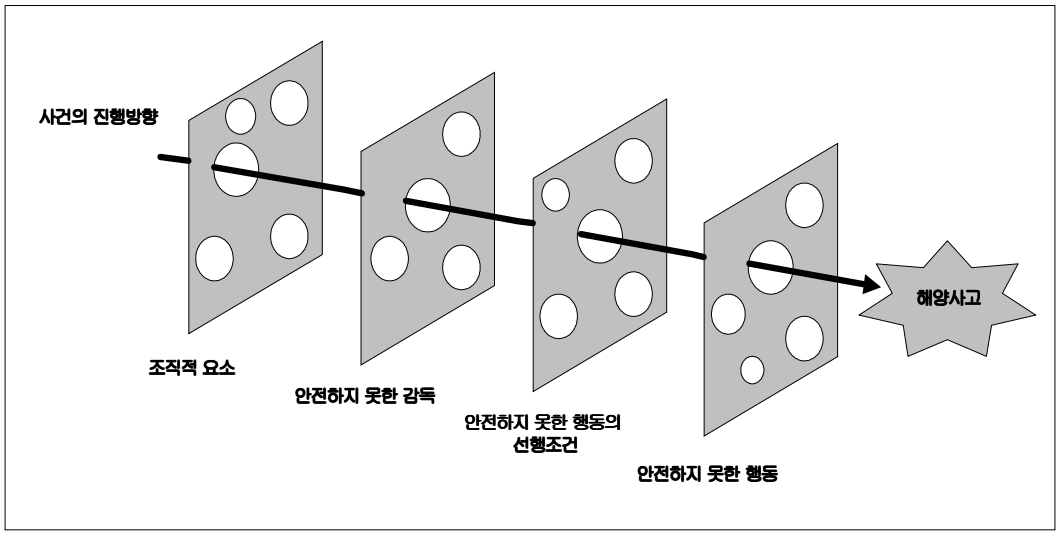
[그림 3.4] Reason's Error Model

3.2.3 HFACS(Human Factors Analysis and Classification System: 인적요소 분석 및 분류시스템) 인간과실이론

인간과 기계 간의 발생하는 상호작용 문제점에 관한 연구에는 인간행동분류시스템(HACS: Human Action Classification System)을 기초로

하여 개발되어 주로 원자력 발전소의 안전문제를 검토하는데 사용하고 있는 HSECS(Human-System Event Classification System), 인간 신뢰도 평가모델(HRA: Human Reliability Analysis), 일명 ATHENA(A Technique for Human Error Analysis) 등으로 미국의 NRC(National Research Council)가 주관하여 주로 발전소, 미국항공우주국(NASA), 미국연방항공국(FAA), 국가교통안전위원회(NTSB) 등에서 활용하고 있는 것들이다.

HFACS 은 Reason 의 인간과실 모델을 기초로 하여 미국 연방항공국 민간 항공학교의 Dr. Scott Shappell 과 미국 일리노이 대학의 Dr. Doug Wiegmann(1997)이 개발한 인간과실 분석방법론으로서 현재 미국에서는 이 방법을 미국 해군, 해병대의 항공기 사고분석 등에서 인간과실의 원인분석에 활용하고 있다. 여기에서 사용하고 있는 인간과실 분류방법은 Hawkins 의 SHELL Model, Rasmussen 의 과실이론 및 Reason 의 'Swissn cheese' 이론을 바탕으로 하고 있는 것으로서 이 방법론에서는 [그림 3.5] 에서와 같은 4 단계의 치즈로서 해양사고의 발생에 대한 이론을 설명하고 있다. 즉, 1) 안전하지 못한 행동, 2) 안전하지 못한 행동의 선행조건, 3) 안전하지 못한 감독 및 4) 조직적 요소 등이다. 이 이론은 인간과실의 분류체계에 대해서는 다음 장에서 상세히 살피고자 한다.



[그림 3.5] HFACS의 인간과실 발생모델

3.3 인간과실의 발생원인

어떠한 시스템 전체의 성취도를 평가하는 데 있어서 인적요소가 차지하는 비중은 매우 높다. 인간-기계 시스템에 영향을 미치는 과실 중에는 기계적인 실패나 교육훈련, 경험, 기술수준과는 관계없이 순전히 인간의 잘못으로 인하여 발생하게 되는 경우도 있다. 과거에는 인간을 기계와 동일한 한 가지의 요소로서 취급하여 시스템의 성취도를 평가하였으나 인간이 이루는 성취도는 작업을 구체화하기 위한 요인들과 여러 가지의 복합적인 직무에 대한 적응 및 관리능력, 그리고 공동작업을 하는 경우에는 작업자의 교체와 같은 환경 변화 등에 의하여 좌우된다는 점에서 기계와는 상당한 차이가 있다. 따라서 인간과실에 대한 보다 정확한 평가와 분석을 위해서, 그리고 인간과실 발생을 감소시키기 위해서는 과실의 발생원인과 분류체계를 파악할 필요가 있다.

인간과실을 분류하는 데 있어서 중요한 점은 무엇이 인간과실의 원인인가를 명확히 밝혀서 그 대책을 도출할 수 있도록 하는 것이라고 할 수 있다.

따라서 이번 장에서는 선박 충돌사고의 원인과 인간과실 유발요인의 합리적 도출을 위하여 인간과실의 발생원인에 관한 다양한 일반적 이론들의 개념과 관점에 관하여 간략히 고찰하고, Rasmussen 의 인간과실 체계에 관한 것을 중점적으로 살피고자 한다.

3.3.1 인간과실의 발생원인

인간의 개인적이고 불연속적인 행위에 관한 가장 단순한 발생원인에 대한 이론으로서 Swain 과 Guttman 은 대뇌의 정보처리 과정을 기준하여 생략과실(errors of omission), 실행과실(errors of commission), 순서과실(errors of sequence) 및 시간과실(timing error)을 설명하였다. 이들을 좀더 상세히 분류하면 ① 해야 할 것을 하지 않는 경우, ② 해야 할 것을 불충분하게 하는 경우, ③ 해야 할 것과 상이한 것을 하는 경우, ④ 필요 없는 것을 하는 경우, ⑤ 시간상으로 적당하지 못한 것을 하는 경우 등의 다섯 가지로 분류할 수 있다.

Rasmussen 은 인간이 판단하고 의사결정을 내리는 기능에 대하여 의사결정과 정보처리 과정을 구분하여 설명하면서, 인간이 어떠한 문제를 감지하고 제한된 범위에서 자료를 수집하여 특정한 통제행위가 즉각적으로 실행되어야 한다는 즉각적인 결정을 내리는 과정, 즉 단축경로(short cut)를 이용하게 되며, 이러한 과정에서 문제점이 발생할 수 있다고 하였다.

인간과실이 발생하는 원인은 매우 다양하며 Rigby 는 그러한 이유를 “대부분의 인간과실은 인간이 수많은 종류의 일들을 다양한 방법으로 수행할 수 있기 때문에 발생하는 것”이라고 하였다. 한편, Meister 는 인간과실의 발생원인을 관리적인 관점에서 다음과 같은 구체적인 요소들을 제시하고 있다. 즉, ① 작업장에서의 부적절한 조명, ② 관련 인적자원(작업자, 보수 및 생산직 요원)에 대한 부적절한 교육이나 기능, ③ 부적절한 설비설계, ④ 작업장의 높은 온도, ⑤ 높은 소음, ⑥ 부적절한 작업배치, ⑦ 좁은 작업공간, ⑧ 부적절한 작업도구, ⑨ 잘못 설명된 설비보수 및 운영절차, ⑩ 적절한 동기부여의 실패, ⑪ 관리미숙, ⑫ 업무의 복잡성, ⑬ 설비취급의 미숙 및 ⑭ 언어 의사소통의 미숙 등이다.

이러한 발생요인을 요약하면 1) 개인적 요소 및 스트레스, 2) 조직적 요소, 3) 작업 또는 직무특성으로 인한 직무요소, 4) 환경적 요소 및 5) 인간-기계 시스템의 설계상의 문제 등으로 구분하여 볼 수 있다.

인간과실의 원인이나 과실 유발요인 및 그 유형을 구분하여 분석하려는 목적은 그러한 기초를 토대로 시스템의 설계나 훈련 프로그램의 평가와 수정에 직관력을 제공할 수 있기 때문이라고 Rouse 는 주창하였다. 따라서 많은 산업분야에서 이러한 인간과실의 유형이나 유발요인에 관한 연구와 논의가 되어오고 있으나, 인간과실 자체가 가지고 있는 그 원인과 메커니즘 및 결과에 있어서 너무 다양하고 달리 나타나고 있어서 통일된 유형에 대한 합의가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

3.4 인적요소의 조사방법

인적요소에 관한 조사 분석의 방법에는 일반적으로 다음과 같이 세가지로 분류할 수 있다. 기술(記述)조사(Descriptive Studies), 실험조사(Experimental Research) 및 평가조사(Evaluation Research) 등이다. 모든 인적요소에 관한 연구가 이들 중 어느 하나의 방법만으로만 가능한 것은 아니며, 두가지 이상의 범주에 포함 될 수 있다. 이상과 같은 여러 가지의 조사 방법들은 서로 다른 목적을 가지고 있지만 다음과 같은 공통의 의사결정의 과정을 가지고 있다. 조사방법의 선택, 변수의 선정, 표본 주제의 선택, 데이터 수집방법의 결정 및 분석방법의 결정 등의 과정을 밟게 된다. 다음에서는 앞서 열거한 세 가지 방법들의 차이점에 대하여 간략히 고찰하고자 한다.

1) 기술(記述)조사(Descriptive Studies)

이 연구 방법은 특성의 속성에 미치는 사람의 집단을 특성화하기 위한 방법으로 많이 활용되는 것으로서 인적요소의 연구에 대단히 중요한 의미를 가진다. 특히 시스템의 설계에 관한 의사결정의 기초가 되는 데이터를 나타내기 때문이다. 또한 이것은 해결방안을 제시하기 전에 어떠한 문제점의 규모와 범위를 평가하기 위하여 수행되기도 한다. 시스템 설계의 결 이나 운영상의 문제점에 대한 운영자들의 의견을 모으는 조사가 이러한 경우의 좋은 예에 속한다. 일반적으로 이 방법의 목적은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째는 관련상황에 대한 특성파악과 특정 상황의 발생빈도를 측정하는 것이다.

대부분의 조사가 이 경우에 해당된다. 둘째는 관련변수들 사이의 상호관계의 정도 파악이다. 마지막으로 셋째는 관련상황에 대한 예측이다.

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. 기술조사와 실험조사는 두 방법이 서로 다른 목적으로 인하여 주제를 선택하는 과정에서 이러한 점을 충분히 고려하여야 한다.

3) 평가조사(Evaluation Research)

이 방법은 어떠한 것의 영향을 평가한다는 점에서 실험조사와 유사하다. 그러나 그 어떠한 것이 일반적으로 어떠한 시스템 또는 제품이라는 점이 다르다. 또한 이 방법은 어떠한 시스템 또는 제품을 사용하게 되는 인간의 능력과 행동에 대하여 설명한다는 점에서 본다면 기술조사 방법과 유사하다. 이 방법은 실험조사방법보다는 널리 사용되고 있으며, 가끔 여기에는 비용효과분석(cost-benefit analysis)이 포함되는 경우도 있다. 앞서 언급한 시스템이나 제품의 평가는 그들의 목적과 비교하는 방법으로 이루어진다. 즉, 의도하는 결과와

의도하지 않은 결과, 두 가지 모두에 대하여 평가되어야 한다. 그러나 이 방법은 실제의 시스템이나 제품의 설계를 개선하고자 하는데 사용되기 때문에 연구결과의 얻고자 하는데 크나큰 효과를 얻을 수 있으나, 연구조사의 실행에 있어서는 어려운 경우가 있다.

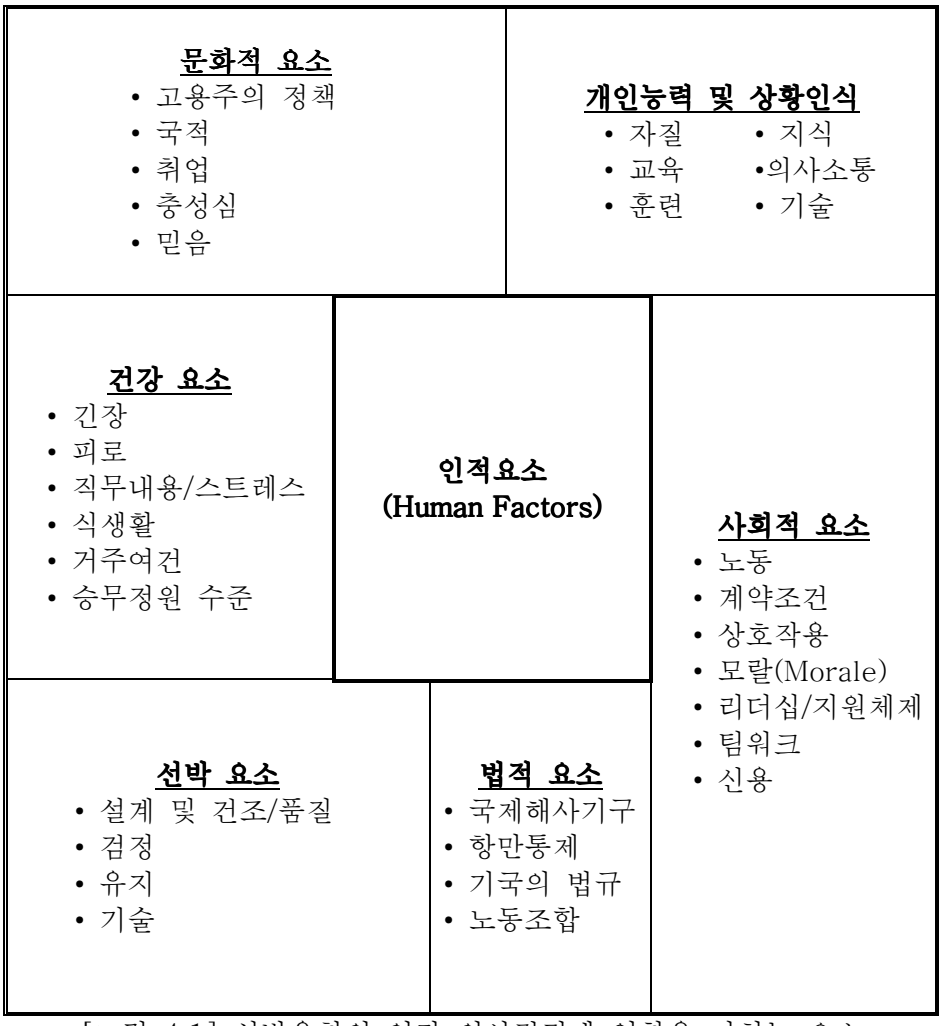
제 4 장 인적요소와 충돌사고

선박의 충돌사고의 원인은 인간과실로부터 절대적으로 기인한다고 알려져 있다. 따라서 선박충돌사고의 원인을 규명하는 절차는 인간과실의 원인을 규명하는 과정이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 결국 선박충돌사고의 원인을 분석하고 효과적인 처방을 내리기 위해서는 사고의 원인과 이에 관련된 인적요인의 건전한 이해를 요구한다.

선박운항에 있어서 인적요소에 대한 연구의 목적은 크게 두가지로 볼 수 있다. 첫번째는 인간과실 즉 운항과실로서, 업무의 피로, 스트레스를 줄이는 것과 관련되는 것으로, 사고방지에 초점을 맞추는 것이다. 두번째는 작업체계의 효율성을 제고하여 안전, 편리함, 직무만족을 통한 근무의 질을 향상시켜 궁극적으로 직무를 효율적으로 달성하고 직무의 만족을 통하여 자기발전을 꾀하는 것이다.

4.1 선박운항에서의 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 구분할 수 있으며, 이러한 요소들 중에서 인간의 의사결정에 영향을 주게 되는 요소들을 [그림 4.1]에서와 같이 세분화하고 있다.



[그림 4.1] 선박운항의 인간 의사결정에 영향을 미치는 요소

선박운항에 있어서 사고를 유발시키는 인적요소의 주요범주를 미국 연안경비대(USCG)의 Quality Action Team 의 “Prevention Through People(PTP)” 보고서에서는 인간과실에 관한 주요범주를 다음과 같은 다섯 분야로 분류하고 있다.

(1) 관리적 요소: 선내관리, 수로관리 및 조직의 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 피로문제를 실수의 일반적 요인으로 보고 있다.

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

(4) 지식 요소: 운항자 또는 도선사의 지식과 경험에 관한 것으로서 적절하지 못한 일반적 인 기술지식, 조종전반에 관한 지식의 부족 및 직무와 역할에 대한 책임의식의 부족등이 여기에 포함된다.

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

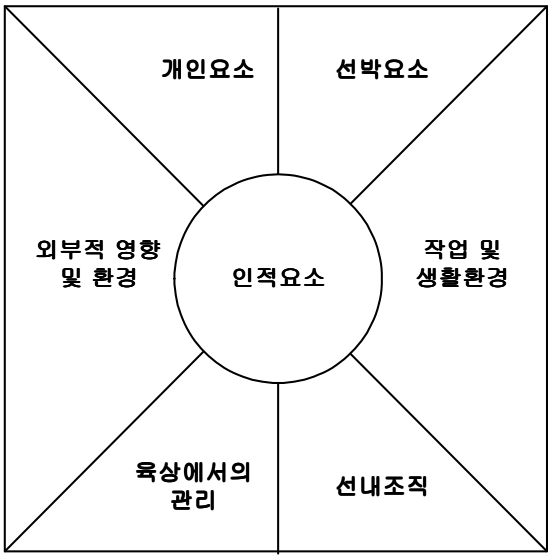
선박운항과 관련한 인적요소의 분류 또는 용어들에 관해서는 국제해사기구(IMO)의 해사안전위원회(MSC) 및 해양환경보전위원회(MEPC)에서 공동으로 1997 년 발행한 회람문서에서는 인적요소들을 크게 (1) 인간의 성능을 저하시키는 요소, (2) 해상 환경적 요소, (3) 안전행정 요소, (4) 관리적 요소 및 (5) 정신적 요소 등의 5 가지로 아래 <표 4.1>과 같이 분류하고 있다.

<표 4.1> 선박운항에 있어서 인적요소의 분류 및 제반내용

구 분	세부내용
(1) 인간성능 저하요소	감정, 고통, 화냄, 개인문제, 정신적 장애, 알코올, 약물, 부주의, 부상, 정신적 질병, 육체적 질병, 동기저하, 고의과실, 피로, 낮은 수준의 동시부여, 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, 의사소통의 부족, 선박운항에 관한 부적합한 지식, 규칙/규정에 관한 부적합한 지식, 절차/지침에 관한 부적합한 지식, 책임에 대한 인식의 부족, 부족한 언어능력
(4) 관리적 요소	원칙유지의 실패, 지휘의 잘못과 부적절한 감독, 부적합한 의사소통, 물적 자원의 잘못된 관리, 부적합한 승무정원, 적합한 인적자원의 미비, 잘못된 작업설계, 적합하지 못한 규정/정책/절차 또는 지침
(5) 정신적 요소	상황인식의 결핍, 지각능력의 결핍, 부정확한 인지, 부정확한 식별

이상과 같이 언급한 바와 같이 이러한 요인은 몇 가지 세부인자를 열거하므로 전체를 설명할 수도 없고 단지 예로써 들뿐이다. 선박의 운항에 있어서 특수성인 해양환경과 관련된 요인으로 분류하면 넓은 의미에서 해양사고와 관련된 인적요인은 다음의 여섯가지 요인으로 나눌 수 있다.

[그림 4.2]는 인간의 행동에 직접 또는 간접적으로 영향을 미치는 요소와 직무수행에 잠재적인 영향을 미치는 요소들을 보여주고 있다. 그림에 나타나는 주요 항목은 다음과 같은 요소들로 구성되어 있다.



[그림 4.2] 선박운항 및 해양사고의 인적요소 영역

1) 개인요소(People Factors)

- 능력, 기술, 지식(교육 및 훈련과 경험에서 얻은 것)
- 인성(정신적 상태, 감정의 상태)
- 육체적 조건(건강진단, 약물 및 알코올, 피로)
- 사고 발생 전의 활동
- 사고 발생 당시에 부여된 직무
- 사고 발생 당시의 실제 행동
- 태도

2) 선내조직(Organization on board)

- 직무 및 책임의 구분
- 승무원의 구성(국적, 자격)
- 승무정원의 수준
- 작업부하/직무의 복잡성
- 근무시간/휴식시간
- 절차 및 복무지침
- 의사소통(내부 및 외부)
- 선내 관리 및 감독
- 선내 교육훈련의 조직
- 자원관리를 포함한 팀워크
- 계획수립(항해, 화물, 장비)

3) 작업 및 생활환경(Working and Living Conditions)

- 자동화 수준
- 작업, 생활 및 휴식공간과 장비의 인체공학적 설계
- 생활여건의 적합성
- 휴식을 취할 수 있는 기회
- 식생활의 적합성
- 선체 운동, 진동, 발열의 수준

4) 선박요소(Ship Factor)

- 설계
- 정비 상태
- 장비(유용성, 신뢰성)
- 고박상태를 포함한 화물의 특성, 취급 및 관리

5) 육상에서의 관리(Shore Side Management)

- 고용정책
- 안전정책 및 문화
- 안전관리의 위탁
- 휴가기간의 계획수립
- 일반관리정책
- 항만 입출항계획의 수립
- 계약 및 업체 조건의 합의사항
- 직무의 할당
- 육상과 선박간의 통신

6) 외부적 영향 및 환경(External Influence and Environment)

- 기상 및 해상상태
- 항만 및 통항의 조건(선박통항관제, 도선사 등)

- 통항빈도
- 결빙상태
- 선주와 선원을 대표하는 조직
- 규정, 검사 및 점검(국제적, 국가, 항만, 선급 등)

4.2 인적요소 조사의 절차

다음의 <표 4.2>는 인적요소를 조사하는 단계별 시스템적 접근을 위한 절차로서 이 절차는 여러 종류의 인적요소 구조에 관한 이론들을 결합한 것이다. SHELL(Hawkins, 1987), Reason(1997)의 사고인과관계 및 GEMS(Generic Error Modeling System) 등이다.

<표 4.2> 해양사고 조사코드(조사단계)

제1단계	사고발생 관련 자료의 수집
제2단계	사고 전개 과정의 결정
제3단계	안전하지 못한 행위 및 의사결정과 안전하지 못한 조건등의 식별
안전하지 못한 행위 및 의사결정에 관한 조사	
제4단계	과실 또는 위반의 유형 식별
제5단계	이면에 숨어있는 요소들을 식별
제6단계	잠재적 안전에 관한 문제를 식별 및 안전조치의 개발

이 절차는 사고 및 사건 모두에 적용이 가능하며 <표 4.2>에서 보여지듯이 6 단계로 구성되어 있다. 3 단계에서 5 단계까지는 조사과정에서 매우 유익한

것으로 이는 숨어있는 안전하지 못한 조건들을 가지고 있기 때문이다. 제 6 단계, 즉 잠재적 안전에 관한 문제를 식별하는 것은 어떠한 요소가 숨어있는 요소로서 식별되는가에 관한 광범위한 내용을 담고 있는 것이다. 가끔 자연적으로 발생할 수 있는 사항의 결과가 안전하지 못한 조건이 될 수 있다. 그러한 때에는 조사자가 3 단계에서 6 단계로 바로 넘어갈 수 있다. 그러나 다른 경우에는 안전하지 못한 행위 또는 의사결정이 그 자체가 잘못을 저지르기 쉬운 안전하지 못한 조건으로 인하여 발생할 수 있으며, 그러한 경우에는 조사자는 3 단계에서 6 단계를 거쳐야 한다.

4.2.1 인적요소의 조사를 위한 IMO/ILO 절차

인적요소의 조사에 사용되는 단계적인 접근법을 제공하는 절차는 몇 개의 인적요소의 구조 - Rasmussen 의 실수의 해부, SHELL(Hawkins, 1987)와 Reason's(1990)의 사고원인과 일반적인 실수-모델링 시스템(GEMS; Generic Error-Modelling System)의 토대를 결합하고 적용한 것이다.

이러한 과정은 사고와 사건 모두에 적용 가능하며, 과정은 다음과 같이 6 단계로 구성되어 있다.

① 사고 데이터의 수집

② 사건의 순서를 결정

③ 안전하지 않은 행동(결정)과 안전하지 않은 조건을 확인

그리고 안전하지 않은 행동(결정)에 대해서는

④ 실책의 형태 혹은 위반을 확인

⑤ 문제의 요인들을 확인

⑥ 잠재적인 안전문제를 확인하고 그리고 안전한 행위를 개발한다.

① 단계 1 - 사고 정보의 수집

인적요소의 조사과정에서 첫번째 단계는 사고와 관계된 인력, 업무, 장비와 환경조건에 관한 업무관련 정보의 수집이다. 이 단계에 대한 체계적인 접근은 전체적인 분석이 가능한지 그리고 관련 사고와 관계된 정보를 수집하고, 조합하고 그리고 관리하는 논리적인 조건이 만나는지에 대한 것을 확인하는 데 결정적이다. 성분요소 사이에 수많은 상호관계가 있는, 복잡한 시스템에서는, 결정적인 정보가 조사과정 중에 간과되던지 혹은 분실될 수도 있다. 조사자의 작업환경 정보의 수집을 위한 조직적인 방법으로 SHELL 모델의 사용은 아래와 같은 이유로 다음 단계에서 발생가능한 문제의 직면을 피함에 있어서 유용하다.

ⅰ) 중요한 모든 작업 체계를 고려하기 때문에

ⅱ) 작업체계요소 사이의 상호관계의 고려를 고려하기 때문에

ⅲ) 중심에 있는 관련 종사자에 모든 주변요소를 연결하는 것에 의해서 인간성능에 영향을 미치는 요소에 초점을 맞춘다.

SHELL 모델에는 4 가지의 요소가 있다.

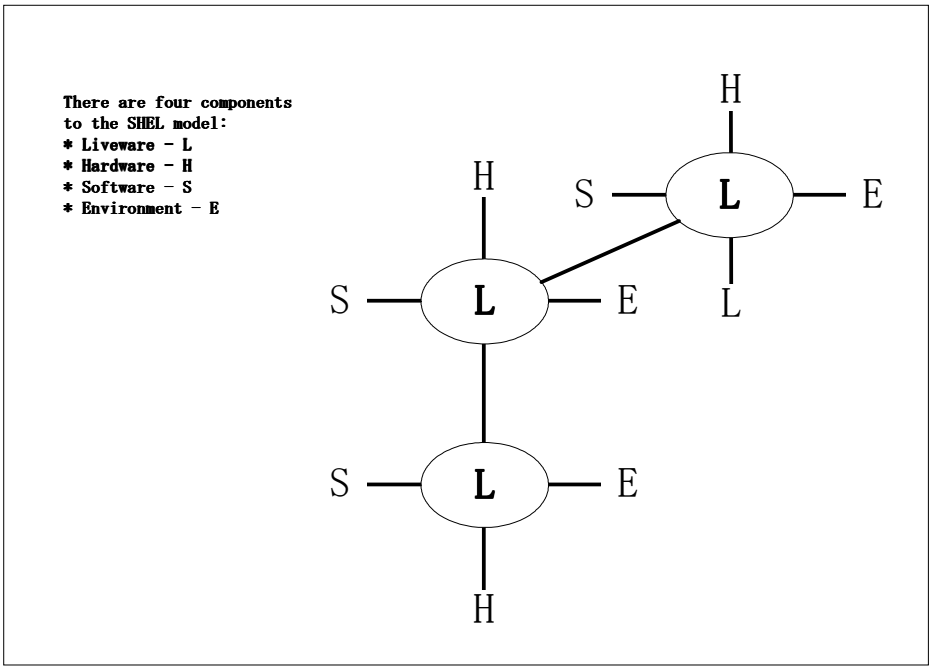
관련종사자(Liveware) - L

하드웨어(Hardware) - H

소프트웨어(Software) - S

환경(Environment) - E

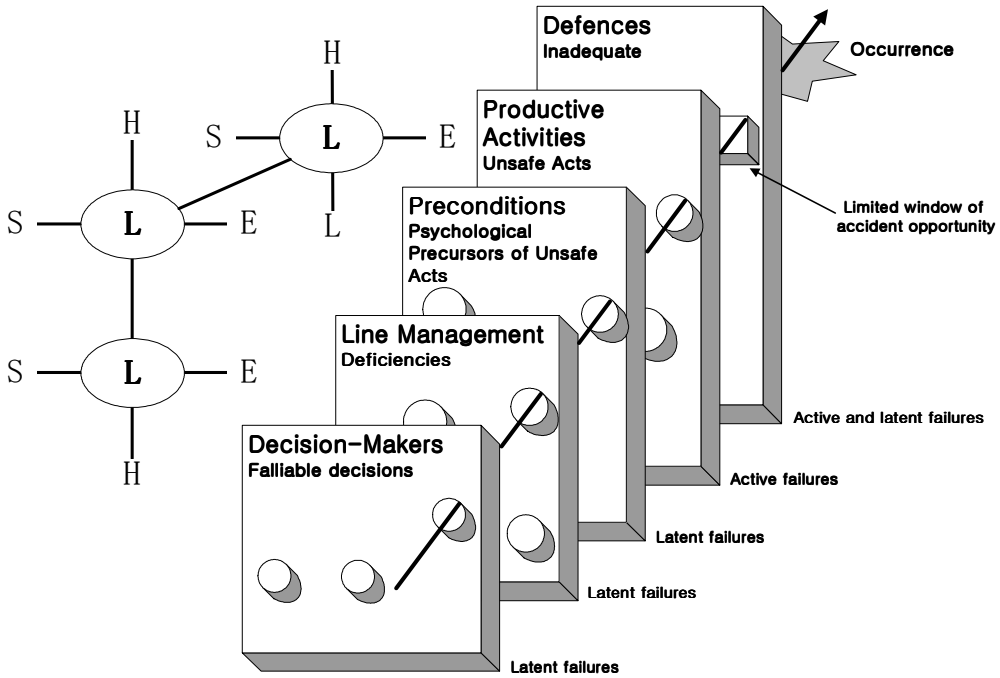
SHELL 모델은 4 가지 요소뿐만 아니라 관련종사자와의 다른 모든 요소들 사이에서의 관계 혹은 인터페이스를 그림으로 보여준다.



[그림 4.3] SHELL 모델

[그림 4.3]은 인터페이스의 조화 혹은 부조화 블록 그 자체의 특성만큼 중요하다는 사실을 보여주려 시도한 것으로, 잘못된 조화는 인적과실의 근원이고 그리고 부조화의 확인은 그림에서 안전성의 결함의 확인이다.

[그림 4.4]은 어떻게 이 모델이 다수의 관련 종사자, 하드웨어, 소프트웨어 그리고 환경요소가 존재하는 복잡한 시스템에 적용될 수 있는 가를 묘사한다.



[그림 4.4] SHELL과 Reason의 혼합모델

1) 관련종사자(Liveware; L) – 중앙요소

시스템에서 가장 가치가 있고 유연한 요소는 모델의 중앙에 위치한 인적요인인, 관련종사자이다. 각각의 사람은 그들의 육체적, 생리적, 심리학적 혹은 심리사회학적인 자신의 고유의 능력과 제한이 있다. 이러한 요소는 시스템의 운전 혹은 운전의 지원과 관련이 어떠한 사람에게도 적용된다. 고려대상인 사람은 4 가지의 다른 요소의 하나와 직접적으로 상호작용 한다. 사람과 각각의 상호작용, 혹은 인터페이스는 인적성능조사의 강력한 분야를 구성한다.

2) 관련종사자(Liveware; L) – 주변요소

주변의 관련 종사자는 관리, 감독, 선원의 상호작용과 통신과 같은 요소를 포함한 시스템의 인간-인간 상호작용에 대하여 언급한다.

3) 하드웨어(Hardware)

하드웨어는 수송시스템의 장비부분을 언급한다. 그것은 작업장, 표시장치, 제어, 시트 등의 설계를 포함한다.

4) 소프트웨어(Software)

소프트웨어는 조직정책, 절차, 매뉴얼, 검사목록 설계, 해도, 지도, 권고와 점진적으로 컴퓨터 프로그램을 포함한 시스템의 물리적이 아닌 부분을 포함한다.

5) 환경(Environment)

환경은 내부와 외부 기후, 온도, 시야, 진동, 소음과 다른 요소 사람들이 작동하고 있는 조건을 구성하는 다른 요인을 포함한다. 가끔 항공시스템이 동작하는 넓은 정치적 경제적 제한이 이 요소에 포함된다. 규칙적인 기후는 그의 기후가 통신, 결정을 내리는데, 통제, 그리고 협력에 영향을 미치는 것과 같은 환경의 한 부분이다.

② 단계 2 – 사고순서의 결정

조사자가 “어떻게 그리고 왜(how and why)” 의 질문에 접근하면서 과정의 첫번째 단계에서 확인된 데이터를 연결할 필요가 있다. 생산 프레임 워크를 사용한 사고원인에 대한 Reason’s(1990 년) 모델은 발발순서를 개발하는 지침으로서 조사자에 의해서 사용될 수 있다. 또한 Reason’s 모델은 SHEL 모델을 사용하여 수집한 작업시스템에 있는 정보의 더 나은 조합을 가능하게 하고, 더불어 인간의 능력에 대한 그들의 영향에 대해 증가된 이해를 촉진시킨다. 발발절차는 다음의 다섯가지 생산요소, 즉, 의사결정권자(Decision Makers), 라인관리(Line Management), 전제조건(Preconditions), 생산활동(Productive Actives), 방어(Defences)의 한가지 근처에 있는 발발사건과 환경에 대한 정보를 배열하므로 개발할 수 있다.

생산요소의 자체는 기본적으로 임시적인 개념으로 배열되어진다. 이 임시적인 관점은 사고나 사건으로 유도될 수 있는 사건과 환경이 시간에, 혹은 발발현장의 장소에 맞게 근접할 필요는 없다. 데이터의 순차적인 배열에 의하여 활동(active) 대 잠재(latent)요인에 대한 Reason’s(1990)의 개념이 도입된다.

활동요인(Active factor)은 사고의 발발로 이끄는 마지막 사건 혹은 환경이다. 이들의 영향은 그들이 시스템의 방어(즉, 작동하지 않는 경보장치) 혹은 생산적 활동의 현장(작업시스템의 관련 종사자, 소프트웨어와 하드웨어 요소의 연결된 체계)에 직접적으로 관련되어 있기 때문에 바로 일어나고, 간접적으로는 시스템의 방어의 침해로 일어난다.

잠재적인 요인(Latent Unsafe Failures)은 인적 그리고 조직적 레벨 모두에 존재한다. 그들은 주어진 작업시스템 내(모델의 사전조건요소를 의미함)에

존재하는 조건으로 제시되기도 한다. 잠재적인 요인은 부적당한 규칙, 부적당한 절차, 불충분한 훈련, 높은 작업 부담과 부당한 시간의 압력을 포함한다.

실질적으로 1 과 2 단계는 서로 배척될 수가 없다. 조사자가 정보의 수집단계를 시작하면 정보를, 가끔은 조사의 예비단계에 있는 조각으로 있음에도 불구하고, 사건 발발 순서를 개념으로 놓는 시도를 하는 것은 당연하다. 이러한 동시에 발생하는 활동을 촉진시키기 위하여 SHEL 과 Reason's 모델은 [그림 - SHEL 과 Reason 의 혼합모델]과 같이 결합되어진다.

③ 단계 3 - 불안정한 행동/결정과 조건의 확인

단계 3 에서 단계 5 까지는 GEMS 구조에 기초를 둔 것이다. 구조는 불안정한 행동/결정에서 행동 혹은

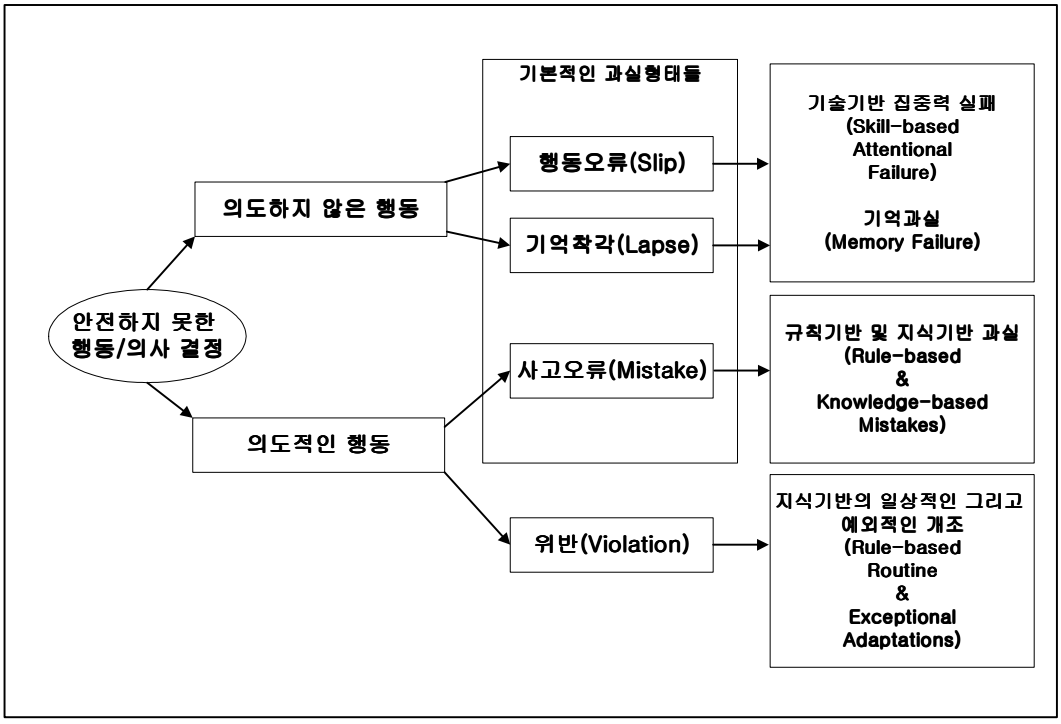
결정에 관하여 잘못된 것의 확인(단계 4)으로 인도하는 "경로(pathway)"를 제공하는 것이고 마지막으로는 행동개념(단계 5 에서 성능의 주어진 범위 내의 실수모델)내에 둔다. [그림 4.5]에서 보여주는 GEMS 구조는 발발한 사실을 가설적으로 재구성하도록 개척하는 데 유용하다. 단계 3 의 절차에서는, SHELL 과 Reason 의 모델을 토대로 수집되고 조직된 정보가 일어난 사건의 중심요소, 즉, 불안전한 행동/결정과 조건의 확인을 시작하기 위하여 사용된다. 불안전한 행동은 위험이 존재하는 가운데에서 혹은 심각한 불안전한 조건에서 시행된 실수 또는 위반으로 정의된다. 분명한 결과적인 행동이 없으나 안전에 대하여 부정적인 행동을 가져온 충격을 준 결정도 또한 불안전한 행동으로 간주되어야 한다. 불안전한 조건 혹은 위에서 언급된 장애는 불상사로 결과가

나타나게 돼는 잠재력을 가진 사건이나 환경이다. 그것에는 많은 잠재적인 불안전한 가능성을 가진 여러가지 행동, 조건과 혹은, 조건이 있을 수도 있다. SHELL 과 Reason 의 혼합모델은 그러한 반복된 평가를 시행하는 유용한 기초를 제공한다. 불안전한 행동, 결정 혹은 조건이 확인되어질때, 초점은 특정한 행동 혹은 조건의 발생을 결정하는 것으로 옮겨진다. 더 이상의 조사 혹은 분석은 초기에 확인된 우연의 요소에 선행하여 일어나는 다른 불안전한 행동/결정 혹은 조건을 밝힌다.

기술한 바와 같이 불안전한 행동, 결정 혹은 조건이 과정의 단계 1 과 2 를 거쳐서 확인되어질 수 있을 것이다. 사건으로 몰아대는 마지막의 불안전한 행동은 사건의 재구성을 위한 편리한 시작점을 제공한다. 이 마지막 행동 혹은 결정은 여러가지 다른 것과는 다르고 그것은 피할 수 없는 사고나 사건으로 만드는 마지막 행동 혹은 결정 - 초기사건의 주된 원인으로 인도하는 분명한 행동이나 결정으로 보여질 수가 있다. 비록 일반적으로 활동적인 실수일지라도, 마지막 불안전한 행동 혹은 결정은, 시스템의 고장으로 인도하는 결함이 있는 설계와 같은 잠재적인 불안전한 행동으로 내재되어 있다.

④ 단계 4 - 실수나 위반형태의 확인

이 과정의 부분, 즉 단계 4 는 “결과저으로 그것을 불안전하게 만드는 행동 혹은 결정에 관하여 무엇이 잘못되었고 틀린 것인가”를 묻는 단순한 질문으로 출발하는 것이다. 실수나 위반의 형태는 두가지 단계를 포함한다.



[그림 4.5] GEMS 구조

1) 의도하지 않은 혹은 의도한 행동

첫번째 이것은 실수나 위반이 의도하지 않은 혹은 의도한 것인가를 결정하는 것이다. “사람이 행동을 의도하였느냐?” 만약에 질문에 대한 대답이 “아니오” 라면 그것은 의도하지 않은 행동이다. 의도하지 않은 행동은 계획된 대로 하지 않는 행동이다; 집행에는 실수가 있다. 만약에 “사람이 행동을 의도하였느냐?” 질문에 대한 대답이 “예”라면, 그때에는 행동이 의도적이다. 의도적인 행동은 계획된 대로 시행되는 행동이나 행동이 부적절하면 그것에는 계획에 실수가 있다.

2) 실수의 형태와 위반

두번째 하위단계는 의도적인 결정을 염두에 두고, 가장 잘 실패를 묘사하는 실수의 형태나 위반의 선택이다. 그것에는 네가지의 잠재적인 실수/위반 범위가 있다. 즉, Slip, Lapse, Mistake and Violation.

저절로 하는 잘못(Slip)은 실수가 주의를 포함하는 의도하지 않은 행동이다. 이러한 것은 집행을 할 때 일어나는 실수이다.

착오(Lapse)는 실수가 기억력을 포함하는 의도하지 않은 행동이다. 이러한 것도 또한 집행을 할 때 일어나는 실수이다.

착각(Mistake)은 의도한 행동이나, 규칙이나 계획을 어기려고 행동한 고의성은 없다. 이러한 것은 계획을 할 때 일어나는 실수이다.

위반(Violation)은 규칙이나 계획이 만들어진 것에 대하여 고의적으로 어기려고 한 것으로 계획의 실수이다. 정기적인 위반이 사람들이 규칙적으로 수정하거나 혹은 정해진 작업의 절차를 무시함으로 인해서, 가끔은 잘못 설계되었거나 혹은 규정된 작업관행 때문에 일상적으로 일어난다.

⑤ 단계 5 – 내재된 요인의 확인

단계 4 와 5 에 수반된 분리된 행동의 지정은 조사자가 일어난 실수/위반과 그들을 유도하는 행위사이의 관계를 밝히려고 시도할 때 실질적으로 일어나는 항목에서 다소 임의적일 수 있다. 가장 간단하게, 행위는 결정과 행동 혹은 움직임으로 구성된다. 단계 3 에서, 행동 혹은 결정(즉 불안전한 행동 혹은

결정)이 확인되고. 단계 4 에서 그 행동 혹은 결정에 무엇이 잘못된 것인지가 밝혀진다. 단계 5 에서 초점은 개인이나 혹은 집단의 행동 혹은 결정의 뒤에 내재된 원인을 밝히는 것이다. 그렇게 하면, 만약에 주어진 실패 모드(그로 인한 실수/위반과 불안전한 행동)의 표현을 촉구할 수 있는 작업시스템에 어떤 요인이 있는 지 없는 지를 결정하는 것이 중요하다. 이러한 요인이 내재된 요인으로 불려진다. 이러한 요인은 단계 1 혹은 2 의 SHEL 또는 Reason 의 구조를 사용하여 수집되고 그리고 조합된 작업시스템의 정보를 검사함으로서 발견될 수 있다. 이러한 정보의 재조사는 발발사건의 더 이상의 조사를 시행하기 위하여 필요한 것으로 간주될 수 있는 이러한 조사 과정의 반복적인 특성을 다시 강조하는 것이다.

⑥ 단계 6 – 잠재적인 안전문제의 확인과 안전한 행동의 개발

잠재적인 안전문제의 확인은 광범위하게 어떠한 요인이 잠재적인 요인으로 확인되는가에 기초를 두고 있다. 다시 한번 이것은 연속적인 분석단계에 대한 기초를 설정하는 과정의 단계 1 과 2 에 대한 체계적인 접근의 응용의 중요성을 강조하는 것이다. 잠재적인 안전문제는 시스템의 관련문제를 확인하기 위하여 그리고 안전한 행동을 개발하기 위하여 향후 더 연구될 수 있다.

4.3 선박의 충돌사고

해양사고 중에서 선박의 충돌사고와 관련된 원인은 단순히 하나의 요인에 의한 것보다는 여러 요인이 복합적으로 상호작용을 일으켜서 결국 사고로 이어진다고

할 수 있다. 해양안전심판원에서 통계 분석한 과거 5 년간(1999 년~2003 년)의 국내에서 발생한 사고종류별 해양사고 원인현황에 관한 <표 2.6>에서와 같이 가장 많은 발생빈도를 보이는 것이 충돌사고이다. 그리고 이러한 사고들의 원인을 살펴보면 인적요소에 의한 운항과실이 가장 높은 사고의 원인으로 드러나고 있다.

4.3.1 선박충돌사고의 발생원인

선박의 충돌사고는 주로 선교에서의 항해 당직 근무과정에서 발생하는 사고이다. 과거 5 년간(1999 년~2003 년) 국내에서 발생한 해양사고의 종류별 현황을 분석해 보면 가장 많은 발생빈도를 보이는 것이 충돌사고(25.6%)이다. 또한 해양안전심판원의 국내 충돌사고의 현황분석을 보면 용도에서는 비어선과 어선의 충돌이 현저하게 드러나며 선박의 총 톤수별은 20~100 톤미만이 가장 많고 사고의 발생시간은 04 시~08 가 최다, 충돌 속도는 5knot~10knot 사이로, 이때 시정상태는 맑은 날씨가 대부분으로 나타남을 볼 수 있다.

선박의 충돌사고의 원인에 대하여 조사 기록을 보면 <표 4.1>와 같이 원인별 종류를 구분하고 있다. 운항과실, 취급불량 및 결함, 그리고 기타로 나누고 세부 원인별 종류로서 22 가지로 구분할 수 있다.

<표 4.1>에서 보여 주듯이 우리나라 선박의 충돌사고의 원인을 크게 세범주로 나누면 운항과실(96.4%), 기관의 취급결함(0.8%), 그리고 기타(2.8%)로 구분할

수 있다. 그 중에서 가장 많은 부분을 차지하는 것은 흔히들 말하는 해양사고의 대부분을 차지하는 인적요소에 의한 운항과실로서, 이를 세분하여 살펴보면 경계소홀(48.9%)이 가장 많은 부분을 차지하며 항행법규 위반(21.6%) 순서이며, 그 다음으로 조선 부적절(6.6%)로 나타났다.

<표 4.3> 충돌사고 현황분석(1999년~2003년, 재결분)

구 분	최대발생빈도(%)
선박용도	비어선과 어선(38.0%)
총 톤수별	20~100톤미만(25.4%)
시간별	04시~08시(25.8%)
충돌시 속도	5knot~10knot(35.7%)
시정상태	맑은 날씨(58.7%)

선박의 전체 충돌사고의 절반을 넘는 70.5%가 경계소홀과 항행법규위반으로 나타난 것은 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 이는 일반적으로 항해 당직자가 선박운항 시 - 선교에서 근무하는 동안 – 취하게 되는 인지(認知), 판단(判斷), 조작(操作)의 단계로 이루어지는 과정에서 인지부분의 소홀이 사고의 주요 원인이라는 의미이다.

어떠한 요소(배경 또는 유발요인)가 경계를 소홀하게 하였는지 또는 항행법규를 위반하게 하였는지에 대해서 그 이면에 있는 인간과실의 배경에 대하여 시스템적으로 접근하여 원인을 밝히고 이에 따른 근본적인 안전대책을 강구하지 않고서는 실절적인 선박충돌사고 발생의 감소를 기대하기 어렵다.

따라서 선박충돌사고 발생의 요소에 대한 중점적인 조사와 이 과정에서의 시스템적인 접근과 대응책 마련이 필요하다.

<표 4.4> 우리나라 선박충돌사고의 원인(재결분, 1999년~2003년)

(단위 : 건)

사고종류별 / 해양사고의 원인		충돌	구성비(%)
운항과실	출항준비 불량	2	0.2
	수로조사 불량	2	0.2
	침로의 선정 유지불량	13	1.1
	선위확인 소홀	1	0.1
	조선 부적절	78	6.6
	경계소홀	580	48.9
	황천대비, 대응불량	3	0.3
	묘박, 계류의 부적절	-	-
	항행법규 위반	256	21.6
	복부감독 소홀	-	-
	당직근무 태만	17	1.4
	선내작업 안전수칙 미준수	1	0.1
	기타	189	15.9
취급불량 및 결함	기관설비 취급불량	6	0.5
	화기취급불량, 전선노후, 전선단락	-	-
	선체/기관설비결함	4	0.3
기타	여객, 화물의 적재불량	-	-
	선박운항관리 부적절	3	0.3
	승무원 배승 부적절	4	0.3
	수로, 항만, 원조시설 등의 부적절	3	0.3
	이상한 기후, 해상에 의한 불가항력	2	0.2
	기타	22	1.9
	합 계	1,186	100

4.3.2 선박충돌사고와 인적요소

해양사고와 관련된 요소는 하드웨어적인 요소, 인적요소, 외부적인 요소 등으로 나누어 볼 수 있고 그 중에서도 특히 인적요소가 가장 많은 사고의 원인요소로 작용하고 있다는 것은 그동안의 사고의 원인분석의 결과를 통하여 나타나고 있다.

우리나라 선박충돌사고의 원인[<표 4.3>]를 살펴보면 인적요소가 선박의 충돌사고에 있어서 직접적, 간접적 그리고 사고의 확대진전요소로 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 따라서 충돌사고와 관련된 인적요소를 철저히 분석하고 그 대응책을 논함이 순서일 것이다.

선박충돌사고와 관련된 요소를 3 가지요소(하드웨어적인 요소, 인적요소, 외부적인 요소)로 분류하여 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<표 4.5> 충돌사고 관련 3가지 요소

구 분	내 용
하드웨어적 요소	선박의 고조, 설계, 추진력, 조종성능, 각종 항해장비, 통신장비, 안전 시스템 등 선박 자체적인 원인 등
인적요소	승무원의 자격, 능력, 각종 항법 및 안전관련 절차준수, 건강, 의사소통, 안전문화, 언어능력, 교육, 훈련, 지휘통제 능력(리더십), 직무에 대한 의욕 및 사기 등
외부적 요소	해역, 바람, 해상상태, 조류, 해류, 시정, 흘수제한, 속도제한, 항로, 통항분리대, 예인선 운용 등

그 중에서도 특히 인적요소가 가장 많은 사고의 원인요소로 작용하고 있다는 것은 수많은 사고의 원인 분석결과를 통하여 나타나고 있다. 또한 충돌사고에 대한 통계분석결과를 살펴보면 약 80%이상이 운항과실에 원인이 있다는 것을 알 수 있으며 조선부적절, 경계소홀, 항행법규위반 등과 같은 항해일반원칙 미준수 및 충돌관련법규위반에 관련된 인적요소가 충돌사고의 원인 중에서도 대부분을 차지하고 있는 것을 보면 충돌사고와 인적요소는 불가분의 관계가 있다는 것이 분명하다 감히 주장할 수 있다. 해양사고 중에서 선박의 충돌사고와 관련된 원인은 단순한 하나의 요인에 의한 것보다는 여러 요인이 복합적으로 상호작용을 일으켜서 결국 사고를 발생한다고 볼 수 있다.

4.4 충돌사고를 일으키는 구조적 문제

1) 선박운항의 특수성

선박 충돌사고의 48.9%가 경계소홀로 인하여 발생하였다. 여기서 경계란 항해 중인 선박이 자선에 접근하는 타 선박의 동정을 면밀히 관측하여 해양사고의 위험, 특히 충돌사고의 위험이 존재하는지 여부를 판단하여 대응하는 것을 의미하며, 관측 결과 사고의 위험을 감지하였을 경우에는 주변 상황을 종합적으로 고려하여 국제해상충돌예방규칙(COLREG)이나 해상교통안전법을 적용하여 가능한 조기에 가장 안전한 피항조치를 취하여야 한다.

그러므로 경계를 소홀히 하였다는 것은 당직 중 다른 일을 하고 있었거나 아니면 졸고 있었을 경우도 해당되겠으나, 실질적으로 조사에 따르면 그

이면에는 경계를 하고 있었으나 경계방법을 정확히 몰라 경계가 제대로 이루어지지 못한 경우가 대부분이다. 이러한 경우, 특히 야간과 악천후(강우, 짙은 안개)로 인하여 시계가 제한되어 레이더에 의존한 경계를 행할 때 빈번"히 발생한다. 일반적인 육상 교통수단에 비해 선박은 특정항로가 정해진 항내수역등 극히 제한된 구역을 제외하고는 모든 방향으로 제각각의 속도와 방향으로의 이동이 가능하므로 제한된 시계에서 주위 항행선들의 동정의 파악은 육상의 교통환경에 비해 비교할 수 없이 복잡하고 어렵다. 이를 해결하 위해 "레이더플로팅(Radar Plotting)' 이라는 특수기법의 선박운항술이 필요하다. 더욱이 짙은 안개나 폭우 폭설의 경우 또는 선박 통항량이 많은 해역에서는 필수적이다.

2) 제도적 메커니즘의 문제

앞서 기술한 바와 같이 해상교통환경의 특수성으로 인하여 모든 항해사에게 일정의 레이더 운용술을 요구하게 된다.

이와 같이 레이더에 의한 경계가 특수한 지식과 숙달을 요하고 이의 시행이 잘 이루어지지 않음으로 인하여 일정톤수의 중대형 선박에 대하여는 레이더플로팅을 자동적으로 실행시키는 ARPA(Automated Radar Plotting Aids: 자동레이더플로팅 장치)를 설치를 강제화 한다고 해서 모든 문제가 해결되는 것은 아니다. 왜냐하면 일정 수준의 레이더플로팅 능력을 갖추고 기존의 레이더로도 수동 플로팅 능력을 갖춘 상위의 항해사를 보유한 중대형 선박은 ARPA 를 탑재하면서, 소형 선박의 중하위급 항해사들은 경제적 비용의 부담을

이유로 설치가 의무화되어 있지 아니하여 소형선박의 충돌사고를 방치하는 안전관리의 사각지대로 남아있다. 우리나라의 소형선 충돌사고의 절대적인 원인의 시작이라고 할 수 있다.

제 5 장. 결론 및 제언

5.1 결론

이번 연구에서는 한정된 기간이지만 국내에서 발생한 해양사고에 대하여 통계분석을 행하였으며, 해양사고의 종류, 발생의 원인에 대하여 고찰하였다. 특히 해상에서의 선박의 운항에 있어서의 인적요소에 대하여 분류 구분하였다. 충돌사고에 있어서는 사고 발생의 주요 원인과 인적요소의 역할을 밝히는데 중점을 두었으며 충돌사고를 일으키는 구조적 문제에 대해서도 알아보았다.

이러한 분석에서 우리는 다음과 같은 몇가지 결론을 얻을 수 있었다.

1) 우리나라의 해양사고통계(1999 년~2003 년)로부터 해양사고의 발생현황을 분석한 결과 충돌사고의 빈도가 25.6%로 해양사고(충돌, 기관손상, 침몰, 접촉, 화재 및 폭발 등등) 중 가장 높았다. 해양안전심판원의 국내 충돌사고의 현황분석을 보면 선박의 용도별 충돌사고에서는 비어선과 어선의 충돌 38.0%로 현저하게 발생하며, 선박의 총 톤수별 사고 발생은 20~100 톤미만이 25.4%이며, 충돌사고의 최다 발생시간은 04 시~08 가 25.8%로 나타나며, 충돌시 속도는 5knot~10knot 가 35.7%이며, 이때 시정상태는 맑은 날씨가 58.7%로서 선박의 충돌사고는 소형선에서 특히 어선의 비중이 높았으며, 날씨는 악천후가 아닌 시야확보가 원만한 상태가 대부분을 나타냈다.

2) 선박의 해양사고, 특히 충돌사고에 있어서 기술이나 지식의 부족이라기 보다는 종사자들의 안전의식의 부족에서 비롯된 여러 가지 불안전한 직무수행의 태도에 원인이 있다고 보아도 무방할 것이다. 선박 충돌사고와 관련된 3 가지요소(하드웨어적인 요소, 인적요소, 외부적인 요소) 중에서, 인적요소가 사고발생으로의 가장 많은 원인요소로 작용하고 있다는 것은 수많은 사고의 원인 분석결과를 통하여 나타나고 있다. 선박의 충돌사고의 원인을 보면 경계소홀이 48.9%이며, 항행법규 위반이 21.6%로서 이는 인적요소(승무원의 자격, 능력, 각종 항법 및 안전관련 절차준수, 건강, 의사소통, 안전문화, 언어능력, 교육, 훈련, 지휘통제 능력(리더십), 직무에 대한 의욕 및 사기 등)와의 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

3) 해운분야에서의 인적요소와 인간과실에 대한 체계적인 연구가 아직 미흡한 실정이다. 국제해사기구(IMO)에서의 연구도 1990 년대에 비로소 시작되었고, 비교적 상당히 체계화되어 있는 원자력, 항공기 분야, 플랜트 설비 등에서 연구되어온 이론의 개념과 실행되고 있는 체계를 선박의 운항에 적용하기에는 선박 운항의 특수성 - 해양에서 선박의 항행 형태는 항상 일정하게 고정될 수가 없고, 상황 변화에 따라 항해를 하고, 자연조건과 육상의 상황에 따라 운항이 조절되어야 하는 – 으로 인하여 어려움이 있다.

아울러 이번 연구에서는 선박의 충돌사고에 국한하여 연구를 시행하였지만 충돌사고 이외의 모든 종류의 해양사고에 대하여 인간요소에 대한 연구가

실행되어야 할 것이다. 결국 이러한 노력이 우리나라의 해양사고 발생을 보다 실질적으로 줄일 수 있는 기반을 만들어 갈 것이다.

5.2 제언

대부분의 사고는 어느 한사람, 어느 한부분이 잘못되어 사고로 연결되는 것이 아니고 어떤 특정요소가 초기에 원인을 제공하였지만 그러한 원인이 있도록 만든 배경이 존재하며, 대부분의 경우에 하나의 원인이나 사고가 다른 과실과 연계되어 결국에는 사고로 귀착된다.

인간과실은 시스템의 어느 곳에 문제가 있었는지를 말해 주기는 하지만, 그러한 문제가 왜 발생하였는지를 알려주지 못한다.

사고가 발생하였을 때, “왜 사고가 발생하였느냐”는 과정분석보다는 “누가 사고를 일으켰느냐”로 귀착되는 사회적 분위기가 인적요소의 중요성을 반감시키고 있다고 할 수 있다. 이는 어느 곳에 문제가 있는지는 밝힐 수 있을지는 몰라도, 그러한 문제가 왜 발생하였는지를 알수가 없다. 해양사고가 발생하게 된 원인에 대한 과학적이고 객관적인 분석은 사고의 원인이 명확히 분석되어 유사사고의 재발 방지에 기여하고, 분석의 결과는 항행 환경의 개선이나 제도 개선을 위한 자료로서 재활용할 수 있다.

해양사고의 원인을 해결하기 위한 하나의 방법으로서 승무원에 대한 적절한 교육과 훈련을 강조하고 있다. 그러나 교육훈련은 인적요소의 한 부분에 지나지 않는다는 사실은 점차 분명해지고 있다.

인적요소를 개인의 실수나 인간의 한계적인 상황만을 고려한 협의의 접근방법으로는 해양사고의 발생을 줄이는데 한계가 있기 때문에, 인간 행동의 배경이 되는 사회적 환경 및 조직의 문제까지를 고려한 포괄적 인식과 다양한 견해에서의 접근이 필요하다고 할 수 있다. 승무원의 처벌로서는 해결할 수 없는 문제가 인적요인의 연구로 해결되어질 수 있다고 많은 연구자들이 주장하고 있다. 결국 사고방지에 근본적인 도움이 되지 못한다. 어떤 유형의 사고든 조사의 깊이를 깊게 가져가면 인간과실은 가장 최종적인 단계의 하나의 원인에 불과할 뿐, 그 배경에는 인간을 둘러싼 환경, 조직, 문화 등 근본적인 요소들을 발견해 낼 수 있다.

인적요소를 이해하기 위해서는 장비의 설계, 인간의 장비와 상호작용 및 승무원이 지켜야 하는 절차와 관리에 대한 연구와 분석이 이루어져야 한다.

따라서 인적요소를 개인의 과실이나 한계로 보는 협의의 접근방법으로는 해양사고의 발생을 줄이는데 한계가 있기에 인간 행동의 배경이 되는 사회적 환경 및 조직의 문제까지 고려한 광의적 접근과 포괄적인 인식으로의 변화가 요구된다. 결국은 이러한 인간의 행동의 배경이 되는 사회적 환경 및 조직의 문제까지를 고려한 포괄적인 인식과 다양한 접근 시도하는 노력이 인적요소의 해결의 시작이라 하겠다.

참고문헌(References)

[1] 권영섭・이행남, 살물화물선의 해난사고 특성, 海洋安全學會誌, 第 2 卷, 第 2 號, pp. 15~26, 1996. 7

[2] 양원재・전승환・금종수, 공식안전평가시스템에 의한 선박 충돌사고 위험성 평가에 관한 연구(Ⅰ), 海洋環境・安全學會誌, 第 7 卷, 第 3 號, pp. 61~74, 2001. 12

[3] 양찬수, 해양사고의 인자(因子)에 대해서 : 인적요소를 중심으로, 船舶海洋技術, 第 37 號, 2004 年 4 月, pp.99~110

[4] 중앙해양안전심판원, 해양사고에 기여한 인간과실 분석을 위한 국제 표준조사기법 도입에 관한 연구, 2003. 12

[5] 한국선급 및 한국해양대학교 공동연구, 선박의 충돌(접촉)・좌초 안전성 평가에의 공식안전평가(FSA) 적용에 관한 연구, 2002. 12

[6] 황병호・이종인, 船舶運航시스템에 있어서 人的要素(Human Factors)의 槪念에 관한 考察, 韓國航海學會誌, 第 23 卷, 第 4 號, 1999

[7] 해양수산부, 선박종사자의 안전관리능력 제고 방안에 관한 연구, 2001. 3

[8] 해양안전심판원(Korea Maritime Safety Tribunal), http://www.kmst.go.kr/statistics/s2003.shtml

[9] Joby C Anthony, “Safety Assessment of Fishing Vessel Collisions”, Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Graduate School of Chosun University, August 2005.

[10] MAIB, Bridge Watchkeeping Safety Study, July 2004

[11] Rachael P.E. Gordon, The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry, Reliability Engineering and System Safety 61 (1998) 95~108

[12] UK P&I CLUB, The Human Factor, A report on manning.