



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학박사 학위논문

해사안전규정 제정을 위한
안전성능기반 모델 개발에 관한 연구

**Development of Safety Performance-based Model for Holistic
Regulatory Formulation Framework of Maritime Safety
Regulations**



2017 년 2 월

한국해양대학교 대학원

운항시스템공학과

박 주 성

본 논문을 박주성의 공학박사 학위논문으로 인준함.

위원장 공학박사 예 병 덕 (인)

위원 공학박사 하 원 재 (인)

위원 공학박사 김 홍 태 (인)

위원 법학박사 박 한 선 (인)

위원 공학박사 박 진 수 (인)

2017년 2월

한국해양대학교 대학원



목 차

List of Tables	v
List of Figures	vii
약어표	ix
Abstract	xiii
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적	4
1.3 연구의 방법	5
제 2 장 안전규정의 목적 및 특성	9
2.1 해사안전규정의 종류	9
2.2 최소요건	11
2.3 해사안전규정의 상업적, 기술적, 전략적 의미	13
2.4 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건	15
2.5 최종기능에 대한 요건	16
2.6 안전규정의 시행 주체 및 대상	16
2.7 안전규정과 환경보호규정의 충돌	18
제 3 장 안전규정 제정 방법론	19
3.1 규범적 기준	19
3.2 리스크기반 접근법	20
3.2.1 리스크기반 설계 기준	21
3.2.2 리스크기반 승인 기준	22
3.2.3 리스크기반 운용기준	26
3.2.4 리스크기반 기준의 장단점 및 향후 과제	27
3.3 공식안전평가	30

3.3.1 배경 및 특징	30
3.3.2 평가 프로세스 및 쟁점	31
3.4 목표기반 기준	36
3.4.1 목표기반 선박건조기준	36
3.4.2 목표기반 기준 - 일반기준	38
3.4.3 목표기반 기준 - 안전수준접근법	39
제 4 장 안전규정 제정 시 주요 고려사항	47
4.1 위험요소의 파악 및 안전수준의 확보	47
4.2 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건	48
4.3 최종기능 중심의 요건과 다단계 설계 및 승인 요건	49
4.4 복잡한 시스템에 대한 새 안전요건	52
4.5 인적요인	53
4.5.1 인간공학의 적용분야	54
4.5.2 인적요인 반영 방법론	55
4.6 규정 영향평가	65
4.7 행정부담의 경감	68
제 5 장 해사안전규정에 대한 리스크 평가	71
5.1 목적, 평가절차 및 기초자료	72
5.1.1 목적	72
5.1.2 평가절차(리스크 평가 프로세스)	72
5.1.3 전문가 선정 및 워크숍 실시	73
5.1.4 기초자료 및 각 단계별 질문	74
5.2 각 단계별 리스크 평가 결과	83
5.2.1 위험요소의 식별	83
5.2.2 리스크 평가	91
5.2.3 리스크 제어방안	96
5.2.4 비용편익 분석	100
5.2.5 권고사항	109

제 6 장 해사안전규정 제정 모델	113
6.1 해사안전규정 제정 새 프레임워크 모델	113
6.1.1 해사 안전규정의 제정모델 구성도	113
6.1.2 새 해사 안전규정 제정모델에서 사용된 방법론들의 적용방법 ...	120
6.2 해사 안전규정 제정 프레임워크 모델을 이용한 SOLAS협약의 재 구성방안 ...	122
제 7 장 결론	131
참고문헌	137
부 록 1 SOLAS협약에 대한 리스크 평가를 위한 설문 및 자료	147
부 록 2 새 해사안전규정 제정 프레임워크의 업무흐름 및 단계별 검증항목 ...	169





List of Tables

Table 1 Example of system category for shipboard computer based systems	26
Table 2 Structure of SOLAS Convention	76
Table 3 Rule-making approaches used in SOLAS	78
Table 4 Main factors for rule-making process used in SOLAS	81
Table 5 List of regulatory hazards	84
Table 6 Definition of Severity Index(SI), Frequency Index(FI) and Risk Matrix	92
Table 7 Prioritised risks for consideration of RCOs	93
Table 8 Preliminary RCOs for expert examination	98
Table 9 List of proposed RCOs for each Risk	99
Table 10 Effectiveness of RCOs and Result of Risk Reduction	101
Table 11 Definition of Cost Index(CI)	105
Table 12 Cost-benefit analysis for RCOs	105
Table 13 RCOs Recommended for further consideration as regulatory process	110
Table 14 Application of methodologies employed in the New Regulatory Framework Model	121
Table 15 Example of areas(functions) for maritime safety Conventions	126
Table 16 List of regulations and rules to comply with functional requirements	128



List of Figures

Fig. 1 Flow Chart of the research	8
Fig. 2 BP shipping self-regulation model	12
Fig. 3 Use of Risk-based Approaches	21
Fig. 4 Flow of Alternative design	22
Fig. 5 Risk-based design and approval process	23
Fig. 6 Pyramid of safety hierarchy for ship equipment	25
Fig. 7 Flow chart of the FSA methodology	32
Fig. 8 Deterministic Goal-based Standards	36
Fig. 9 Goal-based Standards framework	39
Fig. 10 GBS-SLA framework	42
Fig. 11 IMO regulatory process using GBS-SLA	43
Fig. 12 Human Element Analysing Process flow chart	57
Fig. 13 New Regulatory Development Framework Model for Maritime Safety Regulations	114
Fig. 14 Flow of restructuring of SOLAS Convention	123
Fig. 15 Example of safety areas to be covered by SOLAS	124



약어 표

- ALARP** As Low As Reasonably Practicable 실용합리적 최소화
- ASTM** American Society for Testing and Materials 미국 재료시험학회
- ATOMOS** Advanced Technology to Optimize Maritime Operational Safety
- CCF** Common Cause Failure
- CI** Cost Index 비용지수
- COLEG** Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 국제해상충돌방지규칙
- CBA** Cost Benefit Analysis 비용 편익분석
- ECDIS** Electronic Chart Display and Information System 전자해도표시 및 정보장치
- ETA** Event Tree Analysis 사건수목 분석
- EU** European Union 유럽연합
- FHA** Functional Hazard Assessment 기능적 위험평가
- FMEA** Failure Mode Effect Analysis 고장모우드 분석
- FI** Frequency Index
- FSA** Formal Safety Assessment 공식안전평가
- FSC** Flag State Control 기국통제
- FSS Code** Code for the Fire Safety Systems
- FTA** Fault Tree Analysis 고장수목 분석
- GBS Goal-Based Standards** 목표기반 기준
- GISIS** Global Integrated Shipping Information System 국제통합해운정보시스템
- HAZID Hazard identification** 위험요소 식별

HAZOP Hazard and Operability Study

HCD Human Centred Design

HEAP Human Element Analysing Process

HEART Human Error Assessment and Reduction Technique

HEP Human Error Probability

HoF Human and Organizational Factors

HRA Human Reliability Analysis 인적신뢰성분석

HSC Code High Speed Craft Code

HTA Hierarchical Task Analysis

IA Impact Assesment 영향평가

IAIA International Association of Impact Assessment 국제영향평가연합회

IACS International Association of Classification Societies 국제선급연합회

IMO International Maritime Organization 국제해사기구

ISM Code International Safety Management Code 국제안전관리 코드

ISO International Standardization Organization 국제표준화기구

IEC International Electromagnetic Committee 국제전기위원회

KPI Key Performance Indicator

ICLL International Convention on Load Lines 국제 만재흘수선 협약

LSA Code Life-saving Appliance Code

MARPOL International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
국제해양오염방지협약

MSC Maritime Safety Committee 해사안전위원회

MEPC Marine Environment Protection Committee 해양환경보존위원회

OPA 90 Oil Pollution Act 90 90 미국 유류오염방지법

P&I Protection and Indemnity

PSC Port State Control 항만국통제

PSSA Preliminary System Safety Assessment 초기 시스템안전평가

RBA Risk-based Approach 리스크기반 접근법

RBD Risk-based design 리스크기반 설계

RBA Risk-based Approval 리스크기반 승인

RCM Risk Control Measures 리스크제어방법

RCO Risk Control Options 리스크제어방안

RCT Risk Contribution Tree 리스크 기여수

RIA Regulatory Impact Assessment 규정영향평가

RRI Risk Reduction Index 리스크 감소지수

SADR Structured Approach for Development of Regulations

SAR Search and Rescue 수색 및 구조

SI Severity Index

SLA Safety Level Approach 안전수준접근법

SOLAS International Convention on Safety of Life at Sea 국제해상인명안전
협약

SQA Software Quality Assurance 소프트웨어 품질보증

STCW International Convention on Standards of Training, Certification and
Watchkeeping for Seafarers 국제 훈련, 증서발급 및 당직에 관한 협약

SWIFT What-If Analysis

THERP Technique for Human Error Rate Prediction

WMU World Maritime University 세계해사대학



Development of Safety Performance-based Model for Holistic Regulatory Formulation Framework of Maritime Safety Regulations

Park, Joo Sung

Department of Ship Operation Systems Engineering
Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

Abstract

The objectives of safety regulations are to identify the relevant risks in the subject areas and establish proper safety measures in order to maintain such risks at acceptable levels. In this regard, maritime safety regulations such as SOLAS and Load Line Conventions have played a key role in achieving such objectives. However, the SOLAS Convention, for example, as the representative maritime safety regulation has been numerously amended and expanded so far resulting in non-systematic and irrational distribution of safety requirements over different Chapters, Codes and Resolutions according to safety subjects and ship types, etc. In addition, the SOLAS Convention has maintained the regulations largely in its prescriptive form and thus making it overly prescriptive and resulting in lack of justification and transparency. Also, the current regulations in many cases do not properly and timely reflect the technical advances and changing environments in the maritime sector. Due to these reasons, the

development and the implementation of the requirements of the Convention has become increasingly difficult and, therefore, it is considered high time that a new holistic and system-based regulatory framework for the formulation of safety regulations need to be developed and adopted to make the maritime safety regulations more transparent and sustainable and effectively implementable.

In order to devise a feasible regulatory framework model, this study firstly reviewed the characteristics of safety regulations such as the concept of minimum requirement, the implications of safety regulations in terms of strategic, commercial and technical aspect, correlation between the hardware requirements and operational measures, possible conflict between safety requirements and environment protection requirements. The review aimed to identify the issues that need to be bear in mind when devising the rule making framework model in order to make it most effective in the development and implementation of the safety regulations.

As a second step, various regulatory processes currently being used in IMO as well as the engineering analysis methodologies being used in the safety critical industry sectors were investigated and analysed for possible adoption as a rule making process. The more advanced rule making processes than prescriptive regulations such as Formal Safety Assessment(FSA), risk-based regulations, Goal-based standards, etc. were closely examined including their merits, demerits, applicable areas, limitations and co-relations among themselves. The review aimed to identify appropriate rule making methodologies that are to be included in a future regulatory framework model.

Thirdly, the major factors that need to be considered in the process of rule making were further reviewed and analysed. The issues of importance to be

considered during regulatory process include identification of hazards (and risks) involved and required safety level, balance between hardware and operational requirements, multi-stage approval concept in contrast to final stage approval, new safety concerns on cyber enabled shipboard complex systems, consideration of human element, regulatory impact assessment and measures to reduce the administrative burdens. For some factors identified such as human element and shipboard complex cyber systems, the possible ways to incorporate these factors into the safety regulations were also devised and proposed by linking them with available regulatory processes that were investigated during the second stage.

In this study, the risk assessment on the current maritime safety regulations was conducted, taking the SOLAS Convention as an example object of the assessment. The assessment of regulatory risk followed the procedures of FSA. In each step of the FSA process, the group of experts comprising of 15 people having experiences more than 10 years in the fields of ship operation, regulatory process, approvals, risk analysis, human element, etc. participated in the technical workshops. The various regulatory processes and the major factors that are to be considered during the process as were identified during the second and third stage respectively were used as base material for the technical workshops. The group also reviewed the status of current SOLAS Convention in terms of distributions of different regulations, regulatory methodologies employed and major factors reflected in the regulations. As a result of this risk assessment, the expert group were able to identify regulatory hazards of SOLAS and associated effects and control measures for such risks. Cost-benefit analysis were carried out for each risk control option. Through this process, it was confirmed that the regulatory processes as risk control measures utilizing more advanced methodologies such as risk-based approaches and goal-based approaches were very effective in removing or reducing the risks that are found in the current SOLAS. The list of 21 risk control options (RCOs) were finally

recommended for further consideration as regulatory processes.

As a final step, based on the RCOs recommended from the risk assessment, a new framework model “Safety Performance-Based Model as the Holistic Regulatory Formulation Framework for Maritime Safety Regulations” was devised and proposed. As schematically outlined in Fig.13 of Chapter 6, the new regulatory framework model basically employs three Goal-Based methodologies for the application selectively as rule making processes in general. In addition, the model employs “GBS – Principle-Based methodology” developed for the rule formulation of complex shipboard equipment, systems and software programme in lieu of other three GBS methodologies. This process can be substituted by “GBS – Simplified Risk-Based Approach” for such equipment and systems. The five approaches used in the model are all five-tier-structured performance-based standards, compliances of which are to be confirmed on the principle of safety performance equivalency in contrast to technical equivalency as in the case of prescriptive regulations. The flow of work, applicable tools and checklist that are to be used in each step of the respective process employed in the new framework model were also developed to facilitate the practical application of the model as provided in Table 14 of Chapter 6 and Appendix 2.

In addition, as an example application of the new model, the ways for restructuring of the current SOLAS Convention were developed and proposed. The proposal contains 9 steps to take from the identification of areas to be covered by the Convention to the monitoring and revision of goals, functional requirements and regulations(Fig. 14).

Finally, Chapter 7 summarized findings and conclusions from this study and

anticipated difficulties in realizing the proposed framework model and further studies that are considered necessary. In the absence of a comprehensive report dealing with the formulation of maritime safety regulations, it is hoped and expected that the result of this study can be used as a useful tool for the regulators in IMO and national maritime safety Administrations, class rule developers, etc. in setting a sound, robust and transparent maritime regulatory regime.

KEY WORDS : Alternative Design and Approval, Complex Systems, Cost Benefit Analysis, Formal Safety Assessment, Functional Requirements, Goal-based Standards, Human Element, IMO, Maritime Safety Regulations, Performance-Based, Prescriptive Regulations, Regulatory Framework, Risk-based Approach, Risk Control Option, Safety Level Approach, Software Quality Assurance, SOLAS





제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경

선박은 각종 기기들이 얽혀있는 거대한 공장과도 같은 선원들의 작업장인 동시에 선원들의 거주공간이 되는 독특한 구조물이다. 이 구조물은 특히 고정된 것이 아니고 물에 떠있기 때문에 물에서의 운동이나 외부의 환경적 조건에 매우 민감하다. 또한 그 구조물 안에 설치된 기기나 설비들은 운용기준들이 각각 다르며 갈수록 복잡해지고 상호 통합적인 시스템으로 급속하게 발전되고 있다.

이러한 특성을 갖는 선박의 안전 분야를 다루는 국제해사기구(International Maritime Organization: IMO) 협약에는 국제해상인명안전협약(International Convention on Safety of Life at Sea: SOLAS)¹⁾, 국제만재흘수선협약(International Convention on Load Lines: ICLL), 국제해상충돌방지규칙(International Regulations for Preventing Collisions at Sea: COLREG), 선원의 훈련·자격증명 및 당직근무 기준에 관한 협약(International Convention on Standards of Training and Watchkeeping for Seafarers: STCW) 등이 있다. 이 중에서도 SOLAS협약은 선박의 구조, 구획 및 복원성, 소화, 구명, 항해통신 설비, 안전경영시스템, 보안 등 선박의 안전에 관한 가장 포괄적인 규정들을 담고 있는 협약이다. SOLAS협약은 타이타닉(Titanic)호 사고의 후속조치로 1914년 최초 제정되어 몇 번의

1) 이 연구에서 협약이라 함은 해당 협약의 본문 뿐 아니라 본문에서 강제화 시킨 각종 코드(CODE) 및 비 강제 형식으로 연결된 결의서(Resolution), 회람(Circular) 등을 포함한다.

개정을 거친 후 1974년에 목시수락 절차를 담은 현재 형태의 SOLAS협약이 되었으며, 지난 반세기에 걸쳐 해운산업에서의 안전성과를 현저하게 개선시킨 IMO의 주요 규정 중의 하나임은 자명한 일이다. SOLAS협약은 선박의 건조, 설비 및 운항에 관한 기준을 담고 있으며, 지난 40년 동안 수많은 개정을 거쳐서 지금은 14개의 장에 이르는 본문과 부속 코드, 결의서 등으로 되어있다. 이는 대부분 대형 해양사고에 대한 후속조치 성격의 개정으로 추가된 것들이다. 따라서 1914년에 최초로 제정되어 100년이 넘는 현행 SOLAS협약은 주제별 요건이 여러 장에 걸쳐서 혼재되어 있어서 이해가 어려울 뿐 아니라 그 확장성이 한계에 이르고 있다. SOLAS협약은 기존의 규범적 기술 형식의 규정을 오랜 동안 그대로 유지하고 있어서 너무 서술적이다. 또한, SOLAS협약의 규정들이 최종적으로 확정되기까지의 과정이 투명하지 않으며, 규정들이 해상 운송수단의 기술적 진보와 혁신 등 변화된 상황을 적절하게 반영하지 못하고 있는 경우가 있다. 따라서 현행 SOLAS협약의 규정이 해운산업계의 현실을 적절히 반영하고 있는지를 포괄적으로 검토하고, 새로운 형태의 보다 합리적이고 지속가능하고 투명한 뿐 아니라 시행이 용이한 협약으로의 진화를 시도할 시점에 이르렀다고 보여진다(IMO, 2013e).

이러한 진화를 위해서는 SOLAS협약으로 대표되는 해사안전규정의 합리적 제정을 위한 새로운 규정제정 모델의 개발을 고려할 수 있을 것이며, 이를 위해 우선 안전 규정의 특성을 이해하고 그 제정방식 즉 규정제정 프로세스에 대한 연구를 할 필요가 있다.

IMO에서는 규정제정 시, 보다 합리적인 의사결정을 위하여 공식안전평가(Formal Safety Assessment: FSA)의 수행결과를 일부분 이용하여 왔다. 이는 그동안 주로 해양사고 후 그 후속 조치의 일환으로 시행하여 오던 기존의 규범적 규정(prescriptive regulations)의 제정 방식에 비해서는 매우 진보된 규정제정 방법론이나, 시간 지연과 전문가 부족 등의 이유로

활발하게 활용되고 있지는 않고 있다. 또한 최근에는 오프쇼어 분야 등에서 리스크 분석을 위한 엔지니어링 도구로 사용되어 오던 리스크 기반 접근법(Risk-based approach: RBA)을 특정 안전 분야에 리스크 기반 규정으로 도입한 사례가 제한적으로 있다.

IMO가 규정을 제정하기 위한 규정(rules for rules)을 본격적으로 논의하기 시작한 것은 2003년도에 산적운반선 및 유조선의 건조에 적용하기 위한 목표기반 기준(Goal-based Standards: GBS)의 개발을 시작하면서 부터이다. 그러나 2010년에야 완성된 이 기준도 시간제약 상 원래의 GBS의 취지를 충분히 살리지 못한 불완전한 상태로 마무리 되었으며, 현재는 좀 더 발전된 형태의 리스크기반 GBS를 마련하는 작업을 하고 있다.

인적요인을 고려한 규정의 수립과 같은 해사 안전기준의 제정 시 고려하여야 할 주요한 사항들과 이들을 고려하기 위한 방법론들에 대하여도 부분적인 시도나 관련규정의 도입은 있었으나 보편화된 도구로 IMO가 사용하고 있지는 않다.

이상과 같은 선행연구와 국제기구에서의 동향을 볼 때 지금까지 해사안전규정의 합리적 제정을 위한 몇 가지의 방법론의 연구와 시도가 있었으나 이는 제한적이며 아직까지도 체계적이고 포괄적인 규정제정 시스템과 관련 시행 도구들이 정비되지 않은 실정이다.

따라서 이 연구에서는 선박의 안전에 대한 특정 분야의 규정 제정방법에 대한 연구가 아니라 선박의 안전에 대한 종합적 접근(holistic approach)을 통하여 현행 안전규정의 진화, 그 제정 및 기술 방식, 특징 및 한계 점 등을 분석하고자 하였다. 나아가 선박 건조기술의 발전과 그 운용 현실의 변화를 능동적으로 반영하여 선박안전을 보다 효과적으로 담보하기 위해 필요한 향후의 해사안전 규정의 제정을 위한 프레임워크 모델

을 제시하고자 하였다.

추가적으로, 이러한 모델을 이용한 사례적용을 통해 현행 SOLAS협약의 합리적인 개선 및 발전 방향에 대한 구성방안을 제시하였으며 이 모델의 적용가능성을 입증하였다.

1.2 연구의 목적

해사안전 규정을 제정하는 목적은 해상에서의 인명의 안전과 환경보호를 위한 것이다. 이러한 규정은 제정과정에서 합리적이어야 하고 투명하여야 한다. 각 안전규정에는 목적이 분명하게 나타나야 하고 그 세부규정은 이 목적을 충족하기에 합당한 수준이어야 한다.

이와 같은 관점에서 볼 때, 그동안 제정된 안전규정은 제정과정에서 비합리적이고 투명하지 못하며, 사용자들이 이해하기 쉬운 방식으로 기술되지 않았다. 이로 인하여 규정제정에 많은 논란을 야기하고, 효율적 시행을 어렵게 하고 있다. 이로 인하여, 결국은 선박과 선원의 안전을 저해할 뿐 아니라 정부나 선사 및 기타 해사분야 관련자들에게 많은 행정적, 재정적 부담을 초래하게 하고 있다.

따라서, 이 연구에서는 규정 제정과정에서 보다 과학적이고 합리적이면서 투명한 프로세스를 사용하도록 방향을 제시하며, 미래의 해사안전 규정이 반드시 포함하여야 할 요건들을 식별하고, 이것들을 어떻게 규정에 반영할 것인가에 대한 방안을 제안하고자 한다. 이를 통하여 향후 해사안전 규정이 지속가능하고 합리적이면서 사용이 편리하고 포괄적인 규정으로 제정되도록 하기 위한 새로운 규정 제정 프레임워크 모델을 제안함으로써, 보다 효과적인 해사안전의 확보에 기여하고자 한다.

이 안전규정 제정 방법론으로 제안된 프레임워크 모델은 우선 IMO의 규정 제정자는 물론 기타 안전규정 제정자들이 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 특히, IMO 회의 참가자들은 지침으로 활용 할 수 있을 것이고, 각 국가의 선박안전관련 법령 제정자들이나 선급, 국제표준 기구 등 해사분야 안전규정 제정자들은 선박안전법, 선급규칙, 산업표준 등을 제정할 때 유용한 도구 및 자료로 활용 할 수 있을 것이다.

또한, 이 연구 결과는 현행 SOLAS협약의 전면 개편이나 선급규칙의 전반적인 검토 및 개정에 사용할 수 있는 방법론과 방향을 제시할 수 있을 것이다.

1.3 연구의 방법

이 연구의 목적은 해사안전규정이 지속가능하고 합리적이며 사용이 편리하고 필요한 안전 분야를 포괄적으로 다루어지도록 하여 안전규정을 통해 보다 효과적인 해사안전을 확보하고 관련자들의 안전규정 시행 상 행정적, 재정적 부담을 줄이는 효율적인 안전규정이 되도록 하는 것이다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 현행 해사안전규정의 문제점과 한계, 그리고 이에 연루된 규정적 리스크를 조사, 분석하였다. 이렇게 분석된 리스크를 줄이거나 제거하기 위하여, 현재까지 규정 개발 분야나 엔지니어링 분야에서 개발 또는 사용되고 있는 방법론 중에서 규정제정 방법론으로 사용 가능한 기법들을 조사, 분석하였다. 나아가 포괄적인 규정을 수립하는데 고려해야할 필수적인 요소들을 분석하고, 이들을 규정제정 시 반영하기 위한 도구들을 고안함으로써 새로운 규정제정 프레임워크 모델을 제안하였다. 이 논문에서 사용한 위와 같은 연구방법은 주요내용은 다음과 같다.

2장에서는 해사 안전규정의 접합한 수립과 개선방안의 강구를 위해 먼저 안전규정의 목적과 특성에 대한 조사를 실시하였다. 안전규정의 전략적 의미와 종류, 제정 메커니즘과 의사결정과정, 시행 대상 및 주체 등을 알아봄으로서 안전규정에 대한 이해를 높이고자 하였다. 이를 통하여 안전규정의 개선 및 제정 방법 고려 시 효과적인 제정 및 시행을 위해 염두에 두어야 할 요소들을 파악하고자 하였다.

3장에서는 지금까지 IMO에서 안전규정 제정에 사용되고 있는 규범적 기준을 비롯한 여러 가지 방법론들과 산업계에서 규정제정이나 엔지니어링 업무에 사용되는 기법들 중 규정제정에 응용 가능한 것들을 조사 분석하였다. 또한, 이러한 방법론들의 장단점, 한계 및 적용가능 분야, 상호연계성 등을 논하였다. 특히, 규범적 기준에 비해 보다 진보적인 리스크 기반이나 목표기반과 같은 규정을 제정하는 방법론들을 주로 다루었다. 이러한 연구는 새로운 규정제정 프레임워크를 고려할 때 어떠한 방법론들을 어떻게 사용 할 것인가에 대한 토대를 제공하고자 하는 목적을 염두에 두고 수행하였다.

이러한 규정제정방법론의 연구와 병행하여 4장에서는 안전협약의 제정시 고려하여야 할 주요사항들을 조사 분석하였다. 또한 이러한 주요 고려사항들을 규정에 반영하는 방법(tool)들을 조사하였다. 이 때, 인적요인이나 복잡한 시스템(complex system) 등과 같은 사항을 규정에 반영하는 방법은 제 3장에서 연구된 규정제정 방법론들의 틀과 접목시켜서 고안하였다.

5장에서는 현행 SOLAS협약을 샘플로 하여 해사안전협약에 대한 리스크 평가(문제점의 식별, 해결방안의 제시 및 효과의 분석, 최종 해결방안의 권고)를 시행하였다. 이 리스크 평가는 규정제정의 주요 도구 중의 하나인 FSA 절차에 따라 수행되었다. 이 리스크 평가는 해사분야 경력 10년

이상의 각 분야 전문가 15명의 5회에 걸친 기술 워크숍을 통해 이루어졌다. 현행 SOLAS협약의 편제 등 각종 현황 분석 자료와 3장 및 4장에서 연구된 규정제정방법론들과 주요고려사항들이 이 기술 워크숍의 기초자료로 활용되었다. 이 리스크 평가를 통해 먼저 규정적 위험을 파악(Hazard Identification: HAZID)하였고, 나아가 규정적 리스크를 분석하고 리스크제어 방안(Risk Control Option: RCO)들을 제안하였으며, 각 RCO에 대한 비용 편익 분석을 거쳐 최종적인 RCO를 선별하여 그 사용을 권고하였다.

제6장에서는 현행 해사안전협약에 대한 리스크 평가를 통해 권고된 RCO들을 이용하여 새로운 해사안전규정제정 모델을 개발하였다. 이 안전 규정 제정 모델은 안전성능기반²⁾ 프레임워크 모델(Safety Performance-based Regulatory Development Framework Model for Maritime Safety Regulations)이다. 또한 이러한 프레임워크 모델을 적용한 사례 연구로서 SOLAS협약의 재구성 방안을 제시하였다. 추가적으로, 이러한 새 규정제정 모델에 사용된 방법론들의 실질적인 적용을 위한 업무흐름 및 각 단계별 적용 도구, 검증항목들을 개발하여 부록에 나타내었다.

제 7장에서는 이 연구에서 도출된 결론 및 향후 추가 과제 등에 대하여 기술하였다.

본 연구의 방법을 흐름도로 나타내면 Fig.1과 같다

2) 성능기반 기준: 규범적(prescriptive) 규정은 “기술적 동가성(technical equivalency)”으로 안전목표의 만족여부를 평가한다(이때, 목표는 “어떻게 만족하느냐” 즉, 특정 기술적 솔루션을 기술한다). 반면, 성능기반 기준은 “안전수준의 동가성”(safety performance(level) equivalency)으로 요건의 만족여부를 결정하도록 규정한다(목표는 “무엇을 달성 할 것인가”를 기술한다.) 목표기반기준, 리스크 기반 기준 등이 성능기반기준에 해당한다.

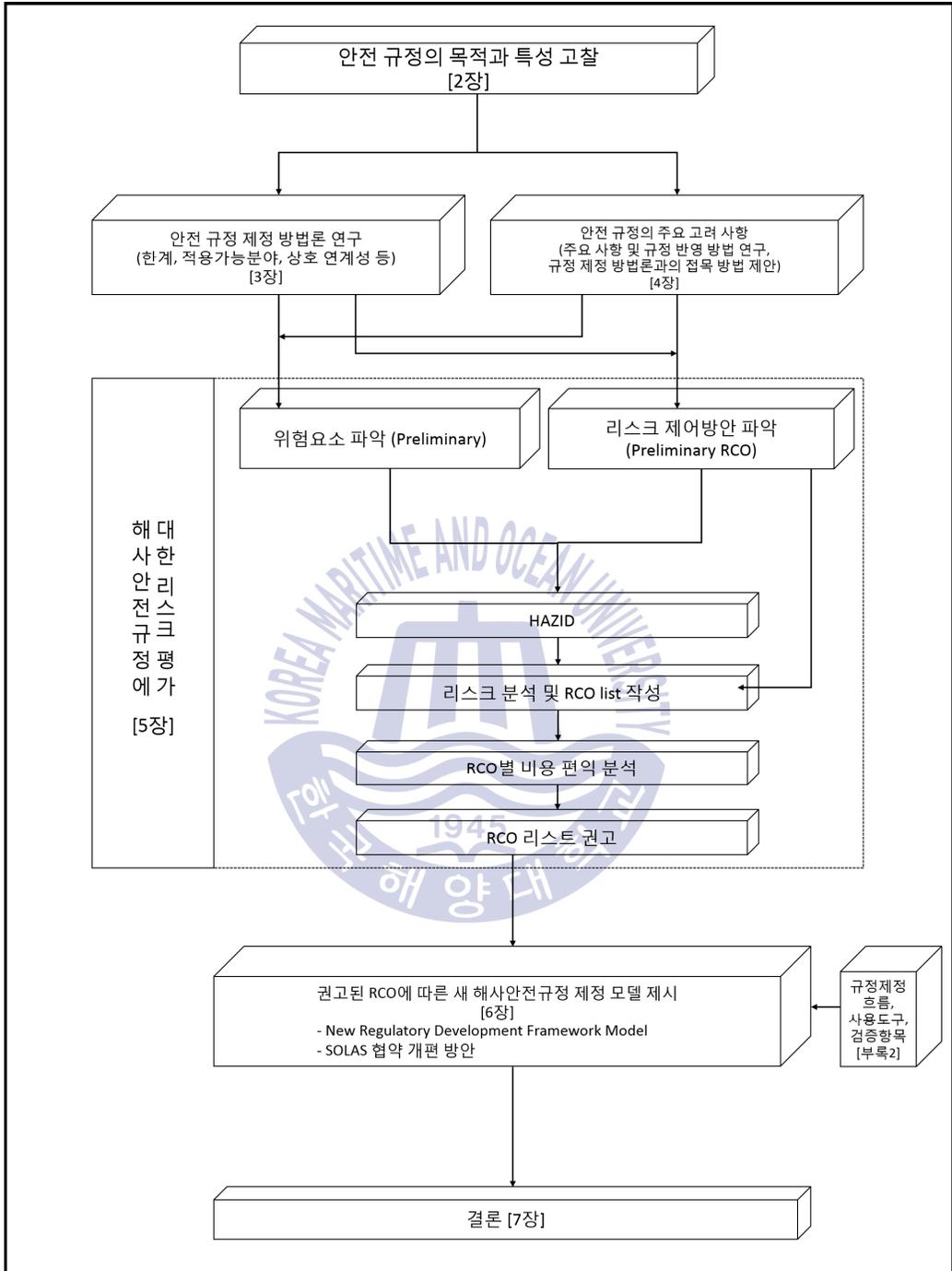


Fig. 1 Flow Chart of the research

제 2 장 안전규정의 목적 및 특성

안전규정의 적합한 수립과 개선 방안을 모색하기 위해서는 우선 안전규정의 목적과 특성에 대한 이해가 있어야 한다. 안전이란 “수용할 수 없는 수준의 리스크가 없는 것(absence of unacceptable level of risk)”으로 정의된다. 선박 안전규정을 제정하는 목적은 연루된 리스크를 파악하고, 그 리스크에 대한 보호방안을 수립하는데 있다 할 것이다(ABS, 2000c). 선박건조에 대한 안전규정의 제정 및 시행의 가장 큰 목적은, 선박이 그 일생동안 지정된 운용 및 환경 조건에서 적절하게 운항되고 유지보수 되었을 때, 그 선박이 충분히 안전하고 환경 친화적이도록 설계 및 건조되도록 하는데 있다(IMO, 2010c). 즉, 선박안전규정은 선박 건조 및 운항 중 준수해야 할 안전요건을 말한다(IMO, 2015a). 나아가, 선박안전규정의 목적은 선장, 선주 및 육상 관리자, 운용자 측에서 인적인 실패나 태만(안주)이 발생하지 않도록 하는데 있다. 이러한 해사안전규정의 몇 가지 특성들을 살펴보면 다음과 같다.

2.1 해사안전규정의 종류

1) 선급 규칙(classification societies rules)

전통적으로 20세기 중반까지는 선급에서 발행한 규칙이 선박안전의 다루는 규정의 중추적 역할을 했다. 특히, 국제선급연합회(International Association of Classification Societies: IACS) 소속 선급의 규칙들은 선박의 설계, 건조 및 운항에 관한 최소기준으로 간주되어왔다. 이 선급규칙들은

선박이라는 재산을 보호할 목적을 달성하기 위하여 주로 선박의 하드웨어(선체구조, 기관, 전기 설비 등)에 대한 요건 및 이들의 주기적인 검사에 대한 요건을 다루고 있다.

2) 협약(Conventions)

IMO에서는 선급규칙보다 훨씬 넓은 범위의 선박안전에 관한 국제협약들을 채택하였다. 여기에는 국제만재흡수선협약(ICLC), 국제해상인명안전협약(SOLAS), 국제해상충돌방지규칙(COLREG), 국제훈련, 증서발급 및 당직에 관한 협약(STCW) 등이 있다.

3) 국가 법령(national regulations)

각국은 IMO에서 채택한 강제협약 외에 자국의 부가적인 법령들을 제정하고 있다. 이러한 국가법령은 IMO 등에서 국제적으로 합의된 규정과는 상반된 내용을 포함하기도 하며 IMO에서 아직 논의가 완료되지 않은 규정을 포함하고 있는 경우도 있다.

4) 해사관련 단체기준

IMO에 비정부간 기구(Non-Governmental Organization: NGO)로 등록되어 활동 중인 전문연합체³⁾(trade & technical association)는 소속회원사들의 이익을 대변하기 위하여 IMO의 규정제정에 깊이 관여하며 주로 운항지침의 형태로 비 강제 성격의 안전기준들을 제정하고 있다.

5) 국제표준제정기관의 기준

3) ICS, INTERTANKO, OCIME, INTERCARGO, IFSMA, ITF, IAPH, SIGTTO, ICHCA 등이 있다.

국제표준기구(International Standard Organization: ISO), 국제전기위원회(International Electromagnetic Committee: IEC), 미국재료시험학회(American Society for Testing and materials: ASTM) 등 국제기관에서 발행하는 표준들은 해사분야에 있어서 IMO 협약이나 선급규칙을 보충하는 규정으로 많이 활용된다.

2.2 최소요건

다른 운송수단 들과 경쟁하며 물품을 운송하는 상선에 대하여 안전만을 고려해 절대적인 안전(absolute safety)을 추구하도록 요구할 수는 없다. 규정의 제정자들은 요구되는 안전수준(safety level 또는 measure of exposure to risk), 즉 수용가능한 잔존 리스크 수준(tolerable residual risk level)의 결정 시 도입할 규정이 달성할 수 있는 안전의 수준과 그에 수반되는 상업적 비용, 요구되는 기술의 가용성, 수용할 수 있는 리스크의 한계 사이에서 항상 고민한다. 규정을 제정하는 IMO 회의장에서, 서로 추구하는 목표와 경제적 또는 기술적 수준 등이 다른 많은 정부 및 NGO 대표들 간에 일어나는 많은 논란은, 대부분 이러한 요인들을 고려한 의견 수렴과정이라고 보면 될 것이다. 따라서 이렇게 수렴된 최종 규정은 선박을 건조하고 운항하면서 준수해야할 최소한의 요건이다. IMO에서는 SOLAS협약을 이러한 맥락에서 정의(IMO, 2016b)하고 있으며 IMO와 유사하게 선박에 대한 안전규정을 제정하고 있는 국제선급연합(IACS)도 그 전략문서에서 선급규칙이 최소요건임을 명시하고 있다(IACS, 2014).

선박의 설계자와 운항자의 경우 이러한 선급규칙과 협약요건을 준수해야 할 최소 요건이 아닌 최대한의 기준(maximum requirements)으로 간주하는 경향이 많다. 그러나 선급규칙이나 협약에서 요구되는 규정들을 모두 만족한다고 해서 그 선박이 완벽하게 안전하다고 간주될 수는 없다.

선박의 보다 높은 안전 확보를 위해서는 규정된 선급과 협약요건의 준수 수준을 넘어서 자발적으로 보다 견고한 선박(robust ship)을 건조하고 모범사례의 도입 등 안전문화를 증진해야한다. 즉, Fig. 2의 예와 같은 자발적인 규제(self-regulation: 선급규정, 산업계 규정 등 강제규정인 협약 외의 모든 규정은 산업계의 자발적 규제에 분류됨)를 도입 시행하도록 유도하는 것이 무엇보다 중요하다. 국제안전관리 코드(International Safety Management Code: ISM Code)가 일정부분 그 기반을 제공하고 있다.

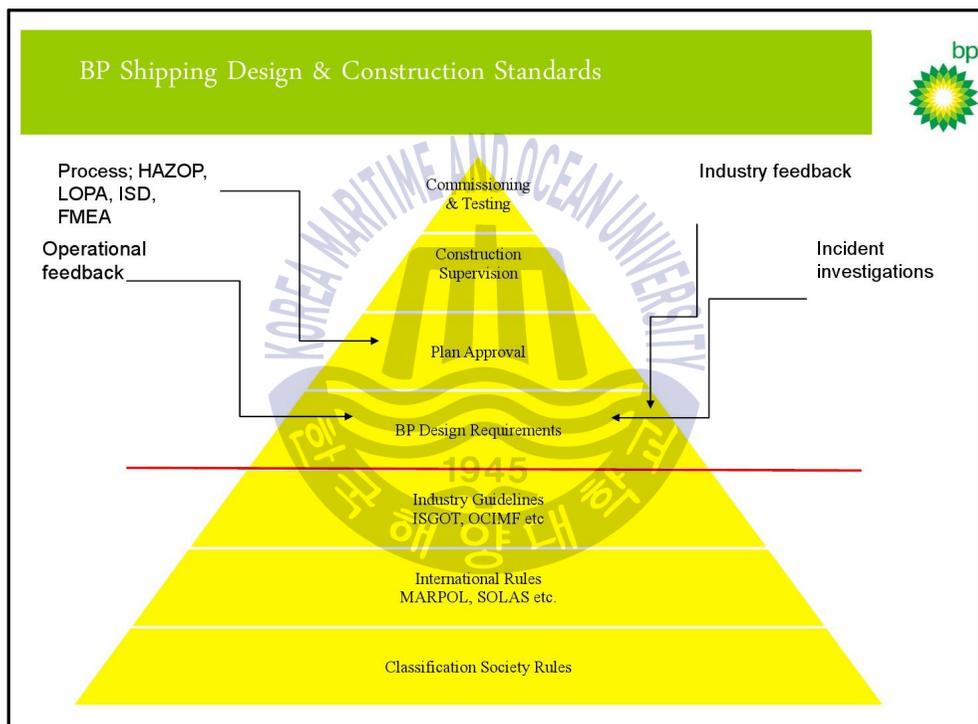


Fig. 2 BP shipping self-regulation model(Bailey, 2013)

IMO의 향후 과제는, IMO 회의 참석자들이 이러한 최소요건의 수준과 내용을 결정할 때 이해당사자(stakeholder)들의 피드백에 기초해서 어떤 프로세스를 통해 가장 합리적인 선에서 합의하도록 할 것인가 하는 방법론을 개발하고 시행하는 것이다. 3장과 4장에서 이러한 방법론의 일부를 다루고 있다.

2.3 해사안전규정의 상업적, 기술적, 전략적 의미

규정이 최소 요건임에도 불구하고 이것이 국가 및 해사산업계에 미치는 영향은 절대적이다.

대량생산 방식을 도입하고 있는 조선 공정의 특성상 설계자나 조선업자는 대체로 새로운 규정, 특히 설계나 조선공정에 변경을 수반하는 규정은 반기지 않는다. 예를 들어 조선업계는 조선공정에 심각한 변화를 초래할 가능성이 있는 선박보호도장기준의 SOLAS협약 도입을 반대했었다. 선주나 조선업계는 정해진 규정의 요건을 준수하는 선에서 설계하는 것을 선호하고 오랫동안 그 형태를 유지해 온 탓에 규정은 결국 기술적 진보를 방해하는 결과를 낳기도 한다.

특히, 일반적으로 세부적인 규정은 특정 형태의 설계나 설비의 형태를 고착화 시킨다. 예를 들어 SOLAS협약의 구명설비 기준은 오랜 동안 큰 변화가 없었으며 따라서 선박에 탑재된 구명정의 형태나 그 진수 방식은 오랜 세월동안 거의 변하지 않았다. 1990년대 많이 발생한 산적화물선의 해난사고 여파로 IMO는 SOLAS협약 12장을 신설하여 산적화물선의 구조 안전 기준을 강화하였다. 이 때 이중선체 요건은 선택사항으로 도입하기로 결론 났었지만, 당시 이것이 강제화 되었다면 오늘날 우리가 보는 대형 산적화물선은 유조선과 마찬가지로 대부분 이중선측과 이중선저를 갖는 구조를 하고 있을 것이다.

이러한 규정의 보수성에도 불구하고 선박의 항해통신 장비와 같이 육상의 기술들이 빠른 속도로 도입되는 분야들은 관련 규정들이 기술적 진보에 맞추어 개정주기가 빨라지기도 한다.

새로운 규정의 도입은 산업계에 기회와 위기를 동시에 가져다준다. 기술이 확보된 국가나 회사는 자체 기술을 IMO 협약으로 채택시켜 강제화 시킴으로써 기술적 진보가 안 된 상대방에 비해 제품의 시장선점을 취하기도 한다. 한편, 선박평형수 관리협약의 경우 협약이 채택되면서 많은 업체들이 제품개발에 많은 투자를 했으나 해당 협약 시행이 늦추어 지면서 경영적 난관에 직면하고 있다. 온실가스 배출 기준들의 시행 시기에 대한 문제는 정유사들의 설비투자 시기나 엔진제조자들의 신기술투자 여부 및 시기에 대한 결정에 큰 영향을 미친다.

즉, 규정은 설계표준을 결정하며, 조선 공정에 심각한 영향을 미치기도 하고 설비제조자의 기술투자를 결정하게 하는 요인이 되기도 한다. 이 때문에 각 국가 및 관련 산업계는 IMO, ISO, IEC 및 IACS 등의 결정에 항상 민감하게 대응하고 상호 이해득실에 따라 서로 협조와 반목을 되풀이한다. IACS와 같은 기준제정기구가 제정하는 특정기준들이 공정거래당국의 주목대상이 되기도 하는 것은 규정의 제정이 산업계에 그 만큼 전략적으로 중대하고 민감한 사안이기 때문이다.

미국이나 유럽연합(EU)과 같은 특정 국가들은 IMO에서 다자간에 합의된 규정과는 상이한 요건을 도입하기도 한다. EU는 자체적으로 많은 안전, 환경관련 지역규정들을 도입하여 시행 중에 있다. 엑슨발데즈(Exxon Valdez)호 사고 후 미국은 “90 유류오염방지법”(Oil Pollution Act 90 : OPA 90)을 도입하면서 유조선에 이중선체요건의 도입을 강제화 하였고 결국 IMO 협약에서는 허용하고 있는 중갑판 유조선은 아직까지 한 척도 건조되어 운항된 실적이 없는 결과를 초래하였다. 시장의 지배력을 이용한 이러한 일방적 조치들은 국제성을 갖는 해운산업의 특성상 산업계에 많은 규정시행 상 혼란과 재정적 부담을 가중시키고 있다.

특히 규정의 이러한 특성을 잘 이해하고 있는 EU의 경우, 선박의 건조는 모두 극동으로 이전 되었으나 조선 해운산업의 영향력은 계속 유지하기 위한 전략으로 끊임없이 새로운 규정들을 제안하고 있다.

따라서, 협약의 제정에 참여하는 사람들은 다음 사항을 어떻게 달성 할 것인가를 심사숙고해야 한다.

- 규정은 기술적 진보를 저해하지 않도록 기술되어야 한다.
- 규정의 제정과정은 투명한 방식을 채택해야 한다.
- 지역적 기준보다 국제적으로 합의된 단일의 규정이 되어야 한다.
- 새로 도입될 규정이 산업계에 미칠 영향과 파급효과, 기술적 가용성 등 영향평가가 충분히 수행되어야 한다.

2.4 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건

요구되는 수준의 안전을 확보하기 위해 하드웨어적 요건만으로 해결하는 것이 언제나 가능한 것은 아니며 선박의 안전요건은 구조, 설비와 같은 하드웨어 요건과 운항 상 제약요건과 같은 소프트웨어적 요건의 조합으로 이루어질 수밖에 없다. 예를 들어 화물을 어떻게 적재하든 만재흘수선만 지키면 항상 복원성을 만족하도록 선박을 설계하기는 쉽지 않으며 따라서 선장에게는 만재흘수선을 준수한 선박이라도 출항 전에 복원성을 점검하도록 하는 요건이 부가된다. 화물창의 바닥을 어떠한 무거운 중량물에도 견디도록 무한정 두껍게 설계할 수는 없으므로 화물창별로 적재 가능한 최대 화물중량에 대한 요건이 운항적 제한사항으로 부가된다.

선박이나 선박의 시스템이 안전하고 효과적으로 운용되기 위해서는 이것들이 선원들의 건강, 안전 및 전반적인 성능 측면에서 지원하도록 설계 되도록 하는 요건도 필요하다. 또한 선원들을 충분하게 훈련시켜서 선박을 운용할 수 있도록 하는 관리요건도 필요하다. 그러나 여기서 주목해야 하는 것은, 합리적이지 못하게 설계된 구조나 설비의 경우 아무리 잘 수

립된 관리요건 하에서 훈련을 시킨다 해도 인적인 오류를 줄이는데 한계가 있다는 사실이다.

2.5 최종기능에 대한 요건

SOLAS협약 관점에서 하드웨어적 요건의 충족이란 대부분 그 기능에 대한 요건을 최종적으로 만족하면 됨을 의미한다. 구조, 방화, 설비요건 등은 형식승인 요건과 같은 기능요건을 만족하면 요건을 충족하는 것으로 간주된다. 요건의 충족을 어떤 방식으로 구현하는가는 별로 따지지 않는다. 즉, 이러한 규정은 최종 산출물이나 제품의 최종 기능의 점검에만 주로 주안점을 두고 그 만족여부를 점검하도록 하며 제품이 어떤 절차와 프로세스를 거쳐서 최종 기능을 만족시키느냐는 따지지 않는다. 따라서, 이러한 규정만 만족시키는 경우, 보다 진보된 복잡한 시스템에 있어서는 그 시스템에 적용된 기술적 혁신들로 인해 사용자와의 인터페이스를 통해 사고의 잠재적 가능성이 높아질 수 있다는 사실을 반영하지 못한다.

협약의 제정자들은 SOLAS협약의 기술방식들을 종류별로 분류하고, 최종기능요건에 중점을 둔 현행 요건을 적용하기에 부적합한 것들을 식별하여야 한다. 이렇게 식별된 설비나 시스템에는 새로운 규정 제정방식이 개발과 적용을 해야 한다.

2.6 안전규정의 시행 주체 및 대상

안전규정의 제정 및 시행주체는 2.1항에 다룬 바와 같이 주관청이며 인정단체 등에서 시행을 대행하는 경우가 많다. 또한, 항만국, 선급, 유류터미널, 검정회사, 화주 등과 같은 여러 종류의 기관들이 적용되는 요건의 검증을 위한 검사를 시행하고 있다. 이러한 각 단체들은 자체적인 관심사항에 초점을 맞추어 안전검사업무를 수행하며, 이러한 다각화된 안전규정의 시행은 선박운용자 들에게 안전업무의 중복 및 반복에 따른 불편과 경

제적 부담을 초래할 뿐 아니라 가중된 업무부하로 인하여 오히려 선박안전업무를 저해하는 요인이 되기도 한다. 따라서 안전규정의 제정 및 이행 주체들은 선박안전에 관한 단일의 종합적인 안전업무 시행 시스템을 도입 가능성을 검토해야할 시점에 와 있다.

IMO는 회원국들이 모여서 협약을 제정하는 상설조직에 불과하지만, IMO 자체가 협약 시행의 한 축이 되는 경우도 있다. IMO 감사팀이 기국의 협약이행능력을 점검하기 위해 기국에 대한 감사를 직접 수행하기도 하며, 산업계가 제출한 선박평형수 처리장치의 기본승인을 하고, 목표기반기준의 프레임워크 하에서는 선급이 제출한 규칙을 승인하는 역할도 수행한다. 이러한 IMO의 협약시행에 대한 직접적인 관여는 장점과 단점을 동시에 갖는다. 협약시행의 주체는 기국이므로 IMO의 직접적인 관여는 최소화하는 것이 바람직하며, IMO는 협약제정 프로세스의 효율성 증대에 초점을 맞추어야 할 것으로 보인다. 따라서 현재 IMO가 수행 중인 협약시행 관련 역할들에 대한 종합적인 분석이 필요하며, 향후 협약제정 과정에서, IMO의 협약시행 역할을 포함하는 문제를 논의할 때는 구체적 방향성을 제시하는 접근이 필요하다.

SOLAS협약 요건은 대부분 선박이 갖추어야 할 요건을 기술하고 있다. 따라서 SOLAS협약 규정의 주어는 대부분 선박이다(“Ship shall be provided with”). 그러나 최근 들어 선주, 연안국/항만당국, 운항자, 선급 및 조선소 등이 지켜야 할 규정들이 조금씩 추가되고 있다. 2016년부터 SOLAS협약에 도입된 컨테이너의 무게계측 증명서 제출 요건에서는 선박 자체는 물론이고 화주, 컨테이너 포장(packaging)업체나 컨테이너 터미널과 같은 업계를 관련 당사자로 하고 있기 때문에 협약의 시행 가능성 측면에서 여전히 논란이 되고 있다. SOLAS협약에서 그 사용이 금지된 아스베스토스에 대한 불포함 증명이나 연료유 품질보증 규정의 도입 논의 등에서도 제품 공급사슬의 어디까지를 규제 대상으로 할 것인가, 어디까

지를 업계 자율에 맡길 것인가의 문제가 쟁점이 되고 있다. 이러한 문제들은 협약 시행의 점검주체인 기국과 대항기관, 항만국 통제기구를 기반으로 하는 전통적 규제방식을 염두에 두고 제정되어 온 IMO 협약의 기술 방식에 근본적인 변화가 필요하다. 따라서 IMO는 SOLAS협약 규정의 적용 대상 범위가 넓어짐에 따라 그 시행 가능성뿐만 아니라 효용성 측면에서 어떻게 이러한 규정이 제정되도록 할 것인가를 신중하게 고려해야 한다.

2.7 안전규정과 환경보호규정의 충돌

선박이 안전하여야만 환경문제의 발생도 방지할 수 있는 것이어서, 안전과 환경보호는 상호 양립하는 것이지만, 세부적인 규정으로 들어가면 상호 충돌하거나 한쪽의 강화가 다른 쪽의 약화를 가져오는 수가 있다. 예를 들어 선박평형수 관리협약에서 넘침방식(overflow method)으로 평형수를 배출하도록 요구하는 경우 이를 이행하는 데는 심각한 복원성문제가 초래된다. 이러한 경우 선장은 환경보호보다는 안전문제를 우선적으로 고려하여 선박을 운영해야 한다. 목표기반 선박건조기준의 경우도 선체 두께의 증가를 가져오고 이는 선박에너지효율기준에 악영향을 미친다. 선박 에너지효율기준을 만족시키기 위해 선속을 줄이면 조종성에 문제가 생기고 선박 프로펠러시스템의 안정성에 영향을 준다. 황 함유량을 낮춘 연료유의 사용요건은 엔진시스템에 많은 안전문제를 일으킨다. 따라서, 이러한 상충 가능성이 있는 요건들의 도입 시에는 안전에 대한 추가적인 리스크 분석이 수행되어야 하고 그에 따른 대응책을 강구해야 한다. 이러한 요건들을 동시에 만족시키는 기술들이 개발되지 못한 경우 기준제정자들은 수용 가능한 안전수준의 결정 시 안전, 환경보호 및 사회경제적 발전간의 균형을 고려하도록 하는 장치를 마련하여야 할 것이다.

제 3 장 안전규정 제정 방법론

지금까지는 타이타닉호(1912년), 헤럴드 오브 엔터프라이즈호(1987년) 및 에스토니아호 사고(1995년) 등 해양사고가 SOLAS협약의 제정과 개정에 대한 주요 동기를 제공해 왔다. 즉, 안전규정의 제정이 사전에 사고를 예방하기 위한 대책 이라기보다는 사고가 난 후에 그 원인을 조사하여 유사한 사고의 재발 방지를 위한 사후대책이었다.

이와는 별도로, 규정은 선박 기술 및 설계 등의 진보를 반영하기 위하여, 또한 운영경험을 반영하기 위하여 지속적으로 제정 및 개정되어 왔다. 여기서 주목할 점은, 이러한 기술의 진보가 이제 규정의 전통적인 개발 방식에 대한 재고를 요구하고 있다는 사실이다

IMO는 해사안전위원회와 그 산하 전문위원회를 통하여 해사 안전규정의 최신화 작업을 시행해 오고 있다. IMO 등에서 안전 규정을 제정하는 방법도 다양화하고 있고 진화되고 있다. 이 장에서는 지금까지 안전규정 제정에 사용되고 있는 여러 가지 방법들과 이들의 장단점, 한계 및 적용 가능 분야, 상호 연계성 등을 식별하고 분석하였다.

3.1 규범적 기준

현행 SOLAS협약 상에 포함된 대부분의 규정은 선박이나 그 운항자가 갖추어야할 규정을 직접적으로 기술한 규범적 기준이다. 이 전통적인 규범적 기준(prescriptive standards)은 규정 집행자들이나 사용자들에게 비교

적 단순 명료한 기준을 제시하며 서로 상이한 해석의 여지를 줄여 주는 장점이 있다. 그러나 이러한 규범적 기준은 다음과 같은 많은 단점들을 내포하고 있다.

- 주로 사고 후속조치의 일환으로 과거의 경험이나 통계치에 기초하여 기준이 수립되며, 대부분 기술요건이다. 규범적 기준은 기술적 등가성이 기준 수립의 판단기준이 된다. 따라서 이러한 규정은 대부분 사전 대응(pro-active)이 아닌 사후대응(re-active) 규정이므로 안전사고를 사고 발생 전에 미리 예측하여 규정화 하는데 한계가 있으며 시간이 지남에 따라 현실과의 연계성이 낮아지게 된다.
- 대체설계의 여지를 제한하여 기술적 진보를 저해하고 여러 가지 다양한 설계상 해법들을 수용하기 힘들게 한다. 즉 설계자들에게 융통성을 주지 못한다.
- 정해진 방식을 따라야 하므로 규정이 개정되기 전까지는 새로운 형태의 선박설계와 같은 도전적 상황들에 신속하게 대처하는 것을 어렵게 한다.
- 새로운 규정을 채택하는 규정제정 프로세스가 일반적으로 느리다.

3.2 리스크기반 접근법

리스크기반 접근법(Risk-based Approach: RBA)이란 선박과 같은 어떤 시스템의 라이프사이클 동안의 안전을 향상시키기 위하여 사전에 리스크를 평가하기 위한 논리적이며 종합적인 시스템화 된 엔지니어링 도구이다 (Fig. 3). 이러한 도구를 이용하여 리스크의 평가와 리스크의 감축을 반복적으로 시행하여 수용가능한 수준의 리스크, 즉 시스템에 요구되는 안전수준을 식별할 수 있다. RBA를 통하여 이렇게 식별된 안전수준을 이용하여 설계기준이나 승인기준을 제정할 수 있다.

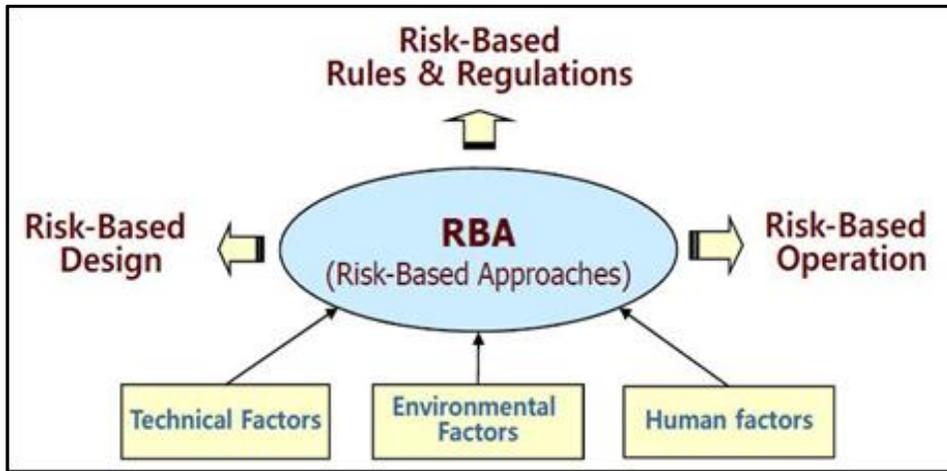


Fig. 3 Use of Risk-based Approaches (Lee, 2013)

3.2.1 리스크기반 설계 기준

리스크기반 설계(Risk-Based Design: RBD)란 설계프로세스가 리스크평가에 의해 지원되었거나 설계의 토대가 리스크평가에 의한 결과물인 설계를 말한다. 이는 리스크분석과 비용-편익평가를 사용하여 안전성과 비용-효용성을 보증하는데 목적을 둔 체계적이고 시스템화 된 도구이다. 여기서 리스크평가는 FSA에서 사용되는 고장수목 분석(Fault Tree Analysis: FTA)이나 사건수목 분석(Event Tree Analysis: ETA)과 같은 도구를 이용한 리스크모델 수립을 통해 이루어진다.

리스크기반 설계를 허용하는 규칙의 예로서 화재안전에 대한 대체설계 및 배치(alternative design and arrangements) 요건을 들 수 있다(IMO, 2001). 이 규정에서는 설계자가 화재안전에 대한 대체 설계 및 배치가 공학적 분석, 평가 및 승인을 통하여 화재안전 목표와 기능요건을 만족하는 것을 증명하면 화재 및 폭발의 예방, 진압, 탈출, 운항 요건 등에 대한 규범적 요건을 충족시키지 않아도 되도록 허용하고 있다. 대체설계의 일반적인 업무흐름은 Fig. 4와 같다. 이러한 리스크기반 기준은 요구되는 안전

성능을 달성하는 것을 목표로 설정하여, 대체설계가 설정된 목표를 만족하면 이를 허용하는 일종의 목표기반 방식(goal-based approach)의 규정이라 할 수 있다. 리스크기반의 대체설계 허용 기준은 전기설비나 구명설비와 같은 다른 안전 분야에도 도입이 가능할 것이다(IMO, 2006a).

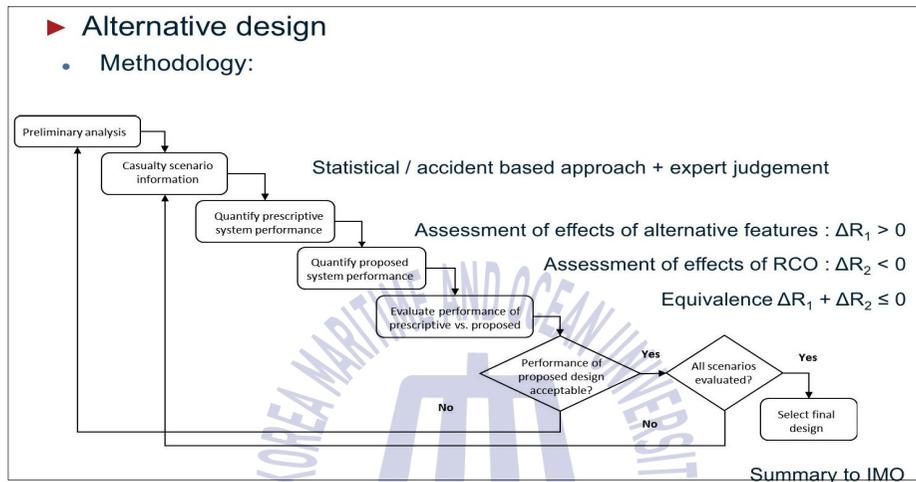


Fig. 4 Flow of Alternative design(Corrignan, 2013)

이러한 리스크기반 설계기준의 도입은 새로운 설계 방식의 제한이나 설계의 융통성 확보 어려움과 같은 규범적 기준이 갖는 문제점들을 해소할 수 있을 것이다.

3.2.2 리스크기반 승인 기준

1) 대체설계 및 등가설계(alternative and equivalent designs) 승인기준

대체설계나 등가설계를 승인하기 위한 리스크기반 승인(risk-based approval) 기준(IMO, 2013e)은 설계승인 주관청의 판단에 따라 SOLAS, MARPOL 등 각종 IMO 협약에서 허용된 대체설계나 등가설계 뿐 아니라 특정선박에 적용된 전반적 리스크기반 설계(full risk-based design)에도 적

용될 수 있다. Fig. 5는 리스크기반 설계 및 승인기준에서 사용하는 초기 설계단계에서부터 최종설계 승인까지의 각 단계별 프로세스를 보여준다.

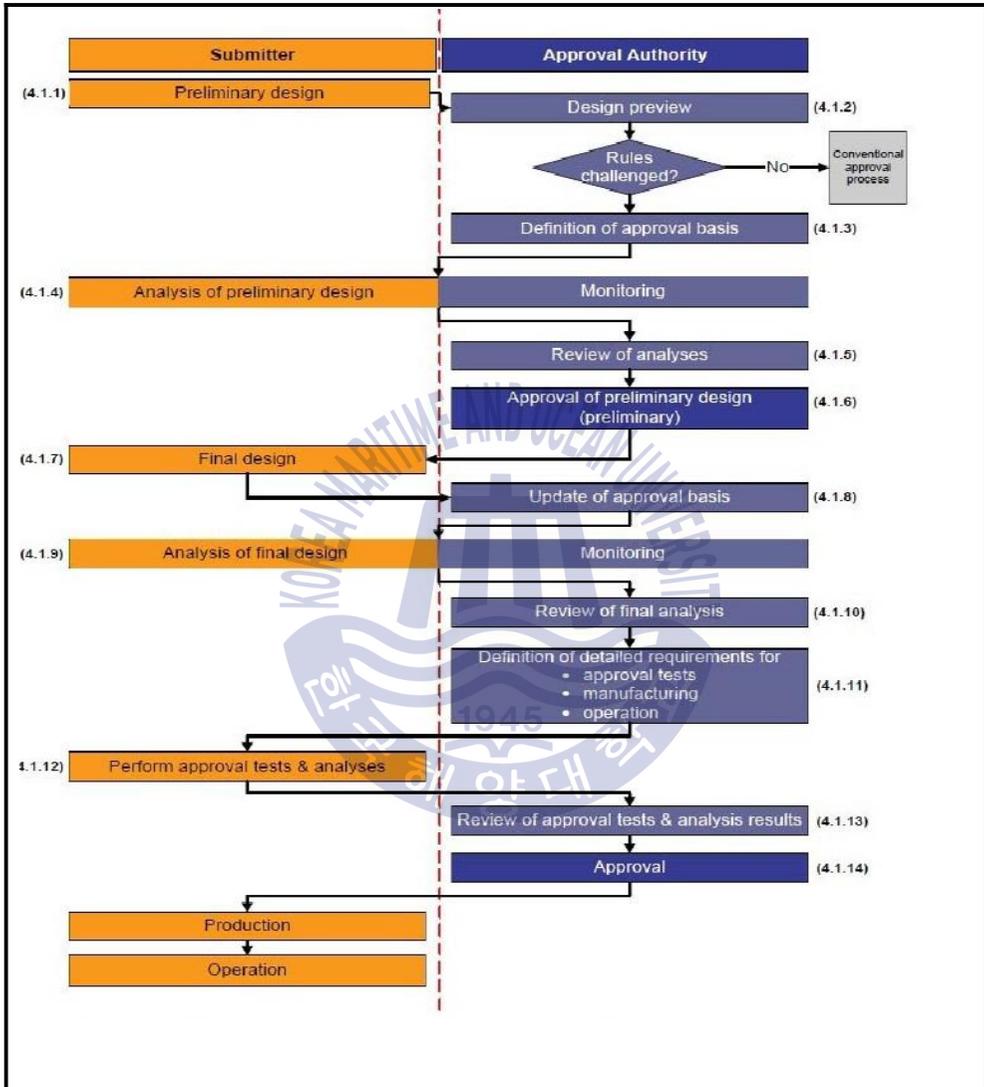


Fig. 5 Risk-based design and approval process(IMO, 2013c)

대체설계승인의 기본원칙은 규범적 규정에 의한 설계가 발휘하는 안전 성능(required safety level)에 비해 대체설계의 안전성능(attained safety level)이 동등 내지 상위이어야 한다는 것이다(IMO, 2013c; Corrigan,

2013). IMO나 산업계에 규범적 규정이 없는 분야의 경우에는 주관청과 합의하여 리스크 평가기준 즉 리스크 수용기준(risk acceptance criteria)을 결정하고 이의 만족여부를 통해 승인을 결정한다. 여기서 리스크 평가기준의 결정 시 “ALARP(As Low As Reasonably Practicable)” 개념의 리스크 수준(risk level)을 사용하거나 기타 개발된 리스크 수용기준을 사용한다. 이 두 가지의 승인 기본 원칙 중 어느 것을 적용하느냐는 그 설계의 특이성 지수(novelty index)에 따라 결정되며 이 지수가 높으면 전반 리스크기반 설계(full risk-based design)가 적용된다.

2) 리스크기반 승인기준의 기타 사례

리스크기반 승인기준의 기타 사례로 단순화된 리스크기반 모델을 사용한 설비 승인기준을 들 수 있다.

선박에 탑재되는 다양한 기자재나 시스템 등에 일률적인 안전기준, 승인프로세스 및 검사기준을 적용하는 것은 합리성이 떨어진다. Fig. 6은 이러한 기자재나 시스템 등에 적용하는 안전요건을 차등화하기 위한 방법론으로 리스크기반 모델을 수립하여 리스크기반 안전계급(risk-based safety hierarchy)을 분류한 사례이다. 여기서는 위에서 다룬 리스크기반 기준이나 3.3절에서 다루는 FSA에서 사용되는 리스크기반 안전도평가프로세스(safety criticality assessment process)를 바탕으로 하여 보다 적용이 간편한 단순화된 리스크기반 모델(simplified risk-based model)을 고안하였다.

Fig. 6은 EU의 법령에 따라 선급기자재의 승인을 선급간 상호 인정하는 제도를 수립함에 있어 EU기자재상호인정작업반에서 고안한 단순화된 리스크기반 모델인 “안전계급 피라미드(safety hierarchy pyramid)” 이다 (EU MR Group, 2012).



Fig. 6 Pyramid of safety hierarchy for ship equipment(EU MR Group, 2012)

여기서 안전계급은 모두 여섯 단계로 나뉘며 안전도(safety criticality)가 올라갈수록 승인기관의 관여와 안전기준의 수준이 높아지며 4단계 이상에 속하는 안전도가 높은 제품들은 보다 정교한 리스크기반 분석이 필요하다.

Table 1은 선박에 탑재되는 컴퓨터기반 시스템에 대한 안전계급을 그 시스템의 고장에 따른 피해의 정도에 따라 카테고리를 분류한 단순화된 리스크기반 모델이다. 각 카테고리에 속한 시스템 별로 적용하는 기준과 승인기관(선급)의 관여 및 확인 수준이 차등화 되도록 승인기준이 제정된다.

Table 1 Example of system category for shipboard computer based systems
(IACS, 2016)

Category	Effects	System functionality
I	Those system, failure of which will not lead to dangerous situations for human safety, safety of the vessel and / or threat to the environment.	·Monitoring function for informational/administrative tasks
II	Those systems, failure of which could eventually lead to dangerous situations for human safety, safety of the vessel and / or threat to the environment.	·Alarm and monitoring functions ·Control functions which are necessary to maintain the ship in its normal operational and habitable conditions
III	Those systems, failure of which could eventually lead to dangerous situations for human safety, safety of the vessel and / or threat to the environment.	·Control functions for maintaining the vessel's propulsion and steering ·Safety functions

3.2.3 리스크기반 운용기준

선박의 안전에 관한 리스크기반 기준은 선박의 하드웨어 분야뿐 아니라 검사나 심사 등 다양한 비 하드웨어 분야에도 리스크기반 운용기준 (risk-based operational standards)의 적용이 시도되고 있다.

1) 리스크기반 선박검사(risk-based survey) 기준

이는 현재 통용되고 있는 미리 정해진 간격에 따른 검사주기가 아니라 개별 선박의 리스크를 먼저 평가하고 그 등급을 분류하여 이를 기초로 검사와 수리간격을 최적화 하는 검사시스템이다. 이는 원유채굴산업계에서 오랫동안 사용한 개념이나 최근에는 일반 선박의 구조, 기관 및 시스템 등에 대한 수리 및 검사 주기에도 적용하고자 시도하고 있다.

2) 리스크기반 품질시스템 및 심사기준

선박에 대한 국제안전관리 코드(ISM Code)에서는 2008년도 개정에서 본선의 리스크평가를 의무화 하는 요건을 포함시켰다. 이에 따르면 선박은 인명의 안전 및 보건, 선박의 안전, 화물의 안전 및 환경보호에 심각한 영향을 미치는 리스크를 파악하고, 모든 식별된 리스크를 평가하고 그 등급을 분류하여 잠재적 리스크를 감소시킴으로써 안전을 확보하도록 하고 있다.

대표적인 품질보증기준인 ISO9001의 최근 개정에서는 회사나 기관이 대내외적으로 직면한 리스크를 파악하고 분석하여 리스크기반 경영(risk-based management) 계획을 수립하도록 하는 기준을 포함시켰다(ISO, 2015). 이는 ISO9001을 기반으로 수립되어있는 선박의 안전관리에 종사하는 회사나 소속 선박의 품질시스템에도 상당한 변화를 초래할 것으로 예상된다.

또한 리스크기반 내부 심사 기법들도 개발되어 심사분야의 리스크 평가 및 분류를 통한 리스크기반 심사(risk-based audit)도 시도되고 있다.

3.2.4 리스크기반 기준의 장단점 및 향후 과제

대체설계방법 및 그 승인과 같은 이러한 리스크기반의 규정들은 규범적 기준들에 비해 다음과 같은 장점을 지닌다.

- 설계와 승인의 투명성, 합리성 및 객관성을 높여준다.
- 무엇보다 기술적 진보를 설계와 기준에 용이하게 수용하게하고 설계자에게는 다양한 설계상 융통성 및 선택을 주게 될 것이며 비용편익적인 설계가 가능토록 할 것이다.

- IMO 등 규정 제정자들에게는 안전에 민감한 요소 및 사고 가능성에 대한 보다 나은 지식을 얻을 수 있도록 해줄 뿐 아니라 규정의 잦은 개정 필요성을 없게 할 것이다.
- 이는 3.3절에서 다루는 FSA의 일정부분(주로 제 2단계 및 3단계)을 사용하여 특정 시스템에 적용하는 방식이며 3.3절에서 다루는 FSA 방법론 전체를 적용하는 것에 비해서는 신속한 시행이 가능한 장점도 있다.

대체설계방식 및 승인의 단점은 다음과 같다.

- 대체설계의 경우, 규범적 기준을 만족 할 때와 동일한 수준의 안전이 확보됨을 증명하기 위해 화재시험이나 엔지니어링 분석과 같은 많은 기술적 절차를 수반한다는 것이며, IMO 보고의무 등 행정적 절차도 부가되기 때문에 많은 추가적인 노력과 시간이 소요된다.
- 리스크기반 승인의 경우, 승인지침의 적용이 성공하기 위해서는 주관청, 인정기관, 선주, 운항자, 설계자 및 선급과 같은 모든 관련자들이 특정 설계의 제안 초기부터 지속적인 연락을 해야 한다. 통상 이 방식은 규범적 규정의 요건에 대한 승인절차에 비해 계산 및 문서화 등에 소요되는 시간이 현저하게 늘어난다.

리스크기반 대체설계 및 승인의 효율적인 시행을 위해 고려해야 할 점들은 다음과 같다.

- 대체설계방식의 많은 장점에도 불구하고, 지금까지 이러한 대체설계 방식으로 건조된 선박의 실례는 많지 않으며 IMO 회람문서 SLS.14/Circ. 446, 448, 458 & 460 등에서 그 사례를 찾아볼 수 있다. 조선소에게 도전적 요소들은 시간이 많이 소요되고, 신조계약 전 사전 작업단계가 어려우며, 선주와는 새로운 형태의 계약관계가 요구된

다. 또한 많은 양의 정보를 신속하고 효과적으로 교환해야하고, 현재로서는 마땅한 지원도구(supporting tool)가 충분하지 않다. 몇 가지 도구들은 여전히 비싸고, 부정확하며, 사용이 어렵고 충분히 검증되지 않았다. 대체설계 및 승인 방식에는 아직 관련 당사자들 간에 대체설계와 승인프로세스에 대한 익숙도가 떨어질 뿐 아니라 주관청이나 선급의 설계결과물에 대한 승인의 불확실성이 존재한다.

리스크기반 대체설계 및 승인의 효율적인 시행을 위한 향후 과제는 다음과 같다.

- 이러한 방식은 기존의 방식에 비해 초기에는 프로세스가 오래 걸리나 최종단계에서 설계변경 시 수정시간 및 비용이 적게 든다는 장점이 있다. 그럼에도 불구하고 오늘날 생산공정의 많은 부분이 자동화 또는 표준화 되어 있는 조선소에서 대량의 선박을 반복적으로 건조하는 조선업자들은 한정된 기간 내에 설계 및 건조를 완료해야 하는 조선업의 특징 때문에 대체설계 방법론 보다는 지금까지 숙달되어온 규범적 방식으로 기술된 규정을 여전히 선호한다. 따라서 현재의 신조선 프로세스 기반위에서 효율적인 리스크기반 설계의 실현을 위한 프레임워크를 수립하는 것이 과제중의 하나이다. 물론 여기에는 신뢰할 만하고 사용이 편한 기술과 도구를 개발하고 실제 적용을 위한 표준과 관행의 개발이 따라야 한다.
- 대체설계의 프로세스에 좀 더 표준화와 체계화된 접근이 필요하다 (IMO, 2013d). 설계사고 시나리오(design casualty scenario), 리스크모델, 수용기준(acceptance criteria) 등과 같은 설계 분석 자료를 체계적으로 공유하고 검토하는 시스템이나 표준화 작업들이 아직 없다. 따라서 이를 승인하는 국가나 선급이 바뀌면 새로운 분석이 다시 시행되어야 하고 결과가 달라질 수도 있다. 따라서 리스크기반 모델을 사용한 설계에는 체계적인 데이터의 수집과 분석이 필요하다. 체계적이

고 이용 가능한 형태의 데이터가 축적되었을 때, 이는 향후의 규정에 완전한 토대를 제공할 것이고 이러한 토대로 부터 더 많은 FSA 기법을 반영한 리스크기반 규정이 탄생 할 수 있을 것으로 생각된다.

- 대체설계 승인지침서가 IMO의 규범적 규정들을 회피하기 위한 수단으로 잘못 오용되는 것을 방지하기 위하여는 리스크 평가기준의 결정을 위한 별도의 지침서를 개발할 필요성이 제기되고 있다. 이 별도의 지침서에는 평가기준의 분류, 활용 가능한 자료 및 정보, 합리적인 평가기준의 사례, 전체리스크(total risk)와 개별리스크의 구분(특히 구조안전성 관련)등을 포함할 수 있을 것이다.

3.3 공식안전평가

3.3.1 배경 및 특징

공식안전평가(FSA)는 안전문제에 민감한 원자력산업에서 1960년대부터 사용되었고 오프쇼어 산업에서는 1980년부터 사용되었다. IMO는 타 산업계에서는 잘 정립된 이 리스크 분석법을 이용하여 선박안전규정의 제정을 위한 도구로 만들었으며 1997년 시범적용을 위해 처음으로 FSA 적용 잠정지침이 개발된 이후 지금까지 여러 번의 개정을 거쳤다(IMO, 1997b; IMO, 2002b; IMO, 2015k). FSA는 다음과 같은 목적으로 제정되었다.

- 규정제정 시 의사결정 프로세스를 좀 더 합리적으로 변경
- 즉흥적으로 규정을 제안하거나 시행하는 여지의 감소
- 규정제정과과정에서 정치적 요소가 개입할 여지를 축소
- 기술적, 운항적, 인적 측면을 포함하는 사전 대응 적이고 종합적인 접근(holistic approach)을 통한 규정 제정

지금까지 제정된 대부분의 규정은 주로 해양사고에 대응하는 것이 제정

의 주요 모티브였고 이는 규정의 잦은 개정을 수반했으며, 규범적이고 주로 기술요건이고, 기술적 동가성(technical equivalency)이 요건의 만족여부 결정을 위한 평가원칙이었다. 반면, FSA에서는 모든 생각 가능한 위해요소들을 이들로 인한 사고에 이르기 전에 사전 대응적으로 파악하며, 규정을 안전 목적(safety objective)에 부합하게 제정하고 기술적, 인적, 운항적 측면을 모두 고려하는 요건을 추구하고, 안전의 비용을 파악하고 안전동가성(safety equivalency)이 의사결정의 평가원칙이 된다(IACS, 2013a).

한편 FSA는 ISM Code와 더불어 해사산업계의 안전문화를 개발시키는 주요 수단 중 하나라고 할 수 있으며 이 FSA에서 사용하는 기법들은 다음의 용도로도 사용되고 있다. 이들의 상호관계는 3.2절, 3.4절 및 4.6절에서 다루고 있다.

- FSA 수행을 통하여 각종 협약의 제정 및 개정애 사용(예: SOLAS협약 12장 등)
- IMO 회원국이 제안한 IMO 신규의제에 대한 승인여부의 검토를 위한 증명자료(IMO, 2015d)
- 리스크기반 대체설계 및 리스크기반 승인의 도구(3.2절)
- 목표기반기준-안전수준접근법에서 RBA를 사용한 안전 목적 및 목표, 기능요건의 수립 및 검증계획 및 평가기준 수립 등에 사용(3.4절)
- 영향평가의 도구로 사용(4.6절)
- 인적신뢰성분석(HRA) 기법의 FSA 접목을 통하여 인적요인 고려 시 사용(4.5.4절)

3.3.2 평가 프로세스 및 쟁점

FSA는 목표와 시스템 및 운영 등 대상이 되는 규정과 연루된 문제를 신중하게 정의하는 준비과정을 거쳐 다음의 5단계 과정을 거친다(IACS,

2013b)(Fig. 7).

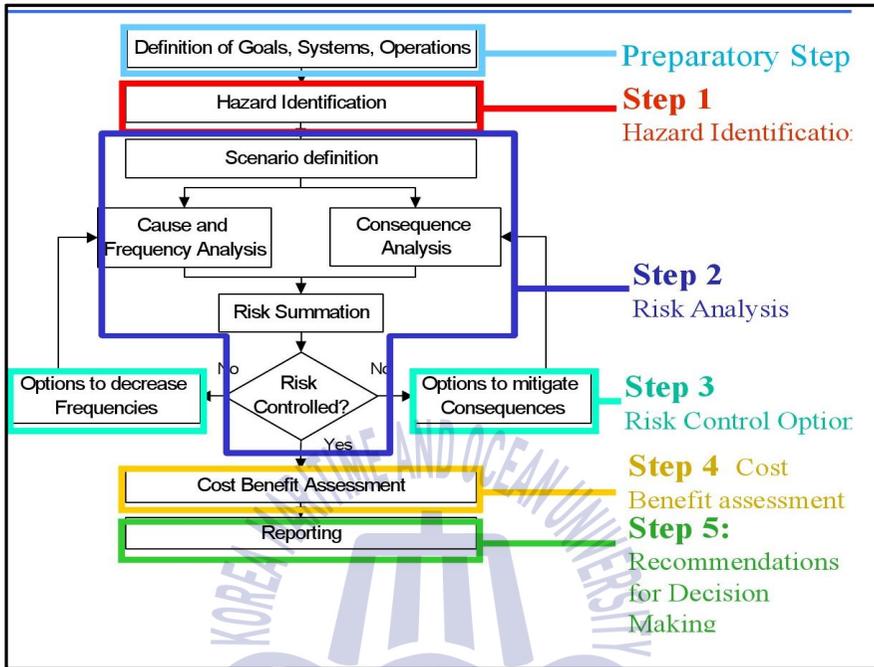


Fig. 7 Flow chart of the FSA methodology (IACS, 2013b)

1) 1단계(Hazard Identification): 무엇이 잘못될 수 있는 사항들인가(What can go wrong?)를 파악한다. 즉, 모든 위험(hazard), 고장의 원인 및 결과들을 파악하고 위험의 발생확률 및 결과에 따라 위험을 평가 및 분류한다.

- 방법 및 도구: SWIFT, HAZOP, FMEA, TA 등 방법론은 HAZID(Hazard Identification)의 목적에 따라 선택한다.
- 주요이슈: HAZID의 결과는 참가하는 전문가들의 지식과 경험에 좌우된다. 따라서 HAZID의 모든 영역을 반영하도록 전문가를 선정해야한다. HAZID 수행 전 가능한 많은 정보를 수집해야 하며 분석에 적합한 형태로 준비되어야 한다.

2) 2단계(risk analysis): 리스크는 주기(frequency)와 결과(consequence)의 중대성의 조합으로 정의되며 이 단계에서는 이러한 리스크를 분석(how often, how likely, how bad?) 한다. 이를 위해 리스크모델을 수립한다(RCT, ETA, FTA, Quantification이 리스크모델의 주요 구성요소임). 이 모델링된 시나리오에 대하여 인간, 재산, 환경에 대한 리스크를 파악하고 사고 시나리오와 연루되는 주요 고장 또는 위해사건의 조합 즉 조치가 필요한 고위험분야(high-risk area)를 식별한다.

- 방법 및 도구: FTA, ETA, FMEA, HAZOP, What if Analysis, Risk Contribution Tree(RCT), Influence Diagrams(ID), Bayesian Network(BN)
- 주요이슈: 의사결정과정에는 항상 불확실성이 존재하며 그 주요 근원은 모델과 데이터의 불확실성이다(ABS, 2000b). 각 분야(조선공학, 화재, 구조, 기관 등)별 전문가로 구성된 리스크 분석팀을 구성하여야 하며 연구의 품질은 리스크 분석팀 내의 전문분야별 균형 유지와 사용 가능한 데이터의 신뢰성에 크게 좌우된다. 중대사고 자료는 희귀하다. 따라서 수학적 모델이나 시뮬레이션, 전문가 판단(expert judgement)이 부족한 데이터를 대체하는 수단이 된다. 따라서 사용한 데이터의 정확성과 전문가 집단의 판단에 따라 FSA 결과가 달라질 가능성은 항상 존재한다. 현재 IHS Fairplay 사고데이터가 FSA에 가장 많이 사용되고 있으며 전반적으로 사용가능한 데이터가 매우 부족하다. IMO의 국제통합해운정보 시스템(Global Integrated Shipping Information System: GISIS)의 데이터는 정보의 양과 종류에 있어서 그 효용성이 크게 떨어진다. FSA의 성공적 수행을 위해서는 각 국가의 사고보고가 정확한 형식으로 IMO에 충실하게 이루어져야 하며 IMO는 이들 데이터를 해석 가능한 형태로 운영하여야 한다.

3) 3단계(Risk Control Options): 파악된 리스크에 대한 제어수단(How can matters be improved?)들을 파악한다. 전문가 팀을 구성하여 조치가 필요한 높은 리스크 분야에 초점을 두어 잠재적인 리스크제어 수단(Risk Control Measures: RCM)을 식별하고 그 제어수단(리스크의 주거나 결과의 감소)에 대하여 2단계의 리스크분석을 다시 수행하여 리스크를 감소시키는 효용성을 평가한다. 마지막으로 RCM들을 실용적인 규정상 선택(Risk Control Options: RCOs)으로 그룹핑 한다.

- 방법 및 도구: 전문가팀 구성(기술적, 운항적, 인적, 조직적 측면을 고려한 선택, 1단계 팀에 추가인원 투입도 가능). 이벤트트리의 확률 계산은 부속모델(Sub-model)을 사용한다(손상복원성, 화재 시뮬레이션, 탈출 시뮬레이션, 강도 계산 등)
- 주요이슈: 완화하는 RCO보다 사전에 방지하는 RCO가 선호되어야 한다(예: 소화보다 방화가 선호되는 선택임). 수동적(passive) RCO가 능동적(active) RCO보다 선호되어야 한다(예: 작동을 요하는 수막(water curtain) 보다 고정식 방화벽이 선호되는 선택임). 어떤 RCM은 다른 RCM에 영향을 미침을 알아야한다. CCF(Common Cause Failure)는 한 개 이상의 RCO에 영향을 끼친다. 특히 하드웨어적 RCO를 피하기 위해 운항적 RCO를 채택하는 것은 가능한 피해야 한다. 많은 RCO들은 선박에서 찾을 수 없으며 항만당국, 선적 및 하역 기관, 수색 및 구조(SAR) 등 선박외부에서 찾아야 한다(예: 통항분리, 선적/하역 화물로 인한 선체구조 응력 회피, 구멍 능력 증가). 어떤 RCO는 역효과가 나기도 한다(예: 훈련요건으로 인한 자만, 수밀문 도입은 개방되어 있는 경우 손상복원성 저하시킴)

4) 4단계(Cost Benefit Analysis): 3단계에서 식별되고 정의된 각 리스크제어 수단을 시행할 경우 관련 비용 효과 평가(How much?, How much better?)를 한다. 즉, 각 RCO에 대한 시행비용을 달성되는 리스크의

감소로 나누어서 비용편익분석 또는 비용효과분석을 한 후 각 RCO의 순위를 매긴다.

- 주요이슈: 비용은 지역이나 국가에 따라 큰 편차를 보이며 새 규정의 시행으로 갑작스런 수요의 증가는 비용의 증가를 가져올 수도 있다. 같은 RCO에 대하여도 신조에 적용하는 경우와 현존선에 적용하는 경우 큰 비용 편차를 낼 수 있다. 통상 평균치를 사용하면 중요한 비용요소인 경우 민감도 연구를 한다. RCO의 시행으로 인한 편익은 2단계에서 수립된 리스크모델을 이용하여 리스크를 재계산함으로써 구한다. 비용편익 분석시 비용보다 편익이 크면 이를 권고한다. 다만, 인적손실은 화폐가치로 계산하기 곤란하므로 인명의 손실, 부상에 관련된 결과를 초래하는 경우 이 방식을 사용하지 않으며 대신에 비용효과평가(cost effectiveness assessment)를 수행한다. 리스크수용기준(risk acceptance criteria)에는 여러 가지 기준(standard)들이 있으며 어떤 것도 아직 일반적으로 합의된 것은 없다. IMO의 FSA에서는 “ALARP(As Low As Reasonably Practicable)” 기준을 사용해 왔다.

5) 5단계(Recommendation): IMO에 의사결정을 위해 권고사항(What actions are worthwhile to take?)을 담은 보고서를 작성하여 제출한다.

- 주요이슈: 비용편익분석에 따른 리스크 제어방안들을 IMO 기준제정자들에게 감사가 가능하고 추적 가능한 방식으로 보고한다. 모든 위해요소들과 관련된 원인들을 비교하고 등급을 매기며, 리스크 제어방안 선택사항들을 연루된 비용과 편익을 기초로 비교하고 등급을 매기고, 리스크를 ALARP 수준으로 유지하도록 하는 RCO를 식별하여 권고사항의 기초로 삼는다.

3.4 목표기반 기준

3.4.1 목표기반 선박건조기준(GBS-Deterministic(또는 GBS-Prescriptive))

3.2절에서 다룬 대체설계/승인보다 좀 더 체계적인 목표기반기준(Goal-Based Standards: GBS) 방식의 SOLAS협약 규정 도입논의는 산적화물선 및 유조선의 신조선 건조기준(설계, 건조, 운항)에 대하여 그리스 및 바하마의 주도로 2003년에 처음 시작되었으며 2010년에야 SOLAS II-1/ 3-10 규칙으로 채택되었다.(IMO, 2002a; IMO, 2010c) 규범적 기준이 선박에 대한 기준(rules for ships)이라면 여기에 처음으로 도입된 GBS는 대체설계를 허용하기 위한 GBS와는 또 다른 형태의 기준, 즉 “기준에 대한 기준(rules for rules)”이다. 이 GBS에서는 선박이 그 생애동안 만족해야 할 가장 포괄적인 최상위 레벨의 선박 건조에 관한 목표(Tier I, overarching goal)와 그 목표를 달성하기 위해 만족해야 하는 기능요건(Tier II, functional requirements) 만을 담고 있다.(Fig. 8)

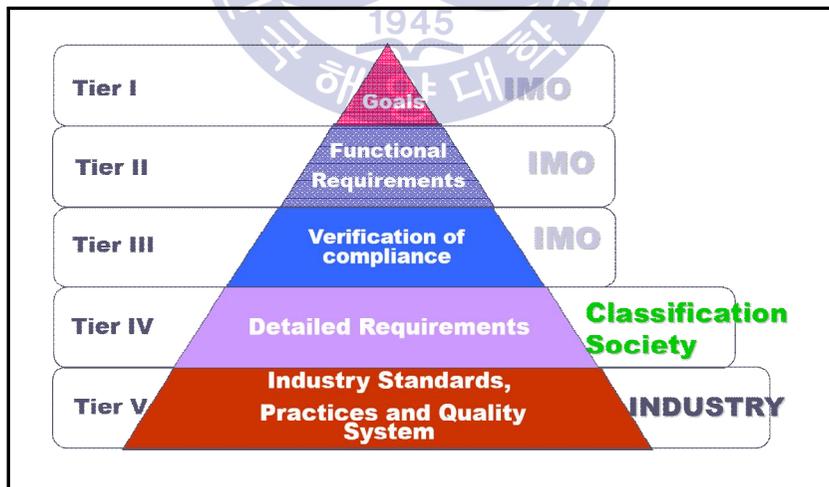


Fig. 8 Deterministic Goal-based Standards (SAJ, 2007)

즉, IMO가 GBS를 도입한 목적은 규정에 “정확히 어떻게 달성해야 하느냐” 보다 “무엇을 달성해야 하느냐” 를 기술하기 위한 목적이다. IMO가 정한 기능요건을 만족하기 위한 하위의 규범적 기준의 제정은 IMO나 미국에서 제정하는 일부 항목을 제외하면 주로 선급에서 담당하며 협약, 정부법령, 선급 규칙(Tier IV, regulations and rules)의 형태가 된다. 이러한 규정과 규칙은 ISO나 IEC 등에서 제정하는 국제 표준(Tier V, standards)으로 보충된다. 즉 IMO는 Tier I, Tier II 및 Tier III(Tier IV가 Tier II를 만족하는지를 검증하는 방법)를 담당하고 Tier IV 및 Tier V는 IMO 뿐 아니라 주로 선급 등 해사 산업계의 몫이다. 설계자나 선주와 같은 최종 사용자는 Tier IV와 V만을 적용하면 된다.

목표기반으로 제정된 벌크선 및 탱커선의 건조기준은 기존의 규범적 방식의 규정과는 획기적으로 다른 SOLAS협약상 GBS 방식의 기준제정법에 의거하여 채택된 첫 번째 사례로서 큰 의미를 갖는다. 그러나 이 규정은 리스크기반이 아니며 선박안전 분야의 일부분인 특정 선종의 선박건조에 관련된 것만 다루고 있다. 이는 오랜 동안 선급의 고유영역으로 간주되어 오던 선박의 건조에 관한 규칙을 협약사항으로 편입함으로써 향후는 선급 규칙의 개발시 그 적합성을 IMO에서 검증받도록 한 것이 다를 뿐 조선소 설계자나 선주와 같은 규칙의 최종 사용자는 선급과 국제표준기구에서 개발한 규범적 기준인 선급규칙(Tier IV)과 국제산업표준(Tier V) 만을 적용하면 되므로 기존의 규범적 방식의 규정과 달라지는 것이 없다. 따라서 IMO가 목표와 기능요건을 설정하고 선급규칙에 대한 검증을 한다는 사실 외에는 규범적 기준의 방식과 동일하므로 3.1절에서 언급한 규범적 기준의 단점들을 모두 해소하는 데는 한계가 있다. 따라서, 목표기반-결정론(GBS-Deterministic)은 이러한 몇 가지 한계점을 지니며 이를 극복하기 위한 새로운 방향의 GBS 방법론으로 보완 발전시켜야만 향후 다른 안전기준 개발에 적용하는데 유용성을 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

3.4.2 목표기반 기준 - 일반기준(GBS-Generic)

선박건조분야 외에, 구명설비 등 다른 안전 분야에도 GBS 방식의 규정을 도입하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 국제극지방운항선 코드(POLAR Code) 및 국제가스연료사용선박의 안전 코드(IGF Code)는 GBS 형식의 목표와 기능요건을 담고 있다. 2013년 IMO 사무총장은 SOLAS협약의 각 장에는 목표, 기능요건 및 규정을 명시하고 화재안전시스템 코드(FSS Code), 구명설비 코드(LSA Code), 국제안전관리 코드(ISM Code), 고속선 코드(HSC Code) 등 부속 강제규정들은 GBS Tier 4 기준으로 만드는 “GBS-based SOLAS 2024”를 발표한 바 있다. 이 계획은 나중에 철회되었지만 SOLAS협약을 GBS 기반으로 전면 개정하고자 하는 시도로서 주목할 가치가 있다(IMO, 2013e).

한편, IMO에서는 이러한 GBS기반 기준의 점진적 도입 시도와 동시에 GBS 기반 선박건조 기준인 II-1/3-10 규칙을 만든 경험을 기초로 “규정을 만들기 위한 기준”의 일반(종합) 지침(Generic guidelines)을 2011년에 완성하였다.(Fig. 9)

이 지침은 사용하는 방법론(결정론적, 리스크기반 등)에 무관하게 되어 있으며, 개발에 관련된 세부 지침은 포함하지 않고 정의, 기본 원칙, 적합성 검증방법, IMO GBS 기준(Tier I - III)과 규칙 및 기준(Tier IV-V)의 유효성에 대한 모니터링 등 GBS의 요소들만 담고 있다(IMO, 2011a). IMO가 이러한 GBS를 도입한 목적은 선체 및 설비에 대하여 IMO 협약에서 세부적인 규범적 규정을 갖는 것을 피하고, 안전 목표를 어떻게 달성할 것인가 보다는 무엇을 달성할 것인가를 명시하며, 규정을 만족하기 위한 다른 접근방식을 허용하고 기술적 혁신을 유도하기 위함이다. 따라서 IMO가 제정하는 목표(Goal)는 규범적 규정이나 특정 솔루션을 포함하지 않으나 명확하고, 입증가능하며, 검증할 수 있으며 기술적 변화를 수용 가능한 오

래 지속되는 것으로 정의하고 있다(IMO, 2015a).

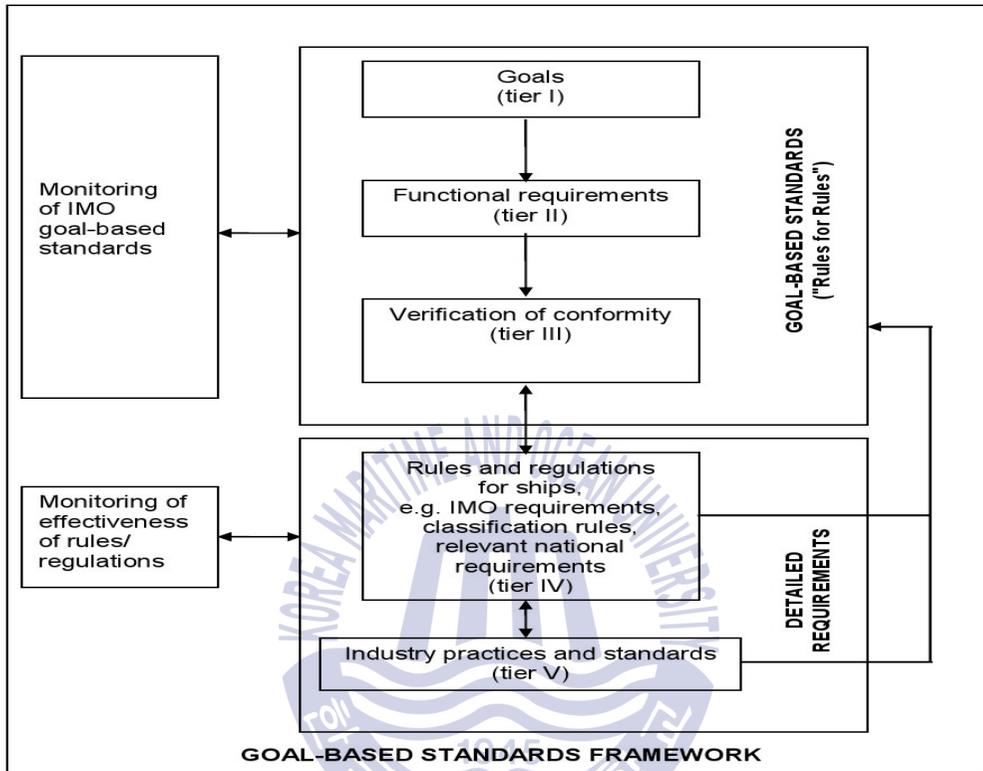


Fig. 9 Goal-based Standards framework (IMO, 2015a)

3.4.3 목표기반 기준 - 안전수준접근법

1) 결정론적 방법과 안전수준접근법

규정을 만들기 위한 기준의 바람직한 수립을 위해 많은 연구와 논란이 이루어 졌다. IMO 제 81차 해사안전위원회(2006년)에서는 결정론적 목표기반기준에 비해 안전수준접근법(Safety Level Approach: SLA)이 장점과

합리성을 갖고 있다는 사실을 인지하였으나 신조선 건조기준은 시간지체를 이유로 결정론적 방법을 사용하여 완성하였으며 안전수준접근법에 기초한 GBS-SLA 방법론은 현재까지 개발 중이다.

결정론적 방법에서는 규정의 개발 시 결정론적 방법을 사용하며 규정이 GBS 기준을 만족하는지의 여부는 전문가그룹에서 검증한다. 반면, 리스크기반 방법에서는 규정의 개발 시 안전수준 등을 리스크기반으로 결정하며 GBS의 만족여부 또한 리스크기반 모델을 사용하여 증명한다. 예를 들어 구조설계를 위한 철판의 두께에 대한 순치수(net scantling)의 결정을 결정론적으로 25년이라는 선박설계수명을 가정하여 정하는 방법이 있고, 이와 다르게 모든 선박에 대하여 선령에 관계없이 최소안전수준(minimum safety level)만을 결정하고 선박의 선령대별 안전수준은 리스크기반으로 결정을 하도록 하는 것이다.

2) GBS-안전수준접근법(GBS- Safety Level Approach: GBS-SLA)

SOLAS II-1/3-10 규칙의 경우 GBS 기준임에도 불구하고 안전수준(safety level)이 규정상 명시적으로 나타나 있지 않아서 현재의 안전수준을 알 수 없고 목표와 기능요건 사이의 명확한 연결고리를 찾을 수가 없다는 문제점이 있다. 즉, 규정의 투명성과 당위성의 확보라는 GBS 개념의 도입 목적을 보다 완전하게 구현하지는 못하고 있다. 이를 극복하기 위해서 향후 개발될 GBS에서는 목표를 어떻게 기술 할 것인가(어느 정도 상세한 수준으로 기술 할 것인가), 기술된 목표들과 기능요건과의 관계를 어떻게 설정할 것인가, 목표의 만족여부를 어떻게 검증할 것인가를 고민해야 한다(Hamann and Skjong, 2013). 2011년에 개발된 “IMO GBS 기준 개발을 위한 일반기준”에서도 이러한 문제들을 해결하기 위한 입력(input)은 포함하고 있지는 않다(IMO, 2011a).

GBS-SLA에서는 이러한 문제점들을 극복하는 규정을 개발하기 위해 리

스크기반 방법론(risk-based methods)을 사용한다(Hamann, 2013). SLA에서 리스크기반 방법론은 규정을 개발하고 목표의 만족여부를 증명하는데 사용된다. 먼저 FSA를 수행하여 IMO 규정이 내포하는 현재의 안전수준(선원, 여객 및 환경에 대한 현재의 리스크)을 결정하며, 타 산업계와 비교하여 현재의 안전수준을 비교하고, 수용 가능한 리스크를 지속적으로 감소시키기 위한 비용편익분석을 통한 모든 리스크 제어수단을 파악한다. 즉 FSA 수행을 통해 요구되는 현재의 안전수준과 요구되는 안전수준(required safety level) 및 RCO를 결정하며, 이 안전수준과 RCO들은 GBS 기준의 목표(Tier I) 및 기능요건(Tier II)에 반영된다. RCO는 추후 규정(Tier III)에도 사용된다. 또한 SLA에서는 리스크기반 방법론을 사용하여 기능요건(Tier II)의 Goal(Tier I)에 대한 만족여부와 규정 및 규칙(Tier III)의 기능요건(Tier II) 만족여부를 검증한다.

이러한 GBS와 SLA의 관계를 간단하게 요약하면, GBS는 기본적으로 IMO 협약의 구조(Tier I ~ Tier V)를 만드는 골격이고, SLA는 제정된 규정이 IMO 협약에서 정한 목표 및 관련 기능요건에 만족하는지를 검증하기 위해 리스크기반 방법론을 적용하는 것이다. 이를 GBS, FSA 및 GBS-SLA의 관계로 설명한다면, GBS는 IMO 규정을 만들기 위한 규정이며 규정의 구조(structure)와 개발방식을 다루는 반면, FSA는 규정을 정당성을 확보하는 검증 방법론이다. 따라서 GBS-SLA는 FSA와 GBS의 결합이다. Fig. 10은 이러한 GBS-SLA와 FSA의 관계를 도식적으로 보여준다.

IMO는 현재 IMO GBS-SLA의 개발 및 적용을 위한 잠정지침을 개발 중이며 향후 몇 년 뒤에 완성을 목표로 하고 있다(IMO, 2015h). 이는 IMO의 규정제정 프로세스에 있어서 GBS체제 하의 SLA 적용을 위한 GBS-SLA 방법론의 기술을 목적에 두고 있다. Fig. 11은 IMO 규정제정프로세스에 GBS-SLA를 적용하는 흐름도를 보여준다.

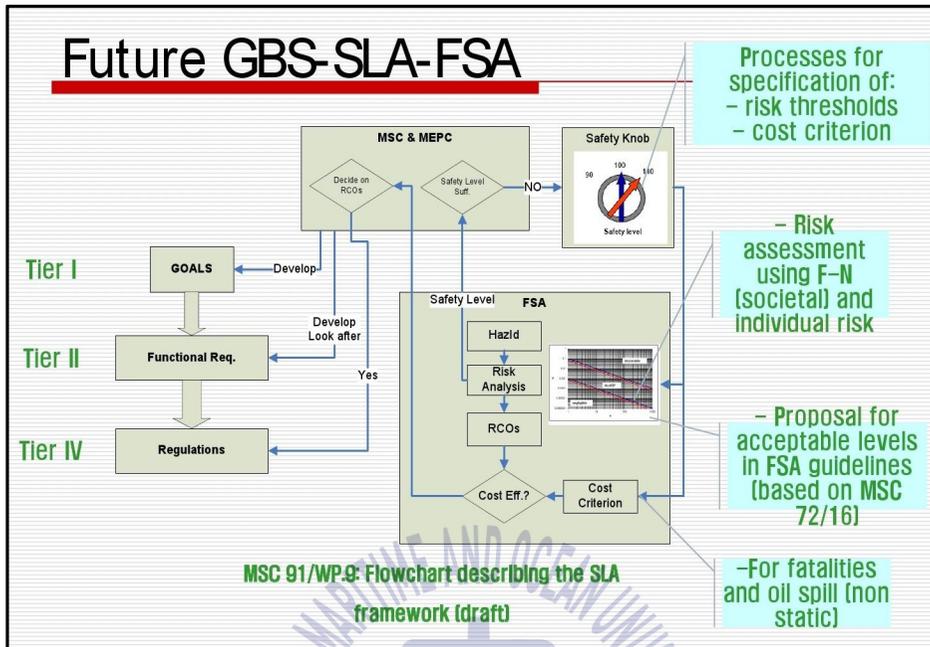


Fig. 10 GBS-SLA framework (Hamann, 2013)

현재 이 잠정지침의 주요 쟁점은 SLA의 구조와 안전수준의 기준 (Criteria, 요구되는 안전수준)이다. SLA의 구조는 “GBS 기준 개발을 위한 일반지침”에서 정의한 5 단계의 기본골격을 동일하게 사용한다(IMO, 2015a). 다만, 다음과 같은 문제들이 추가적으로 연구되고 개선되어야 할 점으로 식별되고 있다(Luo, 2015).

- 안전수준의 기준을 Tier I 목표 및 Tier II 기능요건에서의 각 연루된 안전수준의 설정과 같이 SLA의 각 단계에 대하여 설정할 것인지 여부
- 이 안전수준 들을 어떻게 결정할 것인지 문제
- 요구되는 안전수준과 현재의 안전수준과의 관계를 어떻게 설정 할 것인지 문제
- 함축적으로 내포된 현재의 안전수준을 어떻게 달성 할 것인지의 문제

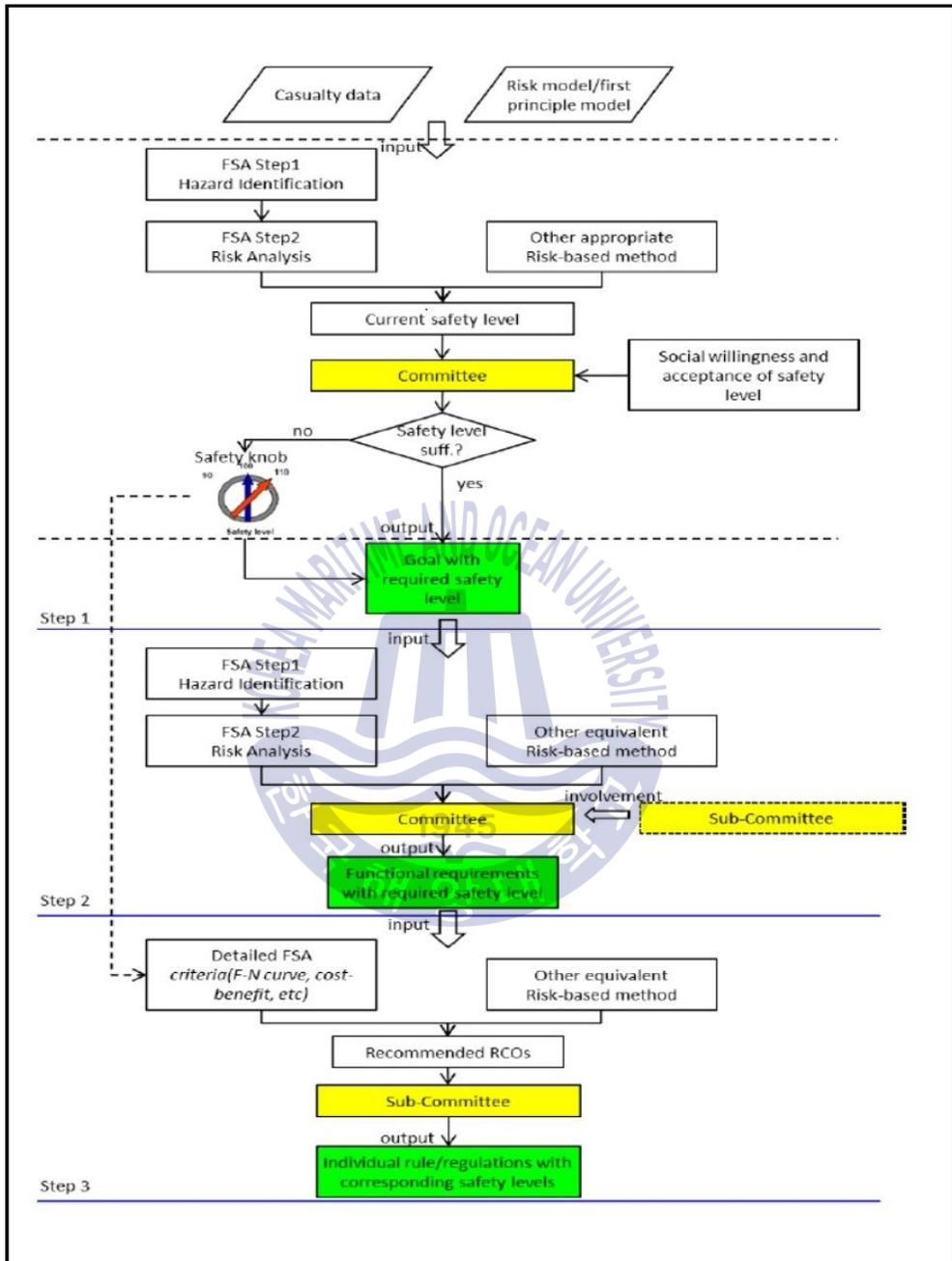


Fig. 11 IMO regulatory process using GBS-SLA(IMO, 2015h)

GBS-SLA에서 목표(Tier I Goal)는 만족시켜야 할 최상위 목적(objectives)을 말하며 요구되는 안전수준을 반영해야 한다. 목표에서 이 요구되는 선박의 설계 및 건조, 운항, 폐선 등의 안전수준은 명시적으로 기술한다. 이는 정량적으로 안전수준을 명시하는 것이며 IMO에 의해 어떻게 안전수준이 증가, 개선되는지에 대한 프로세스를 명시하고 그 평가와 개선에 대한 기준을 명시한다. 한편, 이 안전수준은 함축적으로 기술 할 수 있다. 이는 FSA 기법에 정의된 ALARP과 같은 최상위의 실용적인 안전수준을 달성하기 위한 프로세스, 즉 어떻게 안전수준이 평가되고 증가 또는 개선되는지에 대한 프로세스와 그 평가 및 개선 기준을 명시하는 것이다. 목표는 해상에서의 인명의 안전, 선박의 안전, 선박으로 부터의 오염의 방지 및 제어의 3가지를 다루어야 한다.

기능요건(Tier II)들은 목표를 만족시키기 위한 기준을 담고 있어야 하며, 목표의 만족에 필요한 모든 분야를 다루고 관련된 모든 위험을 고려해야 한다. 따라서, 이 GBS-SLA에서는 요건들과 안전에 대한 기여 사이의 명확한 추적성을 확보했으며, 기술혁신을 규정으로부터 분리시키기 위해 규범적 기준이 아닌 목표를 설정하는 방식으로 규정을 개발하도록 했고, 안전수준을 정량화하여 제정되는 기준에 따라 획득 될 수 있는 안전수준을 알 수 있도록 했다. 기능요건의 구조는 선박과 선박시스템의 기능적 분류(breakdown)를 따라야 한다. 이러한 기능적 분류는 IMO 규정의 새로운 재편에 대한 토대를 제공할 것이다.

규정이나 규칙(Tier IV)을 개발함에 있어서 규범적 기준의 경우 규정이나 규칙의 효용성이 요구되는 안전수준에 대비하여 검증되어야 하며, 선박 시스템이나 구조의 설계에 대한 기능적 접근법(functional approach)을 사용하는 경우 이러한 규정이나 규칙은 기능요건(Tier II)에 대비하여 시스템이나 구조물을 평가하는 방법론과 절차를 명시하여야 한다.

또한 GBS-SLA에 따라 이미 제정된 목표(Tier I)와 기능요건(Tier II) 그리고 규칙이나 기준(Tier IV & V)의 효용성을 지속적으로 모니터링하고 초기 규정 개발시 고려되지 않은 리스크들을 식별하는 장치를 마련하였다. 이러한 모니터링 활동에는 해난보고서와 같은 역사자료, 운항경험, 사고조사 및 아차사고(near miss) 보고서, 산업계에 공표된 새로운 특정 연구보고서 뿐 아니라 리스크 분석을 사용하도록 하고 있다. 즉 안전수준에 대한 지표(safety knob)와 관련 하부 요소들은 향후 IMO의 규정 제정자들에 의해 주기적으로 용이하게 상향조정 할 수 있다.

따라서 GBS-SLA를 적용하는 경우 규정의 당위성 제공을 통한 보다 높은 투명성 확보, 명시적/정량적 안전수준의 파악, 설계상 유연성(flexibility) 증가, 위해요소들의 정확한 파악 및 영향평가 가능, 기존 규정 및 새로운 규정의 검증(verification) 가능, 향후 규정개정의 용이성 확보 등 규정 개발 과정에 많은 개선을 가져올 수 있을 것으로 보인다.

한편, GBS-SLA(Tier I부터 Tier III까지) 자체가 안전요건은 아니며 규정의 구조와 규정개발에 대한 방식을 정의할 뿐이다. 따라서 대부분의 선박의 설계는 여전히 리스크 기반 설계가 아니라 규범적 기준(Tier IV)에 기초하므로 선박에서 설계패턴의 큰 변화를 초래하지는 않을 것이다. 오히려, GBS-SLA 구조와 결합된 이 규범적 기준은 이를 어떻게 기술 하느냐에 따라 독단적인 규범적 기준보다 설계의 유연성을 크게 증가시키고 기술혁신을 유도하게 될 것이다.



제 4 장 안전규정 제정 시 주요 고려사항

제3장에서는 규정을 제정하는 여러 가지 방법론들에 대하여 알아보았다. 제4장에서는 이러한 방법론들 중 어느 것을 사용하느냐에 관계없이 해상안전규정을 제정하는 과정에서 항상 일반적으로 고려하여야 할 여러 가지 주요 요소들을 살펴보고자 한다. 이러한 주요 요소들을 조사 및 분석하고 이를 규정에 반영하는 방법들을 연구한 후 이를 제3장에서 다른 규정제정 방법론들에 접목하여 향후 SOLAS협약의 제정방안을 제시(제 6 장) 하고자 한다. 인적요인의 반영 등 일부 항목들에 대하여는 3장의 규정제정방법론을 접목하는 방안을 같이 연구하였다.

4.1 위험요소의 파악 및 안전수준의 확보

안전기준의 제정목적은 선박이 일생동안 안전하고 환경 친화적으로 유지되도록 하는데 있다. 이 안전기준의 제정 작업은 선박이 직면할 모든 위험요소들을 파악하여, 안전 목적에 부합하는 수준을 달성하기에 충분한 정도로 리스크 제어수단을 강구하고, 이를 선박이 건조 및 운항 중 준수해야 할 요건으로 만드는 것이라 할 수 있다. 선박은 그 기능에 따라 여러 분야로 나눌 수 있을 것이다. 선박의 특정 안전 분야에 대하여 규정을 제정할 때는 해당분야에 연루된 모든 위험요소들을 체계적으로 고려하여 요구되는 안전수준을 확보하기에 충분한 요건들이 수립되도록 하여야 할 것이다. 이러한 고려들은 제 3장에서 살펴본 몇 가지 성능기반 기준의 제정 방법론의 사용을 통해 어느 정도 달성될 수 있을 것으로 여겨진다. 예를 들어 GBS-SLA에서는 총체적인 위험요소들의 파악에 가장 적합한 도구라

할 수 있는 FSA가 이용되고, GBS-Generic의 경우 시스템엔지니어링에서 사용하는 안전성 평가방법론인 기능적 위험평가(Functional Hazard Assessment: FHA)와 초기시스템안전평가(Preliminary System Safety Assessment: PSSA)(6.1.2절 참조)를 사용할 수 있다. 이 장에서 다루는 추가적인 고려사항들에 대한 위험요소 파악 방법론 들은 아래의 각 절에서 같이 다루었다.

4.2 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건

안전요건이 하드웨어적 조치와 소프트웨어적 조치들의 조합으로 이루어질 수밖에 없는 이유와 하드웨어적 해결의 중요성에 대해 2.4절에서 설명했다.

SOLAS협약은 운항자가 거주하고 조작하는 선박의 구조, 설비, 시스템 등 개별 요소에 대한 하드웨어적 요건, 즉 안전요소(safe component)를 주로 다루고 있으며, 운항자가 준수하여야 하는 운항적 요건, 즉 안전운용(safe operation) 요건들도 일부 포함하고 있다. 또한, 안전은 이러한 두 종류의 요건들의 만족만으로는 확보할 수 없다는 사실이 명백해지면서 헤럴드 오브 엔터프라이즈호 사고 후속조치의 일환으로 SOLAS협약에 ISM Code가 도입되었다. ISM Code는 선박회사와 본선에 잘 수립된 안전정책과 절차서의 시행을 통하여 인적 오류나 관리상 단점에 기인한 안전저해 요인을 줄이고자 하는 요건이다.

이러한 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 안전규정은 인적요인의 관점에서 다시 분류한다면, 인적요소(Human Factors: HF)를 고려한 요건(fitting the job to the person)과 인적자원(Human Resources: HR)에 대한 요건(fitting the person to the job)으로 나누어 볼 수 있겠다(Squire, 2004). SOLAS협약은 하드웨어 요건이 주를 이루지만 화재훈련, 출항 전 복원성 확인 등 여러 가지 운항요건들이 병행하여 다루고 있고, 전자해도의 경우

와 같이 하드웨어의 기능요건, 인적요소 요건 등은 SOLAS협약에서 다루지만 사용자 훈련 등 인적자원에 대한 요건은 STCW협약에서 다루고 있는 경우도 있다.

여기서 안전규정을 제정할 때 고려해야할 사항들을 든다면 다음과 같다.

- 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건 간에 상호 조화적인 분포를 이루어야 하며 우선적으로 하드웨어적으로 해결토록 하는 것이 바람직하다. 위험을 감소시키는 방안으로 채택해야할 설계적 조치를 운항이나 절차적 조치로 대체하는 것은 통상 허용되어서는 안된다(IMO, 2013c).
- 하드웨어적 요건에 인적요인을 고려한 항목을 최대한 포함시켜서 인적오류가 날 가능성을 낮추어야 한다. 하드웨어적 요건은 항구적 구조가 바람직하며 이차적 조치(activation 등)를 요구하는 것은 가능한 피해야 한다.
- 소프트웨어적 요건들은 시행가능하고 본선인원이 합리적인 수준에서 준수 할 수 있는 수준이어야 한다. 이런 측면에서, SOLAS 및 기타협약의 요건 중 본선 선원들에게 부과된 모든 행정적, 기술적 요건 요건들을 식별하여 종합적으로 분석 및 개선(하드웨어적 대체 가능성을 포함하여)할 필요가 있다(4.7절).
- 시행 25년을 맞고 있는 ISM Code에 대하여 그 이행 실태 및 효과를 전반적으로 점검하고 개선할 부분이 있는지를 식별해야한다.

4.3 최종기능 중심의 요건과 다단계 설계 및 승인 요건

2.5절에서 현행 SOLAS협약의 특성 중 하나로 하드웨어요건이 최종기능요건의 충족에만 중점적으로 기술하고 있음을 설명했다.

오늘날 본선에 탑재되는 시스템은 자동화, 최적화 등 여러 가지 이유로 더욱 복잡해지고 있으며 시스템 간 대규모의 통합과 상호연결(integration & interconnection)이 일어난다. 이러한 현대 선박의 복잡한 운항시스템은 설계자, 제조자 및 사용자에게 의한 에러의 발생 범위를 현저하게 증가시키며 최종단계에서 기능의 만족여부를 점검하는 방식의 전통적 규정만으로는 안전을 보장하기 힘들다(Pomeroy and Tomlinson, 2000).

복잡한 선박장비 또는 시스템은 최종단계의 제품개선에만 초점을 맞추어서는 그 시스템에서 필요한 개선을 달성하기는 어렵다. 최종단계에서 그 기능요건을 만족한 것으로 간주되었다 할지라도 그 시스템의 적절하지 못한 설계 또는 제작이나 설치 단계에서의 실패가 사고 원인이 될 수 있다는 것은 명백해지고 있다. 이것이 사고의 원인임에도 보통 이것을 사고 원인 분석 때 누락시키고 리스크 분야로 식별하지 않아 왔다. 기술적 진보라는 것은 사용자를 위한 설계의 실현(being designed-for-use)을 위해 발생하기도 하지만 주로 기술주도(technology-led)에 의해 나타나는 현상, 즉 장비를 시장에서 돋보이게 하기 위한 자신들만의 특성 추가 방식 등일 경우가 많으며, 이러한 기술에 있어서의 진보는 선박의 운항에 있어서 인적오류의 발생빈도에 지대한 영향을 끼친다(Pomeroy and Tomlinson, 2000).

전통적인 선박장비나 단순한 시스템은 그 사용성(usability)을 라벨링의 개선, 색상의 적용과 같은 국부적 변경(topical modification)을 통해서 예견되는 인적기능(human functioning)에 보다 잘 부합되게 함으로써 달성할 수 있다. 이러한 장비나 시스템에 대해서는 개발의 최종단계에서만 제품을 평가하여 그 적합성을 보장하는 전통적인 방식을 적용하여도 문제가 없다. 그러나 보다 복잡한 시스템, 특히 진보된 기술의 적용을 극대화한 경우에는 이러한 방식은 적합하지 않다(Pomeroy and Tomlinson, 2000).

전통적인 형식승인(type approval)과 증서발행시스템에서는 제품을 상호 합의된 기준이나 규칙에 근거하여 검사한다. 이 방식에서는 시험프로그램을 통한 시연을 통해 기술된 성능이 나오는지를 점검한다. 좀 더 복잡한 시스템의 경우 이러한 방식은 그 효용성이 떨어지며 적용기준이나 규칙도 시스템의 사용 중 발생 가능한 잠재적인 인적오류에 대한 평가항목이 없는 경우가 대부분이다. 네트워킹을 이용한 통합과 상호연결이 많이 발생하는 복잡한 시스템은 가능한 상호연결과 장비 간 상호 의존성 등이 단순한 시스템에 비해 명확하지 않다. 시스템의 복잡성으로 인해 모든 관련 시험을 실시할 수가 없으며 따라서 평가절차의 완료 후에도 모든 오류가 발견되고 제거되었다고 보증하기가 어렵다. 많은 오류들은 이미 시정하기 힘든 단계에서 발견되며, 시정될 수 있다할지라도 단순한 국부적 수정에 그치거나 근본원인의 제거를 위해서는 광범한 재설계 및 제작이 필요함을 의미한다.

1) 적용할 설계 및 승인 프로세스: 다단계의 설계 및 승인 절차

이런 시스템의 안전 수준을 보장하기 위해서는, 3.2절에서 다룬 “대체 또는 리스크기반 등가설계” 분야와 마찬가지로 설계 초기 단계부터 최종 제품의 완성단계까지 여러 번의 단계별로 설계자와 승인자간 또는 설계자와 사용자간 및 제조자간의 상호 업무활동을 다루는 다단계의 설계 및 승인요건이 필요하다. 이 프로세스에서는 해당 시스템을 다루게 될 운영자를 필수적으로 관여시켜야 한다. 이러한 프로세스를 담은 규정으로의 변경은 설계자가 시스템 설계 시 사용자를 고려한 인적요인의 반영, 즉 사용자를 고려한 요건의 개발을 촉진할 것이다. 이로서 선박전체의 설계가 인간과 기술 구조물의 혼합체(a hybrid human-technical constructions)로 고려되도록 해야 한다.

2) 적용할 규정제정 방법론: 목표기반 기준

복잡한 장비나 시스템의 경우, 인간과 기계간의 인터페이스의 두 가지 중요 요소, 즉 그 장비나 시스템을 운용하는 인간의 행동에 대한 변동성과 장착된 소프트웨어의 운용의 복잡성으로 인하여 전통적인 규범적 기준은 적합하지 않으며, 목표기반기준이 되어야 한다. 이 목표기반 기준을 구성하는 목표, 기능요건 및 규정은 그 제정프로세스가 리스크 평가에 의해 지원되었거나 그 토대가 리스크 평가에 의한 결과물인 리스크 기반으로 설정됨을 의미한다. 따라서, 이는 파악된 위험과 리스크 분석 결과를 이용하여 상위레벨의 주요원칙과 평가기준만을 목표로 기능요건으로 기술하는 방식의 원칙기반 규정(Principle-based rules)이 될 것이다(IMO, 2015g). 이 원칙(ergonomic and human factors principles 등)은 장비나 시스템 자체뿐 아니라 그 라이프사이클 평가에도 적용되도록 하고 평가기준, 관련 산업표준 등은 하위레벨에서 정의되어야 한다(4.5.4절 참조)(Pomeroy and Tomlinson, 2000; IMO, 2015g; IACS, 2000a; IACS, 2000b; EU, 2005; ISO, 2005).

4.4 복잡한 시스템에 대한 새 안전요건

IMO 협약은 전통적으로 구조, 운용, 구명설비, 방화 등을 다루고 있고 구조, 기관, 전기 요건은 선급규정에 맡기고 있다. 한편, 4.3절에서도 설명한바와 같이 오늘날 선박의 시스템은 날로 자동화 되고 복잡하며 상호 결합 및 네트워크로 연결되는 복잡한 시스템(complex cyber systems)으로 되어간다. 예를 들어 항해시스템의 경우 선박외부에서의 시스템(육상지원 시스템 등)과도 연결되어 해양데이터와 정보를 수집, 통합, 교환, 분석 및 표현한다. 이러한 시스템간의 상호의존성, 조각화(fragmentation)의 증가, 인간과 기계의 상호인터페이스 증가, 사이버가능시스템(cyber-enabled system)의 보안위협 증가 등은 기존에 존재하거나 인식되지 못한 분야에 대한 안전 기준의 수립을 절실하게 만들고 있다.

따라서 IMO는 차세대 안전문제(next generation of safety)로서 선박의 제어시스템과 소프트웨어를 시급하게 다루어야 한다. 이렇게 함으로써 IMO는 이 분야의 빠른 기술적 진보에 대응하고 이러한 시스템으로 인한 안전사고나 보안 사고를 방지하는 장치를 마련할 수 있을 것이다. 이 새로운 안전영역은 “이-네비게이션(e-navigation)”, “선박보안 지침” 등 일부 분야에서 논의가 있으나 IMO 차원의 일반적 요건은 거의 없다고 할 수 있다(IMO, 2015g). 이 문제는 좀 더 연구되고 관련 안전문제가 분석되면 SOLAS협약의 각종 규정에 많은 변화를 초래할 수도 있다. SOLAS협약에서 이 새로운 안전 문제를 다룰 적용분야는 선박의 제어시스템, 소프트웨어 품질보증 및 인간중심설계(Software Quality Assurance & Human-Centred Design: SQA & HCD), 데이터 온전성(data integrity), 사이버보안(cyber security in cyber enabled systems) 등이 될 수 있다.

이러한 분야에 대한 규정의 제정방식은 4.3절에서 언급한 바와 같이 목표기반기준이 되어야 한다. 예를 들어 SQA와 HCD는 성능기반(performance-based)이며 리스크기반(Risk-based)이다(IMO, 2015g). 즉, 시스템에 연루된 모든 위험이 식별되고, 연관된 리스크가 평가되고, 필요 시 리스크 감축 및 제어방안을 강구하여 수용가능한 수준의 리스크, 품질(quality) 및 사용성(usability)을 보장하도록 하는 규정이 되어야 한다(ISO, 2002; IACS, 2000a; IACS, 2000b). 이 과정에서 인적요인에 고려(4.5절 참조)도 이루어져야 한다. 설계 및 승인절차는 다단계의 설계 및 승인 프로세스(4.3절 참조)를 채택하는 것이 적합할 것이다.

4.5 인적요인

인적요인(human element)이 선박의 안전에 매우 중요한 역할을 하고 있다는 것은 잘 알려진 사실이며 오션앵거(Ocean Anger)호 침몰이나 브레이어(Braer)호 좌초와 같은 대형 참사는 인적과실이 얼마나 심각한 결과

를 초래하는지를 여실히 보여주었다. 해상보험 클레임(P&I Claim)들의 가장 큰 요소도 인적오류이다. 해양사고의 80%까지가 인적 과실(human error)⁴⁾, 더 정확히 말해 운항과실(operational error)에 기인한다. 나머지 20%는 인식하지 못한 결함이나 전문적인 유지보수의 부족에 기인한 선체나 설비의 고장에 의한 사고이다(Baker et al, 2002; James et al, 2005).

전통적으로 하드웨어적인 관점에서 선박의 기능문제라고 여겨져 왔던 많은 사고들도 사실은 인적과실에 기인한 것이 많다. 또한 오늘날 선박 자동화 등으로 인하여 보다 복잡한 본선시스템이 구성(4.3 및 4.4절 참조)되면서 인적요인의 고려는 더욱 중요성을 갖게 되었다. 따라서 이러한 인적과실은 제거 또는 감소시키기 위해서는 해사안전규정의 제정 시 인적요인을 반영하는 것이 필요하다.

4.5.1 인간공학의 적용분야

인적요인과 인적과실을 반영하기 위한 공학을 인간공학이라 부른다. 인간공학은 영어로 “Human Factors Engineering” 또는 “Ergonomics” 라고 부르는데 이 둘은 학문적으로는 거의 동일개념으로 사용되고 있다(황병호, 이종인, 1999). 선박에 적용되는 인간공학분야를 분야별로는 다음과 같이 나눌 수 있겠다(박주성, 2006).

- 미시 인간공학분야: 알람장치, 시각적 디스플레이 장치, 제어 액츄에이터 및 이들의 조합(선교 콘솔 등), 각종 밸브 위치 및 방향, 라벨링(labeling), 계단과 수직사다리 및 플랫폼, 시설 및 환경조건(습도, 진동, 소음 등)
- 거시 인간공학분야: 보다 복잡한 인간-시스템 인터페이스(선교배치,

4) IMO에서는 지금까지 인적요인에 의해 발생하는 과실을 “인적과실(human error)”뿐 아니라 “조직과실(organizational error)”의 개념을 통칭하여 “인적과실”로 표현하여왔다.

기관제어실 배치, 선교 당직자의 검사 및 유지보수 가용성 (inspectability, maintainability), 재료핸들링, 선원의 주거적합성, 선교 등에서의 선원안전, 전반적인 작업시스템 설계, 작업설계, 인적임무분석, 매니지먼트 및 사회적 요소 분석.

- 소프트웨어 인간공학분야: 미시 및 거시 인간공학의 조합. 본선의 장비나 시스템에 탑재된 각종 컴퓨터 소프트웨어(내장된 소프트웨어, Programmable Electronic Systems: PES 포함)의 인간공학 적용을 통한 해사안전 향상.
- 선박의 기술매뉴얼 분야: 각종 기기들에 대한 기술 매뉴얼을 인간공학적 디자인 및 배열 등을 통해 선원들의 빠른 습득과 선박별 혼돈방지, 안전향상형식, 내용(정보의 종류, 기술적 묘사방법, 운용지침, fault action list 등), 배열 및 표현(사용자 카테고리, 정보의 수준, 프리젠테이션 등), 컴퓨터 기반 매뉴얼.

4.5.2 인적요인 반영 방법론

규정의 제정 시 인적요인을 반영하여야 한다는 필요성이 지속적으로 제기되어 왔으며 IMO가 수립한 전략계획을 비롯한 많은 조치에도 불구하고 대부분의 안전규정들은 하드웨어 분야를 다루는데 집중하고 있고 사람의 역할을 고려하지 않고 제정되고 있다. 이러한 결과를 초래한 원인중의 하나는 안전규정을 제정 시 인적요인의 고려를 위해 사용하도록 고안된 적절한 방법론(Tool)과 이러한 방법론의 강제적용 메커니즘이 부재한 까닭이다. 다음은 규정제정과정에서 사용수 있는 인적요인 적용방법론들이다.

- 1) 인적요인분석 프로세스(Human Element Analysing Process: HEAP)의 적용법

IMO에서 개발된 “IMO 규정제정 프로세스에 HEAP의 적용하기 위한 지

침”은 일종의 잠정치침⁵⁾이며 시범적용을 통해 향후 경험이 축적되면 정식 지침이나 규정으로 발전 할 것으로 보인다(IMO, 2013f). HEAP은 규정 제정 시 인적요인을 고려하기 위한 실용적인 도구이며 IMO가 수립한 “규정의 개발 시 인적요인을 체계적으로 고려하기 위한 목표” (Res. A947(23), 4.5.3절 참조)에 따라 개발된 “인적요인의 고려를 위한 흐름도 및 부속 설명서”를 담고 있다. 이 흐름도는 해사안전 및 환경보호에 관련된 각종 규정의 개발 프로세스에서 인적요인을 적합하게 다루기 위해 고려되어야 하는 여러 가지 사항들을 질문형식⁶⁾으로 나열하고 있다 (Fig.12 참조).

새로운 규정에 대한 이 6단계에 걸친 인적요인 반영여부 검증 방법은 SOLAS II-2장의 전면개정 시 사용된바 있으며 이 방법을 통해 검토한 결과물은 II-2/14, 15 및 16 규칙에 반영되었다.

그러나 이 방법론은 단계별 6가지 검증 항목만 열거하고 있으며 각 검증항목에 대한 구체적인 방법이나 수단, 판단기준 등은 제시하지 않고 있다. 지금까지 IMO에서 이 방법론이 폭넓게 사용되지는 못하였으며 이를 강제화하는 수단도 없는 실정이다.

5) 이 지침은 IMO가 1997년 제정한 A850(20) Human Element Vision, Principles and Goals(4.5.3항 참조)에 따라 MSC/Circ.878 Interim Guidelines for the Application of Human Element Analysing Process(HEAP) to the IMO Rule making process(20 Nov. 1998)로 처음 잠정치침으로 승인되었으며 MSC/Circ.1022 Guidance on the use of Human Element Analysing Process(HEAP) and Formal Safety Assessment(FSA) in the IMO Rule Making Process(16 May 2002)로 정식 지침이 되었고 이 지침은 MSC-MEPC.2/Circ.6 Amendment to the Guidance on the use of Human Element Analysing Process(HEAP) and Formal Safety Assessment(FSA) in the IMO Rule Making Process(MSC/Circ.1022)(16 Oct. 2006)로 개정되었다가 지금의 MSC-MEPC.2/Circ.13이 되었다. 이 과정에서 이 지침의 내용 중 "Guidance for the Application of FSA to the IMO Rule making Process" 부분은 분리되어 별도의 FSA Guidelines(MSC-MEPC.2/Circ.12, 3.3.1항 참조)로 포함되었다.

6) 6단계 검증 내용(Fig. 12): Does the solution take into account the human element principles? Does the solution address safeguards to avoid single person error? Does the solution address slips, laps, mistakes & minimize violations? Does the solution address latent failures and underlying factors? Man/machine interface is simple and easy to understand and operate? Are the consequences and risks of human failures now acceptable?

HEAP 프로세스를 적용함에 있어 3.4 절의 목표기반 기준의 제정 구조를 접목한다면 다음과 같은 방법론을 고려해 볼 수 있을 것이다.

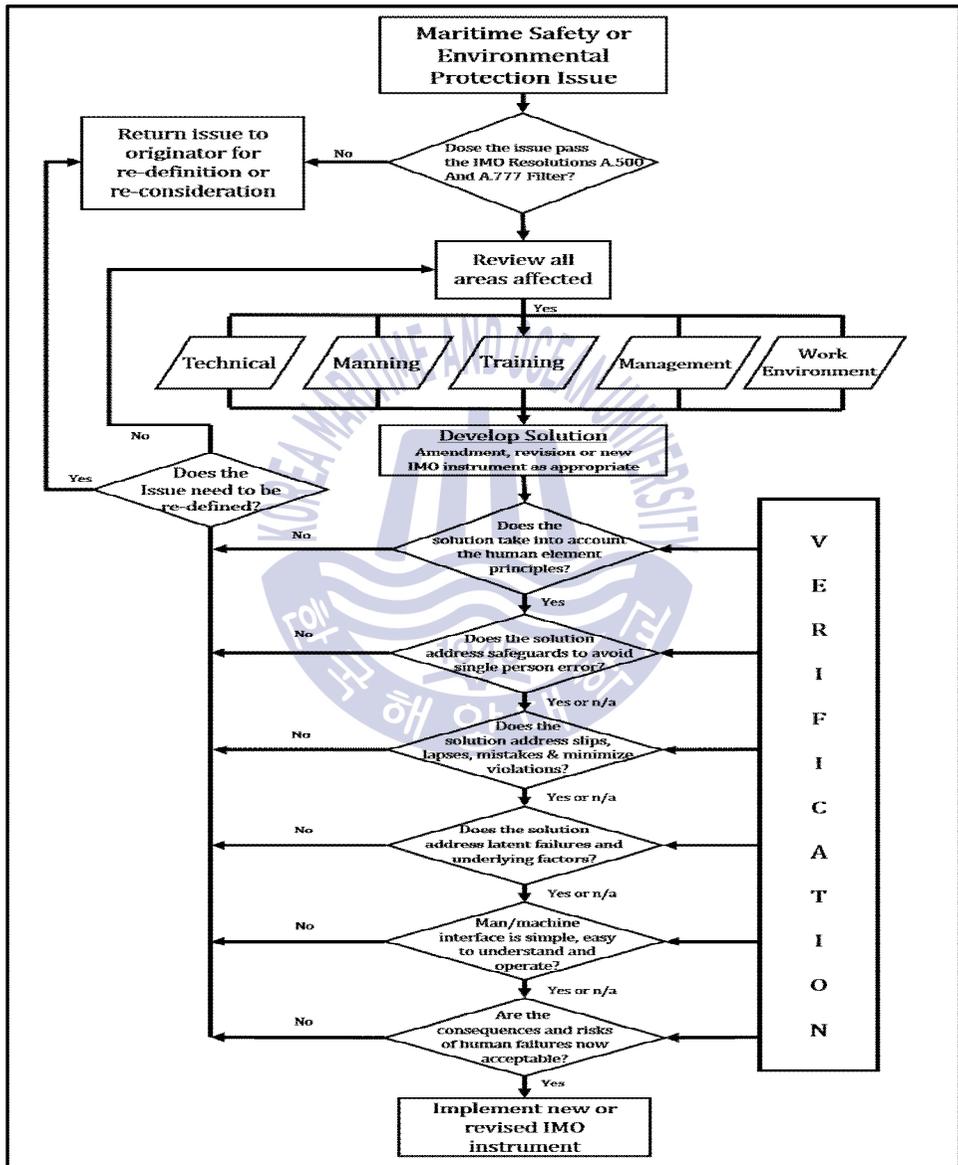


Fig. 12 Human Element Analysing Process flow chart(IMO, 2013f)

(1) 제 1단계: 목표 및 기능요건의 수립(Tier I & II)

인적요인을 반영한 별도의 목표 및 기능요건 수립 절차는 없으며 따라서 바로 규정 제정 단계로 들어간다.

(2) 제 2단계: 규정 제정(Tier III && Tier IV)

인적요인의 반영이 안 된 기 제정된 규정을 그대로 사용한다. HEAP 프로세스를 이용하여 영향을 받는 모든 분야(Technical, Manning, Training, Work Environment의 5개 분야)를 검토분석하고 식별된 인적요인의 해결을 위한 해결방안을 규정으로 개발한다. 이 개정된 규정은 최종 채택 전에 6단계에 걸쳐 인적요인 충분한 반영여부의 검증한다.

2) GBS 구조를 사용한 원칙기반 규정(principle-based regulations)의 개발 방법

이것은 인적요인을 고려한 규정을 제정함에 있어 인적요소 및 인간공학 원칙(HF principles & ergonomics)을 적용하여 원칙기반 승인규정(principle-based rules)의 만드는 것이다. 이는 주로 선박에 탑재되는 장비(marine equipment)나 복잡한 시스템(complex marine systems), 기술소프트웨어의 승인규정 제정에 사용할 목적으로 IACS에서 시도된 방법이나 아직 본격적으로 활용되고 있지는 않고 있다(IACS, 2000a; IACS, 2000b).

4.3절과 4.4절에서 언급한 바와 같이 이러한 분야에 대한 규정의 제정방식은 규범적 기준은 적합하지 않으며, 목표기반기준이 되어야 한다. 따라서, 원칙기반 기준을 제정함에 있어 3.4 절의 목표기반 기준 제정 구조(GBS rule formulation structure)를 접목한다면 다음과 같은 방법론을 고려해 볼 수 있을 것이다.

(1) 제 1단계: 목표 및 기능요건의 수립(Tier I & II)

위험을 파악하고 리스크 분석을 하여 상위레벨의 주요원칙(목표,

key ergonomic principles)을 수립한다. 또한 하위 세부 규정이 이 목표와 원칙을 만족하는지를 검증하기 위한 평가기준(assessment criteria)을 만든다. 선박설비의 경우 적용 가능한 원칙은 ISO 6385-1981(ISO, 1981)의 인간공학 일반원칙과 운용시스템의 설계 원칙 (설계의 단순성, 하드웨어 및 인터페이스 표준화, 소프트웨어 표준화, 유지보수의 표준화, 명확한 식별과 인터페이스 및 상호 연결, 수리보수 시 일반적인 도구의 사용가능성, 안전, 고장안전, 견고성 원칙 등)을 들 수 있다(IACS, 2000a; IACS, 2000b).

(2) 제 2단계: 분석(Tier IV)

1단계에서 파악된 인간공학원칙을 이용하여 현존하는 각종 인간공학 설계 권고사항, 지침 및 평가방법을 분석한다. 모든 관련 자료를 수집하여 분석(업무분석, 인간-기계 인터페이스, 모델, 기존 기준(criteria), 테스트 절차, 인간-시스템 인터페이스 지침, 인간엔지니어링 설계 요건 등)한다. 업무분석(Task analysis)은 계층업무분석(Hierarchical Task Analysis: HTA)과 인터뷰 및 질의서를 이용하여 수행한다.

(3) 제 3단계: 규정의 제정(Tier IV)

2단계의 분석에서 인간공학 원칙을 통한 분석을 통해 기존 규정 중 해당하는 기준(criteria)을 선택하고, 업무분석을 통해 파악된 해당 설비나 시스템에 적용되는 특별 기준을 도출하여 이 두 가지를 통합한 인간공학 기준(ergonomic criteria: 형식승인 기준 등)을 확정하여 규정화 한다. 이러한 규정은 장비나 시스템의 설계 및 제작뿐만 아니라 운영 및 유지보수, 폐기까지 라이프사이클이 적용되도록 해야 하며 관련 산업표준 등은 하위레벨에서 정의되어야 한다.

컴퓨터기반 시스템에 대하여는 FSA보다는 적용이 간편한 단순화된

리스크기반 모델(simplified risk-model)을 고안하여 안전계급(safety hierarchy)을 그 시스템의 고장에 따른 피해의 정도에 따라 카테고리를 분류한 단순화된 리스크기반 모델을 사용할 수도 있다. 이 경우 각 카테고리에 속한 시스템 별로 적용하는 기준과 승인기관(선급)의 관여, 제출 증빙서류 및 확인 수준은 차등화 되도록 승인기준(3.2.2절 Table 1)이 제정된다(IACS, 2016).

소프트웨어 품질보증규정(SQA & HCD)는 성능기반 그리고 리스크기반이다. 즉, 인적요인에 연루된 모든 위험이 식별되고, 연관된 리스크가 평가되고 필요시 리스크 감축 및 제어방안(control measures)을 강구하여 수용가능한 수준의 리스크, 품질(quality) 및 사용성(usability)을 보장해야 하는 규정이 되어야 한다(IMO, 2015g). 특히, 요구되는 기능의 안전한 구현과 신뢰성(기능적 안전: functional safety, IEC 61508), 품질(적합성, 호환성, 사용성, 유지보수성 등 제품의 품질과 데이터의 품질 및 사용상의 품질)의 확보, ISO-2700과 같은 사이버 공격의 회피 및 방지를 위한 보안장치에 대한 요건이 있어야 한다.

(4) 제 4단계: 검증(Tier III)

3단계에서 제정된 규정은 상위레벨의 목표와 원칙을 만족시키는지 1단계에서 개발한 검증 평가기준(assessment criteria)을 사용하여 검증한다.

3) 인적신뢰성분석(Human Reliability Analysis: HRA)을 공식안전평가 프로세스에 접목하는 기법(FSA-HRA)

이 방법은 HEAP 프로세스를 사용하여 기 제정된 기준에 대한 인적요인의 반영여부를 스크린 하는 과정(위 1)항)에서 또는 원칙기반 규정(위 2)항)을 개발하는 과정에서 FSA의 적용필요성이 식별된 경우(인적요인을 반

영할 해결책이 없는 경우 등)에 적용한다.

인적신뢰성(human reliability)이란 사람이 특정 시스템이 요구하는 행위를 주어진 시간 내에 정확히 수행하고 시스템의 성능을 저하시키는 시스템에 무관한 행위를 하지 않는 것을 말한다. 개인이나 그룹이 수용가능한 관행을 벗어나서 수용가능하지 않거나 원하지 않는 결과를 초래할 수 있는 상태로 정의되는 인적과실(human error)을 평가하는 가장 잘 알려진 방법이 HRA이다(ABS, 2000a). HRA란 주로 원자력산업에서 사용하기 위하여 원래 개발된 것으로 인적과실을 식별하고, 고려중인 시나리오에 기여하는 각 행위에 대하여 이러한 인적과실이 발생할 확률을 정량적(또는 정성적)으로 예측하는 방법론을 일컫는 일반적인 용어이며 해사분야에도 적용할 수 있다. 이 HRA 프로세스는 통상 아래에 기술하는 바와 같은 순서를 밟는다.

- Selection of Risk Scenario to Analyze(Identification of key tasks)
- Task Analysis of Key Tasks
- Human Error Identification
- Determination of Error Likelihoods(Human Error Analysis & Human Reliability Quantification)
- Development of Error Reduction Strategy(Risk Control Options)
- Documentation of Results”
- Integration with Risk Assessment

IMO의 대표적인 해사안전규정의 제정도구인 FSA 프로세스에서는 HRA를 사용함으로써 각종 규정의 개발 프로세스에서 인적요인을 다룰 수 있도록 하는 방법론을 기술해놓고 있다(IMO, 2015k). 즉, FSA 방법론을 다루는 FSA 지침 부록 1에서 규정제정을 위한 FSA 프로세스의 각 단계(1단계부터 3단계)별로 인적요인이 체계적으로 고려될 수 있도록 하기 위해 수행되어야 할 HRA 업무들을 다음과 같이 세부적으로 기술하고 있다(IMO,

2015k); IMO, 2015)). 이 FSA 방법론에서는 위험의 원천이 되며 안전 컨트롤을 완화시킨다는 두 가지 측면에서 본선에서의 인간의 행위를 고려하도록 하고 있다.

(1) 1단계: 인적 위험 식별(human hazard identification). 정확하게 수행되지 않으면 시스템 고장으로 귀결될 수 있는 주요한 잠재적인 인적상호작용들을 파악한다. 즉, 주요업무, 하위업무 및 연루된 목표를 목록화 한 후 각 업무별로 인적과실의 잠재적 기여요소들과 그에 따른 잠재적 위험을 파악하고 FSA 방법론에 따라 위험성 등급을 매긴다.

- 방법 및 도구: HAZID(Hazard Identification). 표준 방법론(HAZOP, FMEA, Hazard Checklists, 등)을 사용하며 추가적으로 통상 및 비상시 선원의 운항업무(main human tasks)를 식별하기 위하여 시스템을 모델링하여 “High-level functional task analysis“를 수행.
- 결과물: 주요업무 및 하위업무로 구성되는 행위셋트(set of activities) 및 각 행위에 연루된 위험의 등급화 된 리스트. 이 리스트는 FSA 수행 시 도출된 다른 리스트들과 결합되며 중대한 임무에 대한 최상위의 위험만 리스크 평가의 대상이 된다.

(2) 2단계: 리스크 분석(Risk analysis). 인적요인이 시스템의 안전에 높은 리스크를 초래하는 분야를 식별하고 리스크의 수준에 영향을 미치는 인자를 평가한다. 이를 위해 먼저 주요업무에 대한 세부업무분석(Detailed task analysis)을 수행한다(임무가 물리적 행위를 넘어서 의사결정을 수반하는 경우는 인지업무분석 수행). 다음은 원하지 않는 결과를 초래할 수 있는 모든 잠재적인 인적과실(potential human error: 물리적, 정신적 과실) 목록을 만들기 위해 인적과실분석(human error analysis)을 수행한다. 이 목록은 일정원칙에 따라 분류하여 반드시 조치하여야 할 주요 인적과실들을 식별한다. 인적과실분석은 보통 정성적 분석이면 충분하지만 정량적 FSA

와 결합시키기 위해 인적과실확률(Human Error Probability: HEP)이 요구되는 경우에 있어서는 인적과실의 정량화(human error quantification)를 수행하여야 한다.

- 방법 및 도구: HEP의 산출 즉 인적과실의 정량적 예측 기술에는 대표적으로 THERP(Technique for Human Error Rate Prediction)와 HEART(Human Error Assessment and Reduction Technique)가 있다. HEART는 특정 인간공학, 임무 및 성능에 악영향을 미치는 환경요인을 고려하며 인적과실을 방지하기 위한 리스크 제어수단(remedial risk control options)에 대한 구체적 정보를 제공한다.
- 결과물: 주요임무에 대한 분석결과. 이 임무들에 연루된 인적과실의 식별 결과. HEP 평가결과(선택사항). 이 결과물은 FSA 2단계에서 파악된 고리스크분야와 함께 고려됨.

(3) 3단계: 리스크 제어수단(Risk Control Options). 인간의 시스템과의 상호작용에 연관된 리스크에 대한 제어수단들을 파악한다. 이는 FSA의 다른 리스크 제어수단 파악기법과 같이 시스템의 고장 주기를 줄이고, 고장이 미치는 영향을 감소시키며 고장이 발생하는 환경을 완화시키고 사고가 초래하는 결과를 완화시키기 위한 조치들을 강구한다. 강구된 리스크 제어 조치들에 대하여는 그로인해 새로운 위험이 유발되지 않았는지를 파악하기 위해 시스템에서의 인간의 간섭을 재평가한다.

- 방법 및 도구: FSA 3단계와 동일
- 결과물: 인적요인 관련 리스크의 제어수단들(이 제어수단들은 통합시스템의 구성요소, 즉 “technical/engineering subsystem”, “working environment”, “personnel subsystem” 및 “organizational & management subsystem”의 4가지 분야로 분류된다)

(4) 4단계: 비용 효과 평가. 별도의 지침이 필요 없음(FSA 4단계와 동일)

(5) 5단계: 의사결정을 위한 권고사항을 담은 보고서 작성. HRA 결과에 대한 판단력 있는 사용은 FSA 전체 결과물의 균형 있는 결정과 권고사항 도출에 기여 할 것임.

이렇게 FSA의 각 단계별로 수행한 인적요인에 대한 HRA를 GBS-SLA-FSA 방법론(3.4.2절)의 기준제정구조(rule formulation structure)에 접목 한다면 다음과 같은 방법론을 고려해 볼 수 있을 것이다.

먼저 공식안전평가(FSA) 수행 시 HRA를 동시에 수행하여 IMO 규정이 내포하는 현재의 안전수준(선원, 여객 및 환경에 대한 현재의 리스크)을 결정한다. 이어서, 타 산업계와 비교하여 현재의 안전수준을 비교하고, 수용 가능한 리스크를 지속적으로 감소시키기 위한 비용편익분석을 통한 모든 리스크 제어수단을 파악한다. 즉 FSA-HRA 수행을 통해 요구되는 현재의 안전수준과 요구되는 안전수준(required safety level) 및 RCO를 결정하며 이 안전수준과 RCO들은 GBS 기준의 목표(Tier I) 및 기능요건(Tier II)에 반영한다. 리스크 제어방안은 추후 규정(Tier IV)에도 사용된다. 또한 리스크기반 방법론을 사용하여 기능요건(Tier II)의 Goal(Tier I)에 대한 만족여부와 규정 및 규칙(Tier IV)의 기능요건(Tier II) 만족여부를 검증한다.

- (1) 제 1단계: FSA-HRA 수행을 통한 안전수준의 결정 및 그에 따른 목표의 설정(Tier I)
- (2) 제 2 단계: FSA-HRA의 제 수행(Step 1 및 Step 2)을 통한 기능요건(functional requirements with required safety level) 수립(Tier II)
- (3) 제 3단계: 기능요건을 만족하는 규정 (individual regulations/rules with corresponding safety levels) 수립(Tier IV)
- (4) 제 4단계: 리스크기반 방법론을 사용하여 기능요건(Tier II)의 목표

(Tier I)에 대한 만족여부와 규정 및 규칙(Tier IV)의 기능요건(Tier II) 만족여부를 검증

4.6 규정 영향평가

국제영향평가협회(International Association of Impact Assessment: IAIA)에서는 영향평가(Impact Assessment: IA)란 현행 또는 제안된 조치의 장래 결과(future consequence)로 정의된다. 여기서 “Impact“란 어떤 조치가 취해졌을 때 일어날 상황과 조치가 취해지지 않았을 때의 일어날 상황의 차이이다. 리스크기반 모델을 기초로 변경된 규정에 대한 시험을 함으로써 IMO나 선급은 자체의 규정제정프로세스에 대한 투명성과 객관성을 확보할 수 있다.

이는 대체설계 및 등가설계(3.2절)에서도 사용하는 프로세스이며 SOLAS 협약의 GBS 신조건조기준에서는 선급의 구조규칙의 개정 시 이 프로세스를 포함하도록 요구하고 있다(IMO, 2010b).

제 3.3절 에서 다른 FSA는 주로 안전문제와 사고손실에 한정시킨 IMO의 규정영향평가(Regulatory Impact Assessment: RIA)이다. FSA에서는 규정에 대한 어떤 제안된 변경이라도 일반선박형태(generic ship type)의 리스크모델을 사용하여 시험이 가능하다. 이러한 목적으로 여러 개의 일반모델(generic model)을 수립하는 것이 가능하며 그 규정변경의 이점을 평가할 수 있다. 즉, FSA는 해사안전 증진을 목표로 리스크를 평가하고 RCO별 편익을 분석하는 시스템적이고 합리적인 방법(프로세스)이다. FSA는 다양한 기술적 요소와 운항적 요소간의 균형을 달성하기 위하여 새로운 해사안전규정을 평가하거나 현행규정과 개선된 규정을 비교하기 위한 도구로 사용 될 수 있다. 다만, IMO의 모든 규정에 이 방식을 적용한다면 규정제정 프로세스를 매우 느리게 만들 것이다. 따라서, FSA는 IMO의 모든 규정제정 프로세스에 적용하기 위한 것이 아니며 관련 산업계에 영

향이 매우 중대하거나 큰 법률적, 행정적 부담을 초래하게 되는 규정을 제안할 때 적용하도록 하고 있다. 또한 리스크를 감소시켜야할 필요성은 있으나 무슨 규정을 제정해야 할지 명확하지 않을 때 유용하게 쓰일 수 있다.

오늘날 대부분의 선진국들은 새로운 법안의 입법 전에 반드시 규정영향평가(RIA)를 수행토록 하고 있다. EU의 경우 관련지침서가 존재한다(European Commission, 2009). IMO의 업무절차서도 회원국이 신규작업을 제안 할 때 그 제안에 대한 영향평가, 즉 그 제안이 해사산업에 초래할 비용, 관련 법률적, 행정적 부담(legislative and administrative burdens)을 명시하도록 요구하고 있다(IMO, 2015b). 그러나 이러한 IMO 절차는 잘 지켜지지 않았거나 형식적으로 준수되었다. 몇 년 전 채택된 선박평형수 관리협약 등의 시행준비에 큰 시행착오와 많은 혼란을 경험하고 있는 해사산업계는 새로운 규정의 도입 전에 영향평가를 요구하는 것을 주 골자로 하는 “규정개발을 위한 구조화된 접근”(Structured Approach for the Development of Regulations: SADR) 프로세스를 마련하고 IMO가 이를 신규 규정 채택 시 적용하는 IMO 절차에 반영하여 IMO의 규정제정절차(regulatory decision-making process)를 개선하여 줄 것을 요구하고 있는 상황이다(Maritime Industry, 2014).

SADR의 주요 골자는 선박평형수관리협약, 선박재활용협약 등과 같이 해운산업계에 큰 운용적 자본적 비용을 초래하고 신중한 시행계획의 수립이 협약규정의 도입 시에는 IMO가 해당규정의 채택 전에 충분한 영향평가(full and effective impact and feasibility assessments)를 시행하도록 하여 추후에 의도하지 않은 시행착오와 혼란을 미연에 방지하자는 것이다. SADR에서 제시하고 있는 규정제정프로세스에 고려되어야할 요소로서 다음의 아홉 단계 프레임워크를 제안하고 있다(BIMCO et al, 2015)

- 1단계: 신뢰성 있는 데이터와 통합적인 경험 자료의 확보(새 규정의 당위성(compelling needs)을 판단하기 위해 자료의 가용성, 일관성 및 접근성을 조사하고 타 산업계에서 해당 문제를 어떻게 접근하고 규정개발 시 리스크기반 방법론의 사용 여부 등을 파악)
- 2단계: IMO의 조치가 지금 필요한지 고려(특히, 사안이 불확실하고 새 규정의 영향이 추정하기 힘들거나 산업계에서 다른 방식으로 대처하고 있는 경우)
- 3단계: 비용효과분석 및 영향평가 시행(새 규정의 시행으로 인해 예상되는 안전에 관한 장단기 편익과 관련 소요비용 분석. 새 규정이 타 규정에 미치는 잠재적인 부정적 효과, 적용상 현실적 어려움, 예상되는 법률적 행정적 부담등도 포함)
- 4단계: 적합한 기술의 가용성 평가(새 규정의 목적에 부합하는 제품이 신선 및 현존선에 의도한 기간 내에 설치 가능한지 여부 평가)
- 5단계: 새 장비에 대한 승인절차의 투명성 및 견고성(robustness) 평가 (규정적 요건과 운항적 요건을 만족함을 보장하기에 충분한 수준이어야 함)
- 6단계: 설비제조자에 대한 영향 고려(요구되는 기한 내에 충분한 양의 설비를 제작하여 인도 가능한지 평가)
- 7단계: 본선에 탑재되는 새로운 설비의 검사, 시험, 점검에 대한 명확하고 애매하지 않은 기준(Criteria)이 있는지 평가(형식 승인된 제품이 본선에 설치되어 적절하게 유지 및 작동 되었을 때 PSC와 같은 타 기관의 점검기준에 의해 불합격으로 판정되는 상황 방지 목적)
- 8단계: 달성 가능한 시행일정(Time frame) 고려(새 규정의 시행일 결정전에 해당기술의 시험 및 종합하기 위한 일정 고려)
- 9단계: 새로운 규정의 안전, 환경, 사회적 측면에서 상호 편익의 충돌 및 손실 평가(FSA나 SLA와 같은 리스크기반 접근법(RBA) 적용. 필요한 경우 정해진 해결책(set solution)에 대한 규범적 기준보다 GBS와 같은 성능기반 방법론 및/또는 기타 양적(또는 질적) 고려방법 적용.

이러한 프로세스의 시행을 위해서는 IMO의 규정제정절차(regulatory decision-making process) 즉, IMO의 업무절차(IMO, 2015b)를 애매하지 않은 문구로 수정하여야 하며 무엇보다 이 수정된 업무절차가 향후 규정개발 시 각 단계마다 준수됨을 보장하기 위한 메커니즘이 확립되어야 한다.

4.7 행정부담의 경감

협약상의 행정요건(administrative requirements)이란 어떤 정보나 데이터를 작성, 보고 및 보관하도록 하는 요건을 말하며 행정부담(administrative burden)이란 필요 없거나(필요 없어지거나), 과도하거나 쓸모없는 행정요건을 말한다(IMO, 2011b). 협약에는 이러한 행정요건이나 행정 부담이 다수 포함되어있으며, 계속되는 협약의 제정 및 잦은 개정은 정부, 선사, 선원 등 모든 관련 당사자들에게 많은 법률적, 행정적 부담을 안겨준다. 심지어 ISM Code 등과 같이 협약요건을 만족시키기 위한 행정업무로 인한 업무부하의 증가로 선원들이 필수적인 안전업무를 소홀히 하여 오히려 안전을 저해하는 요소가 되기도 한다는 불평까지 나오고 있는 실정이다.

IMO는 회원국이 신규 의제를 제안하는 경우 이의 승인여부를 결정하기 위한 평가(assessment for proposals for unplanned outputs) 기준 중 하나로 법률적, 행정적 부담을 충분히 분석하였는가를 검토하도록 하고 있다. 즉, 해당 신규의제에 대한 제안자는 동 제안으로 인해 발생할 수 있는 법률적, 행정적 부담이 충분히 고려되었다는 것을 증명하기 위하여 “행정요건 및 행정부담 식별 체크리스트”(IMO, 2015b, Annex 5)를 작성하여 위원회에 제출하도록 하고 있다.

특히, IMO는 2009년부터 특별작업반을 구성하여 IMO협약 상 부과된 각종 보고요건 등 행정부담(administrative & legislative burdens)을 경감하기

위한 작업을 시작하였다. 세계해사대학(World Maritime University)이 파악한 각종 IMO 협약 상 행정요건 563개에 대하여 각국 정부, 선급과 같은 정부대행기관, 선사, 선원을 상대로 설문 실시하여 그 결과를 바탕으로 13개의 권고사항(IMO 보고요건에 전자적 수단 활용, 전자증서 및 문서 인정, 통보 및 보고요건 간소화, 규정제정 시 행정요건 감소 가능성 검토 등)이 도출되었다. IMO는 권고사항 11번⁷⁾에 따라 행정 부담을 줄이기 위해 IMO 협약의 제정 시 고려해야할 원칙들(규정 요건으로 인한 주관청, RO, 선박, 해운회사의 행정부담 경감을 위한 원칙)을 검토 중이며 향후 IMO의 위원회 작업지침에 반영할 예정이다(IMO, 2015n; IMO, 2015o).



7) The IMO Assembly should adopt a resolution reaffirming the Organization's commitment to efficient regulation and ensure that the regulatory process systematically addresses the problems of duplication, complexity, and lack of coherence and transparency



제 5 장 해사안전규정에 대한 리스크 평가

안전 협약의 새로운 제정방향을 설정하기 위해서는 먼저 현존하는 안전 기준들에 대하여 종합적인 검토 및 분석을 하고 협약의 시행 측면까지 고려한 답을 찾고 전략을 짜야한다. 이 장에서는 제 2장, 3장 및 4장에서 파악된 규정의 특성들과 각 규정제정 방법론 및 규정제정 시 고려사항을 이용하여 해사안전협약의 대표 격인 현행 SOLAS협약을 표본으로 하여 분석하고자한다. 우선, 현행 SOLAS 협약의 문제점, 한계 및 극복해야할 과제를 분석하고, 사용할 수 있는 규정제정방법론 별 장단점과 편익효과 등을 평가하여 향후 안전 협약의 가장 합리적인 제정 방법론, 즉 새로운 규정제정골격(new regulatory framework)에 대한 방향을 찾아보고자 한다.

이러한 목적을 달성하게 위한 방안으로 SOLAS협약에 대한 규정적 위험요소(regulatory hazards)를 파악하고 나아가 관련된 규정적 리스크를 평가(assessment on regulatory risk of SOLAS)⁸⁾ 하는 것을 고려할 수 있을 것이다. 이러한 평가를 통해 포괄적 안전규정체계에 대한 프레임워크를 제시할 수 있을 것으로 생각된다(ABS, 2000d). 여기서는 관련분야의 전문가 집단을 구성하여 IMO에서 규정제정에 대한 의사결정 도구로 가장 많이 사용 중이며 안전이슈에 대한 가장 보편적인 리스크기반 규정영향평가의 도구인 FSA(3.3절 참조)의 프로세스에 따라 평가하고 권고사항을 작성하고자 한다.

8) 이 연구에서 사용되는 규정적 위험요소와(regulatory hazards)와 규정적 리스크(regulatory risk)란 제정된 규정의 기술방식, 편제, 상호연결, 사용된 제정방법론, 제정 시 고려된 주요 요소 등에 의해 초래되는 위험요소 및 리스크를 의미한다.

5.1 목적, 평가절차 및 기초자료

5.1.1 목적

해사안전분야에 대한 보다 포괄적인 안전규정체계(holistic safety regulatory regime)를 담은 프레임워크를 만들기 위해, SOLAS협약에 대한 규정적 리스크 평가를 다음과 같은 공식안전평가 프로세스를 따라 수행하였다. 즉, 해사안전 분야의 전문가를 참여시킨 이러한 프로세스는 보다 객관적이며 합리적이고 신뢰성이 있는 해사안전규정의 제정방안을 제안하고자 하는 목적으로 수행되었다. 이러한 해사안전규정의 새 제정방안은 안전규정을 그 라이프사이클 동안 체계적으로 식별, 시행, 검증 및 관리하기 위한 프레임워크가 되어야 할 것이다.

5.1.2 평가절차(리스크 평가 프로세스)

SOLAS협약에 대한 규정적 리스크를 평가하는 절차는 다음과 같은 FSA 프로세스별 단계를 밟으며 각 단계별로 사용하는 기법, 형식 및 그 적용 범위는 이 목적을 달성하기에 적합한 수준으로 변경 또는 단순화하여 수행하였다. 또한 이 5단계의 각 과정에서 2, 3 및 4장에서 사전 조사 및 분석된 안전협약의 특성, 안전규정을 만드는 방법론, 안전협약의 제정 시 주요 고려사항들을 최대한 활용 하였다.

1) 제 0단계

배경, 목적 및 평가절차를 정하여 리스크 평가계획을 작성한다.

2) 제 1단계

현행 SOLAS협약 시스템으로 계속 유지될 때 초래될 수 있는 규정적 위험요소를 식별하여 위험요소 목록(hazard list)을 작성한다.(5.2.1절

참조)

3) 제 2단계

리스크 분석을 실시하고 상위에 랭크된 리스크 목록(risk list)을 작성한다.(5.2.2절 참조)

4) 제 3단계

상위에 랭크된 리스크를 개선하기 위한 방안을 파악하고 리스크 제어방안 리스트(RCO list)를 작성한다.(5.2.3절 참조)

5) 제 4단계

우선순위의 리스크 제어방안들에 대하여 비용편익분석을 실시하여 리스크 제어방안 별 편익분석표를 작성한다. (5.2.4절 참조)

6) 제 5단계

최종적으로 권고되는 리스크 제어방안 리스트 및 보고서를 작성한다.(5.2.5절 참조)

5.1.3 전문가 선정 및 워크숍 실시

5단계 FSA 프로세스별 전문가 토론을 위해 유효성 검증에 적합하고 충분한 수준으로 IMO 회의활동, 규정제정활동, 안전규정 적용, 선박운용, 리스크 평가, 공식안전평가분야의 전문가를 선급, 정부, 학계, 조선소, 제조 업계 해운선사에서 15명을 선발하여 구성하였다(부록 1 참조).

의사 결정을 위해 전문가 토론은 다음과 같이 실시하고 그 결과물을 작성하였다.

1) 제 1차 준비 회의(2016년 8월 2일)

FSA 분야의 전문가 만 모여서 기술 미팅을 실시하였다. FSA 프로세스 중 SOLAS협약의 리스크 분석에 사용할 각 단계별 방법론 및 템플릿 확정 등 리스크 평가계획을 완성하였다.

2) 제 2차 HAZID 기술 워크숍(2016년 8월 18일)

기술 워크숍(브레인스토밍 세션 포함)을 통해 Hazard 리스트(모든 위험 요소 목록, 원인, 효과)를 작성하였다.

3) 제 3차 리스크 분석 기술워크숍(2016년 8월 30일)

기술 미팅 및 워크숍을 통해 SOLAS협약에 관련된 리스크의 정량적 분석 및 랭킹을 실시하고 우선순위 리스크 목록을 작성하였다.

4) 제 4차 리스크 제어방안(RCO) 파악 기술 워크숍(2016. 9. 13일)

리스크 제어방안을 파악하기 위한 기술워크숍을 실시하고 RCO 리스트(모든 RCO 리스트)를 작성하였다.

5) 제 5차 최종 기술 워크숍(2016. 9.29일)

RCO별 비용편익분석을 실시하고 권고되는 RCO 목록을 포함한 최종 권고사항을 작성하였다.

5.1.4 기초자료 및 각 단계별 질문

전문가 그룹에서 FSA의 각 단계별 리스크 분석 시 기초자료로 활용할 수 있도록 다음과 같이 현행 SOLAS협약의 현황을 정리하고 분석하였다. 또한 관련되는 질의서 및 자료를 부록 1과 같이 작성하였다.

1) 현행 SOLAS협약의 구성 및 내용

전문가 그룹에서 SOLAS협약의 규정적 위험요소를 파악하기 위한 기초 자료로서 활용할 수 있도록 먼저 현행 SOLAS협약에서 다루고 있는 강제 규정의 편제(현행 SOLAS 협약의 구조)를 분석하였다. Table 2는 이러한 분석의 결과로 현행 SOLAS협약에서 다루고 있는 장별 강제 규정의 내용, 관련 코드 및 결의서를 정리한 것이다.

SOLAS협약은 협약본문 및 본문과 연계된 강제 규정, 코드, 결의서 외에도 MODU Code, BLU Code, BC Code, CTU Code, OSV Code, SPS Code와 같은 수많은 비강제 성격의 코드(Code)와 결의서(Resolutions), 지침(Guidelines), 회람문서(Circulars) 등이 제정되어 이러한 강제규정들을 보충하고 있다(IMO, 2014c; IMO, 2015m).

SOLAS협약의 각 장의 특성을 보면, 2-1, 2-2, 3, 4 및 5장은 선박의 기능별 분류에 근거한 안전문제에 대하여 주제별로 다룬 요건들이며 8, 10 및 12장은 선종별 특별 요건을 다룬 것들이다. 이외, 모든 선종의 선박 및 운항자, 인정기관(RO) 등에 적용되는 기타 요건들을 1, 9, 11-1, 11-2 및 13장에서 다루고 있다. 특히, 모든 선종에 적용되는 2-2장과 3장의 경우, SOLAS협약에서는 본선 설비의 설치요건인 본선요건(ship requirements)만 다루고 있고 각 설비들에 대한 기능요건은 코드에서 별도로 다루고 있다. 4장과 5장의 경우도 개별 설비의 세부 성능에 대한 사항은 별도의 결의서나 회람문서로 분리되어있다. 또한 9장, 10장, 11-1장, 11-2장, 14장의 경우 협약본문에서는 특정 안전 이슈별 강제규정의 근거만 마련하고 있고, 관련 세부규정은 모두 ISM Code, HSC Code, Polar Code 등 강제 코드에서 다루고 있으며 이들 강제 코드 중 일부에는 기능적 요건(functional requirement)의 형식을 포함하고 있다.

Table 2 Structure of SOLAS Convention

장	제목	세부내용	강제 코드/결의서	비고
1장	일반사항	협약의 채택, 검사 등	-	1988 Protocol HSSC 강제화합
2-1장	건조	선박의 구조, 구획, 복원성, 기관, 전기설비 관련사항	IS(복원성)Code, Noise Code, IGF Code, 선박보호도장(Res. 215(82) 및 288(87), 보호도장대체(Res.289(87), PMA(Res.133(76), GBS(Res.287(87)	
2-2장	건조	방화, 화재탐지 및 소화 관련	FTP, FSS, IGF Code	
3장	구명설비 및 배치	구명설비 및 훈련 관련사항	LSA Code	
4장	무선통신	무선통신 설비 요건 관련	-	
5장	항해안전	항해, 통신설비, 수색/구조업무	-	
6장	화물 및 연료유의 운송	고체산적화물, 연료유, 곡물의 운송관련	Grain Code, IMSBC Code, CSS Code	
7장	위험물의 운송	산적형태 위험물운송 관련.	IMDG Code, INF Code, IBC Code, IBC Code, IGC Code	
8장	원자력선	원자력선 안전규정 관련	-	
9장	선박의 안전운항을 위한 관리	선박의 안전운항 관리	ISM Code	1998년 발효
10장	고속선의 안전조치	고속선 요건	1994 HSC Code 2000 HSC Code	1996년 발효 2002년 발효
11-1장	해상안전강화를 위한 특별조치	인정기관요건, 강화된 검사, 선박/선주식별번호, 해양사고 조사	RO Code, 2011 ESP Code, Casualty Investigation Code	1996년 발효 2002년 발효
11-2장	해상보안강화를 위한 조치	선박/회사/항만시설 요건, 보안협정문 등	ISPS Code	2004년 발효
12장	산적화물선에 대한 추가안전조치	손상복원성, 구조, 검사, 적하지침기 등	1997 SOLAS Conf./Res.4 Res. MSC.169(79) Res. MSC.168(79)	1999년 발효
13장	준수의 검증	기국감사제도 및 IMO 협약이행 코드	III Code	2016년 발효
14장	극지방 운항 선박의 안전조치	선박요건, 대체설계 및 배치	Polar Code	2017년 발효

SOLAS협약은 1960 제정 후 지금까지 7번의 새로운 장 신설, 10번의 장별 개정을 포함하여 총 75회의 개정을 하였다. SOLAS협약은 이처럼 오랜 기간 동안에 걸쳐서 여러 번의 개정을 거치면서 개정되거나 새로운 장들이 계속 추가됨으로써 이 협약의 각 장별 편제는 주제별 요건과 특정선종의 특별요건, 모든 선종을 대상으로 하는 포괄적 요건, 본선요건 및 설비의 성능요건 등이 협약본문과 코드 등에 혼재되어있다. 따라서, 협약체계상 일관성의 결여를 초래하였고 여러 가지 부수적인 문제점을 발생시키고 있다. 우선, 이러한 복잡한 구성은 사용자가 요건의 내용을 용이하게 파악하기에 매우 힘들게 한다. 예를 들어 SOLAS협약 요건 중 선종, 크기, 건조일, 선원이나 여객 수, 항행구역 등이 특정된 어떤 특정한 선박에 적용되는 요건만을 정확히 구별하기가 매우 힘든 실정이다. 이러한 복잡하고 일관성 없는 편제는 SOLAS협약의 향후 확장성에 제한을 가져올 뿐 아니라, 기술적 진보에 따른 협약의 지속적인 최신화 필요성 대두 등 앞장에서 다룬 규범적 기준들이 갖는 대부분의 문제점들을 발생시킨다. 이러한 문제점을 일부 해결하기 위해 협약의 4년 주기 발효절차 등 개선안이 마련되었으나, 이것들이 이 협약의 일관성이 결여된 편제나 규범적 세분 기준의 복잡한 분포 등 복잡한 협약 구성에 대한 근본적인 해결책을 제공하지는 못 할 것으로 보인다(IMO, 2015f; IMO, 2014b).

2) 현행 SOLAS협약에 사용된 규정제정방법론의 현황

전문가 그룹에서 활용하기 위한 기초자료로서, 현행 SOLAS협약의 구성과 사용된 규정 제정방법론의 종류들을 분석한 Table 3을 작성하였다. 여기서 사용된 규정 제정 방법론의 종류는 4장에서 파악된 규정제정 방법론들을 다음과 같이 다시 분류하였으며 Table 3에서도 같은 번호를 사용하였다.

Table 3 Rule-making approaches used in SOLAS

장	내용(Function)	Prescriptive Rules (i)	GBS (ii-1)		Risk-based Approach (ii-2)			
			Deterministic (ii-1-a)	SLA (ii-1-b)	FSA ¹⁾ (ii-2-a)	Alternative/Equivalent (ii-2-b)	Simplified approach (ii-2-c)	Operational standards (ii-2-d)
1장	일반사항	전체	-	-	-	-	-	-
2-1장	건조 (구조, 구획, 복원성, 기관, 전기설비)	본문전체 및 모든 Code	3-10규칙 (Res.287 (87), IGF Code)	-	-	4규칙 55규칙 MSC.1/Circ.1212 MSC.1/Circ.1455	-	-
2-2장	건조(방화, 화재탐지 및 소화)	본문전체 및 모든 Code	2규칙	- ²⁾	IGF Code ³⁾ , IGS 확대적용 ⁴⁾	17규칙 HSC/Circ.1002 MSC.1/Circ.1455	-	-
3장	구명설비 및 배치, 훈련	본문전체 및 Code	-	-	-	38규칙 MSC.1/Circ.1212 MSC.1/Circ.1455	-	-
4장	무선통신설비	본문전체	4규칙	-	-	-	-	-
5장	항해, 통신설비, 수색/구조	본문전체	-	-	ECDIS강제화	-	-	-
6장	고체산적화물, 연료유, 곡물의 운송	본문 및 모든 Code 전체	-	-	-	-	-	-
7장	위험물 운송	본문 및 모든 Code 전체	-	-	-	-	-	-
8장	원자력선안전규정	본문전체	-	-	-	-	-	-
9장	선박의 안전운항 관리	본문 및 Code 전체	-	-	-	-	-	ISM Code
10장	고속선의 안전조치	본문 및 Code 전체	-	-	-	-	-	-
11-1장	해상안전강화위한 특별조치	본문 및 모든 Code 전체	-	-	-	-	-	-
11-2장	해상보안강화위한 조치	본문 및 Code 전체	-	-	-	-	-	-
12장	산적화물선에 대한 추가안전조치	본문 및 모든 결의서 전체	-	-	본문 전체	-	-	-
13장	준수에 대한검증	본문 전체	-	-	-	-	-	-
14장	극지방 운항 선박 안전	본문 및 Code 전체	Polar Code	-	Polar Code	-	-	-

* Notes:

1) FSA study: 현재 IMO에서 6개 선종(General Cargo ship, LNG Carrier, Container ship, Oil tanker, Cruise ship, RoPax ship)에 대한 FSA 연구가 활발하게 진행 중이며 그 결과 물이 SOLAS협약의 각 장에 반영 될 것으로 예측됨. 또한 여객선의 손상복원성 및 e-navigation 관련 작업에서 활용되고 있음.

2) GBS-SLA 방법론 도입 논의 중

3) IGF Code Sec. 4.3에서 Risk Assessment 수행을 강제화 함

4) Inert Gas System 설치요건을 Chemical 및 Product Tanker선에 확대적용 함

- 규범적 기준(prescriptive regulations): i
- 목표기반 기준(Goal-based standards): ii-1
 - . Non-risk-based GBS(Deterministic GBS): ii-1-a
 - . Risk-based GBS(GBS-SLA): ii-1-b
- 리스크기반 규정(Risk-based Approach): ii-2
 - . FSA 수행 후 그 결과에 기초하여 제번된 규범적 기준: ii-2-a
 - . Alternative/equivalent design/approval(리스크 기반 GBS): ii-2-b
 - . Risk-based Safety Hierarchy(Simplified RBS): ii-2-c
 - . Risk-based Operational Standards(Risk-based survey/audit/quality system, ISM등): ii-2-d

Table 3 에서 보는 바와 같이 SOLAS협약의 거의 대부분의 규정들은 선박이 만족해야하는 세부적인 규범적 기준으로 구성되어있다. 이에 반해 GBS 기준의 도입은 2-1/3-10 규칙에서 벌크선과 탱커선의 신조 구조 기준에 처음 시도되었다. 2-2, 4장에서도 도입부에 기능요건을 명시하고 있어 GBS 전초단계의 형식을 취하고는 있고 IGF 및 Polar Code에서는 목표와 기능요건을 포함한 어느 정도 GBS 형태를 갖추고 있다. 이렇게 매우 제한적으로 도입된 GBS 기준은 아직 결정론적인 방식이며 리스크기반의 GBS-SLA 기준은 아직 도입된 사례가 없다.

한편, 리스크 기반 접근법 중에서 FSA의 수행결과를 토대로 규범적 기준을 도입한 예는 12I장을 비롯하여 상당수 있으며 지금도 IMO가 설립한 FSA 전문가 그룹을 중심으로 선종별 연구를 많이 수행 중에 있다. 즉, 규범적 기준이라도 리스크 분석과 비용편익분석을 통한 기준 수립은 상당히 활성화 되어있음을 보여준다. 리스크기반 설계 및 승인 기준은 화재 및 구명설비의 대체 및 등가 설계 기준으로 주로 여객선에서 제한적으로 적용되고 있다.

SOLAS협약에서 운항(operational) 측면의 리스크기반 검사기준이나 심사 기준 등을 도입 한 적은 아직 없으며 ISM Code에서 리스크분석을 강제화 하고 있는 정도이고 단순화된 리스크모델을 도입한 기준의 예도 SOLAS협약에는 아직 없는 실정이다.

3) 규정제정 시 주요 고려사항의 SOLAS협약 반영 현황

제 2장 및 제 4장에서는 위 Table 3 에서 다룬 규정제정 방법론과는 별도로 안전규정의 특성 및 규정제정 시 고려해야할 주요사항을 살펴본 바 있다. 전문가 그룹에서 활용하기 위한 기초자료로서 현행 SOLAS협약의 내용을 이러한 규정제정 시 주요 고려 사항에 따라 특성별로 분류하여 다음의 Table 4와 같이 나타내었다.

Table 4에서 보여주는 SOLAS협약 각 장별 특성을 정리해보면 다음과 같다.

i) 최종단계 승인요건(i-a) 또는 단계별 승인 요건, 즉 최종 단계의 승인만으로 불충분한 항목(i-b):

SOLAS협약에서 설비, 장비, 구조물에 대한 거의 모든 요건은 최종단계, 즉 완성단계 및 본선설치 단계에서의 기능과 성능을 확인함으로써 그 만족여부가 검증되고 있다. 일부 설비, 장비, 구조물의 경우 설계승인 후 제작 시 본선설치 검사를 포함하여 2-3회의 검사 및 승인과정을 거친다. 설비에 탑재되는 소프트웨어의 경우도 최종승인만 거치는 경우가 대부분이다. SOLAS협약에 설계 초기단계부터 최종승인 시 까지 설계자와 승인자 간 상호교류적인 다단계 검증과정이 요구되는 규정이 도입된 경우는 등가/대체설계 및 승인 기준과 이-네비게이션(e-navigation) 관련 소프트웨어 승인지침 정도로 극히 제한적이다.

Table 4 Main factors for rule-making process used in SOLAS

장	내용 (Function)	최종단계 승인 (i-a) 중간단계 승인포함(i -b)*	IMO기준 (ii-a)/ 지역기준 (ii-b)**	설비/ 시스템 의 새 안전요 건 (iii)	하드웨어 (iv-a)/ 소프트웨어 (iv-b)	안전기준의 대상(v)	영향 평가 시행 (vi)	인적용인 적용 (vii)	행정부담 초대 요건 (viii)
1장	일반사항	-	-	-	iv-b	주관청, RO, 선박	-	-	Article 포함12개
2-1 장	건조 (구조, 구획, 복원성, 기관, 전기설비)	i-ai-b (55규칙)	ii-a ii-b (EU 복원성 기준)	-	iv-a iv-b	선박, 운항자, 조선소, 도료제조사, 주관청, RO, 선장	3-10 규칙	PMA, 3-10규 칙,기관 실설계, 승하선수 단,여객 선탈출설 비	본문(14개) IS (1개) Res.215 (3개)
2-2장	건조(방화, 화재탐지 및 소화)	i-ai-b (17규칙)	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 운항자, 주관청, RO, 선장	-	-	본문(10개) FSS (3개)
3장	구명설비 및 배지, 훈련	i-ai-b (38규칙)	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 주관청, RO, 선장, 선원	-	-	12개
4장	무선통신설비	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, IMO, 주관청	-	-	2개
5장	항해, 통신설비, 수색/구조	i-ai-b (E-nav SQA)	ii-a	e-nav	iv-a iv-b	선박, 선장, 운항자, IMO, 주관청	-	선교설계 ECDIS 성능기준 , 도선사 사다리	9개
6장	고체산적화물 연료유, 곡물의 운송	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 선장, 운항자, 화주, 주관청	-	-	본문(2개) Grain (4개)
7장	위험물 운송	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 선장, 주관청	-	-	본문(1개), IBC (5개), IGC (5개), BCH (6개)
8장	원자력선안전 규정	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 선장, 주관청	-	-	-
9장	선박의 안전운항 관리	i-a	ii-a	-	iv-b	선박, 선장, 운항자, 주관청	-	ISM Code	본문(1개) ISM (1개)
10장	고속선의 안전조치	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 선장, 선원, 운항자, 주관청, IMO	-	-	HSC(36개)
11-1 장	해상안전강화 위한 특별조치	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	주관청, RO, 선박, 선장	-	해난조사 코드	본문(1개) ESP (2개)
11-2 장	해상보안강화 위한 조치	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	주관청, 항만시설당국, 선박, 운항자, 선장	-	-	본문(5개) ISP (3개)
12장	산적화물선에 대한 추가안전조치	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박	-	-	Res.169 (1개)
13장	준수에 대한검증	-	ii-a ii-b(EU 복원성 기준)	-	iv-b	IMO, 주관청, RO	-	-	III (다수)
14장	극지방 운항선박의 안전	i-a	ii-a	-	iv-a iv-b	선박, 선원, 주관청	-	-	Polar (다수)

ii) IMO 기준 만 존재 하는 경우(ii-a) 또는 지역기준의 존재(ii-b):

SOLAS협약 요건과 관련하여 EU와 같은 특정지역에서 운항되는 특정 선종에 대한 지역기준이 존재하나 IMO협약의 범세계적인 시행에 큰 영향을 미칠 정도는 아니다. 오히려 미국의 유조선 이중선체요건이나, EU의 강화된 오염물질 배출기준, IMO 협약 시행 전에 시행되는 환경요건, 폐선기준과 같은 MARPOL 등 환경관련 IMO 협약에 대한 지역기준이 많이 존재하여 협약시행자들의 혼란과 경제적 부담을 많이 초래하고 있는 실정이다.

iii) 본선의 복잡한 설비나 시스템(complex Cyber system/security, software integrity 등)에 대한 새로운 안전요건 포함여부:

이는 본선 설비의 자동화, 통합화 등에 따라 그 중대성이 증가되고 있는 새로운 안전 영역으로 이-네비게이션(e-navigation) 등 일부 분야에서 일부 논의가 있으나 IMO 차원의 일반적 요건은 거의 없다고 할 수 있다.

iv) 하드웨어 요건(iv-a) 또는 소프트웨어 요건(iv-b):

SOLAS협약은 하드웨어 적 요건이 주를 이루기는 하나 대부분의 경우 운항제한과 같은 소프트웨어 적 요건이 병행하여 도입되어있다.

v) 안전기준의 적용 대상(선박, 선주, 조선소, 선급 등):

각 장별로 다소 차이는 있으나 SOLAS협약은 대부분 선박이 만족시켜야할 요건이며 선장이나, 운항자, 선원, 주관청, 인정기관(Recognized Organization: RO) 등에 대한 직접적인 의무조항들이 명시된 경우도 많이 포함하고 있다. 특히 최근 개정된 협약에서는 조선소, 제조사 등 보다 폭넓은 관련자들이 협약시행의 대상으로 포함되고 있는 실정이다.

vi) 영향평가 시행 유무:

협약의 도입 시 해당규정의 객관성과 투명성을 확보하고 규정이 미치

는 영향을 평가하도록 IMO 프로세스에 명시되어 있으나 이것이 잘 준수되지는 않고 있다. II-1/3-10의 GBS 요건이 유일하게 선급건조규칙 제정 후 자체영향평가서(self-assessment)를 제출하도록 강제화하고 있다.

vii) 인적요인 관련 규정 포함 여부:

구조, 선교 및 기관실 설계 및 배치, 해양조사 코드 등에서 인적요인 관련 요건을 포함하고 있으나 SOLAS협약에 인적요인관련 요건의 전반적이고 체계적인 도입은 되지 않고 있다.

viii) 행정적 부담을 초래하는 요건의 포함여부:

8장을 제외하고 관련 코드를 포함하여 모든 장에 걸쳐 행정 부담을 초래하는 요건을 다수 담고 있다. 향후 이들에 대한 삭제 또는 대체 방안의 검토 및 새로운 규정의 도입 시 이를 가능한 회피하기 위한 체계적인 노력이 필요하다(IMO, 2014a; IMO, 2016a).

5.2 각 단계별 리스크 평가 결과

5.2.1 위험요소의 식별(제 1단계):

각 분야의 전문가로 구성된 팀은 현행 SOLAS협약의 형태가 계속 유지될 초래될 수 있는 위험요소의 식별(Identification of Regulatory Hazards in current SOLAS Framework: HAZID)을 위해 워크숍을 실시하였다. 이때 Table 2, Table 3, Table 4 및 부록 1 PART II의 HAZID 관련 자료를 기초 자료로 활용하여 위험요소를 식별하였고, 브레인스토밍을 통해 추가적인 위험요소를 식별을 하여 Table 5와 같이 총 47개의 위험요소 목록(hazard list)이 작성되었다. 여기서 요소 및 “Causes”에 표시된 번호는 부록 1 PART II의 자료에 사용된 것을 사용하여 각 위험요소의 내용을 세부적으로 파악 할 수 있도록 하였다.

여기서 위험요소(hazard)란 잠재적 위험 가능성이며 가치중립적으로 적용하여 이것이 사고로 이어질지 여부는 아직 모르는 상태를 말한다. 영향(effects)은 위험요소로 인해 최악의 경우 발행 할 수 있는 결과(사고 등)이며 인간(human), 환경(environment) 및 사회적 영향으로 나누었다. 사회적 영향은 재정적 비용이나 시간 증대와 같은 정부 및 산업계에 끼치는 부담, 손해 등 부정적 영향을 말하며 여기서 안전사고 및 환경사고로 인한 재산적 손실은 인간 및 환경에서 고려하였으므로 제외하였다.

Table 5 List of regulatory hazards

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
S O L A S 구 성 및 편 제 (1)	1a 안전규정 체계의 복잡성으로 적용되는 규정 파악 실패	.규정 적용 실패 .규정의 적용오류 .PSC 지적 증대	.규정 적용실패로 인한 안전사고 발생 .규정 적용오류로 인한 안전사고 발생	안전사고에 따른 환경사고	.PSC 지적으로 운항손실 발생
	1b 장별, 요건별 너무 복잡, 상호 링크 및 혼재	.안전 시각지대 발생 .타 규정과 모순 발생 .규정의 확장성/영속성 저해 . 규정 제정이 힘들 .PSC 지적 증대	.규정 부재로 인한 안전사고 발생 .규정 적용오류로 인한 안전사고 발생 .규정 제정 지연으로 인한 안전사고	안전사고에 따른 환경사고 발생	. 법령 숙지에 행정적 비용 과다 초래 .PSC 지적으로 운항손실 발생
	1c-e 잦은 규정 개정	.협약이행 부담 가중 .규정의 적용오류 .설계 및 생산방식 변경 발생	.규정 적용실패로 인한 안전사고 발생 .규정 적용오류로 인한 안전사고 발생	안 전 사 고에 따 른 환 경 사 고 발 생	.협약이행자의 경제적 손실 발생 .설계 및 생산방식 변경에 따른 경

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
					제적 손실 발생
	1f 협약시행 시점의 불확실성	협약시행 준비 상 혼 선발생	-	-	선주 및 제 조자의 경제 적 손실 발 생
사 용 된 규 정 제 정 방 법 론 (2)	2-1 규범적 기준(Prescriptive Regulations)				
	2-1a 사후 조치적 규정 수립	새로운 형태의 안전사 고 사전 예방 규정 미 비	.규정 부재로 인한 새로운 형 태 안전사고발 생	안 전 사 고에 따 른 환경 사고	-
	2-1b 규정의 현실성 저하	.규정의 적용 어려움	.부적절한 규정 으로 인한 안전 사고발생	안 전 사 고에 따 른 환경 사고	.잘못된 규정제 정으로 행정 부담 증가
	2-1c 규정의 목적 및 원칙 부재, 규정 의 난해성	규정의 만족여부 판단 어려움 발생. .규정의 적용오류	규정 적용오류 로 인한 안전사 고 발생	안 전 사 고에 따 른 환경 사고	-
	2-1d 규정이 특정 기술적 솔루션을 명 시하고 있음. 규정이 과도하게 규범적임	.특정설계의 고착 .특정 제품의 독점 .기술적 진보의 저해 .설계상 유연성 없게 함	.선진화된 안전 수단 강구 실패 로 안전사고 저 감 실패	환 경 사 고 저감 실패	. 선진 기술 도입저해로 경제적 손실 . 진보적 기 술 적용 실 패로 인한 사회경제적 기대효과 달 성 실패
	2-1e 규정제정 과정 (검토, 승인, 채택 및 발효)이 느림	.규정제정 지연 안전 확보 지연 및 업 계 부담초래	.규정 제정 지 연으로 인한 안 전사고	안 전 사 고에 따 른 환경 사고	. 규정제정 지연으로 인 한 경제적 손실
	2-2 현행 안전규정의 한계				
	2-2a 규정수립에 대 한 시스템적 접근 불	.규정 수립 전 모든 위 험요소의 파악 및 대	. 불완전한 규 정 수립으로 안	안 전 사 고에 따	.불완전한 규 정 이행으로

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
	가하고 포괄적 접근이 안됨	정책 수립불가. .기술적, 운항적 측면의 포괄적 규정 수립 안 됨	전사고 발생	른 환경 사고	인한 경제적 손실
	2-2b 규정제정 과정에서 투명성 및 당위성 확보 안됨	비합리적이고 불투명한 규정이 수립됨	. 불완전한 규정 수립으로 안전사고 발생	안 전 사 고에 따 른 환 경 사고	. 불 완 전 한 규정 이행으로 인한 경제적 손실
	2-2c 규범적 기준 입	.규정이 기술적 혁신을 유도 하지 못함. .규정의 검증이 불가능함. . 규정의 확장성/지속 가능성이 낮음	.선진화된 안전 수단 강구 실패로 안전사고 저감 실패 .불완전한 규정 수립으로 안전 사고 발생	. 규 정 제 정 지 연 으 로 인 한 안 전 사고	. 안 전 / 환 경 사고로 재산 손실
	2-2d 규정제정이 객관적 자료에 바탕을 두지 않고 정치적 입지나 자국 산업보호 측면에서 제정됨	.비합리적인 규정 제정 됨	. 불완전한 규정 수립으로 안전사고 발생	안 전 사 고에 따 른 환 경 사고	. 국가 간 경제적 불평등 초래
	2-2e 대체/등가 설계/승인 규정이 제한적으로 도입됨	설계 상 유연성 확보 어려움 발생	.선진화된 안전 수단 강구 실패로 안전사고 저감 실패	환 경 사고 저 감 실패	. 선 진 기술 도입저해로 경제적 손실
	2-2f 리스크기반 기자재, 시스템, 검사, 심사, 품질 규정의 부재	이 분야에 리스크 등급에 따른 차등적 요건 수립 안 됨	.선진화된 안전 수단 강구 실패로 안전사고 저감 실패	환 경 사고 저 감 실패	. 선 진 기술 도입저해로 경제적 손실
	2-2g 규정 상 목표 및 기능요건이 있는 경우가 있으나 안전수준의 파악이 안 되고 둘 사이의 연결고리의 파악 불가	규정의 안전수준 파악 미비 및 투명성과 당위성 확보 실패	. 불완전한 규정 수립으로 안전사고 발생	안 전 사고 에 따 른 환 경 사고	. 불 완 전 한 규정 이행을 위한 경제적 손실
	3-2 하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건				

요 소	Causes	Hazards	Effects			
			인 간	환 경	사 회	
현행 규정의 규정 제정 시 고려 사항 반영 현황 (3)	3-2a 하드웨어적 요건으로 충족 가능한 안전 목표를 운항 요건/관리요건으로 대체함	선사 및 선원에게 협약 이행 부담 가중	선원피로 증가로 안전사고 발생	안전사고에 따른 환경사고	-	
	3-2b 하드웨어와 관련한 규정이 선원의 합리적 준수 범위를 벗어나는 운항/관리 요건을 포함함	안전규정의 준수누락 및 미 준수 발생	.규정 적용실패로 인한 안전사고 발생	안전사고에 따른 환경사고	-	
	3-2c 본선 운항 및 관리요건의 과다	선사 및 선원에게 협약 이행 부담 가중	선원피로 증가로 안전사고 발생	안전사고에 따른 환경사고	-	
	3-2d 선원의 이차적 조치가 필요한 하드웨어의 설치	.선원에게 협약이행 부담 가중 . 사고 시 이차조치 실패	.이차조치 실패로 안전사고 확대됨	안전사고에 따른 환경사고	-	
	3-2e 복잡한 하드웨어에 대한 충분하지 못한 훈련요건	선원에게 협약이행 부담 가중 .부적절한 하드웨어 운용	.부적절한 하드웨어 운용으로 안전사고 발생 .선원피로 증가로 안전사고 발생	안전사고에 따른 환경사고	.선주의 경제적 손실 발생	
	3-2f 부적절한 하드웨어 설계	.부적절한 하드웨어 운용 .하드웨어 사용 시 인적오류 발생	.부적절한 하드웨어 운용으로 안전사고 발생 .인적과실에 의한 안전사고발생	안전사고에 따른 환경사고	.선주의 경제적 손실 발생	
	3-3 최종 기능중심의 요건과 다단계 설계/승인 요건(복잡한 설비 및 시스템)					
	3-3a-3b 현행규정은 최종기능 중심의 검사 및 승인 요건이 대부분임(다단계 설계 및 승인 시스템이 거의 없음)	. 사용자환경 및 능력이 고려되지 않은 하드웨어 및 시스템 설계 . 제작 및 설치 시 실패 가능성 증가	. 부적절한 설계로 안전사고 발생 . 시스템 오류 또는 요구 성능 미 발휘로 인한 안전사고 발생	안전사고에 따른 환경사고	. 시스템 유지보수 비용 추가 발생	
	3-3c 사용 중 발생	. 시스템 사용 중 인적	.인적과실로 인	안 전 사	. 시스템 유	

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
	가능한 잠재적 인적 오류에 대한 평가 기준 미비 .충분한 관련 시험 미 실시	오류 발생 . 최종단계 평가절차만으로는 시스템의 모든 오류 제거 보장 안 됨	한 안전사고 발생 .시스템 오류로 인한 안전사고 발생	고에 따른 환경 사고	지보수 비용 추가 발생
	3-3d 설계부터설치, 유지보수 및 폐기까지 전 라이프 사이클에 대한 요건 미비	복잡한 시스템의 유지 및 보수, 폐기 관리 실패	.유지 및 보수 오류로 안전사고 발생	안 전 사 고에 따 른 환 경 사 고	. 시스템 유지보수 비용 추가 발생
3-4 복잡한 시스템(Complex Cyber Systems)에 대한 새로운 안전요건					
	3-4a 복잡한 시스템에 대한 새 안전 규정 부재	.시스템 간 상호 의존성, 상호 인터페이스 증가. 조각화, 보안위협증가 등에 따른 안전 확보 미비	.시스템으로 인한 안전사고 발생	. 안전 사 고에 따 른 환 경 사 고	-
	3-4b 소프트웨어에 대한 안전규정 부재	소프트웨어 품질보증, 사이버보안, 데이터 온전성 등 안전 확보 안 됨	. 소프트웨어로 인한 안전사고 발생 . 사이버 보안 사고 발생	. 안전 사 고에 따 른 환 경 사 고	-
	3-4c 시스템에 반영된 기술적 진보가 사용자 고려가 아니라 기술 주도를 위해 실현됨	. 효율적인 시스템 미 확보 .선박운항 시 인적과실 발생가능성 증가	.시스템으로 인한 안전사고 발생	. 안전 사 고에 따 른 환 경 사 고	-
3-5 인적요인 관련 요건					
	3-5a-5c 안전규정에 인적요인관련 전반적이고 체계적인 도입이 안 되고 있음	.인적요인에 의한 사고 가능성의 증대 .인적, 조직적 과실의 원인제거 안됨 .선원의 안전하고 쾌적한 작업환경 미확보	.인적요인에 의한 안전사고 발생 .선원피로 증가로 안전사고 발생	. 안전 사 고에 따 른 환 경 사 고	.선원의 적 응 훈련 시 간 및 비용 증가
	3-5d 미시 인간공학 요건 미비	.인적요인에 의한 사고 가능성의 증대	.인적요인에 의한 안전사고 발생	. 안전 사 고에 따 른 환 경 사 고	.선원의 적 응 훈련 시 간 및 비용

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
				사고	증가
	3-5e 선원의 작업환경에 대한 인간공학요건 미비	.선원의 안전하고 쾌적한 작업환경 미확보	.선원피로 증가로 안전사고 발생 .인명사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	.선원의 적응 훈련 시간 및 비용 증가
	3-5f & i 거시 인간공학요건의 미비	.인적, 조직적 과실의 원인제거 안됨 .인적요인에 의한 사고가능성의 증대	.인적요인에 의한 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	.선원의 적응 훈련 시간 및 비용 증가
	3-5g 시스템의 비정상 작동이나 사용불가 시 운용절차 미비. 선원의 능력 및 한계에 적합한 시스템 설계 요건 미비	.비정상 작동 시 대응능력 저하 .인적요인에 의한 사고가능성의 증대	.시스템으로 인한 안전사고 발생 .인적요인에 의한 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	.선원의 적응 훈련 시간 및 비용 증가
	3-5h 제공정보의 적정성이나 인터페이스의 적정성에 대한 요건 미비	.인적 과실의 원인제거 안됨	.부적절한 설계로 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	.선원의 적응 훈련 시간 및 비용 증가
	3-5k 각종 기기들의 기술매뉴얼에 대한 인간공학 요건 미비	.기술매뉴얼 부적절성으로 인한 사고가능성의 증대 .기기의 정상복구 지연	.복구지연으로 인한 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	.선원의 적응 훈련 시간 및 비용 증가
	3-6 규정의 영향 평가 시행 요건				
	3-6a 규정이 미치는 영향을 평가하는 요건 미비	.규정의 객관성과 투명성을 확보하고 실패 . 규정 시행 후 시행착오 발생	. 불완전한 규정 수립으로 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	.시행착오로 인한 경제적 손실
	3-6b-6f 충분한 규정영향평가 미비	.새로운 장비의 효과적 제작 및 설치 가능성 확인실패 .승인절차의 투명성, 견고성, 합리성 확보 실패 .규정 제정 전 그러한 조치가 지금 필요한지	.규정의 불완전한 시행으로 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경사고	. 불완전한 규정 이행으로 인한 경제적 손실 . 불필요한 경제적 손실

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
		검토 안 됨 . 규정의 잠재적 부정적 요소 파악 실패 . 새로운 설비의 검사, 시험 및 점검에 대한 명확한 기준의 확보 실패			
3-7 안전규정에 포함된 행정적 부담을 초래하는 요건					
	3-7a 해정부담을 줄이기 위한 규정 제정 요건 미비	. 안전규정에 행정부담을 초래하는 요건 다수 존재 . 선원 피로 증대	. 선원피로 증가로 안전사고 발생	. 안전사고에 따른 환경사고	. 국가, 선사, 운항자 등에게 행정 부담으로 경제적 손실
	3-7b 선원에게 부과된 각종 행정요건의 과중	. 선원 피로 증대	. 선원피로 증가로 안전사고 발생	. 안전사고에 따른 환경사고	. 선원의 행정 부담으로 경제적 손실
	3-7c 전자적 보고 및 전자적 증서 미사용	행정부담 가중	-	-	. 선원의 행정 부담으로 경제적 손실
	3-7d 각종 통보 및 보고요건이 복잡함	행정부담 가중	-	-	. 선원의 행정 부담으로 경제적 손실
시행주체 및 대	안전규정의 시행주체 및 대상				
	4a 지역기준의 존재	. 선사 및 기타 규정 시행자들의 혼란발생 . 이중 부담 초래	-	-	. 지역기준으로 경제 손실
	4b 안전 규정의 시행 주체가 너무 많고 안전검사 체계가 조각화 됨	. 안전 업무의 중복으로 시간 및 경비의 중복 소비 . 선원피로 증대	. 선원피로 증가로 안전사고 발생	. 안전사고에 따른 환경사고	. 검사 중복으로 경제손실

요 소	Causes	Hazards	Effects		
			인 간	환 경	사 회
상 (4)	4c IMO가 안전규정의 시행 주체가 됨	주권 국가의 효과적인 규정 시행 저해	-	-	-
	4d 안전규정 이행 책임 당사자가 다변화 됨	.안전규정의 시행 상 실효성 저하 . 규정 시행 가능성 저하	.규정의 불완전한 시행으로 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경 사고	-
안 전 과 환 경 규 정 의 충 돌	안전기준과 환경기준의 충돌				
	5a 환경요건과 안전요건의 충돌	.규정 적용실패	.규정 적용실패로 인한 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경 사고	-
	5b 환경요건과 안전요건의 충돌 시 적용 원칙 미비	.규정 적용실패	.규정 적용실패로 인한 안전사고 발생	.안전사고에 따른 환경 사고	-

5.2.2 리스크 평가(제 2단계)

제 1단계에서 파악된 각 위험요소에 관하여 결과의 중대성, 발생 빈도 및 가능성을 인간생명의 안전과 환경 및 사회적 부담 측면에서 정성적으로 리스크 평가(assessment of regulatory risk)를 실시하였다. 다만, 예산이나 시간 등의 제약으로 모든 리스크를 다룰 수 없으므로 다음 단계로 넘어갈 가치 있는 중요성 있는 것(랭킹이 높은 것) 만 추린 리스크(Prioritised risk for consideration of RCOs)를 Table 7과 같이 작성하였다. Table 7을 작성함에 있어 심각성지수(Severity Index) 와 빈도지수(Frequency Index) 및 리스크 랭킹(ranking)에 대한 평가기준(acceptance criteria) 즉 리스크 행렬(risk matrix)은 다음 Table 6과같이 정의하였다.

Table 6 Definition of Severity Index(SI), Frequency Index(FI) and Risk Matrix

Severity Index(SI)				Frequency Index(FI)	
SI	Consequences on			FI	Descriptions
	Human	Environment	Societal Burden		
상	사망	장기복구필요 (1년 이상)	상(Not Allowable)	상	한척 운항 당 년 1회 이상
중	중상	중기복구필요 (수개월)	중(Arguably Allowable)	중	한척 운항 당 일생(25년)에 1회 이상
하	경상이 하	즉시복구가가능 (1주내)	하(Allowable)	하	한척 운항 당 발생 가능성이 매우 낮음

Risk matrix & Risk Region

FI(Frequency)	Severity Index		
	하	중	상
상	A	I	I
중	N	A	I
하	N	N	A

* Notes:

Risk Matrix는 다음 세 가지 영역으로 분류됨:

- Intolerable risk 영역(I): 붉은색 표시 지역으로 리스크 지수가 I(Intolerable)로 표시되는 곳임(FI와 SI의 조합이 상+중, 상+상, 중+상). 이 수준의 리스크는 사람 또는 환경 또는 사회적 부담 측면에서 수용 할 수 없는 것임. 이 경우 리스크를 수용 가능한 수준으로 낮추기 위한 추가적인 안전조치가 반드시 필요함(비용편익분석과 무관).
- ALARP 리스크 영역(A): 황색 표시지역으로 리스크 지수가 A(As Low As Reasonably Practicable: ALARP)로 표시되는 곳임(FI와 SI의 조합이 상+하, 중+중, 하+상). 이 영역의 리스크 수준은 원칙적으로 수용가능하나 비용편익 분석결과에 따라 합리적인 수준의 안전조치가 요구된다(얻어지는 편익에 비해 비균형적으로 비용이 발생하는 경우를 제외하고, 현행 안전수준을 개선하기 위해 실질적으로 가능한 제어방안들을 통해 적극적으로 리스크가 완화되어야함: "ALARP Principle" 적용).
- Negligible 리스크 영역(N): 청색표시 지역으로 리스크 지수가 N(Negligible)로 표시되는 곳임(FI와 SI의 조합이 중+하, 하+하, 하+중). 리스크 수준이 무시하기에 충분할 정도로 작음. 따라서 이 지역의 위험요소는 전반적으로 수용가능 하며 추가의 안전조치가 필요 없음.

Table 7 Prioritised risks for consideration of RCOs

Function/ Component	ID	Causes	SI*			FI*	Risk Rank*		
			인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회
SOLAS 구 성 및 편제 (1)	1a	안전규정 체계의 복잡성으로 적용되는 규정 파악 실패	상	중	하	상	I	I	A
	1b	장별, 요건별 너무 복잡, 상호 링크 및 혼 재	중	하	하	상	I	A	A
	1c-e	작은 규정 개정	중	하	하	상	I	A	A
사용된 규 정 제정 방 법론(2)	2-1	규범적 기준(Prescriptive Regulations)							
	2-1a	사후 조치적 규정 수립	상	상	하	상	I	I	A
	2-1b	규정의 현실성 저하	중	중	하	중	A	A	N
	2-1c	규정의 목적 및 원칙 부재, 규정의 단해 성	중	중	하	상	I	I	A
	2-1d	규정이 특정 기술적 솔루션을 명시하고 있음. 규정이 과도하게 서술적임	하	하	중	상	A	A	I
	2-1e	규정제정 과정(검토, 승인, 채택 및 발효) 이 느림	하	하	하	상	A	A	A
	2-2	현행 안전규정의 한계							
	2-2a	규정수립에 대한 시스템적 접근 불가하 고 포괄적 접근이 안됨	상	상	중	상	I	I	I
	2-2b	규정제정 과정에서 투명성 및 당위성 확 보 안됨	중	중	중	상	I	I	I
	2-2c	규범적 기준 임	중	중	중	상	I	I	I
	2-2e	대체/등가 설계/승인 규정이 제한적으로 도입됨	하	하	중	상	A	A	I
	2-2f	리스크기반 기자재, 시스템, 검사, 심사, 품질 규정의 부재	중	중	중	상	I	I	I
	2-2g	규정 상 목표 및 기능요건이 있는 경우가 있으나 안전수준의 파악이 안되고 둘 사 이의 연결고리의 파악 불가	중	중	중	상	I	I	I
3-2	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건								
3-2b	하드웨어와 관련한 규정이 선원의 합리 적 준수 범위를 벗어나는 운항/관리요건	중	중	하	중	A	A	N	

Function/ Component	ID	Causes	SI*			FI*	Risk Rank*		
			인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회
현행규정의 규정제정 시 고려 사 항 반영 현 황(3)		을 포함함							
	3-2c	본선 운항 및 관리요건의 과다	중	중	중	중	A	A	A
	3-3	최종 기능중심의 요건과 다단계 설계/승인 요건(복잡한 설비 및 시스템)							
	3-3a -3b	현행규정은 최종기능 중심의 검사 및 승 인 요건이 대부분임(다단계 설계 및 승인 시스템이 거의 없음)	중	중	중	상	I	I	I
	3-3c	사용 중 발생 가능한 잠재적 인적오류에 대한 평가기준 미비. 충분한 관련 시험 미실시	중	중	중	중	A	A	A
	3-3d	설계부터설치, 유지보수 및 폐기까지 전 라이프 사이클 에 대한 요건 미비	중	중	중	상	I	I	I
	3-4	복잡한 시스템(Complex Cyber Systems)에 대한 새로운 안전요건							
	3-4a	복잡한 시스템에 대한 새 안전 규정 부재	상	상	하	상	I	I	A
	3-4b	제어시스템과 소프트웨어에 대한 안전규 정 부재	중	중	하	상	I	I	A
	3-4c	시스템에 반영된 기술적 진보가 사용자 고려가 아니라 기술 주도를 위해 실현됨	중	중	하	중	A	A	N
	3-5	인적요인 관련 요건							
	3-5a -5c	안전규정에 인적요인관련 전반적이고 체 계적인 도입이 안되고 있음	중	중	하	상	I	I	A
	3-5d	미시 인간공학 요건 미비	중	중	하	중	A	A	N
	3-5e	선원의 작업환경에 대한 인간공학 요건 미비	중	하	하	중	A	N	N
	3-5f & i	거시 인간공학요건의 미비	중	중	하	중	A	A	N
	3-5g	시스템의 비정상 작동이나 사용불가 시 운용절차 미비. 선원의 능력 및 한계에 적합한 시스템 설계 요건 미비	중	하	하	상	I	A	A
	3-5h	제공정보의 적정성이나 인터페이스의 적 정성에 대한 요건 미비	하	하	하	상	A	A	A
	3-5k	각종 기기들의 기술매뉴얼에 대한 인간 공학 요건 미비	하	하	하	상	A	A	A

Function/ Component	ID	Causes	SI*			FI*	Risk Rank*		
			인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회
	3-6	규정의 영향 평가 시행 요건							
	3-6a	규정의 객관성과 투명성을 확보하고 규정이 미치는 영향을 평가하는 요건의 미비	중	하	상	상	I	A	I
	3-6b-6f	충분한 규정영향평가 미비	중	하	상	상	I	A	I
	3-7	안전규정에 포함된 행정적 부담을 초래하는 요건							
	3-7a	해정부담을 줄이기 위한 규정 제정 요건 미비	중	하	상	상	I	A	I
	3-7b	안전규정 상 선원에게 부과된 각종 행정요건의 과중	중	하	중	상	I	A	I
	3-7c	전자적 보고 및 전자적 증서 미수용	하	하	중	중	N	N	A
	3-7d	각종 통보 및 보고요건이 복잡함	하	하	중	상	A	A	I
안전규정의 시행주체 및 대상(4)	4a	지역기준의 존재	하	하	중	중	N	N	A
	4b	안전 규정의 시행 주체가 너무 많고 안전검사 체계가 조각화 됨	하	하	중	상	A	A	I
	4d	안전규정 이행 책임 당사자가 다변화 됨	중	하	하	중	A	N	N
안전기준과 환경기준의 충돌(5)	5a	환경요건과 안전요건의 충돌	상	상	하	하	A	A	N
	5b	환경요건과 안전요건의 충돌 시 적용 원칙 미비	상	상	하	상	I	I	A

리스크 분석의 결과(Table 7)는 다음과 같다.

- “Intolerable risk level” 을 가진 위험이벤트(hazardous event)는 인적 리스크 22건, 환경리스크 15건, 사회적 리스크 16건으로 안전리스크 관련이 상대적으로 높았다. 이러한 리스크는 수용가능한 수준으로 낮추기 위한 추가적인 (안전)조치가 비용편익에 관계없이 취해져야 한다. 즉, 제거 또는 안전조치를 통한 감축해야한다. 리스크 감축을 위한 이러한 안전조치는 식별된 위험이벤트의 원인(causes)과 결과

(consequences)에 기초하여 적용 및 시행되어야 한다.

- ALARP 리스크 영역의 위험 이벤트는 인적리스크 16건, 환경리스크 21건, 사회적 리스크 16건으로 환경리스크 관련이 상대적으로 높았다. 전체 이벤트 수는 53으로 “Intolerable”의 53과 같은 수준이었다. 이 연구에서는 리스크 평가 시 해상안전 이슈에 대하여 통상 용인되고 IMO FSA 지침에서 권고하는 ALARP 원칙을 적용하였다. 즉, ALARP은 무시할 수 있을 정도로 낮은 경우(Negligibly low)도 허용할 수 없을 정도로 높은 경우(intolerably high)도 아닌 수준이다. 리스크는 ALARP 수준이 되어야 한다. 이는 이 지역의 리스크 수준이 원칙적으로 수용가능한 수준이나, 얻어지는 편익에 비해 비균형적으로 비용이 발생하는 경우를 제외하고, 현행안전 수준을 개선하기 위해 실질적으로 가능한 제어방법들(합리적인 수준의 안전조치)을 통해 적극적으로 완화되어야 한다.
- “Negligible” 리스크 영역의 위험 이벤트는 인적리스크 9건, 환경리스크 11건, 사회적 리스크 15건으로 총 35건이다. 이러한 리스크는 존재한다하여도 인간, 환경 및 사회적 부담에 영향을 미치지 못하므로 리스크 감축을 위한 추가적인 조치는 필요 없다.

결과적으로 Table 5의 리스트로부터 삭제된 하 순위 리스크는 7개(1f, 2-2d, 3-2a, 3-2d, 3-2e, 3-2f, 4c)로 나머지 총 40개의 리스트가 다음 단계의 RCO 고려를 위해 남겨졌다.

5.2.3 리스크 제어방안(제 3단계)

워크숍에 참가한 전문가들에게 상위에 랭크된 분야 리스크 분야(Step 2 결과 Table 7)를 소개하였다. 이러한 분야에 대한 잠재적인 리스크 제어방안(Risk Control Options for regulatory risk: RCO (Safety / Protection / Reduction measures)들은 다음과 같은 프로세스를 통해 파악되었다. 여기

서 RCO는 현재 가용한 규정제정 방법론과 규정제정 시 주요 고려사항을 반영하기 위한 방법론, 즉 Regulatory systems, Rule making methodologies or approaches들을 의미하게 된다.

- 기존에 파악된 RCO에 대하여 검토 및 평가를 실시하였다. 이를 위해 3장과 4장에서 사전 조사한 자료를 바탕으로 작성된 부록 1, Part III의 잠정 RCO 목록을 기초자료로 제공하였다.
- 전문가 그룹은 새로운 잠정 RCO 리스트를 식별하였다. 이는 제 1단계(HAZID) 그룹 전문가들의 브레인스토밍 세션을 통하여 이루어 졌으며 안전실무자들, 특히 규정제정 전문가들의 추가적인 자문을 구했다.

이러한 과정을 통해 Table 8과 같이 추가 분석이 필요한 18개의 RCO 리스트가 작성되었다. Table 8에서 보는 바와 같이 이 RCO 중 RCO B, D 및 J는 다시 3개의 별개 RCO로 쪼개었다. 각 권고된 RCO는 보다 효율적인 리스크 감소 및 실질적인 규정적 프레임워크를 구성토록하기 위해 다시 상호 조합된 형태로 정의될 수도 있을 것이다. 이 작업은 여기서는 각 RCO의 분석만 실시하였다.

Table 9는 Table 8에 수록된 RCO들을 각 “Hazid” 별 “Risk rank” 와 같이 보여주고 있으며 전문가 그룹에서 결정한 해당 RCO들(“Proposed RCOs”)을 표기한 것이다. 각 RCO별 시행주체는 모두 규정제정 기관인 IMO이므로 별도로 표기하지 않았다.

Table 8 Preliminary RCOs for expert examination

RCO	내용
A	규범적 기준(Prescriptive regulation)
B	리스크기반 규정
	B1 리스크기반 대체 /등가 설계 및 승인기준
	B2 단순화된 리스크 기반 규정
	B3 리스크기반 운용기준
C	공식안전평가(FSA)
D	목표기반규정(Goal-based Regulations)
	D1 목표기반 - 결정론(GBS - Deterministic)
	D2 목표기반 일반기준(GBS - Generic)
	D3 목표기반-안전수준접근법(GBS-SLA)
E	위험요소의 파악 및 리스크 제어 방안 수립 방법론
F	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 적용 원칙을 고려한 규정 수립
G	목표기반 - 원칙 기반 (GBS-Principle-based) (RCO J2와 동일)
H	H1 최종단계의 기능 만족 중심의 규정수립 방법론
	H2 다단계 설계 및 승인 요건을 고려한 규정 수립 방법론
I	복잡한 시스템(Cyber Systems)의 새 안전요건을 고려한 규정 수립방법론
J	인적요인을 고려한 규정수립 방법론
	J1 HEAP(Human Element Analysing Process)
	J2 Principle-based(RCO G과 동일)
	J3 HRA(Human Reliability Analysis under FSA Process)
K	규정영향평가를 통한 규정 수립 방법론
L	행정부담 경감을 고려한 규정수립 방법론
M	Self regulation (Best practice model, 선급, 해운동맹 등의 자체 안전규정)
N	국제적으로 합의된 규정 수립
O	안전규정의 시행주체 및 시행 대상을 고려한 규정 수립
P	안전규정과 환경규정의 상충 고려한 규정 수립
Q	안전규정의 4년 주기 발효를 위한 방법론 (IMO 절차)
R	규정의 가속 수락절차(Accelerated Acceptance Procedure)적용

Table 9 List of proposed RCOs for each Risk

Function/ Component	Hazard ID	FI	Risk Rank			Proposed Risk Control Actions (Relevant RCO IDs)
			인 간	환 경	사 회	
SOLAS 구성 및 편제 (1)	1a	상	I	I	A	(D1 or D2 or D3), Q
	1b	상	I	A	A	(D1 or D2 or D3), E
	1c-e	상	I	A	A	(D1 or D2 or D3), Q
규범적 기준(Prescriptive Regulations) (2-1)	2-1a	상	I	I	A	(D1 or D2 or D3), E
	2-1b	중	A	A	N	D1 or D2 or D3
	2-1c	상	I	I	A	D1 or D2 or D3
	2-1d	상	A	A	I	B1, (D1 or D2 or D3)
	2-1e	상	A	A	A	R
현행 안전규정의 한계(2-2)	2-2a	상	I	I	I	(B1 or B2 or B3), (D1 or D2 or D3), E, G
	2-2b	상	I	I	I	C, (D2 or D3), E
	2-2c	상	I	I	I	D1 or D2 or D3
	2-2e	상	A	A	I	B1
	2-2f	상	I	I	I	B2, B3
	2-2g	상	I	I	I	D3
하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건(3-2)	3-2b	중	A	A	N	F
	3-2c	중	A	A	A	F
최종 기능중심의 요건과 다단계 설계/승인 요건(복잡한 설비 및 시스템)(3-3)	3-3a-3 b	상	I	I	I	H2
	3-3c	중	A	A	A	H2
	3-3d	상	I	I	I	H2
복잡한 시스템(Complex Cyber Systems)에 대한 새로운 안전요건(3-4)	3-4a	상	I	I	A	I
	3-4b	상	I	I	A	I
	3-4c	중	A	A	N	I
인적요인 관련 요건(3-5)	3-5a-5 c	상	I	I	A	J1 or J2(G) or J3
	3-5d	중	A	A	N	J1 or J2(G) or J3

Function/ Component	Hazard ID	FI	Risk Rank			Proposed Risk Control Actions (Relevant RCO IDs)
			인 간	환 경	사 회	
	3-5e	중	A	N	N	J1 or J2(G) or J3
	3-5f & i	중	A	A	N	J1 or J2(G) or J3
	3-5g	상	I	A	A	J1 or J2(G) or J3
	3-5h	상	A	A	A	J1 or J2(G) or J3
	3-5k	상	A	A	A	J2(G) or J3
규정의 영향 평가 시행 요건(3-6)	3-6a	상	I	A	I	K
	3-6b-6 f	상	I	A	I	K
안전규정에 포함된 행정적 부담을 초래하는 요건(3-7)	3-7a	상	I	A	I	L
	3-7b	상	I	A	I	L
	3-7c	중	N	N	A	L
	3-7d	상	A	A	I	L
안전규정의 시행주체 및 대상(4)	4a	중	N	N	A	O
	4b	상	A	A	I	O
	4d	중	A	N	N	O
안전기준과 환경기준의 충돌(5)	5a	하	A	A	N	P
	5b	상	I	I	A	P

5.2.4 비용편익 분석(제 4단계)

제 4단계는 제 3단계에서 파악된 각 RCO의 시행에 관련된 편익과 비용을 식별하고 비교하는 작업(cost benefit analysis)이다. 이를 위해 전문가 그룹, 특히 리스크 평가 방법론 전문가 및 규정제정 전문가들에게는 제 3 단계에서 파악된 RCO들이 소개 되었으며 부록 1 Part IV의 “1-2 Cost and Benefit of implementing RCOs” 를 기초자료로 제공하였다.

1) RCO의 효용성 및 리스크 감소 결과 분석(benefit analysis)

전문가 그룹은 먼저 위험 (hazard event)별로 해당 RCO들을 적용하여 2

단계에서 시행한 리스크 분석을 다시 실시함으로써 리스크 감소에 대한 그 효용성(effectiveness in reducing risk)을 점검하였다. Table 10에 그 결과를 나타내었다.

Table 10 Effectiveness of RCOs and Result of Risk Reduction

Function/ Component	HAZ. ID	Original							Proposed Actions (Relevant RCO IDs)	Revised						
		SI			FI	Risk Rank				SI			FI	Risk Rank* (Reduction)		
		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회
SOLAS 구성 및 편제 (1)	1a	상	중	하	상	I	I	A	(D1or D2or D3), Q	중	하	하	중	A (2)	N (3)	N (1)
	1b	중	하	하	상	I	A	A	(D1or D2or D3), E	중	하	하	중	A (2)	N (1)	N (1)
	1c-e	중	하	하	상	I	A	A	(D1or D2or D3), Q	중	하	하	중	A (2)	N (1)	N (1)
규범적 기준(Prescriptive Regulations) (2-1)	2-1a	상	상	하	상	I	I	A	(D1or D2or D3), E	중	중	하	하	N (3)	N (3)	N (1)
	2-1b	중	중	하	중	A	A	N	D1or D2or D3	하	하	하	하	N (1)	N (1)	N (0)
	2-1c	중	중	하	상	I	I	A	D1or D2or D3	하	하	하	하	N (3)	N (3)	N (1)
	2-1d	하	하	중	상	A	A	I	B1, (D1or D2or D3)	하	하	하	중	N (1)	N (1)	N (3)
	2-1e	하	하	하	상	A	A	A	R	하	하	하	중	N (1)	N (1)	N (1)
현행 안전규정의 한계(2-2)	2-2a	상	상	중	상	I	I	I	(B1or B2or B3), (D1or D2or D3), E, G	중	중	중	하	N (3)	N (3)	N (3)
	2-2b	중	중	중	상	I	I	I	C, (D2or D3), E	중	중	하	중	N (3)	N (3)	N (3)
	2-2c	중	중	중	상	I	I	I	D1or D2or D3	하	하	하	하	N (3)	N (3)	N (3)
	2-2e	하	하	중	상	A	A	I	B1	하	하	하	하	N (1)	N (1)	N (3)
	2-2f	중	중	중	상	I	I	I	B2, B3	하	하	하	중	N	N	N

Function/ Component	HAZ. ID	Original							Proposed Actions (Relevant RCO IDs)	Revised							
		SI			FI	Risk Rank				SI			FI	Risk Rank* (Reduction)			
		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회	
															(3)	(3)	(3)
	2-2g	중	중	중	상	I	I	I	D3	하	중	중	하		N (3)	N (3)	N (3)
하드웨어적 요건과 소프 트웨어적 요건(3-2)	3-2b	중	중	하	중	A	A	N	F	중	중	하	하		N (1)	N (1)	N (0)
	3-2c	중	중	중	중	A	A	A	F	중	중	중	하		N (1)	N (1)	N (1)
최종 기능 중심의 요건 과 다단계설 계/승인요건 (복잡 한 설 비 및 시스 템)(3-3)	3-3a -3b	중	중	중	상	I	I	I	H2	중	중	중	하		N (3)	N (3)	N (3)
	3-3c	중	중	중	중	A	A	A	H2	중	하	하	하		N (1)	N (1)	N (1)
	3-3d	중	중	중	상	I	I	I	H2	중	하	하	중		A (2)	N (3)	N (3)
복잡한 시스 템(Complex Cyber Systems)에 대한 새로운 안전요건(3-4)	3-4a	상	상	하	상	I	I	A	I	중	중	하	하		N (3)	N (3)	N (1)
	3-4b	중	중	하	상	I	I	A	I	하	하	하	하		N (3)	N (3)	N (1)
	3-4c	중	중	하	중	A	A	N	I	중	하	하	하		N (1)	N (1)	N (0)
인적요인 관련 요건(3-5)	3-5a -5c	중	중	하	상	I	I	A	J1or J2(G)or J3	하	하	하	중		N (3)	N (3)	N (1)
	3-5d	중	중	하	중	A	A	N	J1or J2(G)or J3	하	하	하	하		N (1)	N (1)	N (0)
	3-5e	중	하	하	중	A	N	N	J1or J2(G)or J3	하	하	하	하		N (1)	N (0)	N (0)
	3-5f & i	중	중	하	중	A	A	N	J1or J2(G)or J3	하	하	하	하		N (1)	N (1)	N (0)
	3-5g	중	하	하	상	I	A	A	J1 or J2(G)or J3	하	하	하	중		N (3)	N (1)	N (1)
	3-5h	하	하	하	상	A	A	A	J1or J2(G)or J3	하	하	하	중		N (1)	N (1)	N (1)

Function/ Component	HAZ. ID	Original							Proposed Actions (Relevant RCO IDs)	Revised						
		SI			FI	Risk Rank				SI			FI	Risk Rank* (Reduction)		
		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회		인 간	환 경	사 회
	3-5k	하	하	하	상	A	A	A	J2(G)or J3	하	하	하	중	N (1)	N (1)	N (1)
규정의 영향 평가 시행 요건(3-6)	3-6a	중	하	상	상	I	A	I	K	하	하	하	하	N (3)	N (1)	N (3)
	3-6b -6f	중	하	상	상	I	A	I	K	하	하	하	하	N (3)	N (1)	N (3)
안전규정에 포함된 행정적 부담을 초래하는 요건(3-7)	3-7a	중	하	상	상	I	A	I	L	하	하	중	중	N (3)	N (1)	N (3)
	3-7b	중	하	중	상	I	A	I	L	중	하	중	중	A (2)	N (1)	A (2)
	3-7c	하	하	중	중	N	N	A	L	하	하	하	하	N (0)	N (0)	N (1)
	3-7d	하	하	중	상	A	A	I	L	하	하	하	하	N (1)	N (1)	N (3)
안전규정의 시행주체 및 대상(4)	4a	하	하	중	중	N	N	A	O	하	하	중	중	N (0)	N (0)	A (0)
	4b	하	하	중	상	A	A	I	O	하	하	중	중	N (1)	N (1)	A (2)
	4d	중	하	하	중	A	N	N	O	하	하	하	하	N (1)	N (0)	N (0)
안전기준과 환경기준의 충돌(5)	5a	상	상	하	하	A	A	N	P	중	중	하	하	N (1)	N (1)	N (0)
	5b	상	상	하	상	I	I	A	P	하	하	하	중	N (3)	N (3)	N (1)

* Notes:

- Risk rank는 RCO 적용 후 Table 6에서 사용한 리스크행렬을 적용하여 계산된 변경된 Risk level을 표시(effectiveness of RCOs)하고 있으며 괄호안의 숫자는 리스크 감소의 결과(Result of Risk Reduction)을 나타낸다. 리스크 감소결과(Risk Reduction Index: RRI)는 다음과 같이 구별 하였다.
- 0: Risk 감소가 없는 경우 또는 RCO 적용 전부터 Risk level이 N(Negligible)인 경우이다.
 - 1: A(ALARP)에서 N(Negligible)으로 변경된 경우이다(즉 수용가능 한 수준이지만 무시할 수 있는 수준으로 개선된 경우임)
 - 2: I(Intolerable)에서 A(ALARP)로 변경된 경우이다(즉 RCO의 적용 목적이 효과적으로 달성되어 리스크 수준이 수용가능 한 수준으로 낮아진 경우임)
 - 3: I(Intolerable)에서 N(Negligible)으로 변경된 경우이다(즉 RCO 적용 후 가장 큰 리스크 감소 결과를 나타낸 경우임)

2) RCO 별 비용분석(cost analysis)

전문가 그룹은 두 번째로 각 RCO 별로 시행에 소요되는 비용을 분석하였다. 전문가 분석을 위해 부록 1, Part IV의 “1-2 Cost and Benefit of implementing RCOs” 를 기초자료로 제공하였다.

여기서 소요되는 비용은 라이프사이클 개념으로 적용하여 초기비용, 설계비용, 유지보수비용을 다 같이 고려하였다. 이러한 비용은 다음과 같이 크게 두 종류로 분류하였다.

- 규정 제정 비용(IMO, 정부, 선급 등 규정 제정자들에게 초래되는 공공 비용): 규정제정에 소요되는 시간 및 비용, 현행 규정 모니터링 비용, 현행 규정의 유지보수 비용(규정의 식별 및 제정, 개정, 검증 및 모니터링 비용)
- 규정 시행 비용(선주, 조선소, 제조자, 정부, 항만국 통제관, 선급 등 규정 시행자들에게 초래되는 비용): 주로 산업계에서 규정의 시행을 위해 들어가는 시간과 비용으로 초기의 제작, 건조 및 설치비용과 선박의 운항 시 그 규정의 지속적인 만족(하드웨어 요건 및 운항, 관리 요건)을 위해 들어가는 유지보수 비용.

Table 12는 이러한 비용분석 결과를 RCO 별(병기된 HAZID들과는 관계 없음)로 나타낸 것이며 Table 10의 위험 (hazard event)별 리스크 감소 결과(Risk Reduction Index: RRI)를 같이 보여줌으로서 RCO별 소요되는 비용과 편익을 같이 비교할 수 있도록 하였다. Table 12를 작성함에 있어서 비용지수(Cost Index: CI)는 다음과 같이 정의하였다(Table 11). 이 때 각 RCO 별로 규정제정비용과 시행비용이 워낙 다양하므로 세부적인 계산이 어려우므로 전문가들의 원활한 평가를 위해 평균적인 비용으로 가정하고 분석을 수행하도록 하였다.

Table 11 Definition of Cost Index(CI)

Cost Categorization		Cost Index matrix and Cost region				
		규정제정비용 (Rule making cost)	규정시행비용 (Rule Implementation Cost Index)			
규정제정비용/규정 시행비용	하		중	상		
상	기존비용의 100% 초과하여 증가	상	2	3	3	
중	기존 비용의 50% 초과하여 증가	중	1	2	3	
하	기존 비용과 비슷(0 ~ 50%)	하	1	1	2	

* Notes:

Cost Index Matrix는 다음 세 가지 영역으로 분류됨:

- 3 영역: 붉은색 표시 지역으로 CI가 3으로 표시되는 곳임(제정과 시행 비용의 조합이 상+중, 상+상, 중+상으로 총비용이 두 배를 초과하여 증가되는 경우임).
- 2 영역: 황색 표시지역으로 CI가 2로 표시되는 곳임(제정과 시행 비용의 조합이 상+하, 중+중, 하+상으로 총비용이 한배를 초과하여 증가되는 경우임).
- 1 영역: 청색표시 지역으로 CI가 1로 표시되는 곳임(제정과 시행 비용의 조합이 중+하, 하+하, 하+중로 소요되는 비용이 기존과 비슷하거나 조금 증가된 경우임).

Table 12 Cost-benefit analysis for RCOs

RCO ID	Hazard ID	Original Risk Rank			Effectiveness*			Cost		
		인간	환경	사회	Risk Reduction Index(RRI)			Category		Total Cost(Cost Index: CI)
					인간	환경	사회	규정 제정	규정 시행	
B1	2-1d	A	A	I	1	1	3	중	상	3
	2-2a	I	I	I	3	3	3	중	상	3
	2-2e	A	A	I	1	1	3	중	상	3
B2	2-2a	I	I	I	3	3	3	하	중	1
	2-2f	I	I	I	3	3	3	하	중	1
B3	2-2a	I	I	I	3	3	3	중	하	1
	2-2f	I	I	I	3	3	3	중	하	1
C	2-2b	I	I	I	3	3	3	중	하	1

RCO ID	Hazard ID	Original Risk Rank			Effectiveness*			Cost		
		인간	환경	사회	Risk Reduction Index(RRI)			Category		Total Cost(Cost Index: CI)
					인간	환경	사회	규정 제정	규정 시행	
D1	1a	I	I	A	2	3	1	중	하	1
	1b	I	A	A	2	1	1	중	하	1
	1c-e	I	A	A	2	1	1	중	하	1
	2-1a	I	I	A	3	3	1	중	하	1
	2-1b	A	A	N	1	1	0	중	하	1
	2-1c	I	I	A	3	3	1	중	하	1
	2-1d	A	A	I	1	1	3	중	하	1
	2-2a	I	I	I	3	3	3	중	하	1
	2-2c	I	I	I	3	3	3	중	하	1
D2	1a	I	I	A	2	3	1	상	하	2
	1b	I	A	A	2	1	1	상	하	2
	1c-e	I	A	A	2	1	1	상	하	2
	2-1a	I	I	A	3	3	1	상	하	2
	2-1b	A	A	N	1	1	0	상	하	2
	2-1c	I	I	A	3	3	1	상	하	2
	2-1d	A	A	I	1	1	3	상	하	2
	2-2a	I	I	I	3	3	3	상	하	2
	2-2b	I	I	I	3	3	3	상	하	2
	2-2c	I	I	I	3	3	3	상	하	2
D3	1a	I	I	A	2	3	1	상	하	2
	1b	I	A	A	2	1	1	상	하	2
	1c-e	I	A	A	2	1	1	상	하	2
	2-1a	I	I	A	3	3	1	상	하	2
	2-1b	A	A	N	1	1	0	상	하	2
	2-1c	I	I	A	3	3	1	상	하	2
	2-1d	A	A	I	1	1	3	상	하	2
	2-2a	I	I	I	3	3	3	상	하	2
	2-2b	I	I	I	3	3	3	상	하	2
	2-2c	I	I	I	3	3	3	상	하	2
	2-2g	I	I	I	3	3	3	상	하	2
E	1b	I	A	A	2	1	1	중	하	1
	2-1a	I	I	A	3	3	1	중	하	1
	2-2a	I	I	I	3	3	3	중	하	1

RCO ID	Hazard ID	Original Risk Rank			Effectiveness*			Cost		
		인간	환경	사회	Risk Reduction Index(RRI)			Category		Total Cost(Cost Index: CI)
					인간	환경	사회	규정 제정	규정 시행	
F	2-2b	I	I	I	3	3	3	중	하	1
	3-2b	A	A	N	1	1	0	하	하	1
	3-2c	A	A	A	1	1	1	하	하	1
G	2-2a	I	I	I	3	3	3	상	상	3
H1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H2	3-3a-3b	I	I	I	3	3	3	중	상	3
	3-3c	A	A	A	1	1	1	중	상	3
	3-3d	I	I	I	2	3	3	중	상	3
I	3-4a	I	I	A	3	3	1	중	상	3
	3-4b	I	I	A	3	3	1	중	상	3
	3-4c	A	A	N	1	1	0	중	상	3
J1	3-5a-5c	I	I	A	3	3	1	하	하	1
	3-5d	A	A	N	1	1	0	하	하	1
	3-5e	A	N	N	1	0	0	하	하	1
	3-5f & I	A	A	N	1	1	0	하	하	1
	3-5g	I	A	A	3	1	1	하	하	1
	3-5h	A	A	A	1	1	1	하	하	1
J2	3-5a-5c	I	I	A	3	3	1	상	상	3
	3-5d	A	A	N	1	1	0	상	상	3
	3-5e	A	N	N	1	0	0	상	상	3
	3-5f & I	A	A	N	1	1	0	상	상	3
	3-5g	I	A	A	3	1	1	상	상	3
	3-5h	A	A	A	1	1	1	상	상	3
	3-5h	A	A	A	1	1	1	상	상	3
	3-5k	A	A	A	1	1	1	상	상	3
J3	3-5a-5c	I	I	A	3	3	1	중	상	3
	3-5d	A	A	N	1	1	0	중	상	3
	3-5e	A	N	N	1	0	0	중	상	3
	3-5f & I	A	A	N	1	1	0	중	상	3
	I	I	A	A	3	1	1	중	상	3

RCO ID	Hazard ID	Original Risk Rank			Effectiveness*			Cost		
		인간	환경	사회	Risk Reduction Index(RRI)			Category		Total Cost(Cost Index: CI)
					인간	환경	사회	규정 제정	규정 시행	
	3-5g	A	A	A	1	1	1	중	상	3
	3-5h	A	A	A	1	1	1	중	상	3
	3-5k									
K	3-6a	I	A	I	3	1	3	중	하	1
	3-6b-6f	I	A	I	3	1	3	중	하	1
L	3-7a	I	A	I	3	1	3	중	하	1
	3-7b	I	A	I	2	1	2	중	하	1
	3-7c	N	N	A	0	0	1	중	하	1
	3-7d	A	A	I	1	1	3	중	하	1
O	4a	N	N	A	0	0	0	하	하	1
	4b	A	A	I	1	1	2	하	하	1
	4d	A	N	N	1	0	0	하	하	1
P	5a	A	N	N	1	1	0	하	하	1
	5b	I	I	A	3	3	1	하	하	1
Q	1a	I	I	A	2	3	1	하	하	1
	1c-e	I	A	A	2	1	1	하	하	1
R	2-1e	A	A	A	1	1	1	하	하	1

Table 10과 Table 12에서 보듯이 RCO 적용 후 리스크 수준(risk level)이 모두 수용가능 한 수준(Acceptable) 이하로 떨어져 각 RCO들이 매우 효과적임을 보여준다. 이는 주로 리스크의 발생 주기(FI)가 낮아지는 효과에 기인한다. 특히, 규정제정 시 주요 고려사항들에 대한 RCO들의 경우 현저한 리스크 감소 효과를 나타내었다.

비용 측면에서는 목표기반과 다단계 설계 및 승인 프로세스를 담은 RCO들(B1, D2, D3, G, H2, I, J2, J3) 규정의 제정 및 시행 측면에서 두 배 이상의 비용을 초래하는 것으로 나타났다. 다른 RCO 들은 모두 현행 수준과 비슷한 비용이 초래되는 것으로 나타났다.

5.2.5 권고사항(제 5단계)

의사결정을 위한 권고사항(Recommendations: What actions are worth -while to take? Recommendation for decision making)은 제 4단계에서 시행한 SOLAS협약 제정 및 시행과 연루된 리스크 수준을 줄이기 위한 RCO 들의 비용편익 분석 결과를 기초로 작성되었다.

전문가 그룹은 다음의 원칙을 적용하여 Table 13과 같이 총 21개의 권 고된 RCO리스트(안전규정 제정 방법론들)를 향후 IMO나 각 국가 및 선급 등에서 안전규정 제정프로세스에 사용하도록 하기 위하여 작성하였다.

- Table 10에서 RCO 적용전의 최초의 리스크 수준(Original Risk Rank) 이 I(Intolerable Risk)인 경우 해당 RCO는 소요되는 비용에 상관없이 선택하였다. 이렇게 선택된 RCO는 B1, B2, B3, C, D1, D2, D3, E, G, H2, I, J1, J2, J3, K, L, O, P, Q로 모두 19개이다. 이 RCO들 중 D1, D2, D3 그리고 J1, J2, J3는 여러 개의 이벤트를 커버하는 RCO이지만 이들 각각의 적용 여부는 선택의 문제이므로 모두 선택하였다.
- Table 10에서 RCO 적용전의 최초의 리스크 수준(original risk rank)이 A(ALARP Risk)인 경우 해당 RCO는 제 4단계의 비용편익분석 결과를 바탕으로 선택하였다. 즉, 리스크 감축효과에 비해 비용이 과다(CI 3 이상) 하게 소요되지 않는 RCO를 선택하였다. 이렇게 선택된 RCO는 F와 R로 모두 2개이다. 다만, R(가속 채택 절차)은 IMO가 사용하는 방법론이지만 IBC Code와 같이 매우 예외적인 경우만 적용되고 이의 전반적인 적용은 SOLAS협약 1장을 명시수락 절차에 따라 개정하여야만 가능하므로 현실 성이 없는 것으로 간주되어 최종적으로 제외하였다.

이 연구의 결과에 따르면 리스크 기반이나 목적기반을 사용하는 RCO들은 그 효과가 탁월하다는 것이 확실해 보인다.

Table 13 RCOs Recommended for further consideration as regulatory process

No.	RCO	
B		리스크기반 규정
	B1	리스크기반 대체 /등가 설계 및 승인기준
	B2	단순화된 리스크 기반 규정
	B3	리스크기반 운용기준
C	공식안전평가(FSA)	
D		목표기반 규정(Goal-based Regulations)
	D1	목표기반 - 결정론 (GBS - Deterministic)
	D2	목표기반 일반기준(GBS - Generic)
	D3	목표기반-안전수준접근법(GBS-SLA)
E	위험요소의 파악 및 리스크제어 방안 수립 방법론	
F	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 적용 원칙을 고려한 규정 수립	
G	목표기반 - 원칙 기반 (GBS - Principle-based)	
H		최종단계 와 다단계 규정
	H1	최종기능 중심 규정 수립 방법론
	H2	다단계 설계 및 승인 요건을 고려한 규정 수립 방법론
I	복잡한 시스템의 새 안전요건을 고려한 규정 수립방법론	
J		인적요인을 고려한 규정수립 방법론
	J1	HEAP
	J2	Principle-based
	J3	HRA
K	규정영향평가를 통한 규정 수립 방법론	
L	행정부담 경감을 고려한 규정수립 방법론	
O	안전규정의 시행주체 및 시행 대상을 고려한 규정수립 방법론	
P	안전규정과 환경규정의 상충 고려한 규정 수립방법론	
Q	안전규정의 4년 주기 발효를 위한 방법론	

그러나 이렇게 권고되는 각 RCO들은 각각 특성과 장점 및 단점들을 수반하므로 고려하는 안전 분야의 대상, 시급성, 중대성, 산업계에 미치는 영향 등을 고려하여 안전규정의 제정 및 시행가능성 측면에서 가장 효율적이고 효과적인 방식을 선택해서 사용할 것이 권고된다.

Table 13의 권고된 RCO리스트는 비용편익에서 고려된 최초의 RCO들을 대부분 망라하고 있으며 이 권고되는 RCO 리스트를 해석함에 있어서 다음 사항을 주목할 필요가 있다.

- 1) SOLAS협약에 보편적으로 포함된 규범적 규정(prescriptive Regulation)은 안전규정의 리스크를 계속적으로 유지시키므로 처음부터 향후 고려할 규정제정 방법론으로 고려하지 않았다.
- 2) 각 권고된 RCO는 보다 효율적인 리스크 감소 및 실질적인 규정적 프레임워크를 구성토록하기 위해 다시 상호 조합된 형태(grouping RCOs into practical regulatory framework options)로 정의 되어야 할 것이다. 예를 들어 일반분야의 안전규정의 경우 (D1+F+H1+J1+[K]+L) 또는 (D2+F+H1+J1+[K]+L) 또는 (D3+ F+H1+J3+L) 적용 할 수 있다. 이 작업은 제 6장에서 새로운 해사안전규정의 프레임워크를 제안할 때 수행 하면 될 것이다.
- 3) 목표기반(D)을 포함하여 대부분의 RCO들은 초기 규정 개발 시 목표 및 기능요건의 수립 과정을 거쳐야 하므로 규범적 기준에 비해 제정 속도가 매우 느려진다. 그러나 합리적 규정을 만들기 위해서는 반드시 필요한 과정이며, 한번 이러한 규정이 수립되고 나면 추후 규정 개정 속도는 현저하게 빨라질 것이다.
- 4) 대체설계 및 승인(B1)의 경우 설계의 유연성을 크게 증가시키며 설계자, 선주, 선급 등 규정사용자의 혼란을 피할 수 있도록 해준다. 그러나 전면적으로 대체설계 또는 등가설계의 개념을 도입하는 경우 조선업자 등은 생산원가의 증가로 인하여 선호되지 않을 것이다. 또

한 선급, 항만국 통제관 등이 선박검사 시 선박마다 다른 설계로 인하여 검증이 힘들어 진다. 따라서 대체설계의 규정은 여객선의 특정 분야 등에 한정적으로 적용하되 선주의 선택사항으로 해야 한다.

- 5) 규정영향평가(K)는 규정제정 프로세스를 길게 하므로 소규모 개정이나 기존에 잘 정립된 규정의 개정 시 적용할 필요는 없으며 산업계 영향이 중대하거나 큰 행정적, 법률적 부담을 초래하는 경우만 적용할 필요가 있다. GBS-SLA(D3)의 경우는 자체 프로세스에서 FSA를 2회 실시하므로 영향평가는 별도로 필요 없다.
- 6) 기타 리스크기반 운용기준(B3)의 경우 관련 데이터의 확보가 우선시 되어야 한다. 현재 IMO, 선사 및 선급 등에서 각종 데이터의 수집 및 활용을 위한 연구 및 시스템 구축을 하고 있으므로 이러한 시스템이 잘 운용되는 시점에 도래할 때 이러한 규정을 제정하여 운용한다면 규정 상 합리성과 획기적으로 증가시킬 것이며 안전취약분야에만 노력을 집중함으로써 안전향상에 크게 기여할 것이다.
- 7) 최종 기능중심 규정 수립방법론(H1)은 현재 모든 안전 관련분야에서 광범하게 사용 중인 것으로 이 비용 편익분석의 기준 점이 되는 것이므로 별도의 분석을 하지 않았으며 다른 방법론들과 조합하여 사용하여야 하므로 이를 권고하는 RCO에 포함시켰다.

제 6 장 해사안전규정 제정 모델

이 장에서는 제 5장의 현행 협약에 대한 리스크 평가 결과(권고사항)를 바탕으로 향후 해사안전 규정이 지속가능하고 합리적이며 사용이 편리하고 포괄적인 규정으로 제정되도록 하기 위한 새로운 종합적인 규정제정 프레임워크모델(New Holistic Regulatory Framework Model for Maritime Safety Regulations)을 제시하고자 한다. 이는 성능기반접근법(Performance-based Approach)을 사용하는 포괄적 규정제정 체계로서 해사안전규정의 전 라이프사이클 동안에 걸쳐서 체계적으로 관련 규정을 식별 및 제정, 개정, 시행, 검증 및 모니터링하기 위한 프레임워크 모델로 다음과 같이 제안된다.

6.1 해사안전규정 제정 새 프레임워크 모델

6.1.1 해사 안전규정의 제정모델 구성도

새로운 해사안전규정 제정 프로세스는 제 5장 리스크 평가의 권고사항에 따라, 첫째, 규정 개발의 방법론 측면에서는 목표기반 기준(Goal-Based Standards)의 기본 골격을 바탕으로 하여 여러 가지 다른 성능기반 방법론들을 이 프로세스에 적합하게 융합하는 방식으로 개발하였다. 둘째로, 인적 요인, 영향평가 등 안전규정 제정 시 주요 고려사항들을 채택하는 각 성능기반 방법론의 단계(Tier)별로 다룰 수 있도록 하였다. 이 새 프레임워크모델의 업무흐름을 도식적으로 설명하기 위해 Fig. 13과 같이 해사안전규정의 제정을 위한 모델 구성도를 개발하였다.

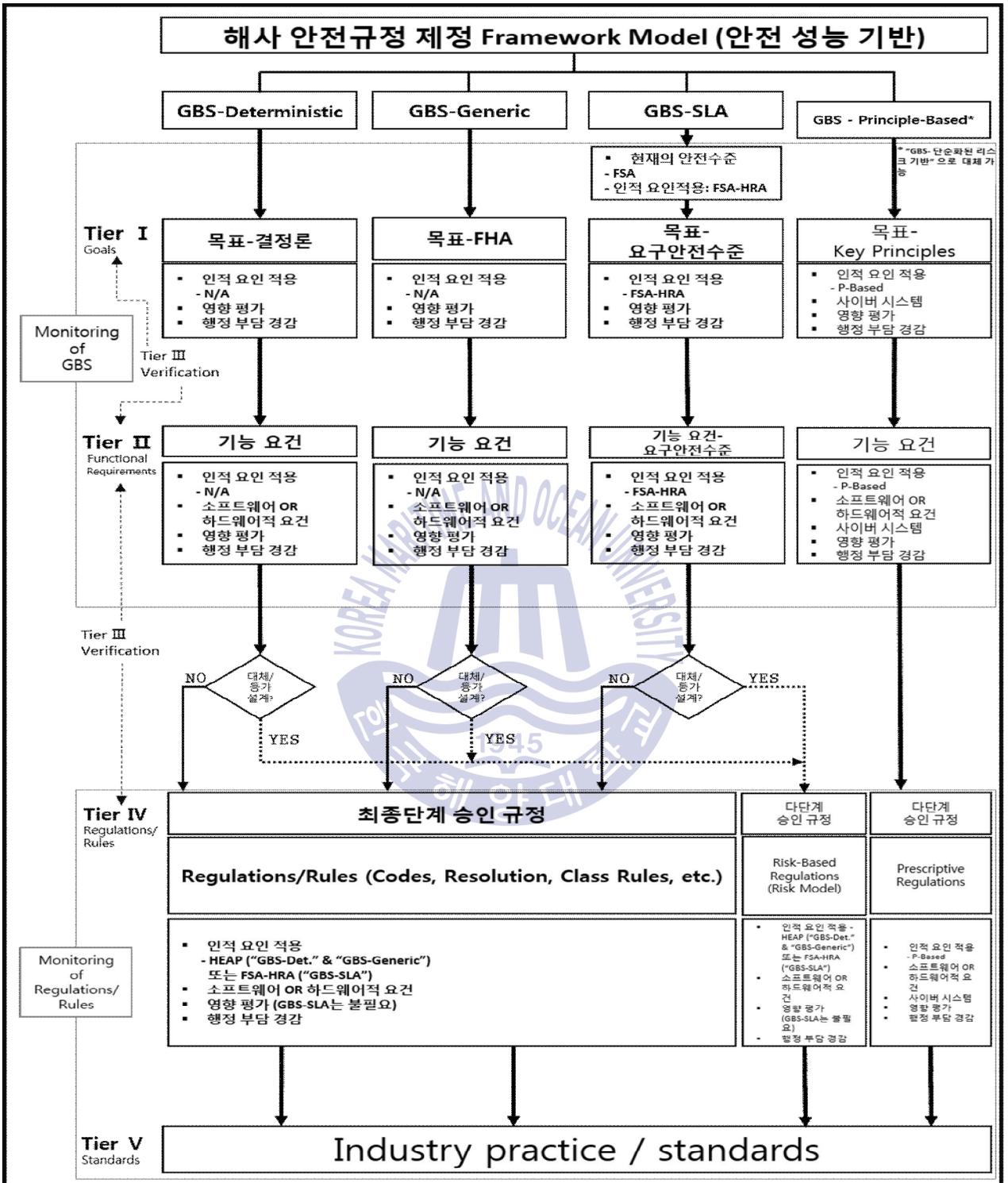


Fig. 13 New Regulatory Development Framework Model for Maritime Safety Regulations

또한 이 구성도를 보충하기 위하여 각 방법론별로 단계별 구체적인 적용 방법 및 사용하는 도구, 점검사항 등을 나타내는 “Table 14 새 해상 안전규정 제정모델에서 사용된 방법론들의 적용방법” 과 “부록 2 새 해상 안전 규정 제정 프레임워크의 업무흐름 및 단계별 검증항목” 을 같이 개발하였다. Fig. 13에서 나타낸 새 프레임워크 모델의 내용은 다음과 같이 요약된다.

1) 사용된 규정개발 방법론

이 안전 성능기반 규정제정 프레임워크 모델(Safety Performance-based Regulatory Framework Model)에서는 “목표기반 방법론(GBS)” 3가지와 복잡한 시스템에 적용되는 “원칙기반 방법론” 및 기타 기자재 등에 적용되는 “단순화된 리스크기반 방법론” 으로 총 5가지의 성능기반 방법론을 기본으로 한다. 이들 모두는 5개의 Tier로 구성되며 안전수준(안전성능)의 증가성으로 그 요건의 만족여부를 판단하도록 하는 방법론이다.

이 5가지의 방법론 중, 일반 안전분야에 대하여는 “목표기반-일반기준(GBS-Generic)” 을 기본으로 적용한다. 이 일반기준에 비해 보다 간편한 방식인 “목표기반기준-결정론(GBS- Deterministic)” 과 이 보다 복잡한 방식인 “목표기반기준-안전수준접근법(GBS-SLA)” 을 병행하여 총 3가지의 성능기반 방법론을 선택적으로 적용하도록 하고 있다. “목표기반기준-일반기준” 의 경우 진보된 규정제정 방법론 이면서도 가장 간편하고 규범적 기준에 비해 추가적인 규정제정 시간이 가장 최소화 할 수 있다는 장점이 있으나 규범적 기준의 단점을 모두 해소하지는 못하므로 시간적 여유가 없는 경우에만 사용할 필요가 있다.

이 5가지의 방법론 중, 선박의 복잡한 장비나 시스템, 소프트웨어 프로그램 분야에 적용할 수 있는 것은 이 모델에서 맨 우측에 있는 “목표기반-원

칙기반” (GBS - Principle- Based) 규정 제정 방법론을 적용하도록 고안하였다. 여기서 선박에 탑재되는 기자재나 컴퓨터 기반 시스템 등은 “목표기반-원칙기반” 대신 “목표기반-단순화된 리스크기반 방법론” (GBS - Simplified Risk-Based Approach)을 사용할 수도 있다. 이 “단순화된 리스크 기반 방법론”은 Fig. 13에서는 별도로 세부적인 업무흐름을 나타내지 않았으며 Table 14 및 부록 2에서만 설명하고 있다.

이러한 5가지의 각 방법론은 화살표를 따라 Tier I부터 Tier IV까지 수직하방으로 진행되는 업무 흐름을 갖는다. 이 업무흐름은 제 5장 리스크 평가의 권고에 따라 Table 13의 각 RCO를 이용하여, 보다 효율적인 리스크 감소 및 실질적인 규정적 프레임워크(practical regulatory framework)을 구성토록 하기 위해 다음과 같은 다시 상호 조합된 형태로 RCO를 그룹핑한 것이다.

- 일반분야의 안전규정: $(D1+F+H1+J1+[k]+L)$ 또는 $(D2+F+H1+J1+[K]+L)$ 또는 $(D3+ F+H1+J3+L)$ 적용, 다만 대체 설계 및 승인 규정의 경우는 $(D+B1+F+H2+J+[K]+L)$ 을 대신 적용
- 복잡한 시스템 및 기자재의 안전규정: $(G+H2+F+I+J2+[K]+L)$ 또는 $(B2+H2+F+I+H2+[K]+L)$ 을 적용

2) 목표와 기능요건(Tier I & II)의 수립 방법

이러한 5가지의 주요 규정제정 프레임워크를 구성하기 위해서는 각기 다른 방식을 통하여 목표(goals)와 기능요건(functional requirements)을 수립해야 한다. 예를 들어 GBS-SLA의 경우 각 안전 및 환경의 분야별로 관련 문제(issues of concern)와 목표로 하는 허용 리스크수준(allowable target risk levels), 즉 목표로 하는 안전수준(Target safety levels)을 FSA 수행을 통해 결정하여 이를 규정의 최상위 문서(Tier I 및 Tier II)에 목표와 기능

요건의 형식으로 명시해야 한다(3.4.3절, 6.1.2절, Table 14 및 부록 2 참조). “목표기반-원칙기반” 방법론에서는 목표기반 방법론 중 하나와 같은 형식이나 주요원칙(Key principles)을 목표(Tier I)로 설정하고 이 주요원칙과 평가기준을 만족하는 기능요건을 Tier II로 설정하는 것이 다르다.

3) 검증(Tier III Verification)

“목표기반기준-결정론”에서는 규정(Tier IV)의 기능요건(Tier II) 만족 여부를, “목표기반기준-일반”에서는 규정(Tier II)의 목표(Tier I) 및 기능요건(Tier II)의 만족 여부를, “목표기반기준-안전수준접근”에서는 기능요건(Tier II)이 목표(Tier I)를 만족하는지와 규정(Tier II)의 목표(Tier I) 및 기능요건(Tier II)의 만족 여부를 검증하는 것이다.

4) Tier IV의 제정 방식

(1) 서술적 기준 또는 리스크기반 기준

3가지의 목표기반 방법론(Deterministic, Generic & SLA)에서 설정된 목표와 기능요건을 하위 규정에서 만족시키는 방식에는 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 규정을 개발하고 그 규정이 목표와 기능요건에 만족함을 증명하는 방법이다. GBS-SLA의 경우 목표와 기능요건에 명시된 허용 리스크 수준에 만족함을 증명한다. 이러한 규정은 Tier IV에서 서술적 형태의 규정(prescriptive regulations)으로 나타나며 이는 대부분 일반적인 선박(conventional ship type)의 규정 수립에 적용하기에 적절한 방식이다. 두 번째 방법은 리스크기반 설계를 사용하여 선박의 특정부분에 대한 설계가 목표 및 기능요건에 명시된 허용 리스크 수준에 만족함을 증명하는 방법이다. 이 리스크기반 설계는 SOLAS, MARPOL 협약 등에서 명시된 각종 대체 설계 및 배치(alternative design and arrangement)를 다루는 방법을

일반화 하는 것이다(3.2절 참조). 이러한 방법은 선박의 특정부분의 설계 (novel ship types)에 대한 규정의 만족여부를 다루는 규정, 즉 리스크기반 규정의 수립에 적합한 방식이다.

“목표기반-원칙기반” 및 “단순화된 리스크기반”에서는 리스크기반 기준은 없으며 서술적 형태의 규정만 사용하고 있다.

(2) 최종단계 승인 규정 또는 다단계 승인 규정

대부분의 요건들은 최종단계 승인(H1)에 중점을 둔 규정으로 제정되어야 한다. 다만, 리스크 기반의 대체 또는 등가설계에 관한 요건 및 복잡한 선박 장비나 시스템, 소프트웨어 프로그램 등에 대해서는 설계초기단계부터 최종단계까지 다단계의 승인 규정이 되어야 한다(3.2절, 4.3절 및 4.4절). 이러한 다단계 규정에 해당되는 경우, Tier I 및 II에서 관련 목표 및 기능요건이 추가되어야 하고 Tier IV에서는 다단계 규정으로 기술되어야 한다. 특히 “목표기반-원칙기반”(GBS - Principle- Based) 규정 제정 방법론이 적용되는 복잡한 선박 장비나 시스템, 소프트웨어 프로그램의 경우 Tier I 및 II에서 목표 및 기능요건이 주요원칙(key principles)과 평가기준(assessment criteria)로 대체되어야 하고 Tier V의 다단계 승인 규정은 이 주요원칙과 평가기준을 만족하도록 제정되어야 한다.

5) 주요 고려사항

이러한 5가지의 주요 규정제정 프레임워크에서 각 Tier 별로 고려하여야 할 기타 주요 사항들은 다음과 같다.

(1) 인적요인

인적요인의 고려는 안전 분야의 대상에 따라 3가지 방법, 즉 “인적

요인 분석프로세스⁹⁾(HEAP Process)”, “원칙기반규정¹⁰⁾(Principle-based Regulation)” 및 “인적신뢰성 분석을 공식안전평가에 접목하는 방법¹¹⁾(FSA-HRA)” 중 하나를 적용한다. 각 Tier 별로 인적요인을 고려하는 방법 및 적용 도구, 점검항목을 Fig. 13, Table 14 및 부록 2에 나타내었다.

(2) 영향평가 및 행정부담 요건

규정제정 시 고려하여야 “하드웨어적 기준과 표 소프트웨어적 기준”, “영향평가” 및 “행정부담 경감 요건”에 대하여도 Fig. 13와 Table 14 및 부록 2에 각 Tier 별로 접목하는 방법, 적용 도구 및 점검항목을 나타내었다.

(3) 4년 주기 발효 방법론

안전규정의 4년 주기 발효 방법론(RCO Q)은 규정을 제정하는 측면보다는 규정의 제정된 규정의 시행 시점을 조정하여 규정의 잦은 개정 및 발효에 따른 부작용을 줄이고자 하는데 있다. 따라서 이 방법론은 Fig. 13의 새 안전규정 제정체계에 명시적으로 나타내지는 않았지만 이 IMO 방법론 각 방법론에 따른 규정의 제정완료 후 준수해야 할 프로세스이다.

6) 모니터링

규정의 시행 후에는 지속적으로 GBS(Rules for Rules: Tier I & II)와 관

9) HEAP Process 적용 규정: 기존 기준을 개정할 때 인적요인을 적용하기 위해 사용 함(간단한 인적요인 checklist 사용)

10) GBS, Principle-Based 규정: 선박의 장비, 복잡한 시스템, 소프트웨어에 적용

11) GBS, FSA-HRA 적용규정: 규정 제정 시 인적요인의 고려가 필요하나 그 해결책(방법론) 적당하지 않은 경우 적용

련 규정(Tier IV & V)의 실효성을 모니터링 한다.

6.1.2 새 해사 안전규정 제정모델에서 사용된 방법론들의 적용방법

Table 14 및 부록 2에서는 Fig. 13의 새 해사안전규정 제정모델에서 사용되고 있는 각 방법론에 대하여 단계(Tier)별 구체적인 적용 방법 및 사용하는 도구, 점검사항 등을 설명하였다.

목표 및 기능요건의 개발도구 중에서 FSA는 3.3절에서 다루었으며 GBS-SLA 방법론에서 사용된다. GBS-Generic 방법론의 경우 명시적으로 언급된 것은 없으며 기능적 위험평가(Functional Hazard Assessment: FHA)와 잠정 시스템안전 평가(Preliminary System Safety Assessment: PSSA)를 사용할 수 있을 것으로 보인다. FHA와 PSSA는 시스템엔지니어링에서 사용하는 안전성 평가 및 관리 방법론이다(한국해양연구소, 2007; IMO, 2002c).

시스템엔지니어링이란 초기 고객의 요구사항을 기초로 요구분석(requirement analysis), 기능분석 및 할당(functional analysis and allocation), 통합 및 검증(synthesis)의 단계를 반복적으로 수행하면서 품질(technical performance), 경비(cost), 납기(lead time)의 측면에서 최적화된 시스템을 개발하는 체계적이고 구조화된 활동이다. FHA는 시스템엔지니어링의 첫 단계에 해당되며, 선박 및 선박에 탑재되는 각종 장치(전기, 추진, 항해장비, 시스템 등)에 대하여 안전 목표를 설정하고 관련 요구사항을 정의하는 과정이다. 이를 위해서는 안전과 관련한 모든 선박 및 시스템의 기능의 식별, 이들 기능과 관련 있는 고장상태의 식별 및 서술, 고장 상태에 따른 영향에 대한 분석 및 분류, 안전 목표와 확률요건(probability requirement)의 지정, 준수방법(means of compliance)의 식별을 수행해야 한다.

Table 14 Application of methodologies employed in the New Regulatory Framework Model

제정 방법론 및 주요 고려사항 Regulatory Process for Performance-Based Regulations		New Framework Model Tiers						
		Tier I (Goals)	Tier II (Functional Requirement)	Tier III (Verification of Compliance)	Tier IV (Regulations/ Rules)	Tier V (Industry Practice/ Standards)	Monitoring	
규정 제정 방법론	GBS-Deterministic	결정론적 수립 MSC.287(87) 등	결정론적 수립 MSC.287(87) 등	검증지침 MSC.296(87) 등	기능요건 만족시켜 제정	보충기준 수립 또는 링크	MSC.287(87)	
	GBS-Generic	FHA, MSC.1/Circ.1394/Rev.1	FHA,PSSA* MSC/Circ.1054 MSC.1/Circ.1394/Rev.1	MSC/Circ.1054	기능요건 만족하기 위한 Criteria를 만족하는 규정	보충기준 수립 또는 링크	MSC.1/Circ.1394/Rev.1	
	GBS-SLA	안전수준 및 목표결정 (FSA) MSC95/WP.9, Annex 2	요구되는 안전수준과 기능요건 결정(FSA) MSC95/WP.9, Annex 2	기능요건의 목표만족, 규정의 기능요건 만족 증명(FSA)	안전수준을 만족하는 규정수립(FSA)	보충기준 수립 또는 링크	MSC95/WP.9, Annex 2	
	GBS-대체/등가 설계/승인	NA (GBS에서 수립된 Goal 사용)	NA (GBS에서 수립된 기능요건 사용)	NA (리스크 기반 규정에 의한 안전수준 >= 처방적 규정에 의한 안전수준)	MSC/Circ.1002 MSC.1/Circ.1212 MSC.1/Circ.1455	NA	MSC.1/Circ.1394/Rev.1	
	GBS-단순화된 리스크 기반	NA (GBS에서 수립된 Goal 사용)	NA (GBS에서 수립된 기능요건 사용)	NA(리스크 기반 규정에 의한 안전수준 >= 규범적 규정에 의한 안전수준)	Simplified Risk-based 방법론(E2 2 등)	NA	MSC.1/Circ.1394/Rev.1	
규정 제정 시 주요 고려사항	위험요소 파악	Performance-based 규정 제정 방법론 중 어느 것을 사용하여도 커버됨 (모든 Tier에서 적용됨)						
	소프트웨어 vs. 하드웨어	NA	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	
	최종 단계 vs. 다단계	일반	복잡한 선박 장비 또는 시스템, GBS-대체/등가설계에 관한 요건은 다단계 설계/승인 요건으로 되어야 하고 기타 요건은 최종단계 승인요건으로 한다.					
		다단계	주요원칙 규정	주요원칙 및 평가기준(Principle-based Rule & Assessment Criteria)	평가기준(Assessment Criteria)	주요원칙 및 평가기준 만족하는 규정	산업표준 적용	적용됨
	사이버 시스템	다단계	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	
	인적요인	HEAP	NA	NA	NA	적용됨	적용됨	적용됨
		P-based	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨
		HRA	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨
영향평가	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	
행정부담 경감	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	적용됨	

이 FHA는 GBS Tier I(안전 목표) 및 Tier II(기능요건)를 정의하는 방법론으로 사용이 가능하다. PSSA는 시스템 엔지니어링의 두 번째 단계에 해당되며, FHA의 결과에 따른 안전 목표 및 요구사항을 만족시키는데 필요한 수단(means of compliance)을 식별하는 과정이다. 예를 들어, 선박의 안전 목표 및 요구사항을 만족시키는데 필요한 수단은 감항성, 구조 보존성, 화재안전, 구명 등이다.

6.2 해사 안전규정 제정 프레임워크 모델을 이용한 SOLAS협약의 재구성방안

여기서는 6.1절에서 제안한 해사안전규정 제정 프레임워크의 실현 가능성을 예로서 보이하고자 이 프레임워크의 업무 흐름도를 따라서 SOLAS협약의 재구성에 대한 GBS 단계별 개략적인 업무를 작성하였다(Fig. 14).

1) 제 1단계: SOLAS협약이 다루어야 할 분야 식별

목표와 기능요건 수립에 앞서 해사안전협약 중에서 SOLAS협약이 다루어야 할 분야를 식별해야 한다. 향후 SOLAS협약의 제정 및 개편방향을 도출하기 위해서는 지금까지 파악된 현행 SOLAS협약의 현황 및 문제점들과 별도로 해사 안전협약이 다루어야 할 전체적인 내용을 보다 상위의 관점에서 바라봄으로서 현행 SOLAS협약의 현주소를 파악할 필요가 있다. SOLAS협약을 성능기반 기준프레임워크에 따라 제정하기 위해서는 먼저 선박과 선박 시스템을 기능적으로 분류해야 한다. 이러한 기능적 분류작업(functional breakdown)의 목적은 SOLAS협약 개편을 위한 전체 프레임워크와 기능요건의 구조에 대한 청사진 및 기능요건의 구성(formulation)에 대한 지침을 제공하는데 있다.

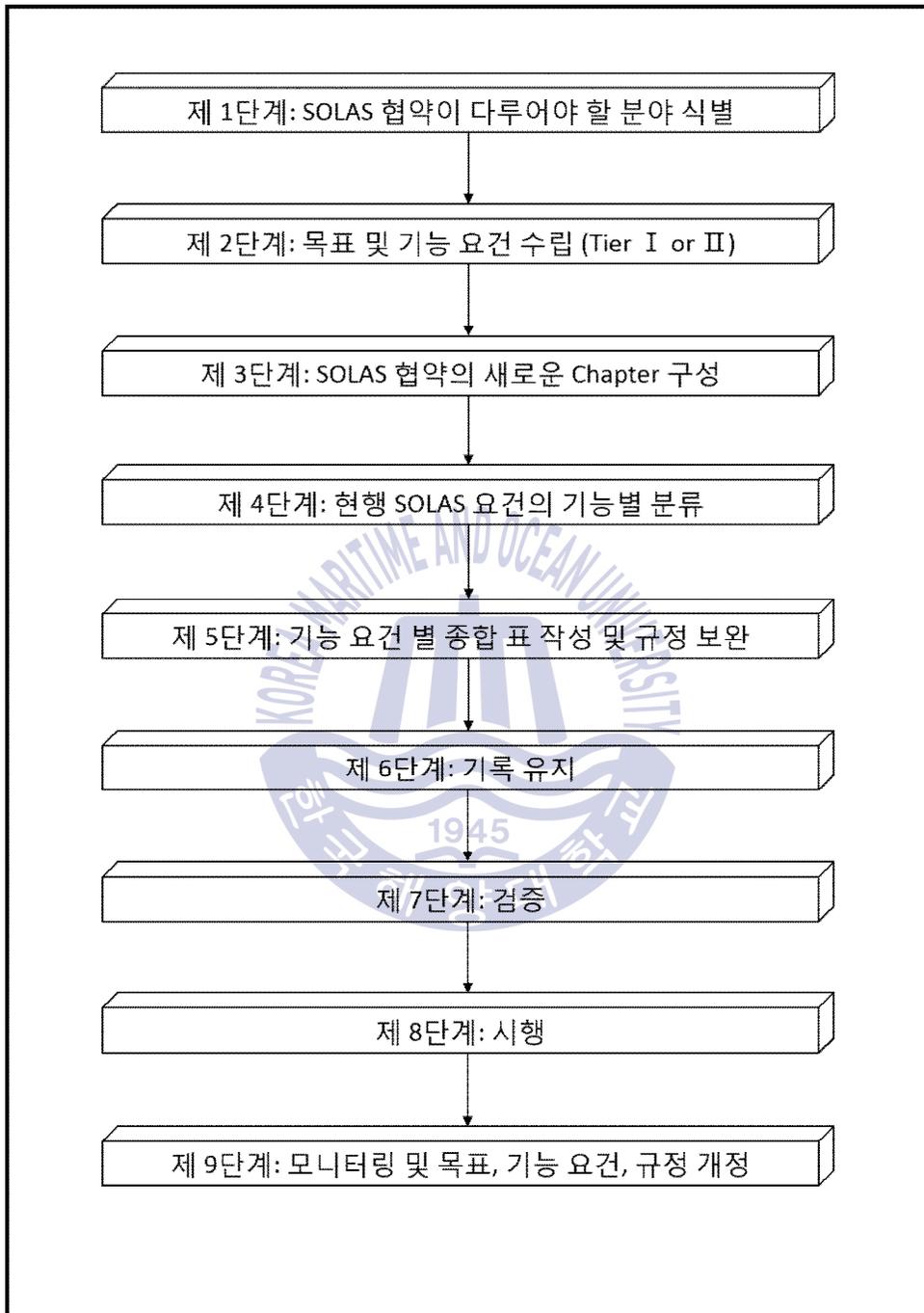


Fig. 14 Flow of restructuring of SOLAS Convention

Fig. 15는 이러한 기능적 분류를 통해 SOLAS협약이 다루어야 할 안전 분야를 식별하고 현행의 SOLAS협약 편제를 고려하여 재구성하는 시도를 보여준다. 이러한 기능적 분류는 목표와 기능요건의 수립도구인 FSA나 FHA 등을 사용하여 완성할 수 있다.

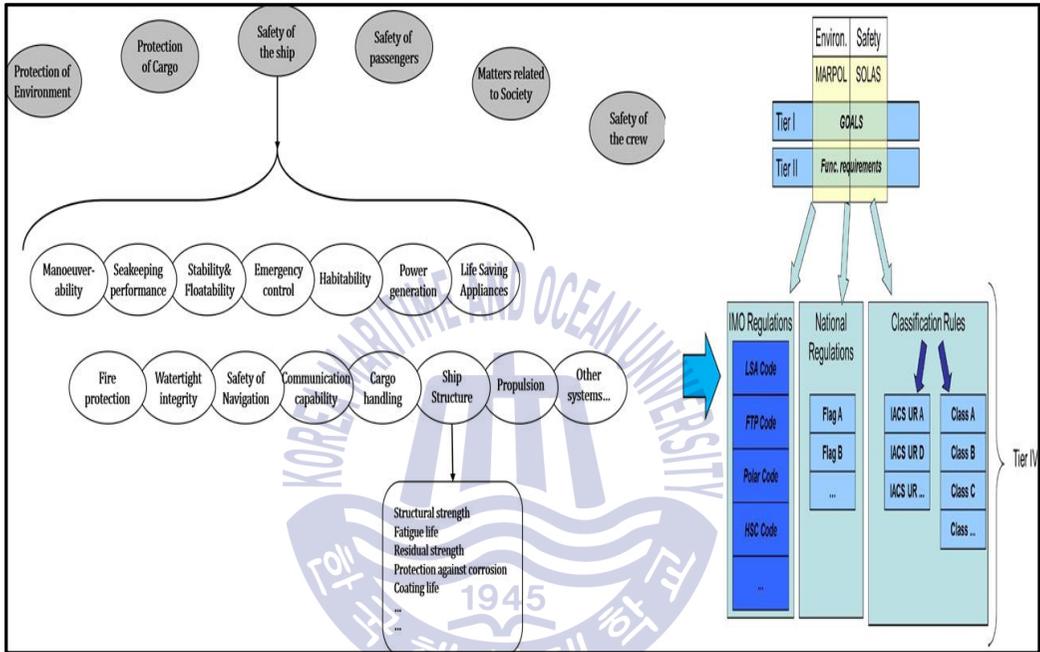


Fig. 15 Example of safety areas to be covered by SOLAS (IMO, 2015h)

Fig. 15의 맥락에서 해사협약들이 다루어야 할 분야(기능)와 각 분야별로 다루어야 할 요건 특히, 안전 분야에서 다루어야 할 보다 세부적인 분야의 예를 들어서 종합적으로 보여주고자 Table 15를 작성하였다(IMO, 2015a; IMO, 2015p; IMO, 2010a). 이 표의 내용 중 “Protection of Environment”는 MARPOL 협약의 분야이고 나머지는 주로 SOLAS, Load Line협약 등에서 다루어야 할 분야이다. 이러한 작업을 통해 어느 협약에서도 다루고 있지 않은 분야도 식별될 수 있으며 이러한 것들은 어디에 소속 시킬 것인지도 연구해야 한다. 현행 SOLAS협약의 경우 인명의 안전만 다루는 것이

아니므로 협약명칭의 변경을 검토할 필요성도 있다.

Table 15는 해사협약이 다루어야 할 여러 가지 분야 중 선박의 안전 분야를 예를 들었으며 그 중에서도 구명설비와 선체구조분야에서 다룰 수 있는 하위 기능을 예를 들어 알아보았다. 여기서는 기능요건에서 다루어야 할 제목만 나열한 것이고 각 분야별 세부적인 기능요건을 만들기 위해서는 추가적인 작업이 필요하다. 기능요건의 좀 더 명확한 구조를 위해서 필요시 추가적인 하부 계층의 기능요건을 개발해야 한다. 이러한 방식으로 화재보호나 항해 안전 등 모든 안전 분야에 대하여 관련되는 하위기능들을 모두 파악할 수 있을 것이고 이렇게 파악된 모든 하위 기능들이 어느 안전협약(SOLAS, LOAD LINE, COLREG, STCW 협약 등)의 어느 규정에서 다루어지고 있는지를 식별하여야 한다.

이러한 분석을 통해 현행 안전 협약들이 담고 있는 요건들의 누락 부분과 해를 거듭하면서 계속 최신화 및 추가된 안전 협약의 편제 상 일관성 또는 합리성 유무 등을 비교적 용이하게 파악 가능 할 것이다. 이것이 파악되면 안전협약의 제정 및 개편 방향은 자동으로 생성된다고 할 수 있을 것이다. 또한 Table 15에 나타난 인명의 안전이나 환경보호 등 해사협약이 다루어야 할 다른 분야에 대하여도 같은 방식으로 기능요건을 개발하고 현행 협약체계와의 비교작업을 할 수 있을 것이다.

2) 제 2단계: 목표 및 기능요건(Tier I & II) 수립

제 1단계에서 분류된 각 분야(또는 하위 분야별)별로 목표 및 기능요건을 수립한다. 이 때 사용할 규정제정 방법론과 규정제정시 고려사항들은 다루는 분야의 성격에 따라 Fig. 13과 Table 14 및 부록 2에 기술된 과정을 따른다.

Table 15 Example of areas(functions) for maritime safety Conventions

해사협약	선박안전 (하위 기능)	선박구조, 구명설비(기능별 요건)	
환경보호	
화물의 보호	
인명의 안전 (여객/선원)	
선박의 안전	Maneuverability	...	
	Seakeeping performance	...	
	Stability & Floatability	...	
	Emergency control	...	
	Habitability	...	
	Power generation	...	
	Lifesaving appliances		Pre-abandonment(lifesaving preparation): Facility, appliances, stowage, maintenance, training/drill
			Abandonment:
			Post-abandonment(detection):...
			Post-rescue(retrieval):
	Fire protection	...	
	Watertight integrity	...	
	Safety of navigation	...	
	Communication capability	...	
	Cargo handling	...	
	Ship structure		Design: Structural strength, Fatigue life, Residual strength, Protection against corrosion, Structural redundancy, Watertight & weathertight integrity, Human element considerations, Design transparency Construction: Construction quality, survey)
In-service considerations: Survey & maintenance, structural accessibility			
Recycling considerations: ship recycling			
Propulsion	...		
Other systems	...		
사회문제 (제3자의안전)	

이 때 기능요건 별 사양(specification) 및 관련되는 추가적인 사양도 개발한다. 이는 추후 기능요건의 만족여부를 검증하는데 필요한 프레임워크이 될 것이며, 각 기능이 제공되어야 하는 관련 경계조건을 식별하고 안전 수준을 충족시키는 것으로 간주되는 속성(property)을 기술해야 한다.

3) 제 3단계: SOLAS협약의 새로운 장(Chapter)의 분류 및 구성

제 2단계에서 선박의 안전관련 기능별로 분류하여 파악된 목표 및 기능요건을 SOLAS협약의 각 장(Chapter)으로 구성하여 나눈다. SOLAS협약의 각 장별 본문에는 각 기능별로 목표 및 기능요건 만 남긴다. 이때 SOLAS협약의 장들은 현행 협약의 장들과 모두 일치하지는 않을 것이므로 다시 분류할 필요가 발생한다. 이 때 필요에 따라 관련 코드들에도 다시 하위 목표 및 기능요건을 포함시킬지 여부를 결정해야 한다.

4) 제 4단계: 현행 SOLAS협약 요건의 기능 별 분류

현행 SOLAS협약의 각 장, 코드, 결의서 등에 포함되어있는 규정 중 모든 규범적 요건들은 새로운 기능별 장(Chapter)에 따라 재분류하여 Tier IV로 넘긴다.

5) 제 5단계: 종합표 작성 및 규정보완

각 기능요건별로 이들을 만족하기 위해 적용시켜야 할 Tier IV 및 V의 규정이나 기준을 망라한 종합표를 Table 16과 같이 만든다. 이 표에서는 어떤 기능 요건이 어느 IMO 규정이나 선급 규정(Section, Chapter 등) 등에 의해서 커버되는지 설명되어야 하고 규정이나 기준이 관련 기능요건에 만족하는지 여부의 증명에 사용된 평가기준(evaluation criteria)과 평가를 위해 수행한 분석결과(self assessment)가 추가되어야 한다. 이것은 규정을

수립된 기능별로 분류 후 현행 SOLAS협약 각 장의 각 규칙에 대한 일람표를 작성하는 것이며 현행 SOLAS협약 및 부속 코드에는 없는 부분 파악하는 일(GAP analysis) 이기도 하다. 이 종합표를 만드는 과정에서 식별된, 현행 SOLAS협약 및 관련 규정에서 누락 또는 미비 된 규정이나 기준은 별도로 보완하는 작업을 해야 한다. 이때, 한 가지 기능에 대하여 여러 장에 관련규칙들이 복합적으로 포함 될 수 도 있으며, 각 장의 규칙이 상호 연계되어 기술될 수 있음(특정 장의 요건이 강화되면 연계된 장의 요건은 완화될 수 도 있음)을 명심해야 한다. 또한 이때 SOLAS협약 외 안전을 다루는 협약(ICLL, STCW, COLREG협약 등)을 어떻게 처리 할 것인지 방안을 강구할 필요가 있다.

이렇게 작성된 종합표는 Tier II의 각 기능요건 밑이나 Tier IV 및 V의 도입부에 명시되어서 규정의 사용자가 해당되는 기능요건을 만족하기 위해 적용하여야 할 규정들을 쉽고 정확하게 파악할 수 있도록 해야 한다.

Table 16 List of regulations and rules to comply with functional requirements

No.	Chapter	Functional Requirement No.	Tier I & II (SOLAS Regulations)	Tier IV (Codes, Resolutions, Class Rules)	Tier V (Industry standards)	Evaluation Criteria	Self Assessment
1	1	1, 3					
2							
3							
.							
.							
10							
.							
.							
16							

6) 제 6단계: 기록유지

목표 및 기능요건의 제정시 기초가 된 자료, 즉 FSA, FHA, SLA, HRA, 리스크 제어방안 등 결과물을 체계적으로 유지하고 향후 규정 모니터링(제 8단계)시 필요성이 제기되거나 사고 발생시 이 자료를 다시 검토하여 추가적인 기능요건이나 리스크 제어방안의 도입을 검토할 수 있도록 한다. 초기 규정 수립시 파악된 모든 기능요건이나 리스크 제어방안들이 전부 채택되지 않을 수도 있으며 추후 안전수준을 상향 시킬 때 추가적으로 도입될 수도 있을 것이다.

7) 제 7단계: 검증(Verification)

검증은 크게 두 가지로서 먼저, 제 1단계에서 목표 및 기능요건을 수립한 후 그 기능요건의 적합성(수립된 목표를 달성하기에 적합한 모든 기능요건의 수립여부 및 적합성 판단기준 포함여부, 모든 연루된 위험요소를 포함하고 있는지 여부 등) 여부를 검증하는 것이고, 두 번째는 제 4단계에서 새로운 SOLAS협약의 장(Chapter)에 따라 현행 SOLAS협약 및 관련 규정에서 기술된 것을 분류하고, 누락 또는 미비 된 규정이나 기준은 별도로 보완하는 작업을 마무리한 후 완비된 규정이 관련 목표 및 기능요건에 적합한지를 검증하는 작업이다(GBS Tier III 과정). 이를 위해 사용할 목적으로 부록 2와 같이 단계별 검증항목을 만들었다.

8) 제 8단계: 시행

새 프레임워크 하에서의 새로운 SOLAS협약과 현존 SOLAS협약은 현존선과 신선의 적용 상 혼란을 피하고 규정시행자들의 적용을 위하여 일정기간동안 병행하여 시행한다. 즉 1966년 ICLL협약과 1988년 ICLL 의정서협약의 예와 같이 병행시행을 통해 산업계 혼란을 피하고 각 국가의 법률체

계 개선시간을 주며 현존선 및 신선의 적용 규칙의 추적성 확보를 위한 조치가 이루어 져야 한다.

9) 제 9단계: 모니터링 및 규정 개정

새로운 SOLAS협약의 시행을 통한 피드백을 실시한다. 또한 목표(Tier I), 기능요건(Tier II), 규정 및 규칙(Tier IV) 및 기준(Tier V)의 적합성을 주기적으로 점검하고 개선점을 찾는다. 해양사고 결과 등에 의해 필요성이 식별된 경우 초창기에 식별되지 않았던 리스크들이 추가될 수도 있으며, 사회적 요청에 의해 요구안전수준이 상향되는 경우 요건의 종류나 수준을 상향 시킨다(예: 초창기에 식별되었으나 사용되지 않은 리스크 제어방안의 사용을 통한 안전수준 상향 조치).



제 7 장 결 론

안전규정을 제정하는 목적은 연루된 리스크를 파악하고 그 리스크에 대한 보호방안을 수립하는데 있다 할 것이다. SOLAS협약을 비롯한 해사안전 협약은 이러한 안전규정의 목적을 달성하기 위해 오랫동안 진화하면서 유지되어 왔고 해사안전의 확보에 중추적인 역할을 해온 것은 의심의 여지가 없다. 그럼에도 불구하고 여전히 해양사고는 발생하고 있고 그 사고의 유형도 갈수록 다양해지고 있다. 또한 현재의 해사안전협약은 그 장별 편제나 기술 방식에 있어서 기술적 진보의 신속한 수용이나 확장성 등의 측면에서 지속가능 한 형태가 아니며 정부, 선급, 선주, 선원 등 협약 시행자들이 해당되는 요건들을 용이하게 식별하고 바르게 이해하여 이를 효율적으로 시행 하는데 적합한 형태가 아니다. 따라서 이 연구에서는 규정의 제정을 위한 방법론의 체계적인 조사 및 분석을 통하여 새로운 해사안전규정의 제정 프레임워크 모델을 제시하였다.

이 연구에서는 현행 해사안전 규정의 많은 문제점들이 해양사고의 여파에 의한 현행 안전규정의 사후 조치성 규정제정 메카니즘과 규정제정 과정에서 투명성과 합리성이 결여된 규범적 규정의 한계에 의하여 발생되고 있음을 확인하였다.

이러한 현행 안전규정의 개선을 위하여 산업계와 IMO에서 사용되고 있거나 시도되고 있는 여러 가지 엔지니어링 분석법이나 규정제정 방법론들을 연구하였다. 규범적 기준과는 다른 방식으로 접근하기 위하여, 리스크 분석을 통해 파악한 안전 대상물의 리스크를 설계적 조치나 운항적 조치

를 통한 해결하는 엔지니어링 기법들을 안전 규정의 제정에 그대로 사용할 수 있음을 확인하였다.

안전 규정의 수립 체계와 관련 하여는 5단계(Tier)를 갖는 3가지의 목표 기반 방법론들을 연구하였으며 이것들이 현행 안전 협약의 가장 합리적인 규정 제정 프로세스임을 확인하였다.

안전 규정제정시 고려하여야 할 주요 안전 요소들에 대한 연구를 통해 이러한 요소들을 규정에 반영하는 방법을 고안 할 수 있었다. 특히, 현대 선박에 급속하게 도입되고 있는 복잡한 시스템의 특성과 그에 연루된 시급한 안전문제들을 합리적으로 규정에 반영하기 위한 방법론으로 목표기반 규정의 개념을 접목하여 원칙기반 방법론을 고안하였다. 인적오류에 의한 사고를 줄이기 위하여 인적요인을 반영한 규정 수립을 위한 심층 분석을 실시하였다. 여기서 산업계와 IMO의 인적요인의 적용사례나 현황 분석 등을 통하여 총 3 가지의 방법론, 즉 HEAP 프로세스, HRA 및 원칙기반 방법론을 제안하였다. 이러한 인적요인이나 복잡한 시스템, 하드웨어 및 소프트웨어적 요건 등 주요 고려사항들은 목표 기반방법론 등 규정제정 방법론과의 접목을 위한 방법을 고안하여 같이 제안하였다.

현행 해사안전 협약에 대한 리스크 평가를 통해 종합적인 안전규정체계(holistic safety regulatory regime)의 수립이 가능할 것으로 여겨진다. 따라서 이 연구에서는 규정제정의 주요 도구중의 하나인 FSA 프로세스를 따라 현행 SOLAS협약의 리스크 평가를 수행하였다. 이 평가를 위해 해사분야의 경력 10년 이상의 전문가들이 참가한 기술 워크숍을 5회에 걸쳐 진행하였다. 이러한 과정은 2, 3, 4장에서 제안된 규정제정 방법론들에 대한 유효성 검증을 가능하게 하였다. 이 프로세스를 통해 총 47개의 위험요소 목록이 작성되었으며 그 효과 분석과 리스크 분석을 통해 모두 53개의 위험 이벤트가 즉각적인 리스크 감축이 반드시 필요한 수준으로 파악

되었다. 전문가 그룹은 리스크 수준이 무시 가능한 수준을 넘는 모든 리스크에 대한 리스크 제어방안(RCO)를 식별하였으며 각 RCO별 리스크 감축 효과 및 소요비용의 분석을 통해 총 21개의 RCO리스트, 즉 안전규정 제정 방법론들을 확정하고 향후 안전규정 제정프로세스에 사용하도록 권고하였다.

이 연구에서 수행한 규정의 특성분석, 규정제정 방법론 및 규정제정시 주요 고려사항의 분석, 전문가 기술 워크숍을 통한 현행 SOLAS협약의 리스크 분석 결과에 따라 해사안전 규정의 제정시 따라야 할 몇 가지 원칙들을 다음과 같이 도출할 수 있었다.

- 1) 안전조치의 방안으로, 안전규정을 제정할 때 요구되는 해결책(Set solution)을 규범적 형태로 기술하는 전통적인 규범적 기준 보다는 선박과 같은 대상물이 정해진 안전성능(defined safety performance outcomes)의 만족을 요구하는 목표 지향적(Goal-setting) 방식인 성능기반 규정으로 점진적 변경을 해야 한다.
- 2) 규정개발에 있어서 종합적이고 시스템적인 접근(holistic and system-based approach)이 가능하도록 규정제정 시스템이 수립되어야 하고 이를 위해 5단계 시스템(5 Tier Systems)의 목표기반 규정의 규정개발 체계를 따르는 것이 가장 적합하다.
- 3) 해사안전규정 모델은 단기간을 대상으로 하는 것이 아니라 수명주기(life-cycle) 개념으로 체계적인 관련 규정을 식별 및 제정, 개정, 시행, 검증 및 모니터링하기 위한 프레임워크를 제공해야한다.
- 4) 제정될 규정의 당위성 제공이 되어야 하고 규정의 보다 높은 투명성(현행 규정의 안전수준의 식별, 모든 요건들의 상호 링크 및 참조의 식별 등)이 확보되어야 한다. 이를 위해 규정에 대한 명시적이고 정량적인 안전수준의 파악이 되어야 한다.
- 5) 규정의 제정은 사후 대응적이 아니라 사전 대응적이어야 한다. 특히,

규정 제정을 위해 해당분야의 모든 위해요소들의 정확한 파악이 이루어져야 하며 규정 영향평가가 가능할 뿐 아니라 기존 규정 및 새로운 규정의 검증이 가능해야 한다.

- 6) 규정은 기술적 진보를 저해하지 않으며, 새로운 기술의 출현과 동시에 개발되어야 하고 설계상 유연성을 증가시킬 수 있어야 한다.
- 7) 규정은 시기적절하게 제정되어야 하고 향후 개정의 용이성이 확보되어야 한다.
- 8) 규정은 그 편제나 기술 방식에 있어서 확장이 용이하고 사용이 편리하고 영속성(sustainability)이 확보되어야 한다.
- 9) 규정 사용자 위주의 설계(market and user driven)를 유도하여 인적 오류를 최소화시키는 방향으로 규정이 수립되도록 해야 한다.
- 10) 규정은 필요시 영향평가를 통해 안전장치나 기타 장비, 운용절차 등 요구되는 규정(하드웨어적 요건 및 운항적 요건)에 대한 승인절차의 투명성 및 견고성(robustness)이 확보되어야 한다. 규정은 또한 경쟁력 있는 비용으로 안전하고 효과적으로 제작, 설치, 유지 보수 될 수 있는 장비를 정의하여 적합한 기술의 가용성, 제품의 가용성을 확보하여야 한다.
- 11) 복잡한 시스템 요건, 인적요인 등 기타 주요 고려사항들이 반영되어야 한다.

이러한 원칙들과 전문가 그룹의 리스크 분석 결과를 고려하여 볼 때, 해사안전 규정의 제정에 사용하기에 가장 합리적 방향은 리스크기반 규정과 같은 성능기반규정을 만드는 프레임워크 모델을 만드는 것이다. 이 경우 규정 제정체계(structure)는 물론 목표기반시스템이 되어야 한다. 이러한 방법론은 현재 까지는 매우 제한적이고 부분적으로 사용되었으나 향후 SOLAS협약과 같은 해사규정의 근간을 이루어야할 규정들은 이 성능기반 기준이 되어야 할 것이다. 제 6장에서는 이러한 해사안전 규정 제정을 위한 새 프레임워크를 제안하였다. 이와 더불어 이 프레임워크를 이행하기 위한

업무 흐름과 단계별 관련 검증목록을 개발하여 부록에 첨부하였다. 또한, 이러한 프레임워크를 이용하여 현행 SOLAS협약을 개편하기 위한 방법론을 제안하였다.

6장에서 제안한 각 규정제정 프레임워크 모델을 사용할 때는 5가지 방법론 중에서 안전 분야 대상, 시급성, 중대성, 산업계에 미치는 영향 등을 고려하여 안전규정의 제정 및 시행가능성 측면에서 가장 효율적이고 효과적인 방식을 선택해야 한다. 예를 들어 각종 리스크기반 방법론들을 어떤 분야의 안전규정에 어떻게, 어느 정도까지 적용 할 것인지를 고민해야 하며 이때, 특히 설계자, 선주, 기국의 효과적이고 신속한 안전규정의 시행을 가능하게 하는 형태가 되도록 해야 한다. 특히, 현행 안전규정은 수용된 리스크 수준을 명시적으로 고려하고 있지 않으므로 SLA를 이용한 리스크기반 규정으로 한 번에 모두 변경할 수는 없다. 이러한 보다 엄격한 규정제정과정들은 새로운 규정의 채택과 시행을 지연시키는 결과를 최소화 하도록 선별적이고 합리적이며 점진적으로 운영되어야 할 것이다. 충분한 고려 없이 제정된 새로운 규정제정이 야기하게 될 문제점들의 발생을 미연에 방지하여 규정의 정확하고 신속한 시행을 촉진하는 방편으로 사용되어야 한다. 현행 안전 규정의 개편 시에도 SOLAS, ICLL, STCW, COLREG 협약과 관련 코드들의 구조는 현행을 가능한 유지하되 새 프레임워크에 맞도록 재편이나 최신화와 보충이 필요할 것이다.

이번 연구에서는 해사안전 규정의 제정방안에 대한 종합적인 접근을 하였지만, 향후에는 이를 기초로 특정 안전 분야 별로 추가의 연구가 필요하다. FSA 수행을 통한 목표와 기능요건의 수립부터 이를 만족하는 세부 규정의 수립 및 검증까지 연구를 수행함으로써 이 새로운 안전프레임워크의 보다 완전한 프로세스가 정립될 수 있을 것으로 보인다. 이러한 과정에서 특히 다음 사항들이 함께 연구되어야 할 것이다.

- 인적 요인의 고려 등은 여전히 효과적으로 사용 할 수 있는 도구들이 많이 부족하며 추가적인 개발이 필요하다. 특히, 규정제정 과정에서 인간공학 전문가의 참여를 유도하기 위한 제도적 장치가 필요하다.
- FSA, GBS-SLA 등 리스크기반 및 목표기반 규정의 성패를 좌우하는 것은 신뢰성 있고 이용 가능한 데이터의 수집시스템을 확립 여부와 데이터의 수집 및 이용 가능성이다. 해사분야에서 리스크를 계산하고 데이터를 수집하는 방법은 아직도 초보단계이다. 따라서 이러한 리스크 계산법이 수용기준으로서 일정수준의 신뢰성을 얻기까지는 상당 기간의 성숙화 과정이 필요할 것이다.
- 리스크 기반 운항기준의 수립을 위해서도 관련 데이터의 축적이 선행 되어야 한다. 이와 관련하여, 큰 규모의 해운선사나 선급 등에서 빅 데이터(big data) 수집을 위한 시스템 구축을 활발하게 진행 중인 것은 긍정적인 신호이다.
- 소프트웨어 품질인증, 데이터 보존성, 사이버 보안과 같은 복잡한 시스템의 새 안전 분야는 조속한 규정의 수립과 시행이 필요하다.
- 개발된 모델을 이용하여 구명설비, 화재안전 등 특정 안전 분야에 대한 시범적용을 통한 규정제정을 시도해야한다.

EU 등 해운 강국들은 여러 가지 안전 프로젝트를 수행하여 법제화를 주도하고 있으며 이를 통해 해사산업의 주도권을 확보하고자 한다. 규정의 이러한 전략적, 상업적 성격은 법제화를 통한 무역장벽(기자재 인증인 CE 마크, 입항 금지 등), 조선 공정의 지연 및 변화 초래 등으로 나타난다. 또한 우리나라의 정부, 조선, 해운, 선급 등 산업계도 해사 산업주도를 위한 대응전략의 수립 및 관련 과제의 수행이 절실한 시점이다. 한편, 아직 해사 안전규정의 제정방안에 대한 종합적인 연구 보고서가 없는 실정이다. 따라서 이 논문은 위와 같은 IMO와 각국이 향후 도입할 규정체계(future regulatory regime)에 대한 이해를 높임으로서 관련 대응전략 수립에 도움이 될 것이다. 또한 이 연구의 결과가 IMO 협약 제정자, 선급규칙 제정자, 정부의 선박안전관련 법령의 제정자들에게 합리적인 규정수립의 방향을 설정하는 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

ABS, 2000a. Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries, Chap. 2, Sec. 3, p.30

ABS, 2000b. Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries, Chap. 3, sec. 4, p.63

ABS, 2000c. Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries, p.83

ABS, 2000d. IMO Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries, Chap. 4. sec. 5, pp.83-84

ABS, 2003. Guidance Note for the Application of Ergonomics to Marine Systems

Baker, C.C., McSweeney, K.P., and McCafferty, D.B., 2002. Human Factors and Ergonomics in Safe Shipping: The ABS approach. Proceedings of the Maritime Operations: Human Element - 7th Annual Conference, Washington D.C., pp.1-6

BIMCO et al, 2015. C/ES.28/9/1 Principles to be considered in the review of existing requirements and the development of new requirement

Bailey C., 2013. IMO Future Ship Safety Symposium, p.2

Corrigan P., 2013. Innovation and Risk Regulatory Challenges and Tools, IMO Future Ship Safety Symposium

EU, 2005. EU Funded ATMOS, Project of Development of Advanced Technology Systems for Future Ships(“The publication of revised Rules for periodic one-man bridge operation, when authorized by the National Administration” and “The development of an assessment procedure for complex systems that incorporates consideration of human factor(s)”)

EU MR Group, 2012. Mutual Recognition within Ship Classification, First Report to the European Commission and the Member States, p.12

European Commission, 2009. Impact Assessment Guidelines, SEC(2009) 92

Hamann R. & Skjong R., 2013. Goal-based standards - Safety-Level Approach

Hamann R., 2013. Setting Goals for Safety, IMO future ship safety symposium,

IACS, 2000a. Recommendation No. 9 Guidelines for Assessing the Application of Ergonomics to the Development Process of Shipboard Complex Systems, pp.1-7

IACS, 2000b. Recommendation No. 10 Guidance for Approval of Marine Equipment based on Ergonomic Principles, pp.1-7

IACS, 2013a. Formal Safety Assessment Overview, Training Material, Module 1a, p.3

IACS, 2013b. Formal Safety Assessment Overview, Training Material Module 1a, p.5,

IACS, 2014. Objectives, Strategy and Action Plan (2014-2015) “IACS requirements are minimum requirements. Any IACS Member or group of IACS Members remains free to set and publicise requirements that result in an equivalent or higher safety level compared to the IACS requirements.”

IACS, 2016. IACS Unified Requirement E22 On Board Use and Application of Computer-based Systems

IMO & LR, 1995. Development and Testing of Prototype Computer-based Emergency Management Systems(EMS)

IMO, 1996. MEPC/Circ.313(MSC/Circ.763) Human Element Principles for the Work of the MSC, MEPC and their Subsidiary Bodies, para. Additional considerations for unplanned output approval

IMO, 1997a. MSC/Circ.813 The Role of Human Element: Human Element Common Terms, p.3

IMO, 1997b. MSC/Circ.829-MEPC/Circ.335 Interim Guidelines for the application of FSA to IMO Rule-making process

IMO, 1997c. MSC/Circ.834 Guidelines For Engine Room Layout, Design and Arrangement

IMO, 1998a. International Safety Management Code

IMO, 1998b. MSC/Circ.846 Guidelines on Human Element Considerations for the Design and Management of Emergency Escape Arrangements on passenger ships

IMO, 1998c. MSC/Circ.891 Guidelines for the on-board use and application of Computers

IMO, 2000. MSC/Circ.982 Guidelines on Ergonomic Criteria for Bridge Equipment and Layout

IMO, 2001. MSC/Circ.1002 Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety

IMO, 2002a. MSC 77/2/5 IMO Strategic Plan-New build standards, Greece &

Bahamas

IMO, 2002b. MSC/Circ.1023-MEPC/Circ.392 Guidelines for FSA for use in the IMO Rule-making process

IMO, 2002c. MSC/Circ.1054 Interim Guidelines for Wing-In-Ground(WIG) Craft

IMO, 2003a. Res. A.947(23) Human element vision, principles and goals for the Organization

IMO, 2003b. MSC/Circ.1091 Issues to be considered when introducing new technology on board ship

IMO, 2006a. MSC.1/Circ.1212 Guidelines on alternative design and arrangements for SOLAS chapters II-1 and III

IMO, 2006b. MSC-MEPC.7/Circ.1 Checklist for Considering Human Element Issues by IMO Bodies

IMO, 2006c. MSC-MEPC.7/Circ.2 Strengthening of Human Element Input to the Work of IMO

IMO, 2006d. MSC-MEPC.7/Circ.3 Framework for Consideration of Ergonomics and Work Environment

IMO, 2006e. MSC-MEPC.7/Circ.4 The Organization's Strategy to Address the Human Element

IMO, 2010a. Res. MSC.287(87) GBS for Ship Construction Standards for Bulk Carriers and Oil Tankers, Tier II.9 Human element considerations

IMO, 2010b. Res. A.296(87), Adoption of the Guidelines for the Verification of Conformity with Goal-based Ship Construction Standards for Bulk Carriers and Oil Tankers

IMO, 2010c. Res. MSC.287(87) Adoption of the International Goal-Based Ship Construction Standards for Bulk Carriers and Oil Tankers

IMO, 2011a. MSC.1/Circ.1394 Generic Guidelines for Developing IMO Goal-Based Standards

IMO, 2011b. Res. A.1043(27) Periodic review of administrative requirements in mandatory IMO instruments

IMO, 2013a. Innovation and Risk Regulatory Challenges and tools, IMO Future Ship Safety Symposium

IMO, 2013b. Res. A.1097(25) Strategic Plan for the Organization(For the six-year period 2016 to 2021)

IMO, 2013c. MSC.1/Circ.1455 Guidelines for the approval of alternatives and equivalents as provided for in various IMO instruments(Para. 1.2.4)

IMO, 2013d. MSC 92/5/1, Comments on the Draft Guidelines for the Approval of Alternatives and Equivalents, Republic of Korea

IMO, 2013e. MSC 92/25/3 Outcome of the IMO Symposium on the Future of Ship Safety

IMO, 2013f. MSC-MEPC.2/Circ.13 Guidelines for the Application of the Human Element Analysing Process(HEAP) to the IMO Rule-making Process

IMO, 2014a. C113/11, Final report of the Ad hoc Steering Group for reducing Administrative Requirements

IMO, 2014b. MSC.1/Circ.1481 Guidance on entry into force of amendments to the 1974 SOLAS Convention and related mandatory instruments

IMO, 2014c. Consolidated edition of the International Convention on Safety of Life at Sea 1974/1988 Protocol

IMO, 2015a. MSC.1/Circ.1394/Rev.1 Generic Guidelines for developing IMO Goal-based standards

IMO, 2015b. MSC-MEPC.1/Circ.4/Rev.4 Guidelines on the Organization and Method of Work of the MSC and MEPC and subsidiary bodies

IMO, 2015c. Res. A.1098(29) High-level Action Plan of the Organization and Priorities for the 2016-2017 Biennium

IMO, 2015d. MSC-MEPC.1/Circ.4/Rev.4 Guidelines on the Organization and Method of Work of the MSC and MEPC and subsidiary bodies, Annex 6 Guidelines for Considering and reviewing the outcome of FSA Studies

IMO, 2015e. MSC-MEPC.2/Circ.12 & Rev.1 Guidelines for FSA for use in the IMO Rule-making process

IMO, 2015f. MSC.1/Circ.1500 Guidance on drafting of the amendments to the 1974 SOLAS Convention and related mandatory instruments

IMO, 2015g. MSC.1/Circ.1512 Guidelines on Software Quality Assurances and Human-Centred Design for E-Navigation

IMO, 2015h. MSC 95/WP.9, Annex 2, Draft Interim Guidelines for Development and Application of IMO Goal-based Standards Safety Level Approach

IMO, 2015i. C114/WP.3, Periodic review of administrative requirements in mandatory IMO instruments

IMO, 2015j. Res. A.1103(29) Principles to be considered when Drafting IMO Instruments

IMO, 2015k. MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.1, Revised Guidelines for Formal Safety Assessment(FSA) for use in the IMO Rule-Making Process, Appendix 1 Guidance on Human Reliability Analysis(HRA)

IMO, 2015l. MSC-MEPC.1/Circ.4/Rev.4, Annex 6 Guidelines for Considering and reviewing the outcome of FSA Studies

IMO, 2015m. Consolidated edition of the International Convention on Safety of Life at Sea 1974/1988 Protocol

IMO, 2015n. C114/WP.3 Periodic review of administrative requirements in mandatory IMO instruments

IMO, 2015o. Res. A.1103(29) Principles to be considered when drafting IMO instruments

IMO, 2015p. SSE 3/3 Proposals on the safety goals and functional requirements for pre-abandonment to be included in SOLAS Chapter III

IMO, 2016a. MSC 96/19, Analysis of recommendations to reduce administrative burdens in safety-related IMO instruments

IMO, 2016b. “SOLAS Convention is to specify minimum standards for the construction, equipment and operation of ships”, <http://www.imo.org> [Accessed: Jan 2016]

ISO, 1981. ISO 6385-1981(E) Ergonomic principles in the design of work systems

ISO, 1987. ISO 8862 Air-condition and ventilation of machinery control rooms on board ships – Design conditions and basis of calculations

ISO, 1997. Definition of ergonomics prepared by ISO/TC159/SC1/WG1 Principles of the design of work systems, Vienna, Austria

ISO, 1998. ISO 8861 Shipbuilding – Engine room ventilation in diesel-engined ships – Design requirements and basis of calculations

ISO, 2002. ISO/TR 16982 Ergonomics of human-system interaction –

Usability methods for supporting human-centred design, pp.1-42

ISO, 2005. ISO 17984 General principles for the development and use of PES in marine applications, pp.1-63

ISO, 2007. ISO 8468 Ship's bridge layout and associated equipment - Requirements and Guidelines

ISO, 2010. ISO 9241, Part 1, 2, 11 and 14: Sound software ergonomic principles

ISO, 2015. ISO 9001:2015 Explanatory notes, Risk-based thinking, ISO/TC 176/SC 2/N1283

James C.C., Baker C.C, McSweeney K.P., McCafferty D.B., 2005. Human Factors in Classification and Certification, Paper No. 2005-D20

KMS, 2009a. 인간공학적 선박안전설계지침, 한국조선협회 단체표준

KMS, 2009b. 교통약자 여객선 이동편의시설 설치지침, 한국조선협회 단체표준

KMS, 2009c. 선상 작업안전 설계지침, 한국조선협회 단체표준

Lee Jongkap, 2013. Risk-based Approaches in the maritime industry, p.7

Lloyd Register, 1999. Rules for the operational notation for passenger and crew accommodation comfort

Luo H., 2015. The Key points and latest status of Goal-based Standard-Safety Level Approach, 9th ASEF General Meeting, Nantong, China

Maritime Industry, 2014. Draft Guidelines for undertaking impact case studies to support the development and implementation of new regulatory instruments

Pomeroy R.V. and Tomlinson C.M., 2000. A Systems Approach to Integrating the Human Element into Marine Engineering Systems, Presented in Human Factors and Ship Design and Operation 2000 London, pp.1-8

Shipbuilding Association of Japan(SAJ), Sep. 2007. IMO Goal-Based Standards, A shipbuilders' opinion, Tripartite meeting presentation

Squire D., 2004. The Human Element in Shipping, Published in "The International Maritime Human Element Bulletin", pp.1-20

Wagner D., 1996. Human Factors Design Guides, ACT-530

박주성, 2006. Development of e-Navigation Strategy and Human Element(국제동향), e-Navigation 전략회의 발표자료

한국해양연구소, 2007. 리스크기반 안정성 평가 방법론(Risk Based Approach for GBS), 연구개발 중간보고서

황병호, 이종인, 1999. 선박운항시스템에 있어서 인적요소(Human Factors)의 개념에 관한 고찰, 한국항해학회지 제 23권 제 4호, p.5



부록 1 SOLAS 협약에 대한 리스크 평가를 위한 설문 및 자료

해사안전 분야의 가장 대표적인 협약이 SOLAS 협약이다. 이 협약은 1914년 최초 제정되어 몇 번의 개정을 거친 후 1974년에 현재형태의 SOLAS 협약이 되었다. 1960년에 채택된 1960 SOLAS 협약을 기준으로 하면 지금까지 약 55회의 개정을 걸쳤으며 현재는 모두 14개의 장(chapter)에 이르고 있다. 이는 주로 각종 해난사고의 후속 조치나 해사분야의 기술적 진보를 반영하기 위하여 최신화 된 결과이나 현행 SOLAS 협약은 주제별 편제가 여러 장에 걸쳐서 혼재되어있고 기존의 규범적 기술 형식의 규정(Prescriptive regulation)이 오랜 동안 그대로 유지되고 있어서 규정의 투명성 결여, 사용자의 편리성 저해, 현실과의 연관성 약화 등 문제점을 내포하고 있다. 이러한 이유로 SOLAS 협약을 위시로 하여 안전협약에 대한 포괄적인 체계를 강구해야할 필요성이 증대되었다.

해사안전분야에 대한 보다 포괄적인 안전규정체계(holistic safety regulatory regime)를 담은 프레임워크를 만들기 위해, 해사안전협약의 대표 격인 SOLAS 협약에 대한 규정적 리스크평가를 공식안전평가 프로세스(FSA)의 따라서 수행하고 있습니다. 이 설문 및 자료는 리스크 평가를 위한 워크숍에 참여한 전문가들이 FSA의 각 단계별 과정에서 현행 SOLAS 협약의 리스크 파악 및 리스크 제어방안을 도출 하는데 기초자료로 사용하고자 작성된 것이다. 이 과정에서 도출된 해사분야 전문가들의 의견은 향후의 가장 합리적인 안전규정 제정 방법론(new framework)을 제안하는 기초자료로 활용될 예정이다.

PART I 일반사항(워크숍에 참가한 전문가 분포를 파악하기 위한 설문)

귀하는 다음 중 어디에 속하십니까? (여러 개 선택 가능)

- IMO 회의활동 전문가로 경력 10년 이상 (선급, 해양부, 학계 등 해사안전 및 해양환경보호 분야 IMO 회의에 정기적으로 참가한 경력자)
- 규정제정 종사자 경력 10년 이상(정부, 선급, ISO, IEC 등에서 해사법령, 규칙, ISO등 표준 제정자, 선박 사이버 시스템, 프로그램, 보안 관련 기준 제정 경력)
- 안전규정 적용자 경력 10년 이상(선급, 조선소, 제조업체 등에서 협약과 규칙을 적용하여 도면승인, 협약 해석, 설계, 제작 담당자, 인간공학 분야 전문가, 선박 사이버 시스템, 프로그램, 보안 관련 전문가)
- 선박운용자로 규정 시행 경험10년 이상(해운선사, 해기사 등)
- 공식안전평가, 리스크 분석, GBS 전문가 경력 10년 이상(선급, 산업계, 학계 등)

Part II 제 1단계 위험 식별 관련 자료(Materials for HAZID)

현행 SOLAS 협약에 대한 위험의 식별(Identification of regulatory hazards in current SOLAS framework: HAZID)을 위한 자료입니다. 이 작업은 현행 SOLAS협약 시스템으로 계속 유지될 때 안전유지 측면에서 잘못될 수 있는 것(What might go wrong in terms of maintaining safety?)을 식별하기 위한 것이며 아래에 인용된 표 5-1, 5-2 및 5-3은 별도로 제공됩니다. 전문가들은 아래의 관련 항목 및 추가적으로 식별된 각 위험에 대해 그 원인과 초래되는 결과를 인간, 환경 및 재산 측면에서 분석하여 위험목록(Hazard list)을 만들게 됩니다.

1 현행 SOLAS협약의 구성 및 편재(표 5-1) 관련

SOLAS협약은 오랜 기간 동안에 걸쳐서 여러 번의 개정을 거치면서 개정되거나 새로운 장들이 계속 추가됨(1960 SOLAS 제정 후 지금까지 7번의 새로운 장 신설, 10회의 장(Chapter)별 개정을 포함하여 총 75회의 개정을 함)으로써 이 협약의 각 장별 편재는 주제별 편제와 특정선종의 특별요건, 모든 선종을 대상으로 하는 포괄적 요건, 본선요건 및 설비의 성능요건 등이 협약본문과 코우드 등에 혼재되어있는 등 협약체계 상 일관성의 결여를 초래하고 있고 복잡한 구성을 이룸. 이와 관련하여;

- 1a 사용자가 요건의 내용을 용이하게 파악하기에 매우 힘들어 규정의 올바른 적용을 어렵게 한다.(선종, 크기, 건조일, 선원이나 여객 수, 항행구역 등에 따라 특정한 선박에 적용되는 요건만을 정확히 구별하기가 매우 힘들다)
- 1b SOLAS 각 장별, 요건별로 너무 복잡하게 상호 링크되고 혼재되어 있어서 향후 개정의 용이성이 확보되지 못하고 규정 개정 시 타 규정 간에 모순이나 구멍(loophole)이 생길 확률이 크다. 이는 또한 SOLAS협약의 향후 확장성에 제한을 가져오고 규정의 영속성 확보(sustainability focused on interchangeability and

performance)를 어렵게 한다.

1c 잦은 개정에 따라, 협약 시행자(정부, 선급 등 법령준비, 시행지침 마련, 선주의
요건충족 준비 등)의 부담 가중시킨다.

1d 잦은 개정에 따라, 규정 사용자의 새로운 요건 파악 어려움 발생하고 규정의 잘
못 적용 위험성 증대 및 PSC 지적 증가와 운항 손실이 초래된다.(조선소, 선주)

1e 잦은 규정 개정에 따른 설계 및 생산방식, 조선 공정 등의 변경에 따른 경제적
손실이 초래된다(조선소, 설계자)

1f 채택된 협약의 시행 시점에 대한 불확실성으로 선박운영 및 투자, 장비제조 등
에 대한 불확실성 증대 및 손실이 초래된다(선사, 제조자 등)

2 현행 SOLAS 규정에 사용된 규정제정 방법론별 종류(표 5-2) 관련

2-1 SOLAS협약은 대부분 규범적 기준(prescriptive regulations), 즉 안전조치의 방
안으로 요구되는 특정 해결책(set solution)을 규범적 형태(기술적 등가성 요구)
로 기술한 규정이다. 따라서;

2-1a 대부분 해난사고 후속조치 등으로 제정된 pro-active가 아닌 re-active한 규
정(사고 발생 전까지는 현행규정 유지)이며 새로운 안전사고의 사전 방지 효
과가 떨어진다.

2-1b 규정이 시간이 지남에 따라 현실과의 연계성이 멀어지게 된다. 현행 기술적
진보에 따른 협약의 지속적인 최신화 필요성 대두된다.

2-1c 규정이 달성하고자하는 목적과 원칙이 명시되어있지 않았고 바로 요건부터
시작된다. 또한 용어가 어렵고 축약되어 있어서 왜 그런 규정이 있는지 이해
하기가 매우 힘들다. 이러한 이유로, 규정과 조금 다른 설계가 되는 경우 규
정의 만족여부를 판단하기 힘들다.

2-1d 규범적 기준은 특정 솔루션을 명시(과도하게 규범적임)하므로 설계의 여지를
제한하여 기술적 진보를 저해(특정 형태의 설계나 설비의 고착화 등)하고 여
러 가지 다양한 설계 상 해법들(설계상의 유연성)을 수용하기 힘들게 한다.
즉, 정해진 방식을 따라야 하므로 규정이 개정되기 전까지는 특이설계(Novel

type ship design)와 같은 도전적 상황들에 빠르게 대처하는 것을 어렵게 한다.

2-1e 새로운 규정을 채택하는 규정제정 프로세스(검토, 승인, 채택, 발효)가 일반적으로 느리다.

2-2 현행 SOLAS협약 규정의 한계

현행 SOLAS협약에는 RBD/RBA, FSA, GBS, GBS-SLA 등과 같은 성능기반 규정(Performance-based rules), 즉 선박과 같은 대상물이 정해진 안전성능(defined safety performance outcomes: 규범적 기준처럼 ” 안전 목표를 어떻게 달성할 것인가” 를 명기하지 않고 “안전 목표는 무엇을 달성할 것인가” 를 명기하는 방식)의 만족을 요구하는 방식의 규정이 매우 드물다. 따라서;

2-2a 규정제정 시 시스템적인 접근(system-based approach)이 가능하지 못하여 합리적인 안전규정이 수립되지 못한다. 규정이 제정되는 과정에서 해당분야의 안전에 관련된 모든 위해 요소들이 파악되고 고려되어 그에 관련된 모든 대응책이 마련되지 못하고 있다. SOLAS협약의 각 Chapter 별로 나누어진 안전분야에서 그 분야의 모든 위험이 고려되었는지, 리스크가 큰 것부터 우선적으로 고려되었는지, 어디까지 고려되었는지 등을 알 수 없다. 또한 기술적 측면과 운항적 측면을 포함한 포괄적 접근(holistic approach)이 이루어지지 않고 있다.

2-2b 규정 제정과정에서 투명성과 당위성(justification)의 확보가 어렵다. 새로운 규정이 모든 위험을 커버하고 있는지, 효과성은 얼마나 있는지, 다른 대안은 있는지 등 새 규정의 당위성의 제공이 안 되고 어느 정도의 안전수준을 획득할 수 있는지 알 수가 없다.

2-2c 규정이 기술적 변화를 쉽게 수용 또는 기술혁신을 유도하게하고, 검증가능하며 지속가능하지 못하다.

2-2d IMO에서 규정이 제정되는 과정이 객관적 자료를 바탕으로 한 합리적 방식이

아니고 회원국의 정치적 입지(정치적 압력 등으로 인한 즉흥적 규정 제안이나 지지 등)나 경제적, 산업계 사정 등으로 결정되어 올바른 안전기준이 제정되지 못하는 경우가 많다. 따라서, 시간이 걸리더라도 규정제정 전에 공식안전평가를 거치는 경우를 확대할 필요가 있다.

2-2e 대체 및 등가 설계/승인(alternative/equivalent design/approval) 규정이 도입된 경우가 너무 제한적이어서 설계 상 유연성 확보 기회가 많지 않다.

2-2f 기자재나 시스템 및 운용분야(검사, 심사, 품질시스템 등)에 리스크 기반 규정이 거의 없어서 해당분야의 리스크의 등급에 따라 차등적 기준 및 주기 규정을 적용할 기회가 없다.

2-2g 현행 SOLAS협약에 도입된 목표기반 기준(신조선 건조기준) 및 일부 요건들은 목표와 기능요건을 명시하고 있는 성능기반 기준의 형태를 취하고 있지만 이 규정으로 달성 가능한 안전수준이 명시적이지 않고 목표와 기능요건 사이의 명확한 연결고리가 없어서 규정의 투명성과 당위성확보가 미흡하다. 따라서, 안전수준의 정량화, 요건들과 안전에 대한 기여(contribution) 사이에 명확한 추적성의 확보, 목표와 기능요건 사이의 연결 등이 이루어지는 GBS-SLA 방식의 규정 도입이 필요하다.

3 규정 제정 시 고려사항의 현행 SOLAS협약 반영 현황 관련

3-1 위험요소의 파악 및 안전수준의 확보

2-2a에서 다룸.

3-2 하드웨어적 요건 vs. 소프트웨어적 요건

3-2a 안전 목표를 하드웨어적으로 달성 할 수 있는 것도 본선 운항요건이나 관리

요건으로 대체된 규정된 것이 많아서 선원에게 부담이 가중된다.

- 3-2b 하드웨어와 관련된 운항 및 관리요건들은 시행가능하고 선원이 합리적인 수준에서 준수할 수 있는 범위를 벗어나는 경우가 많다.(누락 및 미 준수로 안전위험 증대 초래 함)
- 3-2c ISM요건 등 운항 및 관리요건의 과중한 부과로 선원의 피로가 증대되고 오히려 실질적인 안전에 위협이 된다.
- 3-2d 본선의 하드웨어 중 항구적 조치가 안 되어있고 선원의 이차적 조치(activation 등)가 필요하게 설계된 것들이 있어서 이차조치 미비/실패로 인한 안전 확보가 안 될 수도 있다.
- 3-2e 복잡한 하드웨어의 경우 충분한 훈련에 대한 요건이 미흡하다. 하드웨어의 부적절한 운용으로 안전사고 발생 가능성이 존재한다.
- 3-2f 하드웨어의 잘못된 설계로 인하여 선원이 아무리 노력을 해도 인적 오류를 줄이는데 한계가 있는 경우가 있다.

3-3 최종기능 중심의 요건과 다단계 설계/승인 요건(복잡한 설비, 시스템 등)

- 3-3a 현행 SOLAS협약에는 사용자를 배제한 최종 기능중심의 검사 및 승인만 받도록 하는 요건이 대부분이어서, 본선에 설치되는 하드웨어는 사용자의 요구사항이나 사용자 환경(사용자 위주의 설계) 등이 고려되지 않은 것들이 많다. 즉, 비현실 적 설계로 위험성이 증대되는 경우가 있다. 특히, 복잡한 시스템의 경우 설계 및 승인 프로세스에 해당 시스템을 다루게 될 운용자가 필수적으로 관여되어야 한다.
- 3-3b SOLAS협약 요건에는 설계초기부터 최종승인 시 까지 설계자와 승인자간 상호적인 다단계 검증과정과 사용자 고려가 요구되는 규정이 도입된 경우는 극히 제한적이다. 복잡한 시스템은 최종단계의 기능요건을 만족하여 승인되었어도, 그 시스템의 적절하지 못한 설계 또는 제작 상 부적절 또는 설치단계의 실패로 인하여 사고가 날수 있다. 따라서, 최종단계 승인이 아니라 다단계

승인요건 제정이 필요하다.

- 3-3c 복잡한 시스템의 경우 적용기준이나 규칙에 시스템의 사용 중 발생 가능한 잠재적인 인적오류에 대한 평가항목이 없는 경우가 대부분이다. 네트워크를 이용한 통합과 상호연결이 많이 발생하는 복잡한 시스템은 가능한 상호연결과 장비 간 상호 의존성 등이 단순한 시스템에 비해 명확하지 않다. 시스템의 복잡성으로 인해 모든 관련 시험을 실시할 수가 없으며 따라서 최종단계에서의 평가절차의 완료 후에도 모든 오류가 발견되고 제거되었다고 보증하기가 어렵다. 즉 다단계 시험 및 승인 요건이 필요하다.
- 3-3d 복잡한 시스템의 경우 설계, 제작, 시험, 설치, 유지 보수 및 폐기까지의 전 라이프사이클을 망라한 규정이 되어야 한다.

3-4 복잡한 시스템(Complex Cyber Systems)에 대한 새로운 안전 요건

- 3-4a 오늘날 선박의 시스템은 날로 자동화되고 복잡하게 되어가며 상호 결합 및 네트워크 연결이 이루어진다. 항해시스템의 경우 선박외부에서의 시스템(육상 지원시스템 등)과도 연결되어 해양데이터와 정보를 수집, 통합, 교환, 분석 및 표현한다. 이러한 시스템은 설계자, 제조자 및 본선 사용자에게 의한 에러 발생 범위를 현저하게 높여서 안전에 위협을 준다. 또한 시스템간의 상호의존성, 조각화(fragmentation)증가, 인간과 기계의 상호인터페이스 증가, 사이버시스템(cyber-enabled system)의 보안위협 증가 등 기존에 존재하거나 인식되지 못한 분야에 대한 안전문제가 대두되고 있어 안전대책의 수립 필요성이 절실하다.
- 3-4b 선박의 제어시스템과 소프트웨어를 안전규정으로 시급하게 다루지 않으면 안전사고의 발생확률이 높다. 이 분야의 빠른 기술적 진보에 대응하고 이러한 시스템으로 인한 안전사고나 보안 사고를 방지하는 장치를 마련해야한다. SOLAS 적용분야는 선박의 제어시스템, 소프트웨어 품질보증(Software Quality Assurance & Human-Centred Design: SQA & HCD), 데이터 온전성(Data integrity), 사이버보안(Cyber Security in cyber enabled systems) 등이 되어야

한다.

3-4c 장비 상 반영된 기술적 진보가 사용자를 위한 설계의 실현(being designed -for-use)인 경우가 아니고 기술주도(technology-led)에 의해 나타나는 현상 (장비를 시장에서 돋보이게 하기위한 자신들만의 특성 추가 방식 등)일 경우 선박의 운항에 있어서 인적오류의 발생빈도에 지대한 영향을 끼친다.

3-5 인적요인 관련 규정

3-5a 인적과실 및 조직적 과실이 해양사고 원인의 80%를 점하고 있으며, 인적요인과 인간공학의 중요성이 해사산업계에서 더욱더 깊게 인식되고 있으나 SOLAS협약에 인적요인관련 요건의 전반적이고 체계적인 도입은 되지 않고 있다. 이로 인해 인적요인에 의한 안전사고 가능성이 계속 증대되고 있다. 따라서, 특정 안전 분야에 대한 규정제정 시, 인적요인에 연루된 모든 위험이 식별되고, 연관된 리스크가 평가되고 필요시 리스크 감축 및 제어방안(Control measures)을 강구하여 수용가능한 수준의 리스크, 품질(quality) 및 사용성(usability) 보장하도록 하는 규정제정 프로세스의 개발이 필요하다.

3-5b 선박에서는 운항안전의 관점에서 인적요인에 의한 사고를 줄이는 측면과 선박 및 설비의 설계 및 배치의 관점에서 선원 및 승객의 안전하고 쾌적한 선상활동을 확보하기 위한 측면으로 구분하여 인간공학이 고려된 관련요건의 제정이 필요하다.

3-5c 인적 및 조직적 과실의 주요원인인 다음과 같은 분야의 개선을 위한 인적요인을 고려한 규정 도입이 필요하다;

선박이나 장비, 기계류, 시스템, 구조물의 적절하지 못한 설계 또는 제작이나 설치과정에서의 실패; 적절하지 못한 유지보수로 인한 설비 사고; 순수한 실수; 피로; 비효율적인 의사소통; 규칙, 규정 및 절차에 대한 주의 부족, 응용 요구(application demands: 작동 시 요구되는 사항)에 대한 오해; 설비의 작동에 대한 부적합한 교육훈련; 전자시스템의 취약성에 대한 무지; 안주(compacency: 잠재적인 위험이나 결함을 모르고 지나치게 자동화 시스템에만

의존하는 경향)나 태만

- 3-5d 선박에 설치되는 항해통신 장비 등 단품설비와 구조물에 대한 인간공학 요건(미시인간공학 요건)의 이 도입이 필요하다(알람장치, 디스플레이장치, 제어 액추에이터 및 이들의 조합(선교 콘솔 등), 각종 밸브 위치 및 방향, 라벨링 표준화, 계단과 수직사다리 및 플랫폼, 시설 등)
- 3-5e 현대선박은 배경소음, 진동, 조명수준, 통풍 등이 선원에게 이상적인 작업환경 및 주거적합성을 제공하지 못하는 경우가 많다.(피로 및 집중력 저하 등으로 안전 저해). 이에 대한 인간공학을 적용한 규정이 도입되어야 한다.
- 3-5f 선교 등에서의 선원의 안전, 전반적인 작업시스템의 설계, 작업설계, 인적업무 분석, 매니지먼트 및 사회적 요소의 분석 등 인간공학 요건(거시 인간공학 요건)의 도입이 필요하다.
- 3-5g 시스템의 경우 비정상적 작동이나 비상 시 사용불가 환경이 되었을 때를 대비하여 선교나 제어실의 설계는 정상 및 비상시의 운용절차(operating procedure)를 반영해야 하고 선원의 성격이나 능력, 경험, 훈련수준에 맞게 설계 되어야 한다.
- 3-5h 인적과실은 기기의 작동 상 실수보다 장비가 제공한 정보의 오해나 제공된 정보의 넘침 때문에 일어난 경우도 많다. 나쁘게 설계된 인터페이스는 어떠한 양의 훈련이나 매니지먼트적 간섭으로도 감소시키기 힘든 인적오류를 발생하게 한다.
- 3-5i 복잡한 인간-시스템 인터페이스(선교배치, 기관제어실 배치, 선교당직자의 검사 및 유지보수 가용성(inspectability, maintainability), 재료 핸들링 등)에 대한 인간공학 요건이 미비하다.
- 3-5j 본선의 장비나 시스템에 탑재된 각종 컴퓨터 소프트웨어에 대한 품질확보(적합성, 호환성, 사용성, 유지보수성 등 제품의 품질과 데이터의 품질 및 사용상의 품질) 및 인간공학 요건(Human centered design, usability 등)의 도입이 필요하다. 이는 3-4b에서 커버 됨.
- 3-5k 각종 기기들에 대한 기술매뉴얼의 디자인 및 배열에 대한 인간공학 요건(정보의 종류, 기술적 묘사 방법, 운용지침, Fault action list 등)의 도입이 필요

하다(선원의 선박이동 및 신규배치 시 빠른 습득, 혼돈방지, 빠른 비상 대응 및 안전향상)

3-6 규정 영향평가의 시행

- 3-6a 협약의 도입 시 해당규정의 객관성과 투명성을 확보하고 규정이 미치는 규정 영향평가(regulatory impact assessment)가 이루어지는 경우가 드물어서 협약 시행 시기가 늦어지거나 협약 시행 후 많은 문제점이 발견된다. 따라서 규정의 시행 상 시행착오와 업무적 시간 손실을 초래한다. 따라서, 큰 법률적, 행정적 부담을 초래하게 되는 규정을 제안할 때는 FSA 등 합리적인 도구를 사용하여 규정영향 평가를 실시해야 한다.(해사안전 증진을 목표로 리스크를 평가하고 리스크 제어수단 별 편익을 분석, 다양한 기술적 요소와 운항적 요소간의 균형을 달성하기 위하여 새로운 해사안전규정을 평가하거나 현행규정과 개선된 규정을 비교 등)
- 3-6b 충분한 영향평가(full and effective impact and feasibility assessment)의 미비로 인하여 새로운 규정이 경쟁력 있는 비용으로 안전하고 효과적으로 제작, 설치, 유지 보수 될 수 있는 장비를 정의(적합한 기술의 가용성, 제품의 가용성 확보: 새 규정의 목적에 부합하는 제품이 신선 및 현존선에 의도한 기간 내에 설치 가능한지 여부) 하는데 실패하도록 한다.
- 3-6c 영향평가의 미비로 규정이 안전장치나 기타 장비, 운용절차 등 요구되는 규정(하드웨어적 요건 및 운항적 요건)에 대한 승인절차의 투명성 및 강건성(robustness: 규정적 요건과 운항적 요건을 만족함을 보장하기에 충분한 수준이어야 함)을 확보하는데 실패하도록 한다.
- 3-6d IMO는 규정의 제정 전에 그러한 조치가 지금 필요한지 고려가 필요하다(특히, 사안이 불확실하고 새 규정의 영향이 추정하기 힘들거나 산업계에서 다른 방식으로 대처하고 있는 경우)
- 3-6e 비용효과분석 및 기타 영향평가 시행이 필요하다(새 규정의 시행으로 인해 예상되는 안전에 관한 장단기 편익과 관련 소요비용 분석. 새 규정이 타 규

정에 미치는 잠재적인 부정적 효과, 적용상 현실적 어려움, 예상되는 법률적 행정적 부담등도 포함.)

3-6f 본선에 탑재되는 새로운 설비의 검사, 시험, 점검에 대한 명확하고 애매하지 않은 기준(Criteria)이 있는지 평가가 필요하다(형식 승인된 제품이 본선에 설치되어 적절하게 유지 및 작동 되었을 때 PSC와 같은 타 기관의 점검기준에 의해 불합격으로 판정되는 상황 방지 목적)

3-7 안전규정에 포함된 행정적 부담을 초래하는 요건

3-7a SOLAS협약에 전반적으로 관련자(국가, 선사, 운항자, 등)에게 행정 부담을 초래하는 행정요건¹⁾을 다수 담고 있어서 행정적 부담을 주고 안전을 저해하는 요인이 된다. 따라서, 안전 요건으로 인한 행정 부담을 줄이기 위해 규정제정 시 고려해야할 원칙들(규정 요건으로 인한 주관청, RO, 선박, 해운회사의 행정부담 경감을 위한 원칙)을 수립하고 이를 적용해야 한다.

3-7b 협약 상 선원에게 부과되는 각종 행정요건이 너무 과도하다.

3-7c 각종 IMO 보고요건에 전자적 수단의 활용이 필요하고 전자증서 및 문서 인정하기 위한 규정이 수립되어야 한다.

3-7d 각종 통보 및 보고요건을 간소화해야 한다.

4 안전규정의 시행주체 및 대상

4a IMO 규정 외 미국, 유럽 등 지역기준(regional standards: 강화된 오염물질 배출 기준, 폐선기준, 선 시행 기준 등)의 제정에 따라 선사 및 기타 규정 시행자들에게 규정시행 상 혼란 및 이중적 제정 부담을 초래한다.

4b 안전규정 종류 및 그 시행을 담당하는 기관이 너무 다양(기국검사, 선급검사,

1) 협약상의 행정요건(Administrative requirements)이란 어떤 정보나 데이터를 작성, 보고 및 보관하도록 하는 요건을 말하며 행정부담(Administrative burden)이란 필요없거나 또는 필요없어지거나 과도하거나 심지어 쓸모없는 행정요건(.an administrative requirement that is, or has become, unnecessary, disproportionate or even obsolete)을 말함

항만국 검사, 화주 단체검사, 터미널 검사, 검정회사 검사 등)하여 안전검사 체계의 조각화로 안전업무의 중복과 시간낭비가 심하여 선원 및 선주의 부담이 심하고 검사준비 나 수검 등 과도한 노력이 요구되며 안전을 저해하는 요인이 된다.

4c IMO가 직접 안전규정을 시행하는 주체가 되는 경우가 있으며(IMO 감사제도, 평형수 처리장치 승인, GBS 규칙 승인 등) 이는 주권국가의 효과적인 협약시행을 저해한다.

4d 안전규정의 이행을 책임지는 대상(안전규정의 준수 대상)이 선박 외에 너무 다양해지고 있다.(연안/항만국, 운항자, 선급, 조선소, 항만시설 관리자, 장비 제조자 등). 따라서 안전규정의 시행 상 실효성과 시행가능성이 저하되어 안전 확보가 미비할 가능성이 커진다.(국가, 대항기관, 선주, 운항자)

5 안전규정과 환경규정의 충돌

5a 안전기준을 만족시키다 보면 환경기준의 만족에 악영향을 미치는 경우(신조선 건조기준의 만족 등) 가 있다. 반대로, 환경기준을 만족시키다 보면(발라스트수의 넘침방식 배출 요건의 복원성 영향, 선속감소에 따른 선박안전성 및 프로펠러 샤프트 고장 등) 안전기준의 만족에 악영향을 미쳐서 강제규정들이 상호 충돌하고 안전 및 환경에 위협이 된다.

5b 수용 가능한 안전수준(safety level)의 결정 시 안전, 환경보호 및 사회경제적 발전 간의 균형을 고려할 필요가 있다. 규정의 제정 시 안전규정과 환경규정의 상호 충돌을 피하거나 이 둘을 동시에 만족할 수 있는 수단을 강구하거나, 불가능한 경우 안전규정 우선 적용 원칙을 사용해야 한다.

6 기타사항

기타 현행 SOLAS 규정 상 위험요소의 고려(전문가 추가 의견)

Part III 제 3단계 리스크 제어수단 관련 자료

제 3 단계는 리스크를 제거하거나 감소시키기 위한 잠정 리스크 제어 수단의 목록(List of Preliminary Risk Control Measures)을 작성하는 작업입니다(How can matter be improved? Identification of Risk control options - regulatory systems or alternatives). 이를 위해 워크숍에 참가한 전문가들에게는 제 2단계 리스크 분석에서 상위에 랭크된 분야의 위험이벤트(2단계 결과)가 소개됩니다. 다음 Table 1은 3장과 4장에서 사전 조사한 자료를 바탕으로 작성된 잠정 RCM목록(Rule making methodologies/approaches and considerations)입니다. 전문가들은 이 RCO들에 대한 검토 및 평가를 먼저 실시하고 추가의 RCO 식별을 위한 브레인스토밍 세션을 갖습니다.

Table 1 Preliminary RCMs for expert examination

RCO	내용	Reference
A	규범적 기준(Prescriptive regulation)	3.1절
B	리스크기반 규정	
	B1 리스크기반 대체 /등가 설계 및 승인기준	3.2.2절
	B2 단순화된 리스크 기반 규정	3.2.2절
B3	리스크기반 운용기준	3.2.3절
C	공식안전평가(FSA)	3.3절
D	목표기반규정(Goal-based Regulations)	
	D1 목표기반 - 결정론(GBS - Deterministic)	3.4.1절
	D2 목표기반 일반기준(GBS - Generic)	3.4.2절
D3	목표기반-안전수준접근법(GBS-SLA)	3.4.3절
E	위험요소의 파악 및 리스크 제어 방안 수립 방법론	4.1절
F	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 적용 원칙을 고려한 규정 수립	4.2절
G	목표기반 - 원칙 기반 (GBS-Principle-based) (RCO J2와 동일)	4.3절
H	H1 최종단계의 기능 만족 중심의 규정수립 방법론	4.3절
	H2 다단계 설계 및 승인 요건을 고려한 규정 수립 방법론	4.3절

I	복잡한 시스템(Cyber Systems)의 새 안전요건을 고려한 규정 수립 방법론	4.4절
J	인적요인을 고려한 규정수립 방법론	
	J1 HEAP(Human Element Analysing Process)	4.5.2절
	J2 Principle-based(RCO G과 동일)	4.5.2절
J3 HRA(Human Reliability Analysis under FSA Process)	4.5.2절	
K	규정영향평가를 통한 규정 수립 방법론	4.6절
L	행정부담 경감을 고려한 규정수립 방법론	4.7절
M	Self regulation (Best practice model, 선급, 해운동맹 등의 자체 안전규정) [강제규정에 의한 최소요건을 넘어서는 자발적 규제효과. 안전문화 증진 효과. 강제적 적용은 불가능]	2.2절
N	국제적으로 합의된 규정 수립 [지역기준의 생성으로 인한 사용자의 부담, 혼란 및 규정의 상충 방지 효과. 국제적 규정의 신속한 마련 및 국제적 기준 상 일정한 안전수준의 확보가 안 되면 지역기준의 출현을 피할 수 없음]	2.3절
O	안전규정의 시행주체 및 시행 대상을 고려한 규정 수립[규정의 효과적 시행가능성 확보. 선박 건조 및 운항에 직접 관련된 주관청 및 산업계 외 간접적인 공급사슬의 협조가 필요함]	2.6절
P	안전규정과 환경규정의 상충 고려한 규정 수립	2.7절
Q	안전규정의 4년 주기 발효를 위한 방법론 [잡은 규정의 개정의 방지를 통한 규정 시행자의 부담 감소 및 규정의 효율적 시행 보장 효과. IMO 방법론 사용. 복잡한 편제나 잡은 개정 등에 따른 현행 SOLAS 협약의 부작용을 모두 해결 하지는 못함.	5.1.4절
R	규정의 가속 수락절차(Accelerated Acceptance Procedure ²⁾)적용	2) Res. 4 of SOLAS Conference, 1994

2) RESOLUTION 4 OF THE CONFERENCE OF CONTRACTING GOVERNMENTS TO THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA, 1974 ADOPTED ON 24 MAY 1994, ACCELERATED TACIT ACCEPTANCE PROCEDURE UNDER THE 1974 SOLAS CONVENTION IN EXCEPTIONAL CIRCUMSTANCES

PART IV 제 4단계 비용편익분석 관련 자료

제 4단계는 제 3단계에서 파악된 각 RCO의 시행에 관련된 편익과 비용을 식별하고 비교하는 작업입니다.(How much cost?, How much better? Cost Benefit (effectiveness) Analysis(Assessment, evaluation)). 이를 통해 RCO별 비용편익 보고서를 작성하게 됩니다. 이를 위해, 워크숍에 참가한 전문가들에게는 제 3단계에서 파악된 RCO 리스트가 소개됩니다. 다음 Table 2는 3장과 4장에서 사전 조사한 자료를 바탕으로 작성된 잠정 RCO(RCO 식별번호는 제 3단계에서 파악된 RCO 리스트 참조)별 비용편익에 대한 보충 설명이며 전문가들의 RCO 별 비용편익 분석을 위한 기초 자료로 제공된 것입니다. 비용 편익의 설명 시 비교대상은 현행의 규범적 규정이다.

Table 2 Cost and Benefit of implementing RCOs

RCO	Cost of Implementing RCOs and anticipated problems	Benefit of Implementing RCOs	비고
	리스크기반 규정		
B	<ul style="list-style-type: none"> 규정제정 시 리스크분석 전문가들의 추가적인 검토가 필요하다.(추가 제정시간 필요) 다단계 설계 및 승인 규정이므로 규범적 기준에 비해 규정 시행에 많은 시간 소요됨. 설계 및 승인비용 상승 	<ul style="list-style-type: none"> 리스크모델을 사용하여 특이한 대체 설계에 대한 융통성 있고 효과적인 설계 및 승인 방법 제공. 새로운 기술의 도입을 촉진할 것이다. 최종단계에서 설계 변경 시 수정 시간 및 비용이 적게 듭. 	선박의 특정분야에서 통상의 형태를 벗어나는 설계(화재, 구멍 등)에 적용가능 (선주의 선택사항). 설계 및 승인은 다단계임.
B1	<ul style="list-style-type: none"> 계약 전 단계가 어려워진다. 선주와 조선소간 새로운 계약 관계 요구됨³⁾ 설계 및 승인단계에서 대량의 정보가 빠르고 효과적으로 교환되어야 한다. 설계 시 사용할 관련 도구(tool)의 부족하고, 부정확하며, 		

	<p>사용이 어렵고, 완전히 검증되지 않았으며 비싸다.</p> <p>. 정기적 검사, 항만국 통제 등 선박검사 시 요건 검증이 힘들어 진다.</p> <p>. 공급자와 하청업자를 비롯한 관련자들의 새로운 방법론 및 승인프로세스에 대한 친숙화가 필요하다. 타 정부, 선급 등에서 결과를 수용해야 승인이 된다.</p>		
B2	<p>. 리스크 분석을 위한 규정제정 시간이 추가로 필요하다.</p> <p>. 리스크 등급에 따라 설계 및 승인 프로세스가 차등적으로 적용된다(상위 리스크의 경우 추가적인 설계 및 승인 시간 소요됨)</p>	<p>. 단순화된 리스크기반 모델을 사용한 안전계급 생성을 통하여 합리적(리스크 크기에 따른 차등)인 승인기준 제공 효과</p>	<p>선박에 탑재되는 기자재나 컴퓨터 기반 시스템 등에 사용.</p>
B3	<p>. 신뢰성 있는 데이터의 확보가 필수적이다(데이터 수집 및 분석 비용 추가 발생)</p> <p>. 리스크 분야만 집중하므로 시행비용은 감소</p>	<p>. 리스크 평가 및 분류를 통한 합리적인 운용기준 제공 효과</p>	<p>선박검사, 품질시스템 심사, 안전경영시스템 심사 등 선박의 운영 분야에 대해 적용.</p>
C	<p>. FSA 수행 시간 및 비용 발생.</p> <p>. 규정제정 시 FSA 전문가의 참여를 통한 FSA 결과 검증 시간 필요.</p> <p>. 통계자료의 부족으로 FSA의 결론이 잘못 도출될 수 있다.</p>	<p>. 규정제정 시 합리적인 의사결정 프로세스 제공 효과. 기술적, 운항적, 인적요인 측면을 포함하는 안전 분야에 대한 종합적 접근 가능케 함.</p>	<p>규범적 기준의 합리적 의사결정, 목표기반 기준의 목표 및 안전수준 결정, 규정영향평가 등에 이용됨.</p>
D	<p>목표기반 규정(Goal-based Regulations)</p>		
	D1	<p>. 규정제정 시간이 늘어난다(목표 및 기능요건 개발 시간, 규정의 검증 시간 추가 발생됨)</p>	<p>. 규정의 목표 및 기능요건을 제시하여 규정의 합리성 등대 효과. 선박 구조규정 등 통일된 기준의 제정을 가능케 함.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> . 규정의 시행 시간은 동일함. . 규정 수립 후 잦은 개정이 필요 없고 개정이 용이함.(시간 단축) . 규범적 기준의 단점을 모두 해결하지는 못함. 		<p>리스크기반이 아닌 결정론적 방법을 사용함.</p>
D2	<ul style="list-style-type: none"> . 규정제정 시간이 늘어난다(목표 및 기능요건 개발 시간, 규정의 검증 시간 추가 발생됨) . 규정의 시행 시간은 동일함. . 규정 수립 후 잦은 개정이 필요 없고 개정이 용이함.(시간 단축) . 안전수준에 대한 파악 불가, 목표와 기능요건사이 및 기능요건과 규정 사이의 연계성 불투명함. 	<ul style="list-style-type: none"> . 목표기반으로 규정제정을 위한 규정을 효과적으로 제공함. 목표 및 기능요건의 제정에서부터 검증 및 모니터링에 이르는 규정의 전 라이프사이클 동안을 커버함. 규범적 기준의 단점들을 해소함 . 목표는 규범적 규정이나 특정 솔루션을 포함하지 않으며 명확하고 입증가능하며, 기술적 변화를 수용 가능한 오래 지속되는 것으로 정의되도록 함. 	<p>목표 및 기능요건의 결정은 결정론적 또는 리스크기반에 무관함.</p>
D3	<ul style="list-style-type: none"> . 초기 규정개발 속도가 매우 느리다(FSA 두 번 수행, 목표 및 기능요건의 순차적 도입, 검증 등) . 사용가능한 신뢰성 있는 데이터가 부족하다 . 프로세스가 길고 복잡하므로 당장 적용 가능한 IMO 규정이 제한적이다. . 행정적 부담이 커진다. . 규정 수립 후 잦은 개정이 필요 없고 개정이 용이함.(시간 단축) 	<ul style="list-style-type: none"> . D2에 대한 모든 편익이 동일하게 확보됨. . 목표기반 일반기준을 기본으로 하되 FSA를 사용하여 리스크기반으로 현재의 안전수준 및 요구되는 안전수준의 파악을 통한 가장 진보된 목표기반 기준을 제공함.(투명성 확보) . 필요 시 안전수준의 향상을 용이하게 함 	<p>RCO C와 D2의 조합으로 이루어짐. 목표와 기능요건사이 및 기능요건과 규정사이의 연결 연계성 확보.</p>
E	<ul style="list-style-type: none"> . 위험요소의 종합적 파악에 추 	<ul style="list-style-type: none"> . 안전 분야별 대책수립을 위 	<p>각 규정 제정 방</p>

	가적인 시간이 소요됨. . 안전수준의 파악에 추가적인 시간이 소요됨 . 규정 수립 후 잦은 개정이 필요 없고 개정이 용이함.(시간 단축)	한 모든 잠재적 위험요소의 파악을 가능하게 함.(위험요소의 고려 누락 방지 효과)	법론에 따라 FSA, FHA, HRA 등이 사용됨(D1+결정론, D2+FHA, D3+FSA, J3+HRA 등)
F	. 규정제정 시 추가적인 소요시간은 크지 않음	.하드웨어적 리스크 제어 방안을 우선적으로 고려하고 운항적 조치를 최소화 하여 인적오류에 의한 안전사고의 최소화 효과	-
G	.기본원칙만 있고 별도의 적용 도구는 없어서 개별 사안 별로 개발해야 함. 개별 사안별로 많은 시간 소요됨 . B1과 유사하게 비용 및 시간 증가	.규정제정 시 상위레벨의 목표와 기본 원칙, 평가기준을 사용하고 장비나 시스템의 설계 시 사용자의 참여 및 사용자 환경의 고려를 통한 인적오류에 기인한 안전사고의 최소화 효과	선박의 복잡한 장비 및 시스템에 적용. J2와 동일. I와 일부프로세스는 중복.
H	H1 규정제정시간은 현재와 동일	.최종단계의 확인을 통한 승인을 통해 승인과정의 단축 효과	대부분의 구조, 설비에 적합함.
	H2 .B1과 유사하게 비용 및 시간 증가 . 최종단계에서 설계 변경 시 수정 시간 및 비용이 적게 듦.	.설계자/사용자/승인자간 다단계의 상호 interaction을 통한 합리적이고 안전한 제품의 설계 및 승인 효과	선박의 복잡한 장비 및 시스템, 대체/등가설계 및 승인, 복잡한 시스템의 새 안전 요건에 적합
I	.기본원칙만 있고 별도의 적용 도구는 없어서 개별 사안 별로 개발 해야함. 개별 사안별로 많은 시간 소요됨 . B1과 유사하게 비용 및 시간 증가	.소프트웨어 품질보증, 데이터 온전성, 사이버보안 등 새로운 분야에 대한 안전확보 효과	본선의 복잡한 시스템(complex cyber enabled systems)에 적용됨.
J	인적요인을 고려한 규정수립 방법론		
	J1 . 인적요인 프로세스 적용시간	.인적오류에 의한 안전사고	기존규정의 개정

	다소 증가	감소 효과	시 사용
J2	.기본원칙만 있고 별도의 적용 도구는 없어서 개별 사안 별로 개발해야 함. 개별 사안별로 많은 시간 소요됨	.인적오류에 의한 안전사고 감소 효과 큼	선박의 복잡한 장비, 시스템 및 소프트웨어프로그램에 적용 (RCO G와 동일한 프로세스임.)
J3	.HRA 수행시간 및 비용 증가 (인적 위험요소의 종합적 파악에 추가적인 시간이 소요됨.) .규정 수립 후 잦은 개정이 필요 없고 개정이 용이함.(시간 단축)	.인적오류에 의한 안전사고 감소 효과 큼.	인적요인의 고려가 필요하나 그 방법론이 적당하지 않은 경우 적용. FSA와 결합한 가장 체계적 방법임.
K	.영향평가 수행 시간 및 비용 증가 .규정 시행 시 시행착오 비용 발생의 사전 예방	.규정 변경의 영향을 사전에 평가하고 관련단체와 업계에 미치는 악영향을 최소화 하는 효과. 규정의 원활한 시행을 촉진하는 효과	새로운 규정의 수립 전후에 시행. FSA, SADR, EU 방법론 사용. 산업계 영향이 중대하거나 큰 행정적, 법률적 부담을 초래하는 경우 적용
L	.규정제정 시간 다소 증가	.관련기관 및 규정시행자의 법률적, 행정적 부담 감소를 통한 안전 향상 효과	IMO 방법론 사용
M	. 규정제정시간 및 비용 없음 (산업계 자체개발)	. 안전문화 증진 효과 . 안전 확보 증진	. 산업계의 자발적 규제에 강제화 불가능함.
N	. 외교적 노력(안전 수준 향상, 규규정제정속도 증가 등) 비용 증가 . 지역기준의 검토 시간 추가 필요.	. 규정 시행자의 혼선 및 이중 부담 방지 효과	. 규정제정 방법론이 아니라 외교 협상 및 프로세스의 단축에 대한 문제임
O	. 규정 시행 가능성 검토를 위	. 규정의 원활한 시행 가능	-

	<p>한 시간 추가필요 함. . 타 stakeholder들과 협의시간 증가</p>	<p>성 확보 효과</p>	
P	<p>. 안전과 환경기준의 충돌 가능성 검토 시간 추가 필요(ex. 환경요건으로 인하여 안전 측면의 새로운 risk 분석이 필요함) . 기술적 해결방안 강구를 위한 시간 추가 필요</p>	<p>의도하지 않은 안전 및 환경 사고 예방 효과</p>	<p>안전과 환경보호 요건을 동시에 만족하지 못할 시 안전규정 우선적용 원칙</p>
Q	<p>. 규정의 잦은 발효 제한으로 인한 규정 시행 비용 감소</p>	<p>.규정의 효율적 시행 촉진 효과</p>	-
R	<p>. 규정의 신속한 채택으로 규정 제정 비용 감소</p>	<p>.규정제정 시간 단축 효과. .안전 문제에 신속한 대응 효과</p>	-



3) Luhmann, et al., 2009. Challenges in Shipbuilding



부록 2 새 해사안전 규정 제정 프레임워크의 업무흐름 및 단계별 검증항목

제 6장의 Fig. 12 해사안전규정 제정 프레임워크 모델을 보충하기 위하여 모델에 사용된 각 방법론별로 단계별 구체적인 적용 방법 및 사용하는 도구, 점검사항 등을 다음과 같이 작성하였다.

1) 새 해사 안전규정의 프레임워크의 방법론별 업무 흐름



단계별 업무 (GBS Tiers)		규정제정 방법 Options for Regulatory Process for Performance-based Regulations				
		GBS-Deterministic	GBS-Generic	GBS-SLA	GBS-대체/등가	리스크기반-단순화
Tier I 목표	일반(모든 관련 분야에 대한 목표 및 안전수준 설정, SOLAS 규정화)	-결정론적 수립. -Conventional Ship에 적용	- Generic Guidelines, FHA, PSSA에 의한 수립 -Conventional Ship에 적용	- 목표수립 전 FSA 수행을 통한 현재의 안전수준 결정 -GBS-SLA Guidelines, 요구되는 안전수준에 따른 목표 수립 -Conventional Ship에 적용	-GBS-Generic 또는 GBS-SLA 방식을 선택 사용 -Novel type ship에 적용	-GBS-Generic 또는 GBS-SLA 방식 선택 사용 -기자재, 소프트웨어 등에 적용
	하드웨어적 요건 vs. 소프트웨어적 요건	NA	NA	NA	NA	NA
	설계 및 승인프로세스(최종단계 vs 다단계)	최종단계승인이 적용되는 경우 NA. 다단계 승인(복잡한 선박장지, 시스템, 소프트웨어프로	최종단계승인이 적용되는 경우 NA. 다단계 승인(복잡한 선박장지, 시스템, 소프트웨어프로	최종단계승인이 적용되는 경우 NA. 다단계 승인(복잡한 선박장지, 시스템, 소프트웨어프로	다단계 승인이 적용됨. 주요원칙과 평가기준을 목표로 설정.	리스크 수준에 따른 차등적 승인 규정이 적용됨. 주요원칙을 목표로 설정.

		그랩 등)은 주요원칙과 평가기준을 목표로 설정.	그랩 등)은 주요원칙과 평가기준을 목표로 설정.	그랩 등)은 주요원칙과 평가기준을 목표로 설정.		
	복잡한 선박장비나 시스템, 기술소프트웨어(다단계승인규정)	-주요원칙을 목표로 제정 -인적요인 고려	-주요원칙을 목표로 제정. 평가기준도 동시 개발 -인적요인 고려	-주요원칙을 목표로 제정. 평가기준도 동시개발 -인적요인 고려	-주요원칙을 목표로 제정. 평가기준도 동시개발 -인적요인 고려	-주요원칙을 목표로 제정 -인적요인고려.
인적요인*	HEAP	NA	NA	NA	NA	NA
	GBS, P-based	적용할 인간공학원칙을 목표로 제정.	적용할 인간공학원칙을 목표로 제정.	적용할 인간공학원칙을 목표로 제정.	NA	NA
	GBS, FSA-HRA	NA	NA	FSA수행 시 HRA 병행하여 안전 수준 및 목표 수립	NA	NA
영향평가	영향평가가 시행된 경우 그 결과 반영하여 목표 수립	영향평가가 시행된 경우 그 결과 반영하여 목표 수립	영향평가가 시행된 경우 그 결과 반영하여 목표 수립	영향평가가 시행된 경우 그 결과 반영하여 목표 수립	영향평가가 시행된 경우 그 결과 반영하여 목표 수립	영향평가가 시행된 경우 그 결과 반영하여 목표 수립

	행정부담 경감	행정부담 경감 원칙 적용하여 목표 수립	행정부담 경감 원칙 적용하여 목표 수립	행정부담 경감 원칙 적용하여 목표 수립	행정부담 경감 원칙 적용하여 목표 수립	행정부담 경감 원칙 적용하여 목표 수립
T i e r II	설정된 목표를 만족시키기 위한 모든 관련 분야에 대한 기능요건 수립, SOLAS 규정화	-결정론적 수립. - 필요시 세부 기능요건을 단계별로 계층화 하여 수립	- Generic Guidelines, FHA, PSSA에 의한 수립 - 필요시 세부 기능요건을 단계별로 계층화 하여 수립	-GBS-SLA Guidelines, FSA(Step 1 & 2)에 의한 수립(요구되는 안전수준 만족하는 기능요건 수립) - 필요시 세부 기능요건을 단계별로 계층화 하여 수립	-GBS-Generic 또는 GBS-SLA 방식을 선택 사용 -Novel type ship에 적용	목표 및 단순화된 리스크기반 모델에 따른 기능요건 수립 -기자재, 소프트웨어 등에 적용
	기능요건 하드웨어적 요건 vs 소프트웨어적 요건	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 병행사용 원칙(부록 checklist)을 만족하는 기능요건 수립	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 병행사용 원칙(부록 checklist)을 만족하는 기능요건 수립	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 병행사용을 위한 원칙(부록 checklist)을 만족하는 기능요건 수립	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건 사용 원칙(부록 checklist)을 만족하는 기능요건 수립	하드웨어적 요건과 소프트웨어적 요건의 사용 원칙(부록 checklist)을 만족하는 기능요건 수립

	설계 및 승인프로세스(최종단계 vs 다단계)	-최종단계 승인 규정: NA -다단계 승인규정: 주요원칙과 평가기준(Tier D)에 부합하는 기능요건 수립	-최종단계 승인 규정: NA -다단계 승인규정: 주요원칙과 평가기준(Tier D)에 부합하는 기능요건 수립	-최종단계 승인 규정: NA -다단계 승인규정: 주요원칙과 평가기준(Tier D)에 부합하는 기능요건 수립	주요원칙과 평가기준(Tier D)에 부합하는 기능요건 수립.	-최종단계 승인 규정임: NA
	복잡한 선박장비나 시스템, 기술소프트웨어(다단계 승인규정)	주요원칙과 평가기준(Tier D)을 만족하는 기능요건 수립	주요원칙과 평가기준(Tier D)을 만족하는 기능요건 수립	주요원칙과 평가기준(Tier D)을 만족하는 기능요건 수립	주요원칙과 평가기준(Tier D)을 만족하는 기능요건 수립	-최종단계 승인 규정임: NA
인적 요인	HEAP	NA	NA	NA	NA	NA
	GBS, P-based	적용할 인간공학 원칙을 만족하기 위한 기능요건 제정. 검증평가기준 동시 제정	적용할 인간공학 원칙을 만족하기 위한 기능요건 제정. 검증평가기준 동시 제정	적용할 인간공학 원칙을 만족하기 위한 기능요건 제정. 검증평가기준 동시 제정	NA	NA
	GBS, FSA-HRA	NA	NA	FSA 재 수행 시 HRA병행(Step 1 & 2)하여 요구되는 안전 수준 에 만족하는 기능요건수립	NA	NA

	영향평가	영향평가가 시행된 경우 수립된 목표에 따른 기능요건 제정	영향평가가 시행된 경우 수립된 목표에 따른 기능요건 제정	영향평가가 시행된 경우 수립된 목표에 따른 기능요건 제정	영향평가가 시행된 경우 수립된 목표에 따른 기능요건 제정	영향평가가 시행된 경우 수립된 목표에 따른 기능요건 제정
	행정부담 경감	행정부담 경감을 위한 목표에 따른 기능 요건 수립	행정부담 경감을 위한 목표에 따른 기능 요건 수립	행정부담 경감을 위한 목표에 따른 기능 요건 수립	행정부담 경감을 위한 목표에 따른 기능 요건 수립	행정부담 경감을 위한 목표에 따른 기능 요건 수립
T i e r III 검증	일반(수립된 규정/규칙이 모든 관련 분야에 대한 기능요건 및 안전수준을 만족하는지를 검증)	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행 (규정 및 규칙이 목표 및 기능요건을 만족하는지 검증)	검증지침에 따라 검증(리스크 분석을 통하여 기능요건이 목표를 만족하는지, 규정 및 규칙이 목표 및 기능요건에 의해 기술된 요구안전수준을 만족하는지를 검증)	-규범적 규정보다 동등 내지 상위의 안전성능 유지함을 검증	NA
	하드웨어적 요건 vs. 소프트웨어적 요건	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침에 따라 검증팀 검증 시행

설계 및 승인프로세스(최종단계 vs. 다단계)	관련 기능요건이 있는 경우, 검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	관련기능요건이 있는 경우, 검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	관련 기능요건이 있는 경우, 검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	관련 기능요건이 있는 경우, 검증지침에 따라 검증팀 검증 시행	NA	
복잡한 선박장비나 시스템, 기술소프트웨어(다단계 승인 규정)	검증지침 및 평가기준에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침 및 평가기준에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침 및 평가기준에 따라 검증팀 검증 시행	검증지침 및 평가기준에 따라 검증팀 검증 시행	NA	
인적요인	HEAP	6단계 검증 실시	6단계 검증 실시	6단계 검증 실시	6단계 검증 실시	6단계 검증 실시
	GBS, P-based	Tier II에서 제정된 검증평가기준 사용하여 검증	Tier II에서 제정된 검증평가기준 사용하여 검증	Tier II에서 제정된 검증평가기준 사용하여 검증	NA	NA
	GBS, FSA-HRA	NA	NA	FSA 재수행을 통하여 기능요건의 목표만족여부와 규정/규칙의 기능요건 만족여부 검증	NA	NA
영향평가	관련 기능요건이 있는 경우 검증시행	관련 기능요건이 있는 경우 검증시행	관련 기능요건이 있는 경우 검증시행	관련 기능요건이 있는 경우 검증시행	관련 기능요건이 있는 경우 검증시행	
행정부담 경감	관련 기능요건 만족여부 검증시행	관련 기능요건 만족여부 검증시행	관련 기능요건 만족여부 검증시행	관련 기능요건 만족여부 검증시행	관련 기능요건 만족여부 검증시행	

Tier IV 규정 및 규칙	일반(모든 관련 분야에 목표 및 기능 요건을 만족시키는 규정/규칙 제정)	규정, 규칙 제정 (IMO 규정, 선급 규칙등)	규정, 규칙 제정 (IMO 규정, 선급 규칙 등).	- G B S - S L A Guidelines, FSA(Step 3 & 4)에 의한 수립(요구되는 안전수준을 만족하는 IMO 규정, 선급규칙 등 제정)	안전 분야별 별도의 “리스크기반 규정” 제정	안전 분야별 별도의 “단수화된 리스크기반” 규정 제정
	하드웨어적 요건 vs 소프트웨어적 요건	관련기능요건(Tier II)을 만족하는 규정/규칙 수립	관련기능요건(Tier II)을 만족하는 규정/규칙 수립	관련기능요건(Tier II)을 만족하는 규정/규칙 수립	관련기능요건(Tier II)을 만족하는 규정/규칙 수립	관련기능요건(Tier II)을 만족하는 규정/규칙 수립
	설계 및 승인프로세스(최종단계 vs 다단계)	-최종단계 승인 규정: NA -다단계 승인규정: 관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	-최종단계 승인 규정: NA -다단계 승인규정: 관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	-최종단계 승인 규정: NA -다단계 승인규정: 관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	-다단계 승인규정 임: 관련 기능요건 (Tier II)을 만족하여 수립	NA(최종단계 승인 규정임)
	복잡한 선박장비나 시스템, 기술소프트웨어(다단계 승인규정)	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수립	NA(최종단계 승인 규정임)

인 적 요인	HEAP	최종 수립된 규정 에 대하여 영향 받 는 인적요인 식별 (5 개 분야) 및 이 를 해결하기 위한 규정/규칙 수립	최종 수립된 규정 에 대하여 영향 받 는 인적요인 식별 (5 개 분야) 및 이 를 해결하기 위한 규정/규칙 수립	최종 수립된 규정 에 대하여 영향 받 는 인적요인 식별 (5 개 분야) 및 이 를 해결하기 위한 규정/규칙 수립	최종 수립된 규정 에 대하여 영향 받 는 인적요인 식별 (5 개 분야) 및 이 를 해결하기 위한 규정/규칙 수립	최종 수립된 규정 에 대하여 영향 받 는 인적요인 식별 (5 개 분야) 및 이 를 해결하기 위한 규정/규칙 수립
	G B S , P-based	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수 립	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수 립	관련 기능요건(Tier II)을 만족하여 수 립	NA	NA
	G B S , FSA-HRA	NA	NA	FSA 재수행시 HRA 병행(Step 3 및 4) 하여 각 안전 수준 에 상응하는 기능요 건에 따른 규정/규 칙 수립	NA	NA
영향평가		관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정
행정부담 경감		관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정	관련 기능요건 만 족하는 규정/규칙 제정

Tier V Industry Practice/Standards	산업계 표준 개발 또는 링크	산업계 표준 개발 또는 링크	산업계 표준 개발 또는 링크	산업계 표준 개발 또는 링크	산업계 표준 개발 또는 링크
Monitoring & Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - GBS 적합성 모니터링(Tier I, II, III) - 규정, 규칙 및 기준 적합성 모니터링(Tier IV, V) -규칙 개정 시 재검증 	<ul style="list-style-type: none"> - GBS 적합성 모니터링(Tier I, II, III): Generic Guidelines - 규정, 규칙 및 기준 적합성 모니터링(Tier IV, V): Generic Guidelines -규칙 개정 시 재검증 	<ul style="list-style-type: none"> -GBS 적합성 모니터링(Tier I, II, III) : G B - S S L A Guidelines - 규정, 규칙 및 기준 적합성 모니터링(Tier IV, V) G B S - S L A Guidelines -규칙 개정 시 재검증 	<ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 실시 -개정규정에 대한 승인 	<ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 실시 -개정규정에 대한 승인

Note : 인적요인의 고려

* HEAP Process 적용 규정: 기존 기준을 개정할 때 인적요인을 적용하기 위해 사용 함(간단한 인적요인 checklist 사용)

** GBS, Principle-Based 규정: 선박의 장비, 복잡한 시스템, 소프트웨어에 적용

*** GBS, FSA-HRA 적용규정: 규정 제정 시 인적요인의 고려가 필요하나 그 해결책(방법론) 적당하지 않은 경우 적용

2) 새 해사안전 규정 제정 프레임워크 모델의 단계별 검증항목 (Compliance Criteria)

Tiers	항목	개발 도구	비고(Reference)
<p>1. 목표 (Goal): Tier I</p>	<p>a. GBS-Deterministic/Generic 적용 시</p> <ul style="list-style-type: none"> - High-level objective로서 적합해야함 - 관련되는 문제(예:SOLAS 가 다루어야할 모든 분야)를 포괄적으로 포함해야함 <ul style="list-style-type: none"> * 일반목표부터 세부목표까지 계층을 이룰 수도 있음.(예: SOLAS level 및 Code level의 목표 분리 가능) - 요구되는 안전수준을 반영해야함 	<p>FHA 및 PSSA</p>	<p>FHA, MSC/Circ.1054 (Part C Safety Assessment & Safety Management) Generic Guidelines* 6.1.2절**</p>
	<p>b. GBS-SLA가 적용되는 경우:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 요구되는 안전수준을 반영해야함(명시적 기술 또는 함축적 기술) . 명시적 기술: 정량적 안전수준을 명시하고 IMO에 의해 어떻게 안전수준이 증가, 개선되는지에 대한 프로세스, 그 평가와 개선에 대한 기준을 명시해야함. . 함축적 기술: FSA기법에 정의된 ALARP과 같은 최상위 실용적 안전수준을 달성하기 위한 프로세스, 안전수준의 평가방법 및 증가/개선되는지에 대한 프로세스와 그 평가 및 개선기준 명시) - 사회적의지(Social willingness)와 안전수준을 결정할 때 안전과 환경보호의 및 사회경제 발전간의 균형(balance)을 고려해야함. - “인명의 안전”, “선박의 안전“, “선박으로부터의 오염방지 및 제어“를 다루어야 함. - 목표의 효용성을 지속적으로 모니터링 하고 초기에 고려되지 않은 리스크 식별해야 하고 필요시 	<p>FSA-SLA MSC95/W P.9, Annex 2</p>	<p>MSC95/WP.9, Annex 2 Draft Interim for Development & Application of IMO GBS-SLA 3.4.3절 2.7절</p>

	FSA-HRA 수행을 통한 안전수준의 결정 및 그에 따른 목표설정을 해야 함(MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.1, Appendix 1)		
	영향평가(Regulatory Impact Analysis): - 영향평가가 시행된 경우 그 결과를 규정에 반영해야함.	FSA 등	4.6절
	행정부담의 경감: 행정부담 경감 원칙 적용해야함	(Res. A 1103(29))	4.7절
2. 기능 요건 (Functional Requirements): Tier II	a. GBS-Deterministic/Generic 적용 시 - 목표를 만족시키기 위하여 필요한 모든 분야(예: SOLAS의 모든 분야)를 포함해야함. *일반적 기능요건 부터 세부적 기능요건까지 계층을 이룰 수도 있음	FHA 및 PSSA	FHA, MSC/Circ.1054 (Part C Safety Assessment & Safety Management) Generic Guidelines** 3.4.2절
	- 모든 관련위험(Hazards)을 포함해야함	FHA(or FSA) (위험식별 및 분류)	Generic Guidelines 3.4.2절
	- 기능요건이 목표를 만족하기 위한 기준(Criteria)를 제공해야함. 이 자료는 Tier III에서 규정의 검증시 사용할 기준임	FHA(or FSA), 신 뢰성 분 석, 등	Generic Guidelines
	- 기능요건은 특정 기술적인 해결방법과는 독립적이어야 한다. 특정 기술에 한정하지 않음으로서 향후 추가적인 기술개발을 할 여지를 주어야함. .특정한 기술적 해결의 언급 피하고, 범용 적으로 수용가능 하고 영속성이 확보되어야함 .설계의 변경 여지를 제한하여 기술적 진보를 저해하지 않아야 함. .설계상 유연성을 증가시킬 수 있어야함	요구되는 기능위주 의 요건수 립	Generic Guidelines 3.1절, 3.4.2절 3.1절

<ul style="list-style-type: none"> - 기능요건은 어떤 기능이 달성되어야 하는지 명확하게 기술해야함. 		Generic Guidelines
<ul style="list-style-type: none"> - 각 기능요건은 다음의 3 가지를 포함하여 수립해야함 : <ul style="list-style-type: none"> *기술(요구되는 기능의 구체적이고 간결한 설명할 것) *이유/배경(식별된 위험은 고려하는 기능에 의해 감소되어야함). *기대되는 성능(필요한 성능을 정량적으로 서술해야함. 서술은 검증에 필요한 모든 측면과 관련 조건을 포함해야함.) 		Generic Guidelines
<ul style="list-style-type: none"> - 규정 및 규칙의 배경을 제공해야함. 이를 통해 기능요건 및 관련 규정/규칙 간의 관계가 애매하지 않아야 함. (규정의 투명성 및 당위성 확보) 		Generic Guidelines
<p>b. GBS-SLA가 적용되는 경우:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 목표를 만족시키기 위한 기준을 담고 있어야 함. - 목표의 만족에 필요한 모든 분야를 다루고 관련된 모든 위험을 고려해야함. -요건들과 안전에 대한 기여사이의 명확한 추적성 확보 - 기술 혁신을 규정으로부터 분리(규범적 기준이 아닌 목표를 설정하는 방식의 규정개발) - 안전수준의 정량화(제정되는 기준에 따라 획득될 수 있는 안전수준의 파악 가능) - 기능요건의 구조(structure)는 선박시스템의 기능적 분류(functional breakdown) 따라야함. - 기능요건의 효용성을 지속적으로 모니터링 하고 초기에 고려되지 않은 리스크를 식별해야 하고 필요시 향상된 안전수준을 반영하여 기능요건 재설정 해야 함. 	FSA	Draft Interim Guideline-GBS-SLA 3.4.3절
<p>c. 리스크기반 대체설계 및 배치 요건인 경우(선박의 특정 안전 분야):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기능요건은 GBS나 GBS-SLA에서 수립된 것을 사용함. 	MSC/Circ. 1002 MSC.1/Circ.1212	3.2절

<ul style="list-style-type: none"> - 허용된 리스크 수준에 만족해야함(목표와 기능요건의 만족을 증명 하도록 해야함) - 규범적 기준에 의한 설계보다 대체설계의 안전 성능이 동등내지 상위일 것을 요구해야 함(규범적 요건이 없는 경우 리스크 수용기준 별도 결정) - 대체설계가 규범적 기준을 회피하기 위한 수단으로 이용되지 않아야함. - 대체설계에 있어 리스크 감소 수단으로서 설계적 수단을 운항이나 절차적 수단으로 대체해서는 안 됨.(설계수단 우선). - 설계부터 완성까지 다단계 승인방식 이어야함 	MSC.1/Cir c.1455	3.2절, 3.3절 및 4.3절
<p>d. 단순화된 리스크기반(Simplified Risk-Based) 요건인 경우:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 목표를 만족하고 단순화된 리스크기반 모델에 따른 기능 요건이 수립되어야함 	E22 EU MR 등	3.2.2절
<p>e. 하드웨어적 요건 vs. 소프트웨어적 요건</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가능한 하드웨어적 요건이 선호되어야함 - 하드웨어적 요건을 피하기 위해 운항적 요건을 채택하는 것은 피해야함. - 리스크를 감소시키는 방안으로 설계적 조치를 운항이나 절차요건으로 대체하는 것은 안됨 - 하드웨어의 단점을 보완하기 위해 과도한 운항요건을 부과하지 않아야함. - 하드웨어 요건은 인적요소를 고려한 항목을 포함하여 인적오류의 가능성 최소화 할 것 - 하드웨어를 잘 운용하기 위한 친숙화 요건, 운항요건의 숙달 훈련요건 등이 병행되어야 하며, STCW와 같은 타 협약에서 다를 수 있음을 유념해야 함. - 하드웨어적 요건은 항구적 구조로 하며 이차적 조치(activation등)의 요구는 가능한 회피할 것 - 소프트웨어 요건은 시행가능하고, 선원들이 합리적인 선에서 준수할 수 있는 수준이어야 함. 		4.1절 4.2절, 4.5절 4.2절, 4.7절

<ul style="list-style-type: none"> - 본선인원들에 부과되는 모든 행정적, 기술적 요건들은 가능한 줄여야함(하드웨어적 요건으로 대체 등) 		4.2절
<p>f. 최종기능중심 요건 vs. 다단계 승인요건</p> <ul style="list-style-type: none"> - 최종단계의 기능요건 확인 규정이 아니고 다단계 승인 프로세스를 요하는 경우 별도의 설계 및 승인 절차를 따라야함. (e.g. 복잡한 본선 시스템) - 주요원칙(목표)와 평가기준이 명시 되어야함 - 시스템 설계 시 사용자관여 의무화 필요함 - 인적요인 반영(사용자를 고려한 요건개발) 필요함. 	<p>MSC.1/Cir c.1512 IACS Rec. 10 IACS Rec. 9 등</p>	3.2절, 4.3절
<p>g. 복잡한 사이버시스템(Complex system)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 안전요건을 개발해야함(선박제어시스템, 소프트웨어 품질보증, 데이터 integrity, 사이버보안 요건 등) - 목표기반, 리스크기반 기준이 되어야함 - 인적요인을 고려해야함 - 다단계 승인 프로세스를 적용해야함 	<p>MSC.1/Cir c.1512 IACS Rec. 10 IACS Rec. 9 등</p>	4.4절
<p>h. 인적요인:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인적요인을 고려하기 위한 IMO 체크리스트 18개항을 적용토록 해야 함. - IMO의 인간공학 및 작업환경에 대한 골격(부상 및 사고를 줄이기 위해 고려할 5개항 포함)을 적용해야함. - HEAP Process 적용(기존규정 개정시): 해당 안 됨 - GBS, Principle-Based Rule 적용(장비, 복잡한 시스템, 소프트웨어): 해당분야의 인적요인과 관련된 인간공학 주요원칙을 만족하기 위한 기능요건을 수립함. - GBS, FSA-HRA 적용(인적요인 반영 해결책이 정당하지 않을 경우): 	<p>MSC-MEP C.7/Circ.1 MSC-MEP C.7/Circ.3 IACS Rec. No.9 & 10 MSC.1/Cir c.1512 IACS UR E22 ISO 6385-198</p>	<p>4.5절 4.5절 4.5.2절 4.5.2절</p>

	FSA-HRA 재 수행(Step 1 및 Step 2)을 통한 기능요건(Functional requirements with required safety level)을 수립해야함(MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.1, Appendix 1)		
	i. 영향평가 (Regulatory Impact Analysis): - 영향평가가 시행된 경우 그 결과를 규정에 반영해야함.		4.6절
	j. 행정부담의 경감: 행정부담 경감 원칙 적용해야함	(Res. A 1103(29))	4.7절
3. 규정, 규칙, 기준: Tier IV (이는 Tier III 검증 시도 사용됨)	규정 및 규칙이 목표와 기능요건을 만족하는지 여부와 기타 추가적인 규정 제정 시 고려사항을 만족하는지 검증 항목		
	a. GBS-Deterministic/Generic 적용 시: - 각 규정 및 규칙은 해당되는 기능요건을 표시해야 함	FHA, SSA	Generic Guidelines
	- 각 규정 및 규칙이 기능요건을 커버하는 정도와 목표에 기여하는 정도를 표시해야 함		Generic Guidelines
	- 어떤 기능 요건이 어떤 규정과 규칙(장, 절 포함)에 의해 커버되는지를 나타내는 종합 표를 작성해야함.		Generic Guidelines
	미비 또는 누락된 규정과 규칙은 모두 보완되어야 함.		5.3.3절
	- 규정과 규칙이 기능요건을 만족함을 보이기 위해 수행한 분석보고서 요약본이 작성되어야함		Generic Guidelines
	- 다음사항이 포함된 기술문서 제공; * 규정과 규칙이 기능요건을 만족하는 메카니즘(운항요건, 기술요건, 설계요건 등) 표시 * 규정 및 규칙이 만들어진 기술배경정보 * 규정 및 규칙이 개발된 방법론		Generic Guidelines
	- 규정 및 규칙의 제정 시 적용된 품질보증 절차가 제공되어야함.		Generic Guidelines
	- 지속적인 개선을 위한 규정 및 규칙의 효과에 대한 피드백을 얻기위한 방법이 제공되어야함		Generic Guidelines
- 검증은 방법은;		Generic	

	<p>*일차원칙모델부터 히스토리데이터 까지 여러 가지 테크닉에 근거해야 함</p> <p>*증명되고 정립된 기술을 이용한 분석에 근거 해야함</p> <p>*정의된 명확한 정량적 또는 정성적 기준(정량적 기준에 우선을 둠)에 근거해야함</p> <p>*현재까지 알려진 모든 failure 모드와 원인이 커버되었는지 점검해야함</p> <p>*적합한 전문가(또는 전문가 집단)에 의해 검증되어야함</p>		Guidelines
	<p>- 현행 SOLAS의 모든 Prescriptive 규정들은 Tier iv로 적합하게 이관되어야함.</p>		5.2절(SOLAS 개편 시만 해당)
	<p>-Tier IV의 규정들은 하위 기준(Tier V의 각종 Standards)에 의해 적합하게 보완되어야함.</p>		2.1절 3.4.1절
	<p>- 산업계의 Best practice를 고려하여 규정과 접목해야함</p>		2.2절
	<p>- 규정은 최소요건만 다루며 산업계의 Self-regulation을 촉진하는 형태가 되고 이를 방해하는 형식이 되는 것을 지양해야함.</p>		2.2절
	<p>- 규정은 특정 기술적인 해결방법과는 독립적이어야 한다. 특정 기술에 한정하지 않음으로서 향후 추가적인 기술개발을 할 여지를 주어야함. . 설계의 여지를 제한하여 기술적 진보를 저해하지 않아야 함.</p>		Generic Guidelines 3.1절
	<p>- 안전규정과 환경규정의 충돌에 대한 고려 (안전규정이 환경보존을 저해하거나 환경보존 요건이 안전을 저해하는 경우 대책을 고려해야함)</p>		2.7절
	<p>- 식별된 리스크 제어방안으로서의 규정은; *리스크 완화 요건보다 사전방지 요건이 선호되어야 함 *수동적요건보다 능동적요건(작동을 통한 제어보다 근원적 제어)이 선호되어야함 *리스크제어방안 간의 상호 끼치는 영향을 고려해야함.</p>	FSA	3.3.2절

	*선박자체에서 해결하는 요건뿐 아니라 선박외부(육상지원)에서도 해결책을 찾아야함.		
	- 국가별 지역기준과의 충돌여부 확인. 단일화 방안 강구. 산업계 혼란 및 재정적 부담 방지 노력.		2.3절
	- 규정은 안전장치나 기타 장비, 운용절차 등 요구되는 규정에 대한 승인절차의 투명성 및 견고성이 확보되어야함		
	- 규정은 경쟁력 있는 비용으로 안전하고 효과적으로 제작, 설치, 유지보수가 될 수 있는 장비를 요구해야함.		
	- 규정의 시행주체는 기국으로 하고 IMO의 역할은 최소화 해야 함		2.6절
	- 협약시행 대상이 선박에서 타 기관/조직/업계로 확대되는 경우 협약의 시행가능성을 고려해야함		2.6절
	- 규정은 검증기준을 사용하여 기능요건 만족여부가 검증되어야함	MSC.296(87)	
	b. GBS-SLA가 적용되는 경우: -GBS-SLA Guidelines, FSA(Step 3 & 4)에 의한 수립(요구되는 안전수준을 만족하는 IMO 규정, 선급 규칙 등 제정) - 규범적 기준이 개발된 경우, 규정과 규칙의 효용성이 검증 되어야함(요구되는 안전수준에 대비하여 검증) - 개발된 규정/규칙이 선박 시스템이나 구조의 설계에 대한 기능접근법(functional approach)을 사용한 경우, 이러한 규정, 규칙은 기능요건(Tier II)에 대비하여 시스템이나 구조물을 평가하는 방법론과 절차를 명시해야함. - 규정, 규칙, 기준(Tier V)의 효용성을 지속적으로 모니터링 하고 초기에 고려되지 않은 리스크 식별해야 함.	FSA-SLA	FSA Guidelines, Draft Interim Guideline-GBS-SLA 3.4.3절
	c. 리스크기반 대체설계 및 배치 요건인 경우(선박	MSC/Circ.	3.2절

<p>의 특정 안전뿐아)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 허용된 리스크 수준에 만족해야함(목표와 기능요건의 만족을 증명 하도록 해야 함) - 규범적 기준에 의한 설계보다 대체설계의 안전 성능이 동등내지 상위일 것을 요구해야 함(규범적 요건이 없는 경우 리스크 수용기준 별도 결정) - 대체설계가 규범적 기준을 회피하기 위한 수단으로 이용되지 않아야함. - 대체설계에 있어 리스크 감소 수단으로서 설계적 수단을 운항이나 절차적 수단으로 대체해서는 안 됨.(설계수단 우선). - 설계부터 완성까지 다단계 승인방식 이어야함 	<p>1002 MSC.1/Cir c.1212 MSC.1/Cir c.1455</p>	<p>3.2절, 3.3절 및 4.3절</p>
<p>d. 단순화 된 리스크기반 (Simplified Risk-Based) 요건인 경우:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기능요건을 만족하고 및 단순화된 리스크기반 모델에 따른 규정이 수립되어야함 	<p>E22 EU MR 등</p>	<p>3.2.2절</p>
<p>e. 하드웨어적 요건 및 소프트웨어 요건:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가능한 하드웨어적 요건이 선호되어야함 -하드웨어적 요건을 피하기 위해 운항적 요건을 채택하는 것은 피해야함. - 리스크를 감소시키는 방안으로 설계적 조치를 운항이나 절차요건으로 대체하는 것은 안됨 - 하드웨어의 단점을 보완하기 위해 과도한 운항요건을 부과하지 않아야함. - 하드웨어 요건은 인적요소를 고려한 항목을 포함하여 인적오류의 가능성 최소화 할 것 - 하드웨어를 잘 운용하기 위한 친숙화 요건, 운항요건의 숙달 훈련요건 등이 병행되어야 하며, STCW 같은 타 협약에서 다를 수 있음을 유념할 것. - 하드웨어적 요건은 항구적 구조로 하며 이차적 조치(activation등)의 요구는 가능한 회피할 것 		<p>2.4절 4.2절 3.3절</p> <p>4.2절, 4.5절</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - 소프트웨어 요건은 시행가능하고, 선원들이 합리적인 선에서 준수할 수 있는 수준이어야 함. - 본선인원들에 부과되는 모든 행정적, 기술적 요건들은 식별하여 개선되어야함(하드웨어 대체가능성 포함) - 본선 ISM Code 시행 실태 및 분석을 통해 회사 및 본선의 운항요건 개선을 위한 요건 개정 요함 		4.7절
	<p>f. 최종기능중심의 요건 vs. 다단계 승인요건</p> <ul style="list-style-type: none"> -최종단계의 기능요건 확인 규정이 아니고 다단계 승인 프로세스를 요하는 경우 별도의 설계 및 승인 절차를 따라야함.(e.g. 복잡한 본선 시스템) - 시스템 설계 시 사용자관여 의무화 필요함 - 인적요인 반영(사용자를 고려한 요건개발) 필요함. - 규정은 수립된 평가기준에 따라 검증 되어야함 	<p>MSC.1/Circ.1512 IACS Rec. 10 IACS Rec. 9 등</p>	3.2절, 4.3절
	<p>g. 복잡한 사이버시스템:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 안전요건을 개발해야함(선박제어시스템, 소프트웨어 품질보증, 데이터 integrity, 사이버보안 요건 등) - 목표기반, 리스크기반 기준이 되어야함 - 인적요인을 고려해야함 - 다단계 승인 프로세스를 적용해야함 	<p>MSC.1/Circ.1512 IACS Rec. 10 IACS Rec. 9 등</p>	4.4절
	<p>h. 인적요인:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인적요인을 고려하기 위한 IMO 체크리스트 18개항을 적용토록 해야 함(검증항목) - 규정의 적합성 검증 시 인적요인 관련 전문가를 참여시켜야함 - IMO의 인간공학 및 작업환경에 대한 골격(부상 및 사고를 줄이기 위해 고려할 5개항 포함)을 적용해야함. - 인적요인을 고려해서 개발된 IMO, 선급, 산업계 지침을 활용해야함. - 개발된 지침이 없는 안전규정의 경우 관련 지침 	<p>MSC-MEP C.7/Circ.1 MSC-MEP C.7/Circ.2 MSC-MEP C.7/Circ.3 MSC/Circ. 982, 834, 846 등) MEPC/Cir</p>	<p>4.5절 4.5절 4.5절 4.5절 4.5절</p>

	<p>을 개발해야함</p> <ul style="list-style-type: none"> - SOLAS 규정에 대하여 인간공학적 관점에서 모든 요건을 종합 검토하여 인적요인이 반영된 규정으로 전환 필요함(SOLAS 개편 시만 해당) - IMO는 업무지침에 현행 규정의 검토나 신규 규정의 제정 시 인적요인원칙을 고려하여 인적요소를 반영해야함. 특히, 본선의 설비와 운영매뉴얼에 대한 요건의 검토 시 그 적합성을 인적요소의 관점에서 반영해야함(용어의 간편화, 표준화 실현, 사용자 편의성, 설비의 안전한 사용, 운용/기술매뉴얼의 명확성/이해성, 운용지침의 이해성, 심볼과 사인의 간결성 및 표준화, 애매한 문구의 지양 등) - HEAP Process 적용(기존규정 개정시): 영향 받는 모든 분야(Technical, Manning, Training, Work Environment 5개 분야)를 검토 분석하고 식별된 인적요인의 해결을 위한 해결방안의 규정화해야 함. 개정된 규정은 6단계의 검증을 해야 함. - GBS, Principle-Based Rule 적용(장비, 복잡한 시스템, 소프트웨어): .인간공학 원칙을 이용하여 각종 인간공학 설계권고사항, 지침 및 평가방법을 분석(업무분석 포함)해야 함. .평가방법 분석을 통해 해당분야의 기준(criteria)을 선택하고 업무분석을 통해 파악된 해당설비에 적용할 특별요건(special criteria)을 수립하여 통합된 인간공학기준을 확정하여 규정화 해야 함 . 컴퓨터기반시스템의 경우 단순화된 리스크기반모델사용 가능함(IACS UR E22) . SQA-HCD는 수용가능한 수준의 리스크, 품질 및 사용성(usability)를 보장하는 규정이 되어야 함.(MSC.1/Circ.1512) . 제정된 규정은 상위레벨의 목표 및 원칙을 만족시키는지를 기 개발한 검증평가기준을 사용하여 검증해야함. 	<p>c.313</p> <p>MSC-MEP C.2/Circ.1 3</p> <p>IACS Rec. No.9 & 10</p> <p>MSC.1/Circ.1512</p> <p>IACS UR E22</p> <p>I S O 6385-1981</p>	<p>4.5절</p> <p>4.5절</p>
--	---	--	-------------------------

<p>- GBS, FSA-HRA 적용(인적요인 반영 해결책이 정당하지 않을 경우): .기능요건을 만족하는 규정(Individual regulations/ rules with corresponding safety levels) 수립해야 함. MSC-MEPC.2/ Circ.12/ Rev.1, Appendix 1). . 리스크기반 방법론을 사용하여 기능요건(Tier II)의 목표(Tier I에 대한 만족여부와 규정 및 규칙(Tier IV)의 기능요건(Tier II)만족 여부 검증 해야 함.</p>		4.5절
<p>i. 영향평가 (Regulatory Impact Analysis): - 영향평가가 시행된 경우 그 결과를 규정에 반영 해야함.</p>		4.6절
<p>j. 행정부담의 경감: .새로운 규정이 행정 부담을 초래하는지 여부를 점검해야함. 해당규정 존재 시 경감방안 강구요 함.(MSC-MEPC.1/Circ.4/Rev.4, Annex 5) . 행정부담 경감을 위한 원칙(Res. A 1103(29))을 적용하여 제정된 규정을 검토 해야 함.</p>	(Res. A 1103(29))	4.7절

Notes:

* MSC.1/Circ.1394/Rev. 1 Generic Guidelines for Developing IMO Goal-based Standards

** 비고란에 명시된 절은 관련사항이 언급 본 논문의 해당 절을 말함.



감사의 글

2005년에 학위과정을 수료하고 IACS 의장직 수행, 해외 근무 등으로 몇 가지 사유는 있었다고는 하나 이 논문을 완성하기까지 너무 오래 지체되었음을 부인할 수가 없다. 그럼에도 불구하고, 박진수 지도교수님과 하원재 교수님, 목포해양대학의 정재용 교수님 등의 지속적인 관심과 격려가 있었기에 무사히 마무리 할 수 있었다.

특히, 논문의 방향성을 잡고, 난제가 생길 때 마다 길을 찾아주시고 지도해 주신 박진수 교수님, 하원재 교수님 감사의 마음을 전하고 싶다. 또한, 부족한 저의 논문의 심사와 지도에 많은 시간의 투자와 노력을 해주신 예병덕 교수님, 박한선 박사님께도 감사드린다.

논문의 주제를 정하고 나서 관련 자료를 수집할 때, KRISO의 이종갑 박사님은 리스크 분야의 많은 자료들을 한꺼번에 해결해 주셨다. 같은 연구소의 김홍태 박사님은 가장 힘든 분야 중의 하나였던 인간공학 쪽 자료들의 확보에 많은 도움을 주셨고 논문 작성 기간에도 자문을 아끼지 않으셨다.

공식안전평가를 수행함에 있어서는, FSA 계획서 수립에서부터 권고사항 작성까지 한국선급의 리스크 분석 분야 전문가이신 정정호 박사의 지도와 편달이 절대적이었다. 또한, 여러 번의 워크숍에서 이종근 팀장, 박종철 책임 등 많은 해사 협약과 IMO 전문가들, 해사클러스터의 Working Group Safety 멤버들의 적극적 참여와 도움이 컸다.

이현정 씨와 박상원 조교께서는 그림 작업과 편집 및 인쇄 등에서 많은 도움을 주셨다. 감사드린다.

지금까지 늘 곁에서 도와준 사랑하는 기도의 동역자 아내와 이제 대학생이 된 태선이, 고등학생이 된 시온이에게 남편과 아빠로서 고마움을 전한다.

무엇보다도 항상 능력과 힘이 되어주신 하나님께 모든 영광을 돌린다.

2017년 2월

박 주 성