

FSA 関連

金湖 富士夫*

FSA related matter

by

Fujio KANEKO*

1 緒言

海技研報告第4号(リスク評価特集号)において MSC 84(2008年5月7-16日)および、MEPC 58(2008年10月6-10日)までのFSAの発展と当所の貢献について報告した^{1),2)}。同時期はFSAの草創期であり、FSAガイドラインが成立するとともに予備的な段階のFSAガイドラインあるいは成立したFSAガイドラインに基づくFSA提案がIMOに提出され実際の基準変更に影響を与え始めた。同時期における当所の貢献として以下を上げることができる。

① FSA ガイドラインの作成過程における貢献

FSAに使用される種々の手法の提案、FSAガイドラインのMSC WGにおける審議においてWG議長および日本代表として参画した。

② 種々のFSA提案に関する貢献

1) バルクキャリア安全性のFSA提案において、LMISデータによるFN線図の作成および日本側提案作成に寄与するとともに、バルクキャリアの原因不明事故をすべてハッチカバー損傷であるとした英国提案に対しそのように言うことはできないことを統計的推論を用いて説明した。

2) ドイツによる非常時曳航システムのFSA提案に対し対抗する提案を行った。

3) ノルウエーによるイナータガスシステムの強制化のFSA提案に対して対抗する提案を行った。

4) ノルウエーによるECDISの強制化のFSA提案に対して対抗する提案を行った。

5) SAFEDORがデンマーク提案で主張した一定値CATSは現状を表しておらず、1トン当たりの油流

出処理費用は流出量が多くなるほど減少することをIOPCF(International Oil Pollution Compensation Fund: 国際油濁基金)の報告より示した。

本特集では、MSC 85およびMEPC 59以降を扱うとともに、同時期における当所の貢献を示す。

なお、IMOにおけるFSA関連事項への対応は一般財団法人 日本船舶技術研究協会との共同研究で実施し、同協会において設立された委員会において国土交通省の指導を受けている。

2 MSC 85 および MEPC 59 以降の FSA 関連審議概要

この時期においてIMOで審議されたFSA関連事項を以下に示す。

① FSA ガイドラインの改正

1) EREC (Environmental Risk Evaluation Criteria)に関する審議とFSAガイドラインへの組込み案の作成

2) その他の改正と改正FSAガイドラインの承認

② 欧州の研究プロジェクトSAFEDOR(Design for Safety /Operation /Regulation)により実施されデンマークより提出されたFSA提案のレビュー

③ 他のFSA提案のレビュー

以下、上記の点毎に審議結果を示す。それらに関する審議は審議主体としてMSC(海上安全委員会)、MEPC(海洋環境保護委員会)、それらの委員会により設立された専門家グループ(FSA EG)、会期中のワーキンググループ(WG)、そして会期間の通信グループ(CG)により行われ、かなり複雑な経過をた

* 海洋リスク評価系

原稿受付 平成25年 1月 15日

審査日 平成25年 2月 8日

表－１ FSA 関連審議事項と委員会等による審議経過

委員会, WG, CG, EG	開催期間	FSA ガイドラインの改正		FSA 提案レビュー	
		EREC 関連	その他	SAFEDOR 提案	その他
MSC 85	2008/11/26-12/5	8), 11)	8)	9), 10), 12), 13)	一般貨物船 14), 15), 16)
①FSA EG	2009/5/28-6/3 (議長:吉田公一)			クルーズ客船、 RoPax, LNG、コン テナ船, 4), 5), 6), 7), 9), 10), 12), 13), 18), 19), [23]	
MSC 86	2009/5/27-6/5		17), 18), 19)	[23]	一般貨物船 20), 21), 22)
CG (MEPC 58-59)	コーディネー タ: Psaraftis	65)			
MEPC 59	2009/7/13-17	65), 66), 67), 68)			
②FSA EG	2009/11/2-6 (議 長:吉田公一)		[24]	クルーズ客船、 RoPax, LNG、コン テナ船, 4), 5), 6), 7), 9), 10), 12), 13), 18), 19), [23] , [24]	
CG (MEPC 59-60)	コーディネー タ: Psaraftis	69)			
FSA WG (MEPC 60)	2010/5/22-24 (議長: Psaraftis)	69), [71] , [72] , 73)			
MEPC 60	2010/3/22-26	73)			
③FSA EG	2010/5/12-18 (議長:吉田公一)		[33]	オーブントップコ ンテナ船による危 険物輸送 [24] , 25), 32), [33]	
MSC 87	2010/5/12-21	30)	[33]	24), 25), 26), 27), 28), 29), [33]	一般貨物船 31)
MEPC 61	2010/9/27-10/1	74), 75), 76), 77), [78] , 79)			
MSC 88	2010/11/24-12/3	36)		34), 35), 36)	一般貨物船 37), 38), 39), 40)
CG (MSC 87-89)	コーディネー タ: 吉田公一	41)	42)		
④FSA EG	2011/5/9-10 (議 長:吉田公一)				一般貨物船 44)
GBS/FSA WG (MSC 89)	2011/5/13-18 (議長: Sirkar)	42), 47)	47)		一般貨物船 44)
MSC 89	2011/5/11-20	42)	42), 43)	41)	一般貨物船 44), 45), 46)
FSA WG (MEPC 62)	2011/7/11-15 (議長: Psaraftis)	80), 81), 82), [83] , [84] , [85] , 86)			
MEPC 62	2011/7/11-15	86)			
CG (MSC 89-90)	コーディネー タ: 吉田公一	48), 49)			一般貨物船 15), 22), 32), 39), 40), 44), 57)
FSA WG(MSC 90)	2012/5/16-24 (議長: Sirkar、 吉田公一)	48), 49), 51), 52), 54), 55)	58)		一般貨物船 58)
MSC 90	2012/5/16-25	48), 49), 52)	58), 51)	53), 56)	58)
⑤FSA EG	2012/11/21-23(議長:吉田公一)	59), 58), [60]		タンカー [61] , [62] , 63), 64)	危険物貨物の 海上輸送 [62] , 87), 88),
MSC 91	2012/11/26-30	[62]	[62]	[62]	[62]

どったため、表-1 でそれらの審議がどの審議主体でなされたかを整理する。表 1 には扱われた文書および報告の文献番号（本報告の参考文献）を記すとともに、当所が関係した文献番号を太字の囲み文字で示す。なお、上記の審議に重要な役割を担ったのは FSA EG であるため、FSA EG について次節に説明する。

2.1 FSA 専門家グループ

FSA EG は回章文書 MSC-MEPC.2 / Circ.6 "Guidance on the use of HEAP and FSA(HEAP と FSA の使用に関するガイダンス)"にその設立や機能等が記されている。その後、同ガイダンスは修正を加えられ、MSC 91 において承認された改正 FSA ガイドラインの Appendix 10: "Guidance for application and review process of FSA"として同ガイドラインに付属することになった。FSA EG はこれまで 5 回開催されたが、第 4 回までは以前のガイダンスに基き、第 5 回は改正 FSA ガイドライン⁵⁹⁾の承認前であったが、同ガイドラインの Appendix 10 に基き設立された。

FSA EG が必要となった理由は、使用できるデータの不十分さ等で専門家判断が入らざるを得ないため、必ずしも FSA の結果が 1 つにならない、という現実があることである³⁾。これはバルクキャリア安全性の FSA で英国提案と日本提案では同様の海難データを使用しながらも異なる結論が導かれたことに代表されている。そのため、個々の FSA 提案の妥当性を判定するために、種々の専門性を備えた専門家のグループを作成すべきであるという議論が生じ、FSA 提案のレビューのために FSA EG を設立することが「HEAP と FSA の使用に関するガイダンス」に明記されることになった。

図 1 に IMO における FSA EG によるレビューを含む FSA 提案のレビュー過程を示す。

図-1 にあるように、FSA 提案が委員会(MSC あるいは MEPC)に提出されたならそれが委員会に

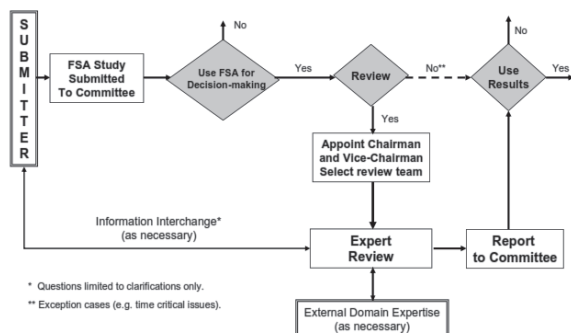


図-1 FSA レビュー過程⁵⁹⁾

よる決定を要する場合は委員会が FSA EG の議長と副議長およびレビューチームを選定して FSA EG を設立する。そのようにして設立された FSA EG は付託された FSA 提案のレビューを行い、委員会に結果を報告し取るべき行動を勧告する。委員会はその報告を審議するとともに勧告を承認して必要な行動を決定する。FSA EG に加わる専門家は加盟国および IACS 等の国際的な組織により委員会に推薦されるが、加盟国の利害を代表するのではなくあくまで個人として発言することが求められている。また、レビューされる FSA 提案に加わっている者は当該 FSA の説明者としてのみ FSA EG への参加が許可される。

委員会から FSA EG への TOR (Terms of Reference, 付託事項)を以下に示す⁵⁹⁾。

- 1) 次の事項の確認
 - i) 対象 FSA の範囲と問題定義の適切性
 - ii) 入力データの妥当性(透明性、包括性、使用可能性)
 - iii) FSA 参加者の専門性の適切性、特定されたハザードとその順位、仮定の合理性
 - iv) 事故シナリオ、リスクモデル、算出されたリスク値、同定された RCM(Risk Control Measure)と RCO(Risk Control Option: 複数の RCM の組合せのこと)、費用対効果解析を実施する RCO の選択、それらの費用対効果解析結果
- 2) 以下に示す使用された方法論やツールの適切性
 - i) FSA 実施グループの決定
 - ii) HAZID
 - iii) リスクの計算
 - iv) 費用対効果解析
 - v) 感度および不確実さ解析
- 3) 上記の評価項目において問題が確認された場合、それらの問題が結果に影響するかどうかの考慮
- 4) 対象 FSA が FSA ガイドラインに従って実施されたかどうかの考慮
- 5) 当該 FSA の提案が即時の行動あるいは IMO 文書の変更を求めているかどうかの確認
- 6) 当該 FSA の結果や提案が信頼できるかどうかの考慮および IMO 委員会等の意思決定者への助言
- 7) FSA ガイドラインの改善の必要性について考慮し、必要であるとされた場合は改善のための提案を準備する。
- 8) 委員会への報告

FSA EG は上記の TOR に従い個別の FSA 提案をレビューし、結果を委員会に報告する。なお、これまでに FSA EG には FSA ガイドラインの改正に関

する検討も付託されてきた。

FSA EG には、当所から議長として吉田公一国際連携センター長(当時)と副議長として小川剛孝研究員が参加した。

2.2 FSA ガイドラインの改正

2.2.1 EREC 関連審議と EREC 関連記述の FSA ガイドラインへの組み込み案の作成

EREC (Environmental Risk Evaluation Criteria)とは環境リスク評価基準と直訳されるが、これまでの IMO における FSA 関連の審議においては、環境リスクとは油流出事故による環境汚染のリスクを意味し、EREC 関連事項には下記が含まれる。

- 1) FSA の Step 4(費用対効果の評価)において油流出事故による油流出を防止するために開発される RCO の費用対効果を解析するための指標で、人命損失防止のための RCO の費用対効果解析で使用する GCAF(Gross Cost of Averting a Fatality)や NCAF(Net Cost of Averting a Fatality)に対応し、CATS(Cost for Averting a Ton of Oil Spilt)と呼ばれる。流出油 1 トンの処理に要するコストという意味がある。
- 2) RCO が人命損失防止と油流出防止の両方に効果がある場合の費用対効果の評価基準。
- 3) FSA の Step 1(ハザード同定)で使用される油流出事故のリスクマトリクスを作成する際に使用する事故の頻度と事故時の重大度それぞれの指標。
- 4) 油流出事故の F-W(Frequency and Weight of spilled oil)線図上の ALARP(As Low As Reasonably Practicable)領域

EREC に関しては MEPC で審議がなされ、当所から山田安平研究員が日本代表団の一員として継続的に参加した。上記の項目中で最も議論が白熱したのは CATS に関する事項であり、当初は SAFEDOR が提案した CATS の上限値(CATSthr)を 60,000 US\$とする案が候補に上がっていたが、当所の研究に基づき、CATS は油流出量に依存して流出量が大きくなればなるほど小さくなる非線形な関数で記述されるという考え方が大勢を占めるに至った。さらに、当所の研究に基づき非線形 CATS を用いて事故シナリオ毎の費用対効果解析をする方法、および油流出事故においては人命損失事故とは異なり RCO を費用効率(cost effectiveness)ではなく、費用の総額で評価するといういわゆる費用対効果が評価可能であること⁸²⁾、また、CATS は油流出量が大きくなればなるほど小さくなるが、処理費用は油流出量が大きくなればなるほど大きくなるため、CATS ではなく、処理費用、すなわち、C/W(=CATS)ではなく C/W*W で評価することが重要である旨を日本側が

指摘した⁷⁸⁾。その結果、処理費用そのものによる評価、すなわち、RCO にかける費用から RCO によりもたらされる金銭面での便益(事故シナリオ毎の RCO 無の場合の処理費用から RCO 有の場合の処理費用を引いた値)が負であるとの定式化が採用されることになった^{86),59)}。

さらに、この件では以下の 2 点に関する議論があった。

a) 油流出事故の統合データベース

IOPCF による油流出事故における流出量と処理費用のデータは比較的大きな事故に限定されること、また、米国は IOPCF のメンバーではないため、米国周辺海域のデータは IOPCF のデータには含まれていないこと等の理由により、ノルウェーや米国からのデータを付加して統合データベースを作成することになった⁶⁹⁾。同データベースは、CATS の形で改正 FSA ガイドラインに載せられることになった(図-2)。また、油流出量と処理費用の関係として、統合データベースを回帰分析して得られる回帰直線の式(表-2)が改正 FSA ガイドラインに載せられることになった^{86), 59)}。

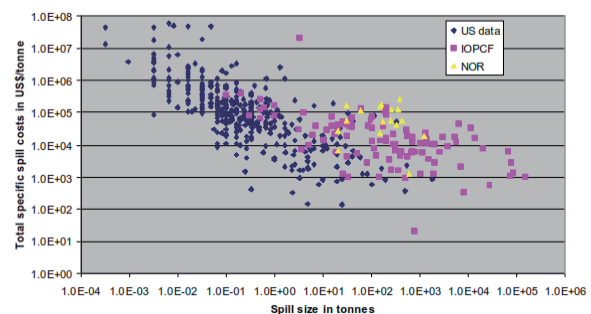


図-2 CATS で表現した統合データベース (2009 年 US\$換算)

表-2 統合データベースから得られた回帰式

Dataset	F(V)=Total Spill Cost(TSC) (2009 US dollars)	Reference
All spills	67,275 $V^{0.5893}$	MEPC 62/INF.24
V>0.1 tonnes	42,301 $V^{0.7233}$	MEPC 62/18

b) 安全係数

IOPCF のデータには清掃費用以外の費用に関するデータが含まれていない場合があるため、同データのデータは油流出事故処理のための総費用より小さい値となっており修正が必要であること、また、油流出事故防止のために社会は幾らまでなら支出する意思があるか(Social Willingness To Pay)という見方を反映する必要があることが指摘され、CATSthr にはそれらを反映するための係数を乗じ

るべきであるということになった。前者を表現する係数を「不確実さ要素」(Uncertain Factor)、後者を「保証要素」(Assurance Factor)と改正 FSA ガイドラインで呼んでいる。日本側は安全係数にはそれら二つの種類があることを議論当初より指摘するとともに⁷¹⁾、それらの値は十分な根拠があって初めて決定できるものであり、それまではそれらの係数を1とすべきである、と主張し、結果として、改正 FSA ガイドラインでは、それらを1とした結果を参照値として提示すべきである、という表現が入れられることになった^{86), 51), 59)}。この結果、式(1)が示す油流出事故の処理コスト(SC(V), V:油流出量)が改正 FSA ガイドラインに乗せられることになった。

$$SC(V)=F_{Assurance}*F_{Uncertainty}*f(V) \quad (1)$$

なお、(1)式で、

$F_{Assurance}$: 「保証要素」(Assurance Factor)

$F_{Uncertainty}$: 「不確実さ要素」(Uncertain Factor)

$f(V)$: 流出量依存の総コスト関数

である。

また、EREC 関連事項 2)では、最終的に、RCO のコストから RCO 導入による便益を引いたものを RCO により防止される人命損失リスクで除するという NCAF が使用されることになった。

EREC 関連事項 3)では、頻度指標(Frequency Index)は安全 FSA で使用したものと同じものにすることが問題なく決定したが、重大度指標(Severity Index)では、安全 FSA の4段階ではなく、油流出量の常用対数で7段階に区分することとした。

EREC 関連事項 4)の議論においては、日本から2種類とドイツから1種類の提案があったが、十分な議論がなく時期尚早ということで改正 FSA ガイドラインに入れることは見送られた。

2.2.2 その他の改正と改正 FSA ガイドラインの承認

第2回の FSA EG において、FSA ガイドラインと、HEAP と FSA の使用に関するガイダンスを下記事項を考慮して将来的に改善すべきとされた²⁴⁾。

- 1) FSA に参加した専門家の記述
- 2) プロジェクトチーム、HAZID チームおよび他のチームの構成、選択、配置についての記述
- 3) 事故防止に係る RCO を得るための、事故原因(root cause)に関する情報と解析、事故の詳細
- 4) リスクモデルの開発
- 5) 用語の統一
- 6) RCO の最終選定のための方法と妥当性に関する報告
- 7) 命以外のリスクに対する費用対効果解析のための指標
- 8) NCAF, GCAF の使用の明確化

9) RCO の可能な副作用の解析の方法

10) 不確実さ解析、感度解析の方法論

11) 人間要素に関するさらに詳細で具体的なガイダンスのための考慮

12) 合意形成に至る方法および合意の程度の報告

13) 報告の発表の方法

14) FSA のレビューの方法

それらの事項に基づき、MSC 88 と MSC 89 の間に設けられた CG(コーディネータ:吉田公一)から改正の検討が開始され、改正案が MSC 90 の GBS/FSA WG で最終化され、MSC 91 で承認された。最終案は MSC 89 の成果に関する事務局による報告⁵⁹⁾にまとめられている。

2.3 欧州の研究プロジェクト SAFEDOR (Design for Safety /Operation /Regulation)により実施されデンマークより提出された FSA 提案のレビュー

それらの FSA 提案は、クルーズ客船、RoPax、LNG 船、コンテナ船、オープントップコンテナ船での危険物輸送、そしてタンカーの安全性向上のための RCO の提案である。それらのうち、クルーズ客船、RoPax、コンテナ船、LNG 船の FSA 提案は、第1回と第2回の FSA EG でレビューされ、オープントップコンテナ船での危険物輸送に関する FSA 提案の審議は第3回 FSA EG でレビューされ、そして、タンカーの FSA に関しては第5回 FSA EG でレビューされた。FSA EG はレビュー結果を委員会に報告するとともに、最終提案の扱いに関する勧告を委員会に行った。委員会はその報告を受け最終提案に対する勧告を承認した。

FSA EG は前述の確認事項に従いレビューを行った結果、それらはいずれも不十分な点があるものの FSA ガイドラインの5つのステップに従っていると判断された。

以下に、それぞれの FSA の最終提案に対するレビュー結果を示す。

2.3.1 クルーズ客船^{23), 24)}

費用対効果が良い RCO として、BRM(Bridge Resource Management)のためのガイドラインの具備と更なる損傷時復原性の調査が勧告された。しかし FSA 提案では即時の実施を要求していないため EG はそれらに関して更なる調査を委員会に勧告した。

2.3.2 RoPax^{23), 24)}

損傷時復原性の向上のための対策と、航行安全のためのすべての方策が最終提案として提案された。前者に関しては SLF 小委員会が同様の事項を検討対象としており EU の研究プロジェクト GOALDS もそうであるため、EG はそれらの成果が出るまで待つことを委員会に勧告した。また、後者に対して

はメンバー国が提案すべきことを委員会に勧告した。

2.3.3 LNG 船^{23), 24)}

最終提案として ECDIS、AIS およびトラックコントロールシステムが提案されているが、それらは既に強制化されているか、強制化の発効が決定しているため、必要であればメンバー国が委員会に関連する小委員会に提案するよう委員会に勧告することになった。また、その他の提案(船橋システムの改善、航行システムおよび推進システム等のリスクベースメンテナンス)については LNG の主要なオペレータにより実施されているため、同様に、必要であれば加盟国が委員会に関連する小委員会に提案するよう委員会に勧告することになった。

2.3.4 コンテナ船^{23), 24)}

最終提案として、レーダおよびトラックコントロールシステムと融合した AIS、そして、貨物タンクのビルジアラームが上げられているが、それらは SOLAS の改正や決議で既に強制化あるいは自発的に搭載すべしとされているため、必要であればメンバー国が委員会に関連する小委員会に提案するよう委員会に勧告することになった。

2.3.5 オープントップコンテナ船での危険物輸送³³⁾

最終提案は、RCO 1: DG クラス 2.1、2.2、2.3 と 5.1 の運送のための恒久的な大容量換気、RCO 2: DG クラス 2.1 運送のための貨物倉内の可燃性ガス検知器の設置、RCO 3: DG クラス 4.3 の物質を格納するコンテナのための最下層には格納スペースを無くす。RCO 4: DG クラス 4.2 のための貨物倉内の泡消火器の設置、RCO 5: DG クラス 6.1 を格納する貨物倉へ入る乗員のための固定した吸気装置の設置、RCO 7a: 酸素および二酸化炭素検知器の乗員への装備、RCO 7b: DG クラス 6.1 を格納する貨物倉へ入る乗員のための改良した吸気装置(SCBA)の条項、RCO 7c: DG クラス 6.1 を格納する貨物倉へ入る乗員のための改良した個人用防護装備の条項である。

これらの最終提案は、どの単一 RCO、あるいはそれらの組合せは本 FSA 提案の対象である危険物クラスの輸送に起因するすべてのタイプのハザードを適切に処理することはできないと認められる。したがって、オープントップコンテナ船での危険物輸送を一般的に許可するための勧告は行わないことになった。

2.3.6 タンカー⁶²⁾

この FSA 提案は MEPC で EREC が最終化されてからレビューすべきであるとの見解が MEPC の総意となったため、MEPC 58 に提出されてから 4 年経過した MSC 91 直前の FSA EG で漸くレビューされることになった。

レビューの際には、日本側が提出した SAFEDOR による同 FSA 提案の再評価の文書^{53), 56), 61)}も考慮され、両者が使用しているデータベース等に関しても検討が行われた。種々の議論の結果、同 FSA 提案が導入を提案している以下の RCO に関する今後の扱いが委員会に勧告された。

(GCAF が 300 万 US\$未満)

RCO 8: 溶接等の高温作業の訓練
(NCAF と CATS の基準により IMO の更なる検討を勧告するもの)

RCO 3: ステアリングギアの冗長性

RCO 4: ECDIS

RCO 6: 航海用ソナー

RCO 7.1: 貨物倉の区画細分化

RCO 7.2: 二重底高さの増長

RCO 7.3: 二重船側幅の増長
(導入コストが不釣り合いに大きくない)

RCO 9: エンジン燃料噴射系の低圧管二重被覆

RCO 11: 機関制御室の付加的避難口

RCO 3 に関しては SOLAS II-1/29.14 がステアリングギアへの動力供給の冗長性を要求していること、RCO 4 に関しては、SOLAS V 章により ECDIS が導入されていることを考慮し、それらは委員会に勧告しない。RCO 11 に関しては FP 小委員会が「機関室における付加的避難手段の開発に関する要求」の議題で考慮していること、RCO 6 に関しては、DE 小委員会で更なる検討を実施することを委員会に勧告する。RCO 8 は全船への適用、RCO 9 は新船のみ適用を念頭に置き、FP および STW 小委員会が更に検討することを委員会に勧告する。構造面での RCO である RCO 7.1, 7.2 および 7.3 は CATS の基準により費用対効果があるとして提案されていたが CATS の基準は改正 FSA ガイドラインには盛り込まれなかったため、委員会に勧告しない。

2.4 他の FSA 提案のレビュー

2.4.1 一般貨物船⁵⁸⁾

これは、1981 年 12 月 31 日～2009 年 1 月 1 日の間に引き渡された 500GT 以上の一般貨物船で、IACS メンバーの船級船を対象とする IACS による FSA であり、第 4 回 FSA EG でレビューされた。

最終提案として挙げられている RCO は以下の 10 種類である。

(GCAF が 300 万 US\$未満)

RCO 27: ECDIS に統合された錨泊監視アラーム

RCO 20: ポートステートコントロール検査員の訓練

RCO 32: 監視アラームと自動操舵装置結合
(NCAF が負)

- RCO 28: 保守手続きのチェックリスト
- RCO 26: すべての監視員の ECDIS 訓練
- RCO 23: 状況認識能力向上のためのシミュレータ訓練
- RCO 8: 制限水域航行のための準備と操船の向上(乗員とパイロット)
(NCAF が正で、3 百万 US\$未満)
- RCO 17: 貨物の格納の向上(特に穀物以外のばら積み貨物と重量物)
- RCO 19: 一般貨物船の拡張された検査
- RCO 2: AIS とレーダと一体化された ECDIS (新造船のみ)

同 FSA は FSA ガイドラインに全般的に従っているため、それらの RCO の更なる考慮を委員会に勧告する。RCO 26, 27 そして 2 に関しては ECDIS に関する SOLAS の規則がある大きさ以上の船舶に課されていることに注意する。さらに、それらの RCO の付加的な技術的な考慮は関係する適切な小委員会で行うべきであることに注意した。その後 MSC 90 の GBS/FSA WG で検討され、(NAV 小委員会は RCO 27、32 と 2 を、FSI 小委員会は RCO 20 と RCO 19 を、STW 小委員会は RCO 26、23 と 8 を、FP 小委員会は RCO 28 を、DSC 小委員会は RCO 17 を考慮することとなった。

2.4.2 危険物貨物の海上輸送に関する FSA⁶²⁾

当該 FSA は水と二酸化炭素に危険な仕方で反応を示す貨物の海上輸送に関するものである。また、当該 FSA は使用できる事故データが少ないために、専門家判断に依存している。また、この FSA は定性的なものであるが、FSA ガイドラインは定性的な方法を排除していないため、当該 FSA は全般的に FSA ガイドラインに従ってなされたものと認められる。しかし、いくつかの勧告については定量的な費用対効果解析が欠けているため確信が持てない。当該 FSA の勧告は以下の 4 つである。

- 1) 危険物の包装及び貯蔵に関する IMDG Code の改正
- 2) 消火装置要件の再検討と改正
- 3) EmS 及び/又は EmS F-G の改正
- 4) 危険物が係る火災に関する IMO Model Courses の改正

EG はそれらの勧告が適切な小委員会でさらに検討を進めるよう委員会に勧告し、委員会の検討により勧告 1)は DSC 小委員会が、勧告 2)は FP 小委員会が、勧告 3)は DSC 小委員会が、そして勧告 4)は DSC 小委員会がさらに考慮することになった。

2.5 FSA 提案のレビューにおいて指摘された問題点

上記の FSA 提案の FSA EG によるレビューでは、ほぼ共通して以下の問題点が指摘された。

- 1) LRFP, LMIU などの商用の海難データベースは事故の詳細記述や事故発生の原因(root-cause)の記述がなく、誤った記述もある。IMO の事故データベースである GISIS はより詳細であるが、それらほど多くの事故を含んでいない。メンバー国は GISIS の拡充に協力すべきである。
- 2) HAZID 結果とその後の部分、特に Step 2 のリスク解析の間には乖離が見られる。
- 3) 不確実さ解析と感度解析がなされていない FSA がある。当時の FSA ガイドラインには不確実さ解析と感度解析についての記述がないため、それらの記述を追加すべきである。

以上の問題点のうち 1)は GISIS が拡充できれば良いが、現状の商用データベースもよく吟味した上で使用することが可能と思われる。2)は HAZID により得られた簡略な事故シナリオとリスク解析で作成されたイベントツリー等によるリスクモデルが幾分調和がとれていないということではないかと思われる。この解決のためには HAZID においてリスクモデルの作成を考慮にいたした対応が有効と思われる。3)に関しては改正ガイドラインに不確実さ解析と感度解析についての記述が追加されたが、その実施方法についての実例に基づく説明が必要と思われる。

3 当所の貢献

MSC 85 および MEPC 59 以降の当所の FSA 関連審議における貢献を下記に示す。

3.1 EREC 関連

3.1.1 非線形コスト関数

SAFEDOR は、タンカーからの油流出事故における 1 トン当りの対処費用は一定で、60,000US\$であるとして一定値 CATS を提案していたが、当所は IOPCF の報告書より、1 トン当たりの対処費用は油流出量で異なり、1 回の事故における油流出量が多くなればなるほど小さくなることを発見し MEPC に流出量依存の CATS を提案した²⁾。これが MEPC において継続的に設けられた EREC のための CG および FSA WG の議長(Prof. Psaraftis, ギリシャ)に支持され、一定値 CATS_{thr} 採用を唱えている SAFEDOR 側の加盟国による巻き返しもあったが、結果として MEPC においてこの考え方が採用されるに至った。これと関連して、SAFEDOR によるタンカーの FSA 提案のレビューは CATS に関する議論が完了するまでは行わないとの MEPC の総意が得られた。さらに、前述のように、RCO にかかる費用から RCO によりもたらされる金銭面での便益(事故シナリオ毎の RCO 無の場合の処理費用から RCO

有の場合の処理費用を引いた値)が負であるとの定式化が採用されることになり、これに伴い CATS は改正 FSA ガイドラインには採用されなかった。このことが SAFEDOR によるタンカーの FSA による構造面での RCO を非勧告とする決定要因となった。

また、非線形コスト関数の形の CATS を用いて費用対効果を評価する際の式(2)に示す定式化を示した⁶⁶⁾。

$$\Delta C < E[W_{org}] * CATS(W_{org}) - E[W_{new}] * CATS(W_{new}) \quad (2)$$

ここで $E[W_{org}]$ は RCO 適用前の油流出量の平均値、 $E[W_{new}]$ は RCO 適用後の油流出量の平均値を示す。

また、当所の研究者が日本代表を務め、環境 FSA の WG に参加した各国の代表にこの考え方を説明することにより支持国を増やす努力を行い、非線形コスト関数の採用に貢献した。

さらに、IMO 提案文書にある技術的情報を論文にすることにより根拠を強化した^{89), 90)}。その論文の 1 つが SNAME の VADM 賞を受賞した⁸⁹⁾。

3.1.2 統合データベースの作成への関与

IOPCF データ以外の油流出量と処理コストのデータがノルウェーと米国から提出された後、それらのデータから構成され、非線形コスト関数の根拠となる統合データベース(Consolidated database)をドイツ、ギリシャ、米国とともに作成した。それに基非線形コスト関数が改正 FSA ガイドラインに掲載されている。また、統合データベース作成過程において、IOPCF、ノルウェー、米国のデータを組み合わせにおける回帰直線を計算し IMO に提出した⁷⁸⁾。

3.1.3 安全係数

前述のように、安全係数が 2 種類あることを指摘し、それらの実績が不十分な間はそれらを 1 とすべきことを文書で示す⁵¹⁾とともに、WG および委員会が主張した。

さらに、SAFEDOR のタンカーの FSA 提案の見直しの際に、構造面での RCO が費用対効果が良いと判定されるために安全係数が幾ら以上でなければならないかを試算し、それが常識的な値をはるかに超える値であることを示した^{53), 61)}。

3.1.4 油流出防止 RCO の場合の費用対効果評価

人命安全を目的とする RCO を提案する FSA(以下、安全 FSA と呼ぶ)では RCO の費用対効果を評価する際に、GCAF あるいは NCAF という 1 人の死者を救うために必要なコスト、すなわち費用効率の最大値を定めていたが、油流出防止の RCO の評価のためにはコストより便益の方が大きいという、いわゆる費用対効果の評価が適当である旨を指摘した文書を IMO に提出した⁸²⁾。

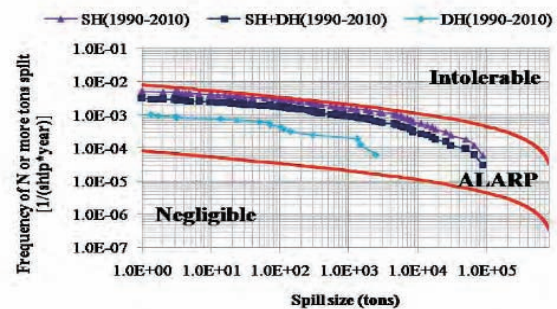


図-3 F-W 線図における曲線の ALARP 領域⁵²⁾

3.1.5 F-W 線図上の ALARP 領域

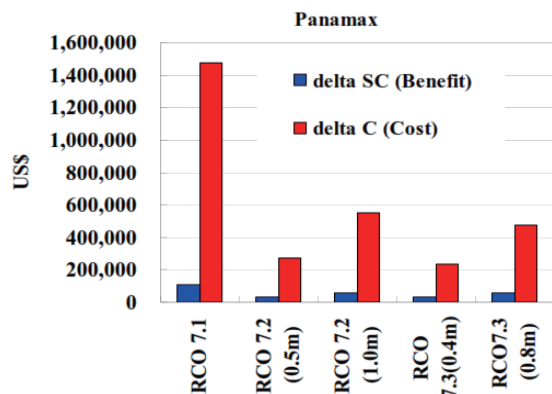
F-W 線図上の ALARP 領域の上限の線として、図-3 に示すような、どの油流出量でも上限線と実績線との比がほぼ一定であるような線を提案した⁵²⁾。この線は、両対数グラフにおいて曲線になる。もし、この線が安全 FSA と同様傾き-1 の直線では大量の油流出事故の発生を厳しく押さえても、少量の油流出量の発生をかなりの程度許容することになり、不適当と思われるためである。これは、曲線の ALARP 領域について提出した論文⁹¹⁾を基にしている。

EREC に関する審議の初期段階である MEPC 58 の後の CG においてドイツは両対数グラフにおける直線の ALARP 領域を扱った論文⁹²⁾から図を抜き出して油流出事故の ALARP 領域の例示を行った。それ以後 ALARP 領域の提案は日本以外からはなく、MEPC から EREC 関連事項の改正 FSA ガイドラインへの組込の審議を引き継いだ MSC 90 では ALARP 領域に関して委員会が意思決定をするには時期尚早という結果になった⁵⁸⁾。今後二重船殻タンカーが大勢を占め、その実績が蓄積された暁には検討されるものと思われる。

3.2 SAFEDOR によるタンカーの FSA 提案への対抗

一定値 CATS の場合、構造面での RCO が費用対効果が高いとされてしまうところ、図-4 に示すように、流出量依存のコスト関数を適用することによりそれらの費用対効果は極めて悪くなることを示した^{53), 61)}。

また、SAFEDOR による二重船殻タンカーのリスクモデルの妥当性を IHSF データにより検証し、それは単船殻タンカーの事故も含めた原油タンカー全体の油流出リスクを大幅に超える値を出力するため二重船殻タンカーのリスクモデルとしては不適当であることを示した(表-3,4)⁶¹⁾。SAFEDOR 側は IHSF データには欠陥があり、彼らはそれを別のデータで修正したものを使用したと主張し、その後当所でも大幅に異なった油流出量を示す事故データを IHSF に確認したところ SAFEDOR 側の主張が正しいことを確認した。それらのデータは IHSF が改



図－4 構造面の RCO の導入によるコストと便益の比較 (Panamax 型タンカー)

表－3 油流出リスク(トン/隻年) (IHSF 海難および船舶データベース [1990-2010])

	Collision (CN)	Contact (CT)	Grounding (WS)	Fire/Explosion (FX)	NASF
SH	4.03E+00	9.01E-01	1.38E+01	3.08E+00	2.68E+00
DH	2.76E-01	1.11E-02	8.58E-02	0.00E+00	2.03E-04
SH+DH	2.18E+00	4.65E-01	7.06E+00	1.57E+00	1.37E+00

表－4 SAFEDOR によるタンカーFSAに掲載された統計データから算出された事故発生頻度、人命損失リスク(PLL)と油流出リスク(PLC) (MEPC 58/INF.2)

	Collision	Contact	Grounding	Fire	Explosion	NASF
Frequency	1.03E-02	3.61E-03	7.45E-03	2.95E-03	1.51E-03	5.74E-03
PLL	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PLC	4.91E+00	5.11E-01	9.54E+00	5.59E+00	1.08E+01	6.62E+00

表－5 SAFEDOR によるタンカーFSAに掲載されたイベントツリーより得られた事故発生頻度、人命損失リスク(PLL)と油流出リスク(PLC) (MEPC 58/INF.2)

	Collision	Contact	Grounding	Fire	Explosion	NASF
Frequency	1.03E-02	3.72E-03	7.49E-03	3.65E-03	1.90E-03	1.93E-03 (5.74E-03)
PLL	4.91E-03	0.00E+00	1.32E-04	2.34E-03	5.07E-03	1.94E-04
PLC	1.30E+01	1.41E+00	2.48E+01	2.35E+01	1.23E+01	1.44E+00

善する予定である。しかし、当所は SAFEDOR リスクによるリスクモデルは SAFEDOR 側が使用した修正データベースによる値より大きな値を出力するという問題も指摘した(表－5)。

3.3 審議過程における貢献

これまでの IMO における FSA 関連審議において、当所の研究員が国土交通省の指導の下に日本提案を起草し、また、日本の代表団の一員として IMO の委員会で日本提案の実現に努めるだけでなく、FSA WG や FSA EG の議長、さらには、FSA 関連の CG のコーディネータを務めて FSA 関連議題において各国意見の調整と結論の取りまとめを実施してきた。

4 おわりに

1993 年に英国が IMO に FSA の提案を行ってからほぼ 20 年が経過した。その間に FSA ガイドラインの成立、油流出事故の RCO の費用対効果評価方法の確立と FSA ガイドラインへの組込、種々の FSA 提案と FSA EG によるレビュー等がなされ、FSA は今や IMO における基準審議において不可欠なツールとなっている。FSA における主な基本技術としてリスク評価手法があるが、それは現在 GBS の基本技術ともなっている。

当所は確立されたリスク評価手法を基に学術的に有効な方法でリスク評価のための種々の技術を開発して FSA ガイドラインの改善と FSA 提案の審議に寄与するとともに、FSA WG および FSA EG の議長を務める等を行い、FSA の発展のために長年貢献してきた。安全基準が変更されると船舶に大きな影響を与えるため、RCO の強制化を目的とした基準変更を行うには確立された手法に基づく慎重な検討が必要である。欧州諸国は FSA を RCO の強制化による製品販売あるいは政治的パフォーマンスのツールと考えている節もあり、強引な手法による提案がかなり見受けられた。そのような提案に対して当所は合理性に勝る対抗提案を提出し、世界の海事産業にとって不利益となる提案を排除するよう努力してきた。当所は今後もこれまでと同様に FSA 関連手法の開発と FSA 提案の審議への貢献をし、海事分野の安全確保と健全な発展に寄与する所存である。

謝 辞

本研究は、財団法人船舶技術研究協会の委託研究「船舶の構造破壊防止プロジェクト環境影響評価手法に関する研究」の一環として実施したものである。船舶技術研究協会及び当該研究の委員の皆様には深甚の謝意を表する。

参考文献 (IMO 文書以外は斜体で示す。)

- 1) 金湖,有馬: 船舶海洋分野におけるリスク評価の事例としての FSA, 海技研報告, Vol.8, No.4, 31/Mar./2009.
- 2) 山田: IMO における環境リスク評価基準の審議動向について, 海技研報告, Vol.8, No.4, 31/Mar./2009.
- 3) MSC80/7: Consideration of the establishment of a group of experts on FSA, Note by the Secretariat, 4/Feb./2005.

- 4) MSC 83/21/1: FSA – Liquefied Natural Gas(LNG) carriers, Submitted by Denmark, 3/July/2007.
- 5) MSC 83/INF.3: FSA – Liquefied Natural Gas(LNG) carriers. Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Denmark, 3/July/2007.
- 6) MSC 83/21/2: FSA – container vessels, Submitted by Denmark, 3/July/2007.
- 7) MSC 83/INF.8: FSA – container vessels. Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Denmark, 3/July/2007.
- 8) MSC 85/17: Outcome of MSC 84 on matters related to formal safety assessment (FSA), Submitted by the Secretariat, 30/Sep/2008
- 9) MSC 85/17/1: FSA – Cruise ships, Submitted by Denmark, 21/July/2008
- 10) MSC 85/17/2: FSA – RoPax ships, Submitted by Denmark, 21/July/2008
- 11) MSC 85/17/3: Outcome of MEPC58, Submitted by Secretariat, 22/Oct./2008
- 12) MSC 85/INF.2: FSA – Cruise ships, Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Denmark, 21/July/2008
- 13) MSC 85/INF.3: FSA – RoPax ships, Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Denmark, 21/July/2008
- 14) MSC 85/19: General Cargo Ship Safety Outcome of MSC 84, Submitted by the Secretariat, 30/Aug./2008
- 15) MSC 85/19/1: General Cargo Ship Safety Formal Safety Assessment – Preparatory Step, Submitted by Germany, Norway and IACS, 11/Sep./2008
- 16) MSC 85/19/2: General Cargo Ship Safety Identification of problem areas for general cargo safety, Submitted by the Republic of Korea, 23/Sep./2008
- 17) MSC 86/17: Outcome of MSC 85 related to formal safety assessment (FSA) and establishment of an FSA Experts Group, Note by the Secretariat, 30/Jan./2009
- 18) MSC 86/17/1: Comments on the FSA Experts Group and database issues, Submitted by Greece, 8/April/2009
- 19) MSC 86/17/2: Application of the FSA Guidelines and review of FSA studies, Submitted by Greece, 8/April/2009
- 20) MSC 86/19: General Cargo Ship Safety Outcome of MSC 85, Submitted by the Secretariat, 5/Mar./2008
- 21) MSC 86/19/1: General Cargo Ship Safety Comments on an FSA study, Submitted by Germany, 25/Feb./2009
- 22) MSC 86/INF.4: General Cargo Ship Safety IACS FSA study – Step 1 (Evaluation of Historical Data), Submitted by the IACS, 18/Mar./2009
- 23) MSC86/WP.9: Report of the FSA Experts Group, 6/June/2009.
- 24) MSC 87/18: Report of first intersessional meeting and the correspondence group of the Formal Safety Assessment (FSA) Expert Group, Submitted by the Chairman of the Experts Group, 9/Feb./2010
- 25) MSC 87/18/1: FSA – dangerous goods transport with open-top containerships, Submitted by Denmark, 24/Sep./2009
- 26) MSC 87/18/2: Comments by SAFEDOR on the FSA Experts Group report(FSA on LNG carriers), Submitted by Denmark, 9/Mar./2010
- 27) MSC 87/18/3: Comments by SAFEDOR on the FSA Experts Group report(FSA on cruise ships), Submitted by Denmark, 22/Mar./2010
- 28) MSC 87/18/4: Comments by SAFEDOR on the FSA Experts Group report (FSA on containerships), Submitted by Denmark, 22/Mar./2010
- 29) MSC 87/18/5: Comments by SAFEDOR on the FSA Experts Group report (FSA on RoPax ships), Submitted by Denmark, 23/Mar./2010
- 30) MSC 87/18/6: Outcome of MEPC 60, Note by the Secretariat, 9/April/2010
- 31) MSC 87/INF.2: FSA – dangerous goods transport with open-top containerships, Submitted by Denmark, 24/Sep./2009
- 32) MSC 87/INF.3: General Cargo Ship Safety IACS FSA Study – Step 1(Evaluation of Historical Data), Subitted by IACS, 21/Jan./2010
- 33) MSC 87/WP.7: Report of the Experts Group, 20/May/2010
- 34) MSC 88/17: Outcome of MSC87, Note by the Secretariat, 23/Aug./2010
- 35) MSC 88/17/1: Future arrangements of the Expert Group, Note by the Secretariat, 28/Sep./2010
- 36) MSC 88/17/2: Outcome of MEPC 61, Note by Secretariat, 11/Oct./2010

- 37) MSC 88/19: Outcome of MSC 87, Note by the Secretariat, 7/July/2010
- 38) MSC 88/19/1: General Cargo Ship Safety FSA Study – step 2 (Risk Analysis) by IACS, Submitted by the Islamic Republic of Iran, 14/Sep./2010
- 39) MSC 88/19/2: General Cargo Ship Safety IACS FSA Study, Submitted by IACS, 20/Sep./2010
- 40) MSC 88/INF.6: General Cargo Ship Safety IACS FSA Study – Step 3 and 4 (Risk control options and Cost benefit assessment), Submitted by IACS, 20/Sep./2010
- 41) MSC 89/16: Outcome of MSC 88, Note by the Secretariat, 21/Jan./2011
- 42) MSC 89/16/1: Report of the Correspondence Group, Submitted by Japan, 8/Feb./2011
- 43) MSC 89/INF.12: Information on expert elicitation, Submitted by the United States, 7/Mar./2011
- 44) MSC 89/WP.3: General Cargo Ship Safety – Report of the FSA Expert Group, 17/May/2011
- 45) MSC 89/17: General Cargo Ship Safety Outcome of MSC 88, Note by the Secretariat, 21/Jan./2011
- 46) MSC 89/17/1: General Cargo Ship Safety General cargo ship surveys, Submitted by Argentina, 4/Mar./2011
- 47) MSC 89/WP.7: Goal-based New Ship Construction Standard Formal Safety Assessment – Report of the Working Group, 18/May/2011
- 48) MSC 90/19: Report of the correspondence group (part 1), Submitted by Japan, 13/Mar./2012
- 49) MSC 90/19/Add.1: Report of the correspondence group (part 2), Submitted by Japan, 13/Mar./2012
- 50) MSC 90/19/1: Outcome of MSC 89 and MEPC 62, Note by the Secretariat, 25/Oct./2011
- 51) MSC 90/19/2: Consideration on uncertainty factor and assurance factor in environmental risk evaluation criteria, Submitted by Japan, 13/Mar./2012
- 52) MSC 90/19/3: Method for setting borders of ALARP region on FT diagrams in environmental FSA, Submitted by Japan, 13/Mar./2012
- 53) MSC 90/19/4: Results of re-analysis of FSA study on crude oil tankers based on environmental risk evaluation criteria (EREC) and latest casualty data, Submitted by Japan, 13/Mar./2012
- 54) MSC 90/19/5 FSA review process, Submitted by Argentina, Denmark, Germany, Norway and IACS, 13/Mar./2012
- 55) MSC 90/19/6: Comments on report of the Correspondence Group on Formal Safety Assessment, Submitted by IACS, 28/Mar./2012
- 56) MSC 90/19/4 Corr.1 Results of re-analysis of FSA study on crude oil tankers based on environmental risk evaluation criteria (EREC) and latest casualty data Corrigendum, 4/April/2012
- 57) MSC 90/21/1: General Cargo Ship Safety – Report of the correspondence group, Submitted by Japan, 13/Mar./2012.
- 58) MSC 90/WP.7: Goal-based New Ship Construction Standard, Formal Safety Assessment, General Cargo Ship Safety – Report of the Working Group, 18/May/2011
- 59) MSC 91/16: Outcome of MSC 90, Draft Revised Guidelines and draft HEAP Guidelines, Note by the Secretariat, 28/Aug/2012.
- 60) MSC 91/16/1: Comments on the re-established of FSA Experts Group, Submitted by Japan, 3/Oct./2012.
- 61) MSC 91/INF.5: Details of results of re-analysis of FSA study on crude oil tankers, Submitted by Japan, 27/Sep./2012.
- 62) MSC 91/WP.6: Report of the FSA Experts Group, Submitted by FSA EG, 28/Nov./2012.
- 63) MEPC 58/17/2: FSA – Crude Oil Tankers, Submitted by Denmark, 4/July/2008
- 64) MEPC 58/INF.2: FSA – Crude Oil Tankers, Submitted by Denmark, 4/July/2008
- 65) MEPC 59/17: Report of the Correspondence Group on Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Greece on behalf of the Coordinator of the CG, 6/April/2009
- 66) MEPC 59/17/1: Comments on the Correspondence Group report of the Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Japan, 1/May/2009
- 67) MEPC 59/17/2: Progress made at MSC 86 within the context of Formal Safety Assessment, Note by the Secretariat, 11/June/2009

- 68) MEPC 59/INF.21: Analysis of Various Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Norway, 11/May/2009
- 69) MEPC 60/17: Report of the Correspondence Group on Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Greece on behalf of the Coordinator of the CG, 18/Dec./2009
- 70) MEPC 60/17/1: Information on the costs of oil spills in Norwegian territorial waters and proposal for an environmental risk criteria, Submitted by Norway, 4/Jan.2010
- 71) MEPC 60/17/2: Comments on the Correspondence Group report on Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Japan, 29/Jan./2010
- 72) MEPC 60/17/3: Comments on the Correspondence Group report on Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Japan, 29/Jan./2010
- 73) MEPC 60/WP.11: Report of the Working Group on Environmental Risk Evaluation Criteria within the context of Formal Safety Assessment, 24/March/2010
- 74) MEPC 61/18: Progress made at MSC 87 within the context of Formal Safety Assessment, Note by the Secretariat, 25/June/2010
- 75) MEPC 61/18/1: Information of the cost of oil spills in the United States' territorial waters, Submitted by the United States, 13/July/2010
- 76) MEPC 61/18/2: Further experience with non-linear oil spill cost functions, Submitted by Greece, 23/July/2010
- 77) MEPC 61/18/3: Consideration on the Development of Environmental FSA Guidelines, Submitted by Japan, 23/July/2010
- 78) MEPC 61/18/4: Updated function of oil spill cost versus spill weight (C/W formula), Submitted by Japan, 23/July 2010
- 79) MEPC 61/INF.11: Analysis on the costs of oil spills in the United States' territorial waters, Submitted by the United States, 13/July/2010.
- 80) MEPC 62/18: Combining environmental and safety criteria and selection of a severity matrix, Submitted by Greece, 5/May/2011.
- 81) MEPC 62/18/1: Further experience with oil spill databases and update of non-linear oil spill cost functions , Submitted by Greece, 5/May/ 2011
- 82) MEPC 62/18/2: Consideration on the Environmental Risk Evaluation Criteria, Submitted by Japan, 6/May/ 2011
- 83) MEPC 62/18/3: Consolidated data set on oil spills and further progress made with regard to the development of a CATS value, Submitted by Germany, Japan and United States, 6/May/2011.
- 84) MEPC 62/18/4: Consideration on the Cost of Averting a Tonne of Oil Spilled (CATS) threshold function, Submitted by Germany, Japan and United States, 6/May/2011.
- 85) MEPC 62/INF.24: Consolidated dataset on oil spills, Submitted by Germany, Japan and United States, 6/May/2011.
- 86) MEPC 62/WP.13: Report of the Working Group on Environmental Risk Evaluation Criteria within the context of Formal Safety Assessment, 13/July/2011.
- 87) DSC 16/6: Stowage of Water-Reactive Materials, Summary report of the Formal Safety Assessment, Submitted by Germany, 15/June/2011.
- 88) DSC 16/INF.2: Stowage of Water-Reactive Materials, Report of the Formal Safety Assessment, Submitted by Germany, 15/June/2011.
- 89) *Yamada, Y.: The Cost of Oil Spills from Tankers in relation to Weight of Spilled Oil, Marine Technology, Vol.46, Num. 4, Oct./2009..*
- 90) *Yamada, Y. and Kaneko, F. : On the Derivation of CATSthr within the Framework of IMO environmental FSA studies, 5th International Conference on Collision and Grounding of Ships, June/2010.*
- 91) *Kaneko, F.: On the Method for Setting borders of ALARP region on FT diagrams, 4th International Maritime Conference on Design for Safety, Oct./2010.*
- 92) *Sames, P and Hamman, R : Towards Environmental Risk Acceptance Criteria, ASME 27th International Conference on Offshore and Arctic Engineering(OMAE2008), June/2008.*