# IMO の Rule-making ツールとしての FSA の開発とバルクキャリアへの適用

海洋開発室　有馬 俊朗

## １．緒言

リスク評価（Risk Assessment）の海事産業に於ける応用範囲はこの 10 年で相当程度広がった。海洋開発分野のリスク評価に関しては、Health, Safety and Environment (HS&E)と Safety Case がキーワードとなっている。HS&E の目的は、人命を保護し、企業や地域社会の資産・財産の保全を図り、環境汚染を防止することであり、欧米では HS&E に関する厳格な法規制が発効され、当該地域の操業会社にそれら法律の順守を義務づけている。この HS&E の中では安全性評価が重要であり、必然的にリスク評価手法が使われている。英国では海洋構造物に関して Safety Case の提出を義務化しているが、Safety Case 作成においてもリスク評価が重要な位置を占めている[1]。

日本の海洋分野ではメガフロート関連の研究が活発に進められてきたが、平成 13 年には国土交通省メガフロート実用化検討会、安全性・信頼性調査検討会から「メガフロート安全性評価指針」が出された[2]。この中では総合評価として災害シナリオの作成・選定、安全性の評価が求められているが、この為にはリスク評価手法の利用が必要となる。これに対応する安全性評価手法はメガフロート研究組合と財団法人沿岸開発研究センターの下で総合信頼性評価検討委員会が提言を行っている[3]。

このような海事産業におけるリスク評価利用の状況については 2000 年と 2003 年に開催された国際船体海洋構造会議（ISSC）の特別委員会 V.1 の報告書[4, 5]の中でとり纏められており、数多くの研究例や適用例があることが分かる。

特に注目されるのが、国際海事機関（IMO）でリスク評価手法の応用として開発された規則作成用ツールである総合的安全評価法(Formal Safety Assessment, FSA)である[6]。FSA は以下の５つのステップから構成されるが（図１参照)、大別すればリスク評価と費用対効果評価の２段階の手続きを経て規則改正の為の勧告が取り纏められる。

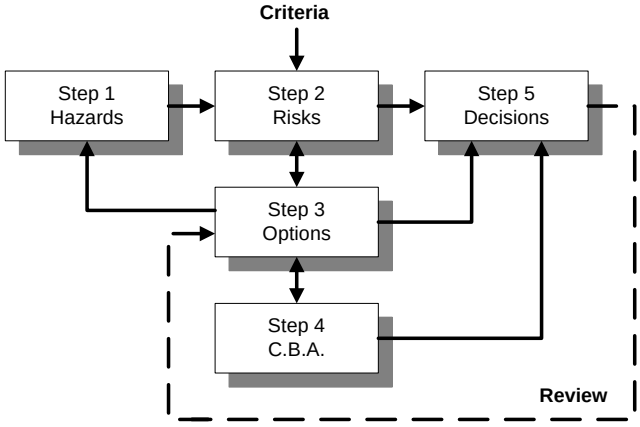


図１　FSA の５ステップ間の関係を表す概念図

Step 1：ハザードの同定
Step 2：リスク評価
Step 3：リスク制御措置（Risk Control Options, RCO)の立案・検討
Step 4：費用対効果の評価（Cost Benefit Analysis, CBA)

Step 5：最終勧告（Recommendations）

この FSA はバルクキャリアの安全の問題に応用され、2002 年 12 月に開催された第 76 回海上安全委員会（MSC 76）では FSA の結果を議論の材料にして海上人命安全条約（SOLAS 条約）XII 章の改正案の枠組みが合意された。そこで本報ではこの FSA に的を絞ってその概要を紹介するとともに NK における研究成果を報告する。

## ２．IMO の FSA ガイドライン

2001年5月のMSC 74及び2002年3月の第47回海洋環境保護委員会（MEPC 47）において、IMO の規則作成プロセスで使用するためのFSAガイドラインが採択され、2002年5月にはMSC/Circ.1023 & MEPC/Circ.392として回章された[7]。

FSA の適用は、特に、海事産業に対するコスト、若しくはその結果生じる行政面や法制面での負担という点で大きな影響を与えるような規則改正案の提案に関連して実施されることが想定されている。一般に、前述のような場合には利害関係者の意見が対立し、合意形成が困難である事態が予想されるが、FSA により規則改正案に関する選択肢と規則改正案の正当性及びその根拠を明示することが出来れば、合理的な議論が行われる環境が整うものと期待される。この為に、FSA は基本思想として透明性をもった意志決定プロセスを促進するツールとなることを目標に開発されている。

具体的に言えば、近年、現存船にも遡及適用されるような条約改正が行われることがあるが、遡及適用は新造船に適用する場合よりもコスト的に厳しいので、利害関係者の理解と議論を深める意味で FSA が有効なツールとして活用されることが期待される。例えば、現存船のハッチカバーを強化されたものとリプレースするという規則改正案は、多数決では無く、FSA を使って検討された結果、提案・推進グループとこれに反対するグループとの合意が得られ、結果として採用されなかった。

また、FSA は新形式の装置や船舶に関する規則開発にも有効であり、リスク評価技術を駆使することにより、重大事故が起こる前に潜在的ハザードを考慮することを可能にし、予防的手段としての規則開発が可能となることが期待される。例えば、IMO では大型旅客船の安全対策が検討されているが、FSA の適用が有効と思われる。

尚、IMO の FSA では、Generic Model という概念を使い、リスク評価の対象を個々の構造物やシステムではなく規則の対象となる一般化された船舶としているが、この点が他産業で実用的に使われているリスク評価とは大きく異なる特徴である。

## ３．バルクキャリアの安全に関する FSA の適用

### ３．１　バルクキャリアの安全の FSA 検討の経緯[8]

バルクキャリアの安全性（Bulk Carrier Safety, BCS）に関する検討は 1997 年の SOLAS XII 章の採択により決着したかに思われたが、英国が提出した Derbyshire 号事故報告を含む一連の提案により、議論が再燃した（表１参照）。

英国の提案には FSA による総合的評価が含まれており、BCS の国際共同 FSA プロジェクト（2001 年 5 月開催予定の MSC 74 に最終報告することが目標）を実施することが 1998 年

12 月の MSC70 で合意された。

この際、日本は独自に FSA 検討を行うことを表明し、1999 年から（社）日本造船研究協会の第 74 基準研究部会「ばら積貨物船の安全対策に関する調査研究」(RR74 バルクキャリア WG)がその作業を開始した。

表 1　IMO で BCS に関して MSC71 迄に議論されていた事項

| | |
|---|---|
| 1997 年の SOLAS 会議において SOLAS XII 章の適用外であることに対する疑問が出された事項 | Safety of bulk carriers of less than 150 m in length |
| | Safety of new bulk carriers of double side skin construction |
| | Safety of single side skin bulk carriers carrying solid bulk cargoes having a density of less than 1,780 kg/m$^2$ |
| | Safety of bulk carriers with an insufficient number of holds/transverse watertight bulkheads to satisfy regulation XII/4.2 |
| Derbyshire の事故調査報告に関連する事項 | Fore deck and fore end space access |
| | Life-saving appliances for bulk carriers |
| MSC 70 で SLF 小委員会で検討することが合意された事項 | Protection of the ship's fore end from green water |
| | Fore deck and fore end space access |

一方、IACS も英国の Derbyshire 号事故報告を受けて、他のプロジェクトに先駆けてバルクキャリアの船首部の水密性に関する FSA 検討を開始し、Hazard Identification の結果の概要（MSC 71/INF.7、Full Report は MSC72/INF.4）を 1999 年 5 月開催の MSC 71 に報告した。IACS が実施した FSA の最終報告書(MSC74/5/4)は 2001 年 5 月開催の MSC74 に報告された。尚、IACS の FSA Study は英国主導の国際共同 FSA プロジェクトの一部（Working Package 5, WP5）と整理することも出来るが、技術的な観点からは完全に独立したものである。

また、Norway と ICFTU も、英国主導の国際共同 FSA プロジェクトとは独立して、バルクキャリアの救命設備に関する FSA 検討を実施し、その結果を MSC 73 と MSC 74 に報告した（MSC 73/INF.7、MSC 74/5/5）。

日本の BCS の FSA プロジェクト（RR74BC-WG）は、2000 年 5 月開催の MSC 72 及び同年 12 月開催の MSC 73 に中間報告（MSC72/INF.7&INF.8、MSC73/INF.10）を提出し、最終勧告を含まない全体報告書（MSC74/5/3,INF9,10,11,12）を MSC 74 に提出した。これは MSC 74 の時点で英国主導の国際共同 FSA Project の作業進捗が遅く、早くても最終報告書が MSC 75 にしか提出されない状況であったことを考慮した対応であった。最終的に日本は最終報告書(MSC75/5/2 及び MSC75/INF.6)を 2002 年 5 月開催の MSC 75 に提出した。また、英国主導の国際共同 FSA プロジェクトの中間報告書（MSC75/5/1(英国)、MSC75/5/5&INF.22(仏国)など）は担当している国々から MSC 75 に報告されたが、最終報告書は更に遅れて結局、2002 年 12 月開催の MSC 76 に提出された。

尚、NK は IACS の BCS の FSA プロジェクト及び日本の BCS FSA プロジェクトの両方に参画した実績があるが、本報では特に中心的な役割の一つを担った日本の FSA プロジェクトの概要を 3.2 で紹介する。

### ３．２　日本のバルクキャリアの安全に関する FSA Study [9]

日本が実施した BCS の FSA Study では FSA の基本である Holistic Approach を採用したが、プロジェクトの実施期間や予算を勘案して、最終的にはスコープを現実的な範囲に絞り込んだ。例えば、バルクキャリアの定義としては「乾貨物を運ぶ船舶」といったより一般的な定義も議論されていたが、バルクキャリアの種類ごとのフリート分析を実施した結果、最終的にはビルジホッパータンクとトップサイドタンクを有する典型的なばら積貨物船に限定した。また、事故シナリオについても事故統計分析の結果からリスクが大きいと判断された構造損傷及び浸水事故に関連する事故シナリオに注目して検討を実施した。

ハザードの同定とリスク評価は Multidisciplinary な専門家グループによるブレーンストーミングを実施するなど、創造的な手法も併用したが、主に過去の事故統計、事故事例分析に基づいている。その結果、同定されたハザードのスクリーニングと LMIS 社の海難データベースの調査によって図２に示した重要な事故シナリオを特定した。

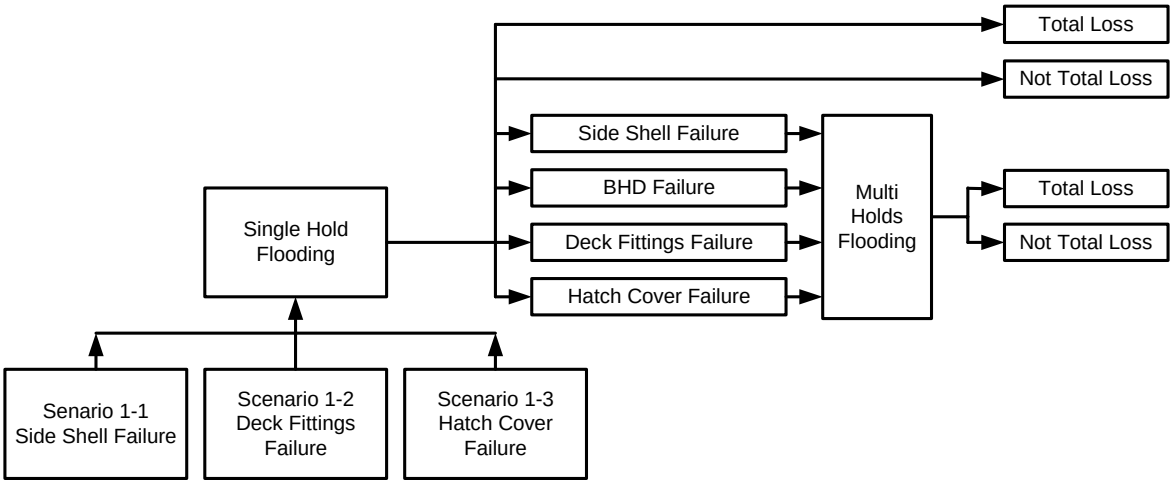


図２　リスクモデル

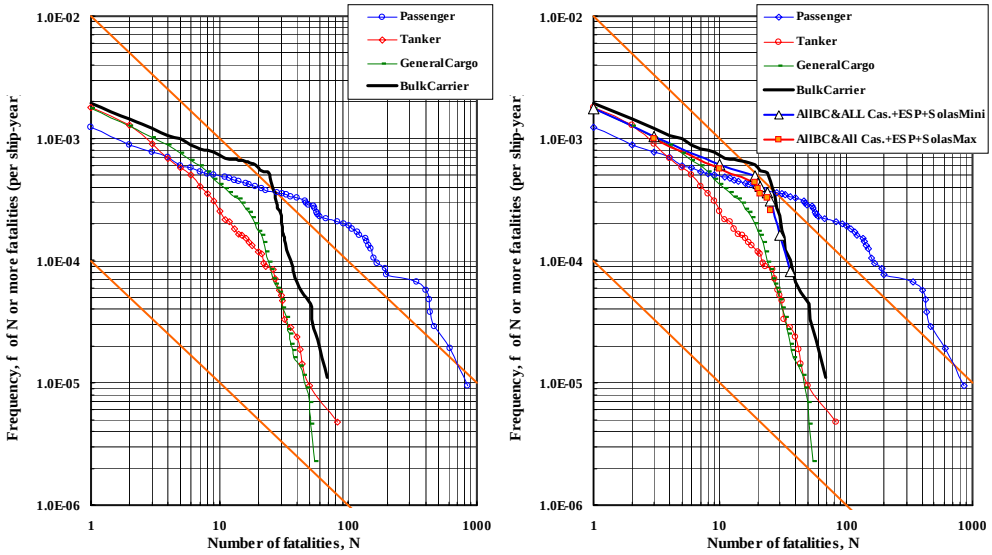


図３　SOLAS 導入後 20 年間の F-N Curve

この基本的なリスクモデルを基本に過去の事故統計データから事故シナリオ毎のリスクの大きさを推定した。ただし、事故統計だけからリスクの大きさを推定すると、最近導入された対策の効果を無視することになるので、SOLAS XII 章の効果の予測シミュレーション等を実施するなどして、既に導入済みの対策の効果を考慮して修正している（図３参照）。その結果、現在のバルクキャリアのリスクの大きさは、ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 領域にあると判断され、費用対効果の高い RCO を導入することを目標に Step 3 と Step 4 を実施した。

RCO の洗い出しは、既提案の RCO の調査と Multidisciplinary な専門家のグループによるブレーンストーミングとを組み合わせて実施した。この際に、各 RCO の効果、コスト、実施上の問題点も整理し、最終的に専門家判断により費用対効果評価の対象とする RCO を絞り込んだ（表２参照）。

表２　費用対効果を実施した RCO リストの例

| No. | Application | Contents |
|---|---|---|
| 10 | New ship | SOLAS Ch.XII + IACS UR S21 |
| 10A | | SOLAS Ch.XII |
| 10B | | IACS UR S21 |
| 20A<br>20B | Existing ship (15 years) | SOLAS Ch.XII<br>(A: BHD replace / B: reinforce) |
| 11 | New ship | Application of RCO10 to bulk carriers of less than 150 m in length |
| 21 | Existing ship (15 years) | Application of RCO20 to bulk carriers of less than 150 m in length |
| 12 | New ship | Application of RCO10 to bulk carriers with cargoes of less than 1.00 t/m$^3$ in S.G. |
| 22A<br>22B | Existing ship (15 years) | Application of RCO20 to bulk carriers with cargoes of less than 1.78 t/m$^3$ in S.G. |
| 23 | Existing ship (15 years) | (RCO20 +) UR S21 |
| 14 | New ship | (RCO10 +) up-grading of securing devices for hatch covers |
| 24 | Existing ship | (RCO20 +) up-grading of securing devices for hatch covers |
| 15 | New ship | Application of double side skin structure (all C/Hs) |
| 25A<br>25B | Existing ship (15 years) | Application of double side skin structure　(A: all / B: Nos.1&2) |
| 16 | New ship | Increase of corrosion margin of hold frames　(all C/Hs) |
| 51 | New ship & Existing ship | Control of corrosion of hold frames (Repaint every 10 years) (all C/Hs) |
| 52 | New Ship & Existing ship | Control of corrosion of hold frames (Replace after 20 years) (all C/Hs) |
| 53 | New ship & Existing ship | Weather routing |

RCO の優劣を判断する尺度としては RCO によるリスク低減量や低減率が考えられるが、RCO のコストが大き過ぎる場合には関係者の理解を得ることが困難であることが予測される。一例として、新造船と現存船を対象とした RCO のリスク低減率を比較した図をそれぞれ図４と図５に

示した。

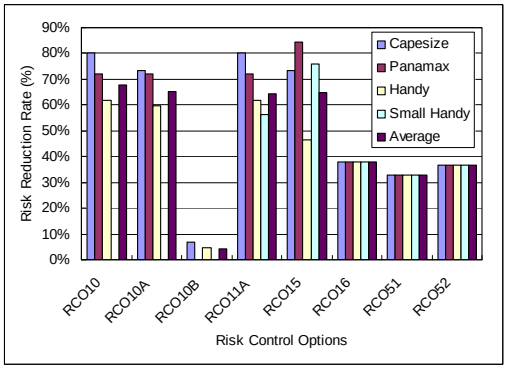


図４　新造船対象の RCO のリスク低減率

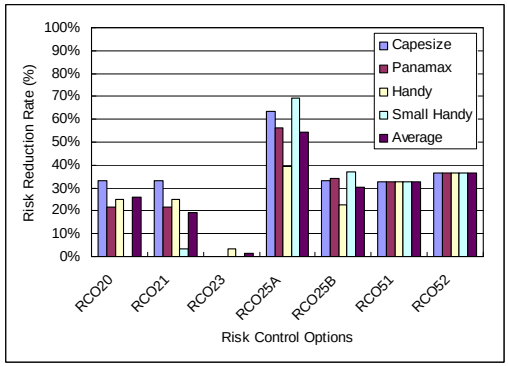


図５　現存船対象の RCO のリスク低減率

IMO の FSA ガイドラインには、費用対効果の指標として GCAF（GrossCAF）と NCAF（NetCAF）が記述されている。それぞれの定義式は以下のようであり、対策を採らなければ将来事故で死亡すると予想される人を一人助けるために必要なコストとして解釈することができる。NCAF の場合は、GCAF のコストの代わりに RCO 導入に伴う便益を差し引いた Net Cost を使用する。

$$GCAF = \frac{\Delta C}{\Delta R} \qquad NCAF = \frac{\Delta C - \Delta B}{\Delta R}$$

ここに、ΔC は RCO を導入するのに要するコスト

ΔB は RCO により得られる便益

ΔR はリスクの低減量

GCAFの基準値については、世界或いは当該国の経済活動の実情を反映した値を設定すべきであり、社会の安全に対する考え方の変化に応じて変わるべきものであろうが、BCSに関するFSAによる検討についてはGCAF、NCAF共に基準値として300万US$がIMOで採用された。

図６、図７及び表３に費用対効果の検討結果の例を示した。図６と図7はそれぞれ新造船と現存船を対象にしたRCOのGCAFの比較図である。

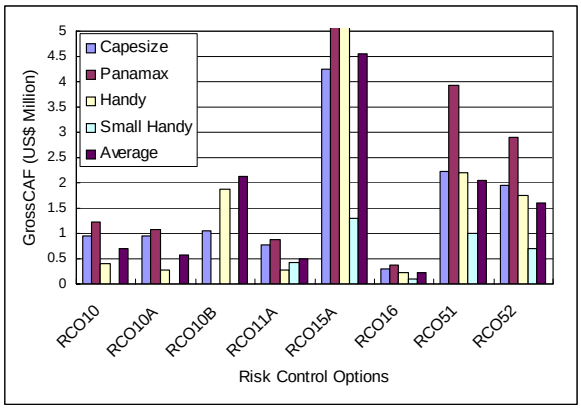


図６ 新造船対象の RCO の GCAF 比較

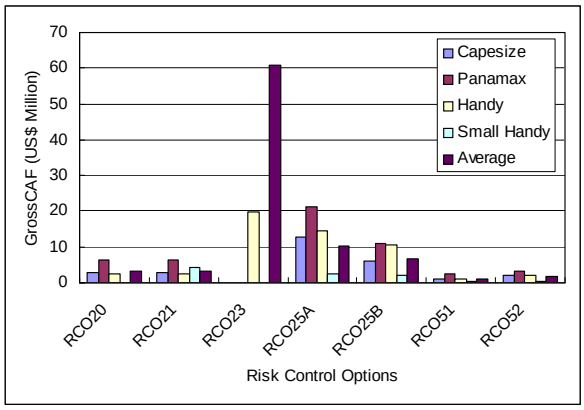


図７　現存船対象の RCO の GCAF 比較

1997年に採択されたSOLAS XII章で導入済みの対策である一区画浸水に対する強度アップに

ついては新造船を対象にした場合（RCO10）は費用対効果が相当高く、現存船を対象にした場合（RCO20）でも基準値をほぼ満足していることが分かる。ただし、他のサイズに比べてリスクレベルが小さいPanamaxバルクキャリアに限定して考えるとRCO20は費用対効果が悪く、導入は推奨されないという結果になっている。

表３　費用対効果の評価例

| | | 死者総数 | 母集団（年隻） | ESP 導入前の死亡率（人／年・隻） | ESP導入後の死亡率（人／年・隻） | リスク低減率 | コスト ΔC | 死亡率の変化量 ΔPLL | リスク低減量 ΔR | GCAF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RCO10 | Capesize | 174 | 7,898 | 2.20E-02 | 1.75E-02 | 83.3% | 297,000 | 1.46E-02 | 3.65E-01 | 813,000 |
| | Panamax | 106 | 15,134 | 7.00E-03 | 5.57E-03 | 78.1% | 108,000 | 4.35E-03 | 1.09E-01 | 992,000 |
| | Handy | 484 | 47,367 | 1.02E-02 | 8.13E-03 | 61.6% | 41,000 | 5.01E-03 | 1.25E-01 | 327,000 |
| | Total | 764 | 70,400 | 1.09E-02 | 8.63E-03 | 69.6% | 84,000 | 6.01E-03 | 1.50E-01 | 559,000 |
| RCO20 | Capesize | 174 | 7,898 | 2.20E-02 | 1.75E-02 | 33.3% | 335,000 | 5.84E-03 | 1.28E-01 | 2,627,000 |
| | Panamax | 106 | 15,134 | 7.00E-03 | 5.57E-03 | 28.1% | 169,000 | 1.57E-03 | 3.42E-02 | 4,941,000 |
| | Handy | 484 | 47,367 | 1.02E-02 | 8.13E-03 | 19.8% | 97,000 | 1.61E-03 | 3.51E-02 | 2,766,000 |
| | Total | 764 | 70,400 | 1.09E-02 | 8.63E-03 | 24.3% | 139,000 | 2.10E-03 | 4.58E-02 | 3,033,000 |
| RCO11 | Capesize | 174 | 7,898 | 2.20E-02 | 1.75E-02 | 83.3% | 297,000 | 1.46E-02 | 3.65E-01 | 813,000 |
| | Panamax | 106 | 15,134 | 7.00E-03 | 5.57E-03 | 78.1% | 108,000 | 4.35E-03 | 1.09E-01 | 992,000 |
| | Handy | 484 | 47,367 | 1.02E-02 | 8.13E-03 | 61.6% | 41,000 | 5.01E-03 | 1.25E-01 | 327,000 |
| | Small H. | 293 | 19,478 | 1.50E-02 | 1.20E-02 | 32.3% | 41,000 | 3.86E-03 | 9.65E-02 | 425,000 |
| | Total | 1057 | 89,876 | 1.18E-02 | 9.36E-03 | 58.6% | 75,000 | 5.48E-03 | 1.37E-01 | 547,000 |
| RCO21 | Capesize | 174 | 7,898 | 2.20E-02 | 1.75E-02 | 33.3% | 335,000 | 5.84E-03 | 1.28E-01 | 2,627,000 |
| | Panamax | 106 | 15,134 | 7.00E-03 | 5.57E-03 | 28.1% | 169,000 | 1.57E-03 | 3.42E-02 | 4,941,000 |
| | Handy | 484 | 47,367 | 1.02E-02 | 8.13E-03 | 19.8% | 97,000 | 1.61E-03 | 3.51E-02 | 2,766,000 |
| | Small H. | 293 | 19,478 | 1.50E-02 | 1.20E-02 | 14.5% | 44,000 | 1.74E-03 | 3.79E-02 | 1,160,000 |
| | Total | 1057 | 89,876 | 1.18E-02 | 9.36E-03 | 21.4% | 119,000 | 2.01E-03 | 4.38E-02 | 2,719,000 |
| RCO23 | Capesize | 174 | 7,898 | 2.20E-02 | 1.75E-02 | 0.0% | 188,000 | 0.00 | 0.00 | n/a |
| | Panamax | 106 | 15,134 | 7.00E-03 | 5.57E-03 | 6.3% | 142,000 | 3.48E-04 | 7.60E-03 | 18,681,000 |
| | Handy | 484 | 47,367 | 1.02E-02 | 8.13E-03 | 8.1% | 135,000 | 6.62E-04 | 1.44E-02 | 9,348,000 |
| | Small H. | 0 | 19,478 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | n/a | 0 | n/a | n/a | n/a |
| | ALL | 764 | 89,876 | 8.50E-03 | 6.76E-03 | 6.1% | 142,000 | 4.11E-04 | 8.98E-03 | 15,820,000 |

表３では各 RCO を単独に導入する場合の計算結果を示しているが、実際にはリスクモデルとの対応を念頭に複数の RCO を組み合わせて条約改正案とする必要があり、複数の RCO を同時に導入した場合の検討を行って最終勧告を行うことになる。

一例として、150m 以上の単船側バルクキャリアを対象にした日本の FSA 検討の最終勧告は以下のようなものとなった。

- SOLAS XII 章の規定の一つとして、二次防壁として浸水後の対策がとられているが、更なる安全性強化対策としては浸水防止対策が有効である。費用対効果の検討結果によれば、単船側のまま腐食予備厚を増加させる等の方法が推奨され、二重船側の強制化はこれと比べて費用対効果が悪いので推奨されない。従って、以下の RCO の導入の検討が推奨される。
  - 新造時：　船側構造の腐食予備厚の増加
  - 就航後：　船側構造の腐食制御

### ３．４　バルクキャリアの FSA Study とその後の IMO の動き

英国主導の国際共同 FSA Project の最終報告書が MSC 76 にようやく提出され、長さ 150m 以上のバルクキャリアの安全に関する全ての勧告が出揃った。不幸なことに MSC 76 開催前に大型のタンカーやバルクキャリアの油濁／沈没事故が起き、一刻も早い安全強化策の導入が望まれる状況となった。その結果、一部の FSA 検討結果については十分な Review が行われないまま議論が進んだが、最終的に表４に示すような RCO が改正案作成スキームと導入スケジュールを含めて原則合意された。現在、DE 等の小委員会で具体的な条約の改正案文の検討が行われており、2004 年 12 月の MSC 79 で採択される方向で議論が進んでいる。従って、新しい SOLAS XII 章の発効は 2006 年の 7 月 1 日が見込まれる。

表４　MSC76 で原則合意された RCO のリスト

| No | 勧告 | | 適用 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 新船 | 現存船 |
| 1 | Ship/terminal interface improvement | 政府、船主、オペレータ及びターミナルオペレータに BLU コードの適用を要請する MSC サーキュラー案の作成と共に、この RCM に内在する懸念を払拭することの検討を DSC に指示。 | Yes | Yes |
| 2 | Improved loading/stability information | Loading/Unloading 時の縦強度及び復原性に関する詳細、網羅的、かつ、ユーザーフレンドリーなガイドラインの作成を SLF 及び DE に指示。 | Yes | No |
| 3 | Mandatory BC Code | DSC に対し、BC コード強制化のフィージビリティーを検討することを指示。 | To be further considered | |
| 4 | Alternate hold loading ban | 状態評価の実施を前提として、ある船齢以降の高比重貨物の隔倉積みの禁止が重要であろうということが合意され、この件に関する DE 及び DSC に検討及び助言を要請。 | No | Yes |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Guidance on early abandonment | 隔壁が 1 区画浸水に耐えられない船舶に関し、船主に対して、船員に早期退船の必要性のガイダンスを出すことを要請するとともに、運航会社と旗国の責務を喚起する MSC サーキュラー案の作成を DE 及び NAV に指示。 | No | Yes |
| 6 | PSC officer training | 老朽バルクの構造的に脆弱な部分に関する PSC オフィサーの訓練を実施するため、FSI に MSC サーキュラー案の作成を指示。 | Yes | Yes |
| 7 | Double side skin construction （二重船側構造） | 150m 以上の新造バルクの二重船側化。(18:5)<br>DE に規則案の作成と共に、二重船側の役割、内壁の強度等の検討を指示。 | Yes | No |
| 8 | Performance standards for protective coatings | 新造船の二重船側内の専用バラストタンクと void space の塗装に関する国際的な性能基準の作成を DE に指示。 | Yes | No |
| 9 | Strengthening of hold frames to be equivalent to UR S12 by means of UR S31（船側構造の強化） | UR-S31 を IACS 船級以外の船舶にも適用するための MSC 決議案を作成することを DE に指示。 | No | Yes |
| 10 | Protection of fore deck fittings and small hatches | 関連する UR を IACS 船級以外の船舶にも適用するための MSC 決議案を作成することを DE に指示。 | Yes | Yes |
| 11 | Application of structural standards in SOLAS chapter XII（二重船側構造への XII 章の適用） | 二重船側構造の船に、1 区画浸水を考慮した構造要件(XII/5)を適用するため、規則から”of single side construction”を削除することを DE で行う XII 章の見直しに含めることを指示。 | Yes | No |
| | | 現存船については、全隔壁の強化は費用対効果が悪いことから、高比重貨物の積載禁止等の代替措置を検討することを DE に指示。(DE46 の報告に基づき、MSC77 で再検討。) | No | Yes |
| 12 | Steel repair standards and shipbuilding practices | 船舶は、船級協会の要件等に適合するよう保守されなければならないということを、船主とオペレータにリマインドするための Circular の作成を DE に指示。 | Yes | Yes |
| 13 | Standards for hatch cover securing mechanisms（ハッチカバーのセキュアリングの強化） | UR-S21 を議論の開始ポイントとして、ハッチカバーのセキュアリング基準の作成を DE に指示。 | N o | Yes |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14 | Performance standards for water ingress alarms | 浸水監視装置の性能基準の作成を DE に指示。 | Yes | Yes |
| 15 | Immersion suits | 乗船者全員分を積付けるよう、SOLAS 第 3 章及び LSA コードの改正案の作成を DE に指示。 | Yes | Yes |
| 16 | Free-fall lifeboats with float-free capability | 新造船にフロートフリー型の自由降下型救命艇を積付けるよう、SOLAS 第 3 章及び LSA コードの改正案の作成を DE に指示。 | Yes | No |

## ４． FSA Study on BCS の経験から得られた FSA 手法に関する教訓

### ４．１ リスク評価基準について

図８は IACS が開発した FSA の訓練用教材に示されている FSA の流れ図であるが、中央のひし形で表されている部分で最初の意思決定のパラメータであるリスクの大きさが判断される[10]。

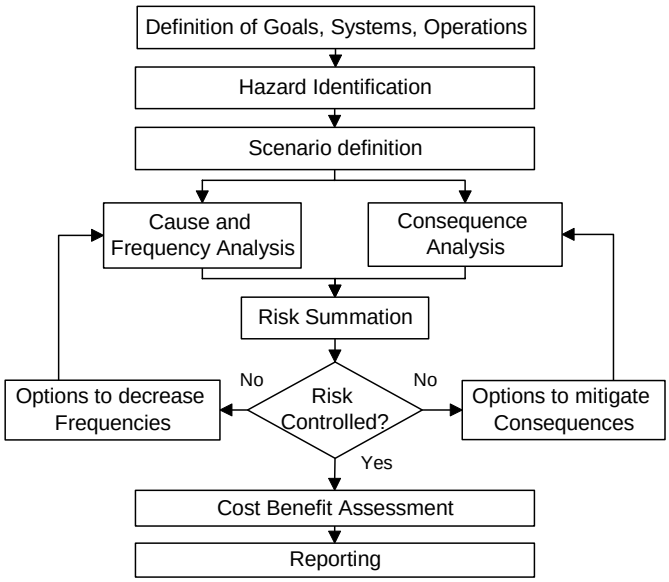


図８ FSA の流れ図

リスクが判定基準に対して十分小さい（negligible）と判断されれば、対策の検討なしに総合安全評価を終えることが出来る。しかし、通常は許容し難い(Intolerable)場合か費用と効果の観点で効率的な RCO があれば導入を検討すべき領域（ALARP region）の何れかであると考えられる。何れの場合も、発生頻度を減らす RCO 或いはコンシークエンス（事故の最終状態、結果）を軽減させる対策が検討される。リスクの大きさが許容し難い場合は緊急の対策が必要であり、下から２番目の Cost Benefit Assessment（CBA）或いは Cost Effectiveness Assessment（CEA）は必ずしも必要でないが、ALARP 領域であると判定される場合は CBA 或いは CEA が必須となる。この場合、CBA 或いは CEA を実施した結果を用いて意思決定を行う為に、RCO のコストと効果を勘案した指標とその判断基準が必要となる。

リスク許容基準（Risk acceptance criteria）については、MSC72 で Norway 提案（MSC72/16）に基づいて議論された。リスク許容基準という用語は、どんな活動であれリスクは 0 にはなり得ないので、ある一定の大きさのリスクを伴う人間の活動はその活動内容に応じて社会が許容するかどうかが判断されているとの考え方に根ざしている。実際には、リスクの大きさを定量的に推定してから判断が行われているわけではないので、現状の様々

なリスクの大きさを推定し、それを社会がどう判断したかを事後評価して、リスク評価基準を確立していかなければならない。

これらの基準値については、統計的に判断できる様々な活動のリスクの大きさと、それに応じて現実に行われている社会的な判断の結果を反映し、実情に会うように Update する必要があるが、バルクキャリアの安全に関しては、結果的に全ての Project が MSC 72/16 で提案された以下の値を採用しており、表５が一定の目安を与えていると考えられる。

表５　リスク評価基準

| リスク評価基準 | Individual Risk, IR |
|---|---|
| 容認できないリスク(Intolerable) | $10^{-3}$以上 |
| 経済的で合理的な対策が必要な領域(ALRAP 領域) | $10^{-3}$ ～ $10^{-6}$ |
| 無視できる程度のリスク(Negligible) | $10^{-6}$以下 |

Note：IR は１年あたりの死亡確率。 PLL(Potential Loss of Life)で評価する場合は、
１隻当たりの乗員数や年間を通して船上で過ごす時間の割合等を使って換算する。

尚、この表ではリスクの大きさを１年あたりに死亡する確率（Annual Individual Risk）で表現しているが、年隻当たりの死亡者数(PLL, Potential Loss of Life)とすることも出来る。両者は注にあるように換算することが出来る。また、参考までに産業別の個人の年死亡リスクの調査結果を表６に示す。

表６　産業分野別の個人の年死亡リスクの調査例

| 産業分野 | Annual Individual Risk | 産業分野 | Annual Individual Risk |
|---|---|---|---|
| 原油・ガス生産 | 100.0 x$10^{-5}$ | 電気産業 | 0.8 x$10^{-5}$ |
| 農業 | 7.9 x$10^{-5}$ | 建築 | 10.0 x$10^{-5}$ |
| 林業 | 15.0 x$10^{-5}$ | 鉄道 | 9.6 x$10^{-5}$ |
| 深海での漁業 | 84.0 x$10^{-5}$ | 全製造業 | 1.9 x$10^{-5}$ |
| エネルギー産 | 2.5 x$10^{-5}$ | 全サービス業 | 0.7 x$10^{-5}$ |
| 金属製造業 | 5.5 x$10^{-5}$ | 全産業 | 1.8 x$10^{-5}$ |
| 化学産業 | 2.1 x$10^{-5}$ | バルクキャリア | 13.0 x$10^{-5}$ |
| 機械産業 | 1.9 x$10^{-5}$ | | |

RCO の優劣を判断する尺度としては RCO によるリスク低減量が考えられるが、RCO のコストが大き過ぎる場合には関係者の理解を得ることが困難であることが予測される。より高い安全レベルを追求することが重要であることは当然であるが、前述の様に人間の行動そのものが根源的にある程度のリスクを伴っており、社会的にある程度の大きさのリスクは許容されている現状を考えると、新たな RCO の導入はその効果とコストの点でバランスが取れており、技術的な正当性が説明できるものでなければいけない。

IMOのFSAガイドラインには費用対効果の指標としてGCAFとNCAFが記述されているが、GCAFとNCAFの使い分けや複数のRCOを同時に導入する場合の評価の方法等が明確に記述されていない為に、MSC 76ではGCAFとNCAFを使った意思決定のあり方について議論が分かれた。著者らは以下に概要を示したように検討を実施し、GCAFとNCAFに関する考察を取り纏めた。尚、この検討結果は日本からMSC 76に提出されている。

GCAF が評価基準に比べて遥かに大きい場合でも、NCAF が負になる場合を含めて十分小さければ、RCO として採用すべきであるとの意見が IMO ではあったが、以下の理由により GCAF を優先すべきである。NCAF が負になる場合は RCO の導入により経済的な利益が出ることを意味しており強制化する必要性はない。特に NCAF が負で絶対値が大きい場合は、リスク低減量が小さいことの結果であることが多く、安全向上策として強制化することは問題が多い。

一例として表７のような場合を考えてみると、ケース１の RCO が最小の NCAF を与えているが、リスク低減量が小さく、優先度の高い RCO とは言えない。リスク低減量だけが異なるケース２とケース３を比べると NCAF の小さいほど優れた RCO と判断することが誤っていることは明らかである。従って、NCAF が負になった時点でその大小関係を比較することは意味がない。

表７　NCAF が負になる例

| | ΔR | ΔC (US$) | ΔB (US$) | ΔC - ΔB (US$) | NCAF (Million US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Case 1 | 0.002 | 1,000,000 | 1,100,000 | -100,000 | -50.0 |
| Case 2 | 0.01 | 1,000,000 | 1,200,000 | -200,000 | -20.0 |
| Case 3 | 0.02 | 1,000,000 | 1,200,000 | -200,000 | -10.0 |
| Case 4 | 0.20 | 1,000,000 | 2,000,000 | -1,000,000 | -5.0 |
| Case 5 | 0.20 | 1,000,000 | 1,200,000 | -200,000 | -1.0 |

また、コストの負担者と利益の享受者が異なる場合にも注意が必要であり、表８に示した例のような場合に本 RCO を導入すべきかについては、更なる検討が必要と思われる。

表８　An Example of Two Stakeholders related Cases

| | ΔR | ΔC | ΔB | Net Cost | GCAF | NCAF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 関係者 A | 0.1 | 1,000,000 | 500,000 | 500,000 | 10.0 | 5.0 |
| 関係者 B | 0.1 | 0 | 600,000 | -600,000 | 0 | -6.0 |
| （合計） | 0.1 | 1,000,000 | 1,100,000 | -100,000 | 10.0 | -1.0 |

### ４．２　複数の RCO を導入した場合の GCAF、NCAF の検討の必要性

GCAF も NCAF も RCO を導入する前後のリスクの大きさの変化、RCO によるリスク低減量を重要な変数としている。従って、複数の RCO を同時に導入する場合や、GCAF や NCAF の検討の前提となる RCO 導入前のリスクの大きさが変化した場合は、意思決定の前に GCAF や NCAF を再計算する必要がある。一例としとして、表９に示したように、単独に導入を検討した結果 GCAF が基準値を満足し、導入が推奨される２つの RCO を考える。RCO A も RCO B も単独に評価すると GCAF も NCAF も 3 Million US$を下回り、導入すべきと判断されるが、同時に導入した場合を再検討してみると、図９に示すようにリスク低減効果と便益が独立でなければ、結果として同時に導入すると GCAF 或いは NCAF が基準値を上回り、導入が推奨されない場合があり得る。従って、複数の RCO を導入するような決定を行う場合は、対応する GCAF、NCAF の再計算を必ず実施すべきである。

表９ 単独に評価した場合推奨される２つの RCO を同時に導入するべきでない例

| | ΔR | ΔC (US$) | ΔB (US$) | ΔC - ΔB (US$) | GCAF | NCAF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RCO A | 0.5 | 1,000,000 | 500,000 | 500,000 | 2.0 | 1.0 |
| RCO B | 0.5 | 1,500,000 | 500,000 | 500,000 | 3.0 | 1.5 |
| RCO A+B | 0.6 | 2,500,000 | 600,000 | 1,900,000 | 4.2 | 3.2 |

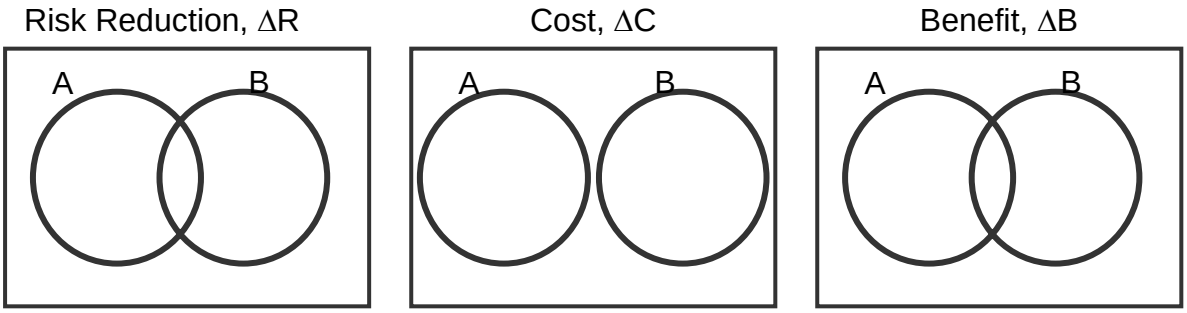


図９ Illustrative relation between RCO 1 and RCO B regarding ΔR, ΔC and ΔB

### ５．結言

４章で現状の FSA の問題点を指摘したが、実際問題としてはバルクキャリアの安全の問題に実用的に利用された実績があり、既に実用段階に入っていると言える。FSA の実施にはコストと時間がかかるとの批判もあるが、これまでの経験をベースに考えると、スコープを適切に設定し適切なプロジェクトマネージメントがあれば、FSA を使って検討しても１年間程度の時間をかければ結論が出せると考えられる。従って、FSA 実施する上で時間的な問題はそれほど大きくないと言える。

MSC 77 で FSA ガイドライン改正を検討するための Correspondence Group （CG）が作成され、検討が進められている。CG には各国から様々な議論が寄せられているが、MSC 78 迄に改正案が纏まることは難しい状況にある。MSC 78 には CG の報告だけでなく、IACS 等からも FSA に関する提案文書が提出される見込みであり、MSC 78 と MSC 79 で草案作成グループが設置されて改正案の検討を行うことが出来たとして、早くても 2005 年にならない

と改正された FSA ガイドラインが採択されない見込みである。従って、改正 FSA ガイドラインが採択される迄は、個別に指摘された現状の問題点を考慮しつつ、現状の FSA ガイドラインに沿って適用していく必要があろう。

尚、FSA とは直接は関係ないが、Bahamas と Greece の共同提案（C 89/12/1, MSC 76/5/10, MSC 77/2/5）を契機として、MSC 78 以降で IMO 戦略計画の一つとして新造船の Goal Based な構造標準について議論が開始されることになった。これに対して IACS は Goal Based を FSA 的な解釈をして図１０のような規則の体系を提案(MSC 77/INF.6)している。このような枠組みが IMO で合意されれば、FSA の役割は更に大きなものになると予想される。

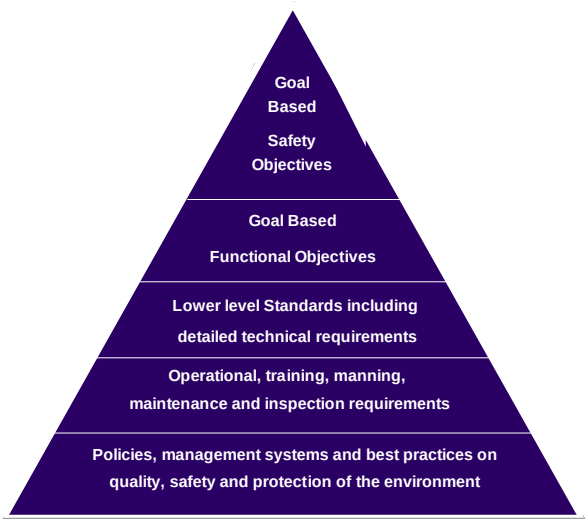


図１０　IACS で検討中の Regulation の階層構造[11]

## ６．参考文献

[1] 例えば、Peter Aird, Health safety and environmental management in drilling operations, http://www.kingdomdrilling.co.uk/hse/safety/HSEM01.pdf

[2] 国土交通省メガフロート実用化検討会、安全性・信頼性調査検討会：メガフロート安全性評価指針, 2001年3月

[3] メガフロート研究組合&財団法人沿岸開発研究センター 総合信頼性評価検討委員会：メガフロートの安全性評価手法，2001年3月

[4] ISSC Special Committee V.1, Risk Assessment, Report of 14th INTERNATIONAL SHIP AND OFFSHORE STRUCTURE CONGRESS 2000, Nagasaki, Japan, 2000.

[5] ISSC Special Committee V.1, Risk Assessment, Report of 15th INTERNATIONAL SHIP AND OFFSHORE STRUCTURE CONGRESS 2003, San Diego, USA, August 2003.

[6] 例えば、有馬俊朗：実用化に向かうFSA、日本海事協会誌 第254号、2001年

[7] IMO: Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-making Process, MSC/Cric.1023 (MEPC/Circ.392), April 2002.

[8] 例えば、（社）日本造船研究協会 RR-S702：平成 14 年度報告書、2003 年 3 月

[9] 例えば、（社）日本造船研究協会RR74 バルクキャリアWG: FORMAL SAFETY ASSESSMENT *(FSA)* OF BULK CARRIER SAFETY, http://www.mlit.go.jp/english/maritime/bcfsa/msc75/index.htm, 2002.

[10] IACS: FSA TRAINING COURSES http://www.iacs.org.uk/fsa/wp5/fsatraining.htm, 2002.

[11] 都藤幸雄：「船級協会の役割と活動について」の講演配布資料，大阪大学, 2003年11月.