

PS-21 沈船からの残留燃料油流出防止システムの総合安全性評価 (FSA) による費用対効果の検証

海洋リスク評価系 * 柚井 智洋

1. はじめに

沈船からの残留燃料油の流出は、長期的に海洋環境を汚染する可能性があるため、防止策を講じる必要がある。防止策の一つとしては、沈没時に燃料油タンクに繋がる空気管を自動的に塞ぐ機能等を有するシステム（残留燃料油流出防止システム）の導入が考えられる。国土交通省海事局内に設置された「沈船からの残留燃料油流出防止システムの導入に関する調査委員会」において、残留燃料油流出防止システムが開発され、本研究では総合安全性評価（Formal Safety Assessment, FSA）に基づき、船舶に本システムを導入した場合の費用対効果を検証した。FSA は船種毎に実施されることが一般的であるため、IHSF データの解析より IHSF データに登録してある全船種について沈没事故頻度を求め、沈没頻度の高い上位 6 船種（一般貨物船、漁船、トロール船、タグボート、バルクキャリア及びプロダクトタンカー）とコンテナ船を FSA の対象とした。また、100 総トン以上を対象とした。その結果、幾つかの船種については、本システムを導入することによる費用対効果が有ることがわかった。



図-1 空気管からの燃料油流出のイメージ
(参考文献¹⁾を基に著者作成)

なお、沈船からの油流出による環境リスクに関する研究としては、例えば原らの研究²⁾等があるが、本研究はそれらとは研究対象が異なることに留意する必要がある。文献²⁾は沈没してから年月が経過した船舶からの油流出を対象としているが、本研究の対象は、今後、建造・運航される船舶が沈没した場合の空気管からの燃料油の流出リスクである。そのような観点から研究された例は著者の知る限り存在せず、本研究独自のものと言える。

2. 総合安全性評価 (Formal Safety Assessment, FSA)

FSA とは、リスク評価と費用対効果評価を実施して、合理的な基準を策定することを目的に開発された IMO における基準審議の道具である。その手順や方法は FSA ガイドライン³⁾として策定されている。

元来、FSA は安全基準の検討のためのガイドラインとして策定されたが、数回の審議を経て、油流出リスクに対する項目を取り込んだ FSA ガイドライン³⁾が IMO の MSC 91 及び MEPC 65 において承認された。本研究では、この FSA ガイドラインに基づき、費用対効果の検証を実施した。

3. 沈船からの残留燃料油流出防止システムの概要

FSA の対象である開発された残留燃料油流出防止システムは、主に以下の性能を有している。

- ・ 船舶の沈没時に空気管からの残留燃料油流出を自動的に防ぐ。
- ・ 船舶の沈没時に生じる水圧の変化による燃料油タンクの破損を防ぐ。
- ・ いかなる向きで沈没してもシステムが正常に機能する。
- ・ システムが機能している状態においてタンク内部の残留燃料油が流出しない。

4. リスク減少量と費用増加量の推定方法

残留燃料油流出防止システムの導入による空気管からの燃料油流出リスクの減少量は、現状（残留燃料油流出防止システム導入前）での燃料油流出リスクからシステム導入後の燃料油流出リスクを引くことにより求められる。本研究では、後者はゼロであると仮定した。従って、リスク減少量は現状での燃料油流出リスクのみを求めれば良いことになる。一方、新システムの導入による費用増加量は、残留燃料油流出防止システム一つ当たりの設置・保守等にかかる費用に船種別のシステムの設置数を掛けることにより求められる。本章では、リスク減少量と費用増加量の推定方法の概要を示す。

4. 1 リスク減少量の推定法

図-2 に示すような Event Tree (ET) を構築し、シナリオ毎の事故発生頻度及び空気管からの燃料油流出量を推定し、空気管からの燃料油流出リスクを推定した。

初期事象の発生頻度は IHSF データから、各分岐確率は IHSF データ等の分析及びヒアリング調査から推定した。空気管か

らの燃料油流出量は IHSF データから求められる燃料タンク容量を基に推定した。

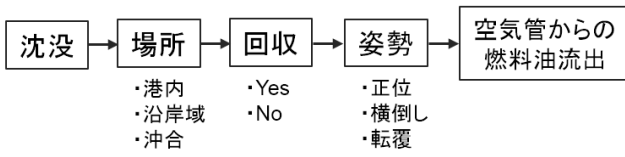


図-2 ET の一例

費用対効果評価を実施するためには、空气管からの燃料油流出量を金銭単位へ換算する必要がある。その換算は、FSA ガイドラインにある油流出コスト関数 (1式) を利用した。

$$CSFO = 42,301 \cdot VSFO^{0.7233} \quad (1)$$

ここで、 $CSFO$: 流出油の清掃等にかかるトータルコスト [US\$]、 $VSFO$: 油流出量 [ton] である。円単位で費用対効果評価を行うために、これを 1US\$=120 円として円単位に換算した。

なお、(1)式は主に国際油濁補償基金 (International Oil Pollution Compensation Fund, IOPCF) のデータを回帰分析して求められた関数であるため、海鳥等海洋生物に与える損害等は考慮されない。

また、FSA において費用対効果評価は船舶の lifetime によって行われることが一般的である。本研究では lifetime を 30 年とした。

4. 2 費用増加量の推定法

前述した通り、新システム一つ当たりの設置・保守等にかかる費用に船種別のシステムの設置数を掛けることにより推定した。船種別のシステムの設置数は、一般貨物船、ばら積み貨物船及びプロダクトタンカーは 8 個、コンテナ船は 3 個、漁船、トロール船及びタグボートは 2 個と仮定した。なお、lifetime での費用増加量を (2) 式より現在価値 (Net Present Value, NPV) で推定した。

$$NPV = A + \sum_{t=1}^T \frac{X_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

ここで、 X_t : t 年における新システムの費用、 A : 新システムの導入にかかる初期費用、 r : 償却率、 T : lifetime である。本研究では、過去に実施された FSA study (例えば 4) と同様に、 r は 5% とした。

5. リスク減少量と費用増加量の推定結果

図-3 に船種毎の lifetime でのリスク減少量と費用増加量を示す。リスク減少量が費用増加量より大きければ、費用対効果が有ることを意味する。一般貨物船とコンテナ船で費用対効果が有るとの結果となったが、それ以外の船種については、費用対効果は無いとの結果となった。費用対効果が無いとの結果となった船種 (漁船やタグ等) については、船の保有する燃料が比較的少なく、リスク減少量も必然的に小さくなっていることが特徴として挙げられる。

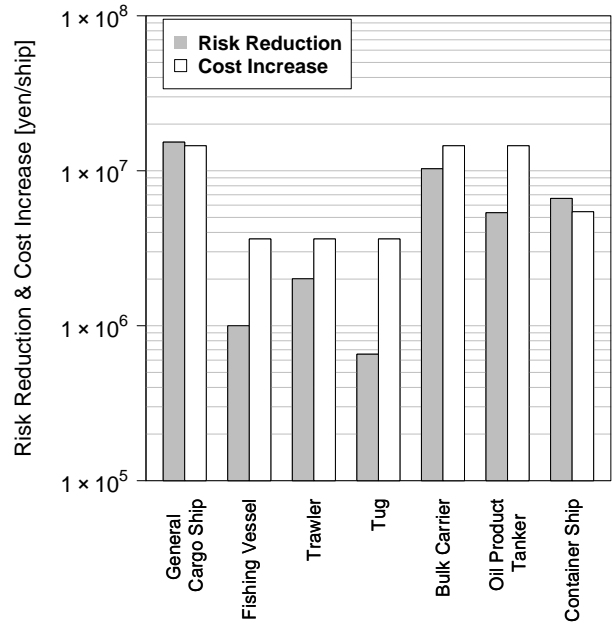


図-3 リスク減少量と費用増加量

6. まとめ

沈船からの残留燃料油流出防止システムについて FSA による費用対効果評価を実施した。その結果、一般貨物船とコンテナ船は、新システムの導入による費用対効果が有るとの結果となった。ただし、利用可能なデータの限界により、リスク減少量や費用増加量の推定結果は不確実性が大きいと考えられる。今後、信頼性の高いデータが利用できる状況になれば、より確実性の高い計算が可能になると期待される。また、油流出量の金銭換算のために用いたコスト関数には、環境被害や生態系への被害等は織り込まれていない。システムの有効性を判断する場合には、これらの要素も一考に値する。

謝辞

本研究は、国土交通省海事局に設置された「沈船からの残留燃料油流出防止システムの導入に関する調査委員会」の一環として、株式会社日本海洋科学からの請負研究により実施した。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省海事局: 平成 27 年度海事局関係予算決定概要、2015。
- 2) 原他: 沈船からの環境リスクとその対策技術、平成 17 年度 (第 5 回) 海上技術安全研究所研究発表会講演集、pp. 307-312、2005。
- 3) IMO: REVISED GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) FOR USE IN THE RULE-MAKING PROCESS, MSC-MEPC. 12/Circ. 12/Rev. 1, 2015。
- 4) Denmark: FSA-Dangerous Goods Transport with Open-Top container vessels, MSC 87/INF. 2, 2009。