

小型漁船の機関室火災に関するリスク解析

研究統括副主幹 * 吉田 公一
海上安全研究領域 危険物輸送・防災研究グループ 太田 進
ユニバーサル造船(株) 林 和男

1. はじめに

IMO では Formal Safety Assessment (FSA) と呼ばれる規則改正のための検討手法について指針⁽¹⁾をまとめており、この中で、「FSA は、人命、健康、環境、財産の保護を含む海上安全の確保を目的とした、リスク及び費用対効果の評価に基づく体系的手法である。」(c.f. 1.1.1 節)としている。これまで船舶の分野においては、人命に関するリスクの評価は試みられているが、財産に関するリスクの評価は実施例が少ない。本研究の目的は、財産に関するリスクの評価の例を示すとともに、人命や環境のリスクを無視しても費用対効果の面で有利となる安全対策の検討方法を示すことである。

そこで、対象船舶として 19 総トン型漁船(以下、「19 GRT 漁船」と呼ぶ。)を取り上げ、機関室火災について検討し、人命や環境のリスクを無視しても費用対効果の面で有利となる安全対策を模索したので⁽²⁾、以下に概要を報告する。

2. 事故例解析に基づくリスクのモデル化

海上保安庁の要救助海難統計によれば平成元年～8 年において、総トン数 5 トン以上 20 トン未満の漁船の火災事故は計 221 件発生しており、水産庁の漁船保険統計表によれば、同 8 年間で、この規模の漁船の数は計 235,721 隻・年である。よって、この規模の漁船の火災事故の発生率は、 9.4×10^{-4} 件/(隻・年)と考えられる。一方、海難審判庁が昭和 61 年に発刊した「船舶火災の実態」によれば、昭和 49～58 年の 10 年間の火災事故に占める機関室火災の割合は、全船種で 59.9 % (354 件中 212 件)、漁船で 62.2 % (230 件中 143 件)、貨物船で 57.6 % (85 件中 49 件)であった。19 GRT 漁船の火災発生率を総トン数 5～20 トンの漁船のそれで代表させ、

機関室火災が火災全体に占める割合を 60 % と仮定すれば、19 GRT 漁船の機関室火災の発生確率は 5.6×10^{-4} 件/(隻・年)と推定できる。

機関室火災事故のモデルは、平成 2～10 年の海難審判庁裁決録(データベース)に基づいて検討した。このデータベースには表 1 に示す事故例が含まれているが、このうち、機関室火災を含む可能性がある分類として、斜体で示した計 1,226 件を調査し、機関室火災事故例として全船種に関する 125 件を抽出した。抽出した事故例の概要を表 2 に示す。

表 1 データベースの事故例件数

分類	件数	分類	件数	分類	件数
火災	159	爆発	18	機関損傷	1,044
電線損傷	5	転覆	196	衝突	3,341
乗揚	1,473	沈没	65	遭難	213
その他	524	計			7,038

表 2 抽出した事故例の概要

抽出した事故例の数	125 件
死者及び行方不明者数	24 人
負傷者数	22 人
全損(修理せずに売却を含む)	52 件
修理(全損以外)	73 件
19 GRT 漁船に係る事故例	41 件

表において 19 GRT 漁船に係る事故例とは、総トン数 5～20 トンの漁船及び漁業関係の船の事故であって、瀬渡船及び遊漁船の事故を除いたものである。

各種安全対策の効果は、事故のパターンにより異なるため、着火源と出火燃焼物を表 3 及び 4 に示す通りに分類し、19 GRT 漁船の事故例 41 件を分類した。結果を表 5 に示す。表の数値は事故の件数を、括弧内の数値は廃船となった件数を意味する。

表 3 着火源の分類

電気系統	絶縁不良や漏電を含む。
排気管系	過給機を含み、排ガスは含まない。
不明	原因不明であるもの
その他	上記以外

表 4 出火燃焼物の分類

電線等	電気被覆、端子台の可燃物及びコンデンサの油を含む。
機関室油	船の機関に用いる可燃性油（燃料油、潤滑油）、可燃性油によるスス及び未燃油を含む排気ガスを含み、漁具等に用いるガソリン、機関の始動液、タンカーのヒーティング用の油、ビルジを含まない。但し、機関室に備え付けの油圧機器の作動油を含む。
不明	原因不明であるもの
その他	上記以外

表 5 抽出事故例（41 件）の着火源と出火燃焼物

	着火源	出火燃焼物			
		電線等	機関室油	その他	不明
	電気系統	20 (10)		2 (1)	
	排気管系		8 (3)	4 (2)	
	その他	1 (1)	3 (2)	1 (0)	
	不明				2 (2)

原因不明の 2 件を除く 39 件の事故例を参照し、停泊中の事故も 3 件あることを考慮して、19 GRT 漁船機関室火災の代表事故シナリオについて検討し、表 6 に示す通り、6 の代表事故シナリオを考えた。ここで、「配電盤」に起因する事故が多かったため、着火源のうち「電線等」をさらに「電線」と「配電盤」に分類した。

電線等出火	船内消火活動	船内消火成否	僚船等消火成否	修理 / 廃船の別	損害額期待値
-------	--------	--------	---------	-----------	--------

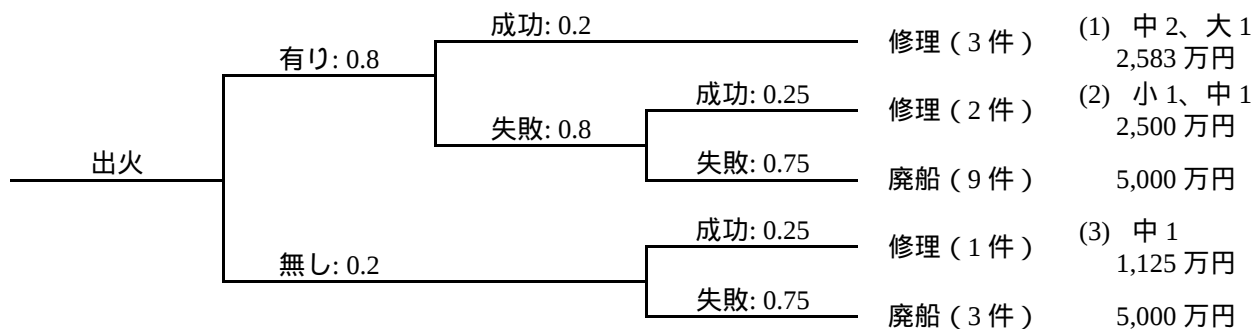


図 1 電線等の機関室火災の Event Tree

機関室油出火	船内消火活動	船内消火成否	僚船等消火成否	修理 / 廃船の別	損害額期待値
--------	--------	--------	---------	-----------	--------

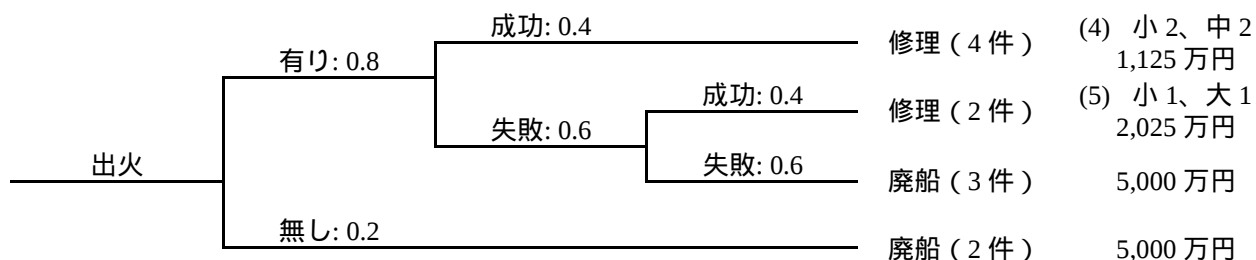


図 2 機関室油の機関室火災の Event Tree

表 6 代表事故シナリオ及び発生確率

種類	着火源	出火燃焼物	船舶状態	確率
火災-1	電線	電線等	停泊中	0.05
火災-2	電線	電線等	航海中	0.15
火災-3	配電盤	電線等	航海中	0.25
火災-4	その他	電線等	航海中	0.05
火災-5	排気管	機関室油	航海中	0.30
爆発	任意	その他	航海中	0.20

停泊中の事故（火災-1）では、船舶はいずれも事故後に修理されている。これらの事故については、船内の消火活動が行われたとしても迅速な対応は期待し難いことが事故例から伺われるため、船内の消火活動の有無は損害の規模には有意な影響は及ぼさないと仮定し、船内の消火活動の有無は考慮しない。

航海中の事故の代表事故シナリオの出火燃焼物は、「電線等」（火災-2～-4 に対応。確率 45 %）、「機関室油」、「その他」（爆発に対応）に分類できる。事故例に基づき火災探知の経緯及び消火活動の概要及びその成否について調査した結果に基づき、出火燃焼物毎の事故後の対応及びその結果をモデル化した。各出火燃焼物毎の Event Tree を図 1～3 に示す。図中「修理 / 廃船の別」における括弧内の数値は、対応する事故例の件数を意味する。「損害額期待値」については後述する。

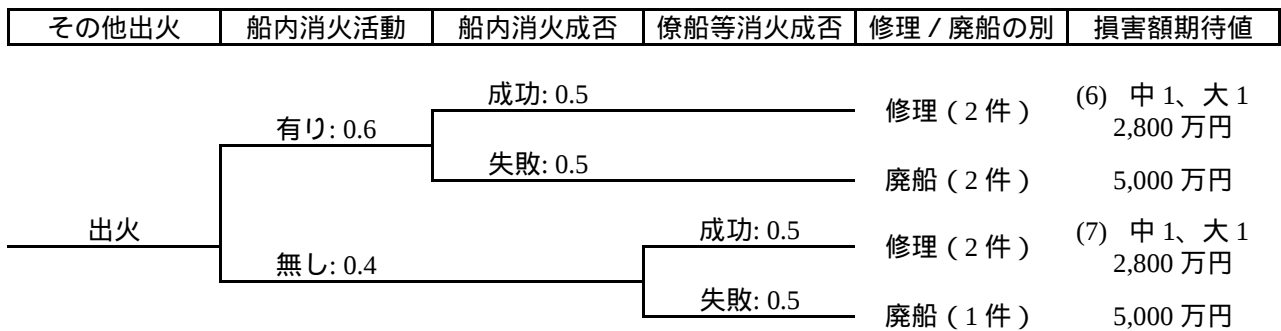


図 3 その他の機関室火災の Event Tree

3. 損害額及びリスクの推定
財産に関するリスクを求めるため、事故時の損害額を推定した。

19 GRT 漁船の新造時の船価は、魚種によっても異なるが、表 7 に示す調査結果に基づき、ここでは、1.2 億円と仮定した。

表 7 小型漁船の概略の船価及び内訳

小型漁船魚種	総額	船体	機関機器	電気機器、魚探レーダー、漁労機器
刺し網	1.0 億前後	0.5 億前後	0.2～0.25 億	0.25 億＋漁労機器（装備費は安価）
えび簗	1.1～1.2 億			0.25 億＋漁労機器
いか	1.2～1.4 億			0.25 億＋漁労機器（いか付け機械、集魚灯関係）
底引き網	1.2～1.3 億			0.25 億＋漁労機器（オッター、巻き上げ機械）
まぐろ	1.7～1.8 億			0.25 億＋漁労機器（冷凍機器関係）

事故により「廃船」（回収不能を含む。）になった場合の損害額は、その時点における船価と等しいと考え、船価は、原価償却後の残存価値の割合を 10 %、償却期間を 20 と仮定して、事故時の船齢から求めた。なお、船齢 20 年以上の場合は、一律新造時の船価の 10 %とした。廃船となった事故 20 件における船齢は、少ない方から順に、0, 2, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 14, 15, 15, 15, 15, 18, 18, 18, 18, 21, 22 であったことから、事故時の平均の船価は約 50 百万円となる。よって、廃船の場合の損害額は 50 百万円とした。

「修理」については、損害額は修理費用であると考え、修理となった 19 件の事故について修理費用を推定した。修理費用については、造船所に聞き取り調査を実施し、表 8 の通り分類した。

表 8 修理の分類と推定額（万円）

記号	分類	推定額
S1	大規模船体修理	2,500
S2	小規模船体修理	1,000
N1	主機新替	3,500
N2	補機新替	1,700
O1	主機オーバーホール	2,000
O2	補機オーバーホール	750
E	電気系統新替	350

事故例の記述に基づき、表の分類と対応させ、各事故例の修理費用を推定した結果を表 9 に示す。

表 9 各事故における修理費用の推定（万円）

ID	修理分類							修理費用
	S1	S2	N1	N2	O1	O2	E	
停泊中		○		○			○	3,050
							○	350
	○					○	○	3,600
1		○					○	1,350
	○				○			4,500
						○	○	1,100
2							○	350
							○	350
3					○		○	2,350
4							○	350
		○					○	1,350
							○	350
					○		○	2,350
5		○			○		○	3,350
							○	350
6		○		○				2,700
		○	○				○	4,850
7		○				○	○	2,100
		○			○			3,000

表において「ID」は、停泊中の事故に対応するもの及び図 1～3 において結果が「修理」となる Evant Sequence のうち、「損害額期待値」の括弧内の数値に対応する事故例であることを意味する。三角形は、有意な金額にはならないと考えられるため修理費用の積算に含めなかったことを意味する。

損害額が 350 万円の事故は 6 件、1,000 万円以上 3,000 万円未満の事故は 7 件（平均損害額 1,900 万

円)、3,000 万円以上の事故は 6 件(平均損害額 3,725 万円)であった。このことを考慮して、事故による損害は、「小修理」(損害額 350 万円)、「中修理」(損害額 1,900 万円)、「大修理」(損害額 3,700 万円)、「廃船」(損害額 5,000 万円)の 4 種類に分類した。

停泊中の電線等の火災事故は、大修理 2 件、小修理 1 件であった。これらの事故における損害額の期待値は、平均値を用いて、2,583 万円とした。同様に、図 1～3 に示した結果が「修理」となる Event Sequence における損害額期待値は、対応する事故の修理規模に応じた金額の平均値とした。

以上のシナリオに基づき、機関室火災全体の損害額の期待値を計算した結果を表 10 に示す。事故一件当たりの平均の損害額は 3,587 万円であった。前述の事故発生確率、 5.6×10^{-4} 件/(隻・年)を考慮すれば、安全対策を実施する前のリスクは、約 2 万円/(隻・年)と推定される。

表 10 代表事故シナリオと損害額(単位:万円)

出火燃焼物	船舶の状態	条件付確率	平均損害額	確率×損害
電線等	停泊中	0.05	2,583	129
電線等	航海中	0.45	3,825	1,721
機関室油	航海中	0.30	3,189	957
その他	航海中	0.20	3,900	780
計				3,587

4. 安全対策のモデル化及び評価

安全対策としては、以下の 4 種類を検討した。但し、ここでは財産リスク低減とそのためのコストに費用対効果の方法を考えることに主眼をおいた。また、リスク低減率はあくまで仮定である。

(1) 配電盤の検査強化

検討の結果安全上の効果は、配電盤を着火源とする航海中の火災の発生確率が 10 % 低下するとモデル化した。この効果は、リスクが 4.8 %、即ち 960 円/(隻・年)低下することに相当する。よって、年間 960 円程度のコストで配電盤による火災を 10 % 減らすことができれば、この安全対策は、コストに見合った効果が得られると言える。

(2) 固定式火災探知装置

安全上の効果は、電線等を出火燃焼物とする航海中の火災の発生確率が 10 % 低下し、その他を出火燃焼物とする火災の発生確率が 5 % 低下し、さらに「船内消火無し」の確率が 20 % 低減(条件付確率

がその値の 80 % になる)とモデル化した。この効果は、リスクが 6.9 %、即ち 1,380 円/(隻・年)低下することに相当する。一方、調査の結果、この対策のコストは約 85 万円と推定され、船価と同じモデルを適用すればそのコストは 3.8 万円/年である。

(3) 固定式(泡)消火設備

安全上の効果は、「船内消火無し」の確率が 20 % 低減し、さらに船内消火の成功率が 50 % 増加するとモデル化した。この効果は、リスクが 3.7 %、即ち 740 円/(隻・年)低下することに相当する。一方、調査の結果、この対策のコストは約 100 万円と推定され、船価と同じモデルを適用すれば、そのコストは年間 4.5 万円である。

(4) 機関室外部からの消火用配管

安全上の効果は、「船内消火無し」の確率が 10 % 低減し、さらに、船内消火の成功率が 30 % 増加するとモデル化した。この効果は、リスクが 2.1 %、即ち 420 円/(隻・年)低下することに相当する。一方、調査の結果、この対策のコストは約 10 万円と推定され、船価と同じモデルを適用すれば、そのコストは年間 4,500 円である。

5. おわりに

本研究では、19 トン漁船が保有する機関室火災による財産に関するリスクを検討し、想定される財産リスク低減量とそのためのコストを比較した。即ち費用対効果を人命や環境に関するリスクを無視して検討し、財産に関するリスク解析及び費用対効果の解析の一例を示した。また、安全対策のリスク低減効果の見積りが費用対効果に寄与することも示した。本研究は日本造船研究協会(RR-S7 委員会)との共同研究として実施したものである。御討論をいただいた委員会関係各位並びに助成を賜った日本財団に感謝します。

参考文献

- (1) IMO, MSC/Circ.1023 & MEPC/Circ.392: "Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-Making Process", 5 April 2002
- (2) (社)日本造船研究協会 RR-S7「船舶の総合的安全評価に関する研究」平成 14 年度報告書、2003 年 3 月