海難審判庁の裁決録をもとにしたイベントツリーを

用いた油流出と人身事故の分析*

田 伏 秀 名** 石 田 憲 治***

Event Tree Analysis of Casualties and Oil Spills Caused by Marine Accident

By Hidena Tabuse Kenji Ishida

Today, 1350 ship collision incidents occur in Japan in one year. This means that four collisions occur every day. These cases not only risked the loss of human life, but also developed into serious oil spills. Oil spill from ships can cause very serious on the financial and environmental damage, as well.

Causes of these incidents are investigated and it is usually concluded, from the psychological and medical viewpoints, to be operator error. After those incidents, it is very important to perform research for developing and improving safety devices or systems and for understanding recurrence of incidents. An Event Tree Analysis method of compounding maritime incidents, especially those including oil spill and casualties after a collision is introduced.

1. はじめに

海難審判庁の HP を見ると、日本国内で年間平均 1350 件の衝突海難が発生している。これは、一日当たりになおすと、毎日 4 件弱の衝突海難が発生していることになる。海難事故の中でも、船舶の衝突は沈没や転覆に至り当該船舶の人命を危険に晒すだけでなく、衝突の後、度々油流出事故などの環境に重大な被害をもたらす深刻な事態に発展する場合がある。

しかし、衝突に至る要因やその経緯については様々な研究がなされており^{1, 2, 3)}、その成果が認められるが、衝突後の船舶の被害傾向や死傷者の有無の割合、油の流出に至る経緯やその頻度などについては殆ど研究がなされていないのが現状である。

また、同じ船舶の衝突事故でも、船の大きさ、種類、船速、衝突角度、その他海面の状況や衝突海難の発生時刻等の状況によって衝突後の被害や過程は異なり、全く損傷のない場合もあれば、船体に破口を生じて沈没や油の流出に至るケースまで様々である。

このような海難事故において、船舶の種類、大きさ、海難の発生場所、発生時刻などから当該海難事故の被害傾向を予測、想定することは、対策措置をとるうえでも非常に有益なことである。

そこで本研究では、高等海難審判庁と全国の地方海難審判庁の判決録⁴⁾から、船舶同士の衝突に関してはおよそ 470 隻、また油の流出の恐れのある海難(衝突、

乗揚、沈没など)に際した油槽船およそ 200 隻の事故事例の調査を行い、それをもとにこれまで海難事故の結果事象として解析されていた衝突という事象をプロセスの始点に定め、結果事象を死傷者の発生、あるいは油の流出とし、イベントツリー(Event Tree)を構築し、それらを用いて船舶の衝突後に起こる事象の流れについて解析を行った。

2. 調査方法

衝突海難に際した船舶を調査するに当たり、高等海難審判庁の平成 13 年～平成 16 年の裁決録、及び神戸地方海難審判庁の平成 13 年～平成 16 年の裁決録⁴⁾のなかで、衝突海難事故に該当する約 470 隻の判決録を調査し、衝突後の船舶の被害状況や死傷者の有無、及び油流出の有無などについて統計調査を行った。

これらの船舶の種類は貨物船や油槽船、旅客船など大型のものから漁船やプレジャーボートなど比較的小型なものまで船舶の種類や衝突した海域などは様々で、共通点は日本国内の海域で衝突海難に際したということだけである。

また、油流出の発生状況を調査するために、高等海難審判庁の平成 12 年～平成 16 年の判決録、ならびに全国の地方海難審判庁の平成 12 年～平成 16 年の判決録から、油槽船約 200 隻の事故事例について調査を行った。この油流出の調査に関しては船舶同士の衝突だけでなく、防波堤や岸壁への単体衝突、乗揚げ、沈没等油が流出する恐れのある海難に際した事故事例につ

*原稿受付 平成 17 年 2 月 15 日

**^(株)エック (前学生会員 神戸大学海事科学部)

***正会員 神戸大学 (神戸市東灘区築港町 5-1-1)

いて調査した。

図1. 船舶が衝突した岸壁の被害状況
(写真：国土交通省北陸地方整備局 HP より)

図1に船舶が衝突した岸壁の状況を示す。この写真から、大型の船舶など大質量のものであれば、微速での衝突でも岸壁にこれほど甚大な被害をもたらす。

図1に示した岸壁に衝突した船舶の写真は見あたなかったが、岸壁側がこれだけの被害を受けているので、船舶の船体にもある程度の損傷を受けているものと予想される。船体が大型の油槽船であり衝突速度が速かった場合、衝突の際に受ける船体破損は場合によっては油の流出に至るような亀裂、破口を生じる可能性もある。

これらのことから、油槽船の海難事故を調査する際、船舶同士の衝突だけでなく、岸壁や防波堤などに対する船舶の単体衝突の海難事故事例も、油の流出する可能性のある海難事故であると判断し、油槽船の海難後の被害傾向調査については、このような事例も調査対象として加えた。

これらの調査結果から、船舶の衝突、油槽船の海難の双方に対して死傷者の有無と油流出を頂上事象に定めたイベントツリーを構築した。これらのイベントツリーには上記の調査結果から、死傷者の有無、または油の流出に至る衝突等海難発生後の船舶の状態や船体の被害傾向などの確率と事象の流れを示した。

3. 調査結果

3.1 油槽船の衝突海難後の動向 表1に油槽船が関連した衝突海難事故について示す。

衝突海難の調査対象とした神戸地方海難審判庁と高等海難審判庁の平成13年から平成16年の裁決録の中で、衝突海難に該当した船舶は470隻であったが、この中に含まれていた油槽船は19隻であった。

今回調査した衝突海難事故を起した船舶の中で、油槽船が占める割合は4%程度であった。また、海難審判庁の2003年度の統計資料からも、日本国内で衝突海難を起した船舶の多くはプレジャーボートや漁船、貨物船などであり、油槽船の数はそれほど多くないといえる。この表1に示した油槽船19隻のうち、全体の63% (12隻) の船舶で船体破損が軽微、あるいはほとんど無い状態であり、死傷者もほとんど出ていないことがわかった。また、船体破損が重大であった油槽船は全体の37% (7隻) であり、この中で実際に油の流

表1. 油槽船の衝突後の被害傾向

船体破損軽微	タンク等破損なし	油流出なし 63% (12隻)
		油流出あり 0%
	タンク等破損あり	油流出なし 0%
		油流出あり 0%
船体破損	タンク等破損なし	油流出なし 32% (6隻)
		油流出あり 0%
		油流出なし 0%
		油流出あり 5% (1隻)

出にまで至った事例は全体の5% (1隻) であった。残りの32%は船体の破損はあったが、油の流出にまでは至っていなかった。これは破損が貨物室や油タンクにまで至っていなかったためであると考えられる。

次の図2に、表1に示した調査結果より構築した衝突海難に際した油槽船における油流出の Event Tree を示す。この図2の Event Tree での事象の流れは、例えば油の流出に至った場合であれば衝突後、「船体破損があり」→さらに「その破損は重大なものであり」→「転覆または沈没せず」→「タンク、貨物タンクに破損があり」→その結果「油の流出」に至っている船舶の被害やその状態を示す事象の経路をたどり、結果事象に至る。このように、この図において、太いラインで示してある事象の流れは、海難審判庁の裁決録から実際に過去に発生した事例を示している。

尚、この図2において、船体破損が重大か、あるいは軽微であるかという評価があるが、船体破損の程度 の定義として、船首部や外壁が圧壊した場合や船体に破口や亀裂を生じた場合については油が流出する可能性があるものとみなし『船体破損が重大である』と定義した。これとは逆に船体破損が擦過傷や凹損など、船体の表面上だけにとどまっている場合に関しては、

図2. 油槽船の衝突後の Event Tree (油流出)

油が流出する可能性が無いものとみなし、『船体破損が軽微である』と定義した。

次の図3に、実際に衝突海難により船体破損を被った船舶の写真を示す。この写真に示した船舶は凹損をとまなう擦過傷を被っている。写真ではかなり重大な損傷を負っているように見えるが、破口や亀裂を伴っておらず、沈没や油流出の可能性がないので、これらの事例は船体破損が軽微であるとした。

図3. 衝突により船体破損を被った船舶
(高松海上保安局 HP より)

また、今回データ収集に用いた海難審判庁の裁決録からは、船体破損の程度や油流出の有無、沈没または転覆したか否かといったおおまかな項目は分かったが、油の流出の程度を考慮するうえで重要な油の積載量、タンク破損の有無、開口部の状態などに関する詳細なデータは得ることができなかった。

このため、図2からも分かるように衝突後の途中経過の確率を一部示せなかった部分がある。よって、図2には海難審判庁の裁決録から得ることができた、船体破損の程度と油の流出に関する数値のみを記載してある。

3. 2 衝突海難に際した船舶の被害傾向 衝突海難に際した様々な船舶の被害傾向について、以下の表2に、衝突海難に際した船舶における死傷者の有無に関して行った統計調査の結果をしめす。これらの船舶は、高等海難審判庁の平成13年～平成16年の裁決録、及び神戸地方海難審判庁の平成13年～平成16年の裁決録のなかで、衝突海難事故に際した様々な種類の470隻の船舶である。

この表2において、船体破損の定義は油槽船の場合と同様に、破口及び亀裂の有無をもって船体破損が軽微または重大と定義した。また、船体破損が軽微な場合について自力航行が可能か否かという項目を示したが、船体破損が軽微で負傷者が発生した場合、迅速に陸上へ移送する必要があるため、自力航行ができるかどうかとも重要な評価であると考え示した。自力航行が可能か否かの定義は、プロペラやプロペラシャフトに対する曲損などの損害を受けた場合や、衝突により機関に不具合を生じたものを「自力航行が不可能である」と判断し、そのように分類、定義した。

表2. 衝突海難を起した船舶470隻の調査結果

船体破損軽微 (または無し) 199隻(42%)	自力航行可能	負傷者あり 11隻(2%)
	189隻(40%)	負傷者なし 178隻(38%)
	自力航行不可	負傷者あり 5隻(1%)
	10隻(2%)	負傷者なし 5隻(1%)
船体破損 (中程度～深刻) 271隻(58%)	転覆・沈没	死傷者あり 12隻(3%)
	26隻(6%)	死傷者なし 14隻(3%)
	転覆・沈没せず	死傷者あり 64隻(13%)
	245隻(52%)	死傷者なし 181隻(39%)

表2から、船舶の衝突後の船体破損の傾向は、油槽船の場合とくらべても、より被害の程度が深刻な事例

が多くなっている。これは調査対象の船舶に多くのプレジャーボートや漁船などの小型船舶が含まれていたため、衝突に際し油槽船のような大型な船舶と比べより大きな被害を受けたものと考えられる。

また船体破損が軽微であった場合では、ほとんどの事例で自力航行が可能であり、死者はもちろんのこと負傷者もほとんど発生していなかった。逆に船体破損が中程度、あるいは深刻であった場合、沈没や転覆に至る事例が58%のうち6%で確認できた。また、死傷者の発生率も船体破損が軽微であった場合に比べて4倍近く高くなっている。負傷の原因については本節で後述するが、これは船舶の衝突による衝撃によって打撲や骨折などの負傷を負う事例が多く報告されており、船体破損の程度が深刻であればそれだけ船体への衝撃も大きくなり、それにより負傷を負う件数が比例しているためであると考えられる。また調査対象が油槽船より大幅に拡大されているので、調査対象全体との比率を考えると決して多くはないが、衝突の後、沈没や転覆に至る事例も26件確認できた。これらの沈没や転覆に至った船舶の多くは、やはり20トン未満の小型の漁船やプレジャーボートなどであり、貨物船や油槽船など比較的大型な一般の商船では沈没や転覆に至る事例はほとんどなかった。

また、表2に示した調査結果より作成した、船舶の衝突における死傷者の有無に関するEvent Treeを次の図4に示す。

図4では調査対象が多かったため、3.1節で示した油槽船の衝突後のEvent Treeと比較しても、実際に該当する事例が存在したことを示すEvent Tree上に太い線で示された事象の流れが多いことがわかる。この図から、衝突海難に際した半分以上の船舶で浸水の恐れがあるような船体破損を被っている。また、船体破損が軽微であった場合、ほとんどの船舶で自力航行が可能で死傷者もごく少数しかでておらず、衝突後転覆又は沈没に至った事例は一例もなかった。

図4. 衝突後の死傷者の有無に関するEvent Tree

船体破損が中程度または深刻であった場合、転覆又は沈没に至る船舶はそのなかの10%程度、全体の6%

を占めている。またこの図4において破線で囲んである部分は浸水に関する評価で、海難審判庁の裁決録からは船舶の浸水の程度に関する評価までは把握できなかった。船体破損が中程度～深刻で衝突後、沈没または転覆に至らなかった船舶における死傷者の有無は、浸水の程度に関係なくひとまとめにして数値を求めた。その船体破損が中程度あるいは深刻で、沈没または転覆しなかった船舶では、浸水の程度に関係なく死傷者が発生した確率が13%、死傷者が発生しなかった確率が39%となっており、船体破損が甚大で沈没や転覆しなかった場合でも75%の確率で死傷者がでていないことがわかる。

3.3 油槽船の海難後の動向 衝突、岸壁や防波堤への単体衝突、座礁、転覆、沈没など油流出の恐れのある海難に際した油槽船の被害傾向について述べる。船舶同士の衝突海難に際した油槽船の被害傾向については、3.1ですでに述べたが、船舶同士の衝突だけでは十分な量のデータが採れなかった。上に述べたような油流出の可能性がある海難に際した油槽船について、高等海難審判庁と全国の地方海難審判庁の裁決録より調査を行った。本研究では上記の条件に該当する約200隻の油槽船について調査をおこなったが、その中でも調査対象として適切であった177隻の事例に基づき油の流出と死傷者の有無についてEvent Treeを構築した。

次の図5に海難に際した油槽船の油流出の有無に関するEvent Treeを示す。

図5. 油槽船の油流出に関するEvent Tree

図6. 油槽船の死傷者の有無に関する Event Tree

この図5と図2との間の大きな違いは、図5では船体破損が全く無かった事例があることと、船体破損が軽微にもかかわらず沈没または転覆に至っている船舶があるということである。この全く損傷がなかった3% (5隻) の事例の海難はいずれも衝突であった。通常、船舶が衝突に至ればどれだけ軽微な場合でも船体表面における塗料の剥離といった、擦過傷に該当する船体破損をうけるものである。3. 2章では470隻にも及ぶ船舶を調査して、船体破損が全く無かった事例は17隻であり、このことから衝突などの海難に際し、全く損傷を負わない事例は極めて稀であるといえる。

油槽船が船舶と衝突に至り、全く損傷が無い理由として考えられるのは、衝突を起こした海域が港内などであり微速で航行していて衝突に至ったものと考えられる。その他に挙げられる理由として、衝突の相手船が著しく小型の船舶であった場合などでは、同様に船体破損を全く受けない場合もあると考えられる。また、船体破損が軽微であったにもかかわらず沈没または転覆に至った理由として考えられるのは、おそらく海難発生時の天候や海面の状況などが非常に荒れた状態であったためであると考えられる。

その他の部分では、図2とほとんど変わらず、海難により被った船体破損の程度や、油流出の確率は2、3%の差がみられるだけであった。このことから、海難に際する船舶の被害傾向を決定づける重要な要素として、船舶の種類が挙げられるのは明らかである。

次の図6に海難に際した油槽船における死傷者の有無に関する Event Tree を示す。この図においても、3. 2節で示した衝突時の死傷者の発生に関する Event Tree と同様に、海難審判庁の裁決録からは浸水の有無や程度といった情報を得ることができなかった。このため図4と同様、図6で示す破線で囲んである部分では、浸水の有無や程度に関係なく、船体破損が中程度以上で沈没または転覆に至らなかった船舶については

一まとめとし、死傷者の有無を示した。

油槽船において、負傷者が発生した事例は合計しても全体の5%程度であり、その他の船舶が衝突した場合に比べて、死傷者の発生率は1/3未満となっている。また、これらの油槽船において死者が発生した事例は1件のみで、図7において、右側の船体破損が軽微であった船舶の中で転覆に至っている事例だけであった。この事例は、高波を受けて機関室に浸水し沈没に至ったものであり、船体破損は被っておらず1名が溺死している。

このように、油槽船においては負傷者の発生率は著しく低くなっており、死者にいたっては全国海難審判庁の裁決録を調査したにもかかわらず、調査対象の海難に該当する事例の中では1件しかなかった。この理由として考えられるのは、前述したように3. 2節で述べた衝突海難に際した船舶には小型船舶が含まれており、これらの小型船舶が負傷者の発生率を上げているためであると考えられる。また、油槽船のように比較的大型で、乗組員の数も多くない一般商船では、衝突などの海難に至ってもよほど船速がでている外洋か、相手船が大型である場合以外は、それほど深刻な船体破損を被ることもなく負傷者の発生率も低くなっているものと考えられる。

4. おわりに

油槽船の衝突海難事例と、船舶の種類に関係なく衝突海難に遭遇した事例、また、船舶同士の衝突や防波堤や岸壁への単体衝突、乗揚げ、沈没や転覆などの海難事故に際した油槽船の事例について、油流出や負傷者の有無、船体破損の程度について調査を行い、これらの調査結果をもとに負傷者の発生と油流出の発生過程に関する Event Tree を作成した。これらの調査結果より以下のことが挙げられる。

船舶が衝突海難に際した場合、全体の40～60%程度の割合で船体破損が軽微であり、その場合油の流出や死傷者はほとんどでない。船体破損が軽微であった事例は油槽船では比較的多く60%強であり、衝突に際した様々な船舶では42%程度となっていた。この船体破損が軽微であった船舶は主に擦過傷または凹損を負っているものが多かった。軽微な船体破損のその他の例を挙げると、ハンドレール曲損やブルワークの損傷、錨やフェンダーの損傷などの事例があった。また、3.3で示したように、海難に際した油槽船の事故事例で船体破損が軽微であったが死者が発生した事例があったが、これは高波を受けた油槽船が機関室に浸水し、その後沈没に至ったものである。このため船体自体には損傷を生じていないが、溺死者が1名発生している。船体破損が軽微であった場合、プロペラやプロペラシャフト、主機関系に損傷を受け自力航行不可能に陥った事例は2～3%程であり、船体破損が軽微であればほとんどの船舶で自力航行が可能であった。尚、船体破損が軽微で自力航行が可能であった場合と、自力航行が不可能であった場合の負傷者の発生率を比較すると、自力航行が不可能な場合のほうが負傷者の発生率が高くなっていた。

次に船体破損が中程度、あるいは深刻であった場合であるが、船体破損が深刻であった事例は油槽船でおよそ36～37%、その他の船舶が衝突海難に際した場合で58%程度であった。このように船体破損が深刻であった事例は、一般の商船では主に亀裂や破口を伴う擦過傷、または凹損などであり、漁船やプレジャーボートなどではこれに加え船首部の圧壊などの事例があった。これらの船体破損が深刻であった事例では、3.2節で挙げた衝突海難に際した船舶では16%の割合で負傷者が発生しており、3.3節で挙げた衝突や沈没、転覆などの海難事故に際した油槽船では4～5%の割合で負傷者が発生していた。このように、油槽船と衝突海難に際した様々な船舶の間には、負傷者の発生率において大きな差があることがわかる。衝突海難に際した船舶では、船体破損が深刻であった場合約28%の確率で負傷者が発生していたが、油槽船においては船体破損が重大であったときの負傷者の発生率は約13%であった。このように、船体破損が深刻であった場合でも、船舶の種類によって負傷者の発生率に大きな差があることがわかる。

次に油槽船が衝突などの海難により油流出に至る事例は、何らかの海難事故に際し、油流出にいたる確率は5%程度であり、このような事例は稀であるという結果が得られた。

油槽船における過去の油の流出事故の大半は油の荷役中や、燃料油の補給中など海難とは関係のない事例

に発生しており、座礁により油流出に至る割合が8%、衝突後油流出に至る割合が7%であった⁵⁾。つまり、油流出事故の中で海難事故に起因するものは15%程度であり、それほど多いものではないといえる。しかし、1997年に発生したナホトカ号の油流出事故からも明らかのように、油の流出事故は環境面、経済面に多大な影響を与え甚大な損失をもたらすものである。このような油流出事故を防ぐために、あるいは迅速に対応するために、船舶の海難後の被害傾向を把握することは重要であるという。

以上のことより、結論として次のことが挙げられる。

- ・衝突時に船舶の被害の大きさを決定する重要な要素として、船速、衝突角度、各船舶の種類などがあげられる。
- ・調査した範囲内では、油槽船が海難に際したとき、実際に油の流出に至る確率は5%ほどであり、稀な事態であるといえる。
- ・与える被害の多様さと深刻さを考えると、そのような事態を防ぐために船舶の衝突後の傾向を把握することは重要である。

以上のことから今後の課題として、より多くの衝突海難を調査することで細かなデータを得て、船種ごとの海難後の被害傾向を調査し、最終的には船種や船速などの初期値を入力すると、過去の衝突海難のデータからどのような被害が予測されるか想定するプログラムの構築が望まれる。

参考文献

- 1) 喜多秀行, 事故調査録に基づく衝突海難発生機構の同定法, 日本航海学論文集 vol. 86, (1991), pp 305-316
- 2) 鈴木三郎ほか, 平成14年度海上インシデント・データバンクに関する調査研究報告集, (2003)
- 3) 喜多秀行ほか, 船舶衝突事故による損害の推定に関する基礎研究, 土木工学研究・論文集 No. 6, (1998) pp 137-144
- 4) 海難審判庁裁決録 2000～2004, <http://www.mlit.go.jp/maia/04saiketsu/04saiketsu.htm>
- 5) 内藤林ほか, ナホトカ号の事故に関する調査研究報告集, 1998, pp 20-50, pp 127-129