

小型船舶の転覆及び沈没事故要因の類型化に関する研究

柳 裕一朗*, 田口 晴邦*

Classification of Capsizing and Sinking Factors for Small Ships

by

YANAGI Yuichiro and TAGUCHI Harukuni

Abstract

It is extremely important to classify accident factors systematically in order to take effective countermeasures and reduce the risk of accidents. The aim of this study is to classify capsizing and sinking factors so as to propose a checklist that can facilitate analyses of future accidents. Investigation reports on capsizing and sinking accidents published by the Japan Transport Safety Board between 2008 and March 2017 were surveyed. All factors concerning the accidents were extracted and categorized into eight classifications based on their characteristics. Then a checklist was proposed for analyzing capsizing and sinking accidents. The checklist was applied to the accidents surveyed in this study which mostly involved ships less than 5 gross tonnages or shorter than 5 m. Refraining from navigation in bad weather was found to be the most effective countermeasure against capsizing and sinking. Flooding, which occurred most frequently among all the classified factors in both capsizing the sinking, is the factor that requires countermeasures during navigation. The checklist is expected to facilitate accident analyses for future capsizing and sinking accidents.

* 流体性能評価系

原稿受付 令和2年4月20日

審査日 令和2年7月1日

目 次

1. まえがき	34
2. 調査方法	35
3. 転覆及び沈没事故要因の類型化	37
3.1 危険区域航行/停船	37
3.2 波/風以外の外力	37
3.3 変針/発進不能	37
3.4 人、物の搭載/移動	38
3.5 その他の類型化要因	38
4. 転覆及び沈没事故分析チェックリスト	38
5. チェックリストを用いた転覆事故分析	38
5.1 波浪中の転覆事故分析	39
5.1.1 漁船及びプレジャーボートの転覆	39
5.1.2 波浪中の転覆に関与した要因数	40
5.1.2.1 要因数 1 個の波浪中の転覆	41
5.1.2.2 要因数 2 個の波浪中の転覆	41
5.1.2.3 要因数 3 個の波浪中の転覆	42
5.1.3 波浪中の転覆の考察	42
5.2 平水中の転覆事故分析	42
5.2.1 平水中の転覆に関与した要因数	44
5.2.1.1 要因数 1 個の平水中の転覆	44
5.2.1.2 要因数 2 個の平水中の転覆	44
5.2.2 平水中の転覆の考察	44
6. チェックリストを用いた沈没事故分析	45
6.1 波浪中の沈没事故分析	45
6.2 平水中の沈没事故分析	45
7. 対策が必要な要因の考察	47
8. まとめ	49
参考文献	49
付録	50

1. まえがき

海難が発生すると運輸安全委員会や海難審判所が調査を行い、調査結果は事故調査報告書や裁決として公表される。したがって、これら報告書や裁決から各々の事故の詳細を知ることができるとともに、再発防止に役立てることが可能となっている。一方、リスクマネジメントの標準的な手順の一つは全ての関連する要因を考慮してそれら要因を体系的に類型化することである¹⁾。転覆や沈没は他の海難に比べて死者を生ずる可能性が高い海難であり、その発生を防止させる必要があるが、そのための研究が十分に行われておらず、体系的類型化の例はほとんどない。転覆や沈没事故要因の抽出まで行った研究^{2) 3)}はあるが、本研究ではさらに類型化まで行う。本報では、2008 年から 2017 年 3 月までに公表された運輸安全委員会の事故調査報告書を調査し、転覆と沈没事故要因を抽出して類型化し、類型化した事故要因を基に転覆及び沈没事故分析チェックリストを作成してこのチェックリストを用いて分析を容易にすることにより事故低減のために対策が必要な類型化要因を明らかにした研究⁴⁾⁵⁾の概要を示す。

2. 調査方法

運輸安全委員会は2008年に設立され、2017年3月までに転覆事故調査報告書を432件、沈没事故調査報告書を82件公表してきた⁷⁾。調査した転覆船舶と沈没船舶の船種及び大きさ（総トン数/長さ）を表1、2にそれぞれ示す。船種は運輸安全委員会の分類に従って、旅客船、貨物船、タンカー、漁船、遊漁船、瀬渡船、引船・押船、作業船、非自航船、公用船、プレジャーボート及びその他の12種類に分類した。調査した転覆船舶に貨物船とタンカーはなかった。また、調査した沈没船舶に瀬渡船はなかった。総トン数が記載されていなかった船舶については長さを示している。調査した転覆船舶の約8割、沈没船舶の約4割が総トン数5トン未満もしくは長さ5m未満の小型船舶であった。可能な限り多くの要因を抽出する必要があるため、大きさや船種を区別せずに要因の抽出を行った。事故調査報告書の事故等の経過、気象・海象、その他の事項、分析、原因の記載事項から要因を抽出した。

これら転覆及び沈没事故発生時の状況をそれぞれ表3、表4に示す。波浪中の転覆では「波浪」の関与に焦点を当てるため、「波/風以外の外力」が関与している場合は状況を分けた（表3）。

今回の調査ではまず、すべての事故調査報告書を精読し、各事故に関連した要因を抽出した。要因はそれぞれの性質によって8つのグループに類型化してチェックリストを作成し、チェックリストを用いて船種ごとに転覆もしくは沈没事故要因を整理し、考察を加えた。

表1 調査した転覆船舶の船種及び大きさ

船種	総 トン数 / 長さ	5 m 未満											不 詳	計	構 成 比 (%)
		5 トン 以上 1 0 トン 未満	1 0 トン 以上 1 5 トン 未満	1 5 トン 以上 2 0 トン 未満	2 0 トン 以上 1 0 0 トン 未満	1 0 0 トン 以上 2 0 0 トン 未満	5 m 以上 1 0 m 未満	1 0 m 以上 1 5 m 未満	1 5 m 以上 2 0 m 未満	2 0 m 以上 2 5 m 未満	2 5 m 以上 3 0 m 未満				
旅客船	5													5	1.2
漁船	150	26	9	13	1	3	1							203	47.0
遊漁船		2	1											3	0.7
瀬渡船	4													4	0.9
引船・押船	1			8										9	2.1
作業船	13	1	2	2	1		1							20	4.6
非自航船								1	1			1		3	0.7
公用船	1													1	0.2
プレジャーボート	127						43	6					4	180	41.7
その他	2			1				1						4	0.9
計	303	29	12	24	2	3	45	8	1			1	4	432	100
構成比 (%)	70.1	6.7	2.8	5.6	0.5	0.7	10.4	1.9	0.2			0.2	0.9	100	

表 2 調査した沈没船舶の船種及び大きさ

船種	総トン数 / 長さ	大きさ										計	構成比 (%)
		5 トン未満	5 トン以上 10 トン未満	10 トン以上 15 トン未満	15 トン以上 20 トン未満	20 トン以上 100 トン未満	100 トン以上 200 トン未満	200 トン以上 500 トン未満	500 トン以上 1600 トン未満	1600 トン以上 3000 トン未満	5 m 以上 100 m 未満		
旅客船				1								1	1.2
貨物船				1	1				1	1		4	4.9
タンカー								2				2	2.4
漁船		7	3	2			2	2				16	19.5
遊漁船		2		1								3	3.7
引船・押船		1		1	11	2	1					16	19.5
作業船		2	1	2	3							8	9.8
非自航船							1				3	4	4.9
公用船				2								2	2.4
プレジャーボート		19	1	1	1						3	25	30.5
その他		1										1	1.2
計		32	5	9	17	3	4	4	1	1	3	82	100
構成比 (%)		39.0	6.1	11.0	20.7	3.7	4.9	4.9	1.2	1.2	3.7	100	

表 3 調査した転覆事故 432 件の発生状況の内訳

発生状況	件数
波浪中の転覆	260
波浪及び波/風以外の外力両方に起因する転覆	2
平水中の転覆	108
衝突、接触、座礁に起因する転覆	4
不明もしくは無人係留中	58
合計	432

表 4 調査した沈没事故 82 件の発生状況の内訳

発生状況	件数
波浪中の沈没	24
平水中の沈没	33
衝突、接触、座礁、火災に起因する沈没	7
不明もしくは無人係留中	18
合計	82

3. 転覆及び沈没事故要因の類型化

転覆してから沈没に至った事故もあったため、転覆と沈没事故の原因は類似の要因から構成されていると考えた。それ故、転覆と沈没事故要因は一緒に類型化する。事故調査報告書の精読の結果、37種類の要因が抽出された。37種類の要因を付録に示す。37種類の要因の中に、「波浪」は含まれていない。これは、「波浪」の関与を区別するために波浪中の事故と平水中の事故を分けて分析したためである。37種類の要因の内、「不明（57件の転覆及び5件の沈没）」と「無人係留中の事故（1件の転覆及び13件の沈没）」は真の要因が明らかでなかったため検討対象から除外した。また、「衝突（1件の転覆及び1件の沈没）」、「接触（2件の転覆及び4件の沈没）」、「座礁（1件の転覆及び1件の沈没）」、「火災（1件の沈没）」の後の転覆もしくは沈没は2次海難であるため除外した。「ブローチング（3件）」、「波の頂での復原力減少（1件）」による転覆も調査した事故に含まれていた。これら要因は特定の条件が満たされた場合のみ起こり、その数も少なかったため、検討対象からは除外した。以上より、残った29種類の要因を以下の節で類型化する。

3.1 危険区域航行/停船

以下に示す磯波や巻波などが発生する場所では「波浪」の影響が他の場所に比べて強いと考え、「危険区域航行/停船」とグループ化した。

- ・ 磯波
- ・ 巻波
- ・ 波浪の浅水変形
- ・ 反射波
- ・ 河口流と波浪の干渉
- ・ 航行位置誤認

航行位置誤認は船長がGPSプロッターの過去の航跡上を航行中に発生した事故から抽出した要因である。プロッター画面が縮小されていたため、船の位置は過去の航跡から実際にはずれていて浅水域を航行して転覆した事例である。それ故、航行位置誤認も「危険区域航行/停船」に類型化した。つまり、浅水域と河口を危険区域とし、その場所における事故の要因として類型化する。

3.2 波/風以外の外力

以下に示す曳航索張力や押航などは波浪や風圧ではない外力として類型化できると考え、「波/風以外の外力」としてグループ化した。

- ・ 曳航索、漁具等の張力
- ・ 暗渠排水口の放出流
- ・ 押航
- ・ 潮流

3.3 変針/発進不能

以下に示す機関停止や漁具の根掛かりなどが発生すると適切な操縦ができなくなり、波に船首を立てたり危険区域から避難したりすることが難しくなると考え、「変針/発進不能」としてグループ化した。

- ・ 索等のプロペラへの絡まり
- ・ 操舵装置故障
- ・ 錨の引っ掛かり
- ・ 機関停止
- ・ 燃料切れ
- ・ 漁具の根掛かり
- ・ 揚網機と網の絡まり

- 漁具と推進機の絡まり
- 不用意な投錨
- 見張り不十分

3.4 人、物の搭載/移動

以下に示す過度のヒールや復原性低下などは乗組員が乗船したり貨物を搭載したり、それらが動いたりすることによって由来すると考え、「人、物の搭載/移動」とグループ化した。

- 人、物の移動
- 過度のヒール（トリム）
- 復原性低下
- 乾舷減少
- 定員/重量の超過

事故調査報告書で過度のトリムは無かったが、「人、物の搭載/移動」によって起こり、転覆又は沈没要因になりうるためこの類型化要因に追加した。

3.5 その他の類型化要因

以下に示す要因は件数が比較的多く、他に似た性質のものが無かったため、単独で類型化要因とした。

好天時に比べて“波浪”や風などの影響を悪化させる天候の場合、転覆もしくは沈没の危険性が高くなるため「悪天候での出港/航行継続」を類型化要因の1つとした。気象庁等の機関は警戒が必要な際に注意報や警報を発表する。本研究では気象庁等の機関が発表する“注意報もしくは警報の発表中”，“台風の接近中”，“悪天候”と調査報告書に明記されていた場合の事故については“悪天候”を事故要因とした。

急旋回は船舶を傾斜させてしまうと考え、「不適切な操船」を類型化要因の1つとした。

海水が暴露甲板に流入したり船内に浸水したりすると復原性が低下したり海水の移動により船舶が傾斜したりする危険性があると考え、「浸水」を類型化要因の1つとした。

風により船舶が傾斜すると海水が流入しやすくなったり転覆を促したりする危険性があると考え、「風圧による過度な傾斜」を類型化要因の1つとした。

4. 転覆及び沈没事故分析チェックリスト

3章の要因の類型化の結果、本研究で調査した転覆と沈没事故は8種類の類型化要因で発生していたと整理できた。8種類の類型化要因の内、停船中に起きる「変針/発進不能」と航行中に起きる「不適切な操船」は同時に起きないため一つにまとめる。それ故、転覆と沈没は表5に示した7種類の類型化要因の組み合わせによって起きるものとして扱うことができると考えられる。関与した要因にはチェックを入れ、順序の列に関与した順番を書き、詳細要因の列に関与した状況を具体的に記載すれば、このチェックリストで転覆もしくは沈没までの過程とその状況を把握することができる。

5. チェックリストを用いた転覆事故分析

本章ではチェックリストを用いて転覆事故の分析を行い、その結果について考察した。本研究では表3に示した波浪中の転覆256件（「ブローチング（3件）」と「波の頂での復原力減少（1件）」を除いた件数）と平水中の転覆108件の分析を行った。分析した波浪中の転覆船舶の89%，平水中の転覆船舶の68%が総トン数5トン未満もしくは長さ5m未満の小型船舶であった。それ故、以下の分析は主に小型船舶の転覆事故に対する分析結果となる。

表5 転覆及び沈没事故分析チェックリスト

要因	関与	順序	詳細要因
悪天候での出港/航行継続	☐		
危険区域航行/停船	☐		
波/風以外の外力	☐		
変針/発進不能 ・ 不適切な操船	☐		
人、物の搭載/移動	☐		
浸水	☐		
風圧による過度な傾斜	☐		

5.1 波浪中の転覆事故分析

本節では表5のチェックリストを用いて256件の波浪中の転覆事故の分析を行った。分析は表5の類型化要因に「波浪」を加えて行った。

図1に波浪中の転覆事故要因の関係を示す。直接要因は転覆に直結する要因である。間接要因は直接要因の影響を助長する要因である。「波浪」は転覆外力であるため直接要因である。「浸水」は復原力を低下させると同時に海水の移動は転覆外力となるため直接要因となる。「不適切な操船」は船舶を傾斜させる危険性があるため直接要因となる。「風による過度な傾斜」は転覆外力であるため直接要因となる。「人、物の搭載/移動」は、搭載が復原力を低下させると共に人、物の移動が転覆外力となるため直接要因となる。一方、「危険区域航行/停船」は「波浪」の影響を増大させ、「変針/発進不能」は「波浪」の影響を低減できなくなる。「悪天候での出港/航行継続」は波、風に関する注意報等であれば「波浪」、「風による過度な傾斜」の影響力を強め、大雨に関する注意報であれば雨水の滞留など「浸水」をもたらす場合がある。また、大雪によって「人、物の搭載/移動」につながることもある。

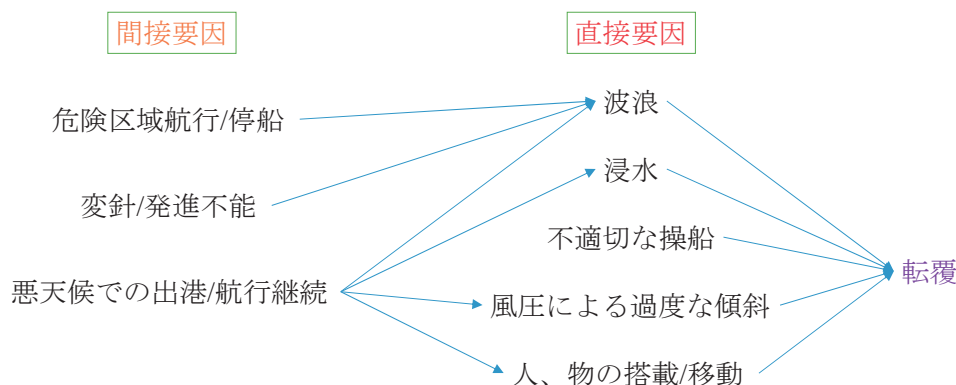


図1 波浪中の転覆事故要因の関係

256件の事故に関与していた転覆要因を船種ごとにまとめたものを表6に示す。この表では「変針/発進不能」と「不適切な操船」は分けている。括弧は各船種で各要因が関与した割合を表している。

一番下の集計行にある通り、「浸水」は半分以上の転覆事故に関与していた。また、「悪天候での出港/航行継続」と「危険区域航行/停船」は3分の1以上の事故に関与していた。

5.1.1 漁船及びプレジャーボートの転覆

表6にある通り、9割以上の波浪中の転覆船舶は漁船（104隻）かプレジャーボート（132隻）で他の船種については議論するのに十分な事故件数が無かった。それ故、漁船とプレジャーボートの転覆を比較する。

漁船の転覆では、「浸水」(53%)、「悪天候での出港/航行継続」(40%)、「危険区域航行/停船」(39%)、「変針/発進不能」(33%)が強く関与していた。一方プレジャーボートの転覆では、「浸水」の関与が圧倒的に高く(56%)、「危険区域航行/停船」(28%)と「悪天候での出港/航行継続」(27%)がそれに続いた。

プレジャーボートより漁船に「悪天候での出港/航行継続」が高く関与しているのは、悪天候であることを知っていても漁期の関係で出港してしまうためだと考えられる。また、漁労は協業が多く、僚船が出港を決定して追従したような状況も考えられる。

また、プレジャーボートより漁船に「危険区域航行/停船」が高く関与しているのは、小型の漁船は浅瀬で操業することが多いためだと考えられる。

さらに、プレジャーボートより漁船に「変針/発進不能」が高く関与しているのは、漁具の使用が3.3節で示した状況につながる危険性があるためだと考えられる。加えて、漁労に従事して見張りがおろそかになりやすいことも一因であると考えられる。

表 6 波浪中の転覆事故要因の内訳

船種 \ 要因	事故件数	悪天候での出港/航行継続	危険区域航行/停船	変針/発進不能	不適切な操船	人、物の搭載/移動	浸水	風圧による過度な傾斜
旅客船	2		1 (50%)	1 (50%)				
漁船	104	42 (40%)	41 (39%)	34 (33%)	3 (3%)	20 (19%)	55 (53%)	10 (10%)
遊漁船	1	1 (100%)		1 (100%)				
瀬渡船	4	3 (75%)	3 (75%)				3 (75%)	
引船・押船	4	3 (75%)	1 (25%)		2 (50%)	2 (50%)	4 (100%)	1 (25%)
作業船	5	3 (60%)	3 (60%)	2 (40%)			3 (60%)	
公用船	1		1 (100%)					
プレジャーボート	132	36 (27%)	37 (28%)	27 (20%)	3 (2%)	16 (12%)	74 (56%)	7 (5%)
その他	3	2 (67%)	1 (33%)	1 (33%)			1 (33%)	
計	256	90 (35%)	88 (34%)	66 (26%)	8 (3%)	38 (15%)	140 (55%)	18 (7%)

5.1.2 波浪中の転覆に関与した要因数

波浪中の転覆に関与した要因数と対応する事故件数を表7に示す。要因数「-」は「波浪」のみで転覆した船舶が20隻確認できたことを示しており、それ以降は「波浪」に加えていくつ要因が関与したかを表している。以下要因数1, 2, 3個の転覆パターンを示す。

表 7 波浪中の転覆に関与した要因数

要因数	-	1	2	3	4	5	6	計
事故件数	20	85	97	48	5	1	0	256

5.1.2.1 要因数1個の波浪中の転覆

要因数1個の波浪中の転覆の内訳を件数の降順で表8に示す。括弧内の数字は、要因数1個の波浪中の転覆でその要因が関与した割合を示している。「浸水」と「危険区域航行/停船」の割合が高く、他の要因よりも「波浪」と組み合わせた際に船舶を転覆させる影響が大きいと言える。

表8 要因数1個の波浪中の転覆の内訳

要因	件数
浸水	34 (40%)
危険区域航行/停船	27 (32%)
変針/発進不能	8 (9%)
人、物の搭載/移動	8 (9%)
悪天候での出港/航行継続	6 (7%)
不適切な操船	1 (1%)
風圧による過度な傾斜	1 (1%)
計	85

5.1.2.2 要因数2個の波浪中の転覆

要因数2個の波浪中の転覆パターンとそのパターンで転覆した件数を降順で表9に示す。例えばシーケンス6は、人、物が搭載、移動後に浸水して転覆したようなパターンを表している。「浸水」や「人、物の搭載/移動」は図1で両方とも直接要因として整理しているが、直接要因は単独で事故を引き起こせるかどうかなのでシーケンスとは別である。

表9 要因数2個の波浪中の転覆パターン

シーケンス番号	イベント1	イベント2	件数
1	悪天候での出港/航行継続	浸水	20 (21%)
2	悪天候での出港/航行継続	危険区域航行/停船	16 (16%)
3	変針/発進不能	浸水	15 (15%)
4	危険区域航行/停船	浸水	10 (10%)
5	悪天候での出港/航行継続	変針/発進不能	6 (6%)
6	人、物の搭載/移動	浸水	6 (6%)
7	悪天候での出港/航行継続	風圧による過度な傾斜	4 (4%)
8	変針/発進不能	危険区域航行/停船	4 (4%)
9	浸水	人、物の搭載/移動	3 (3%)
10	変針/発進不能	人、物の搭載/移動	2 (2%)
11	浸水	変針/発進不能	2 (2%)
12	悪天候での出港/航行継続	不適切な操船	1 (1%)
13	危険区域航行/停船	変針/発進不能	1 (1%)
14	不適切な操船	危険区域航行/停船	1 (1%)
15	人、物の搭載/移動	不適切な操船	1 (1%)
16	変針/発進不能	風圧による過度な傾斜	1 (1%)
17	風圧による過度な傾斜	人、物の搭載/移動	1 (1%)
計			97

表8に示したように要因数1個の波浪中の転覆では「浸水」と「危険区域航行/停船」が「波浪」と組み合わせた時に転覆に対する影響力が強い。表9で最も件数の多かった4つの転覆パターンにはどちらかが含まれていた。1つでも影響力が強い要因に別の要因が加わればさらに転覆しやすくなるため、この結果は妥当だと考えられる。

5.1.2.3 要因数3個の波浪中の転覆

要因数3個の波浪中の転覆パターンとそのパターンで転覆した件数を降順で表10に示す。シーケンス11以外すべてのパターンで「浸水」もしくは「危険区域航行/停船」が関与していた。「悪天候での出港/航行継続」は6割以上の事故でイベント1として関与していた。

表10 要因数3個の波浪中の転覆パターン

シーケンス番号	イベント1	イベント2	イベント3	件数
1	悪天候での出港/航行継続	危険区域航行/停船	浸水	9 (19%)
2	悪天候での出港/航行継続	危険区域航行/停船	変針/発進不能	4 (8%)
3	悪天候での出港/航行継続	浸水	変針/発進不能	4 (8%)
4	悪天候での出港/航行継続	浸水	風圧による過度な傾斜	3 (6%)
5	悪天候での出港/航行継続	風圧による過度な傾斜	浸水	3 (6%)
6	危険区域航行/停船	変針/発進不能	浸水	3 (6%)
7	変針/発進不能	危険区域航行/停船	浸水	3 (6%)
8	悪天候での出港/航行継続	変針/発進不能	危険区域航行/停船	2 (4%)
9	悪天候での出港/航行継続	変針/発進不能	浸水	2 (4%)
10	危険区域航行/停船	浸水	変針/発進不能	2 (4%)
11	悪天候での出港/航行継続	変針/発進不能	人、物の搭載/移動	1 (2%)
12	悪天候での出港/航行継続	人、物の搭載/移動	浸水	1 (2%)
13	人、物の搭載/移動	悪天候での出港/航行継続	浸水	1 (2%)
14	悪天候での出港/航行継続	浸水	人、物の搭載/移動	1 (2%)
15	危険区域航行/停船	浸水	不適切な操船	1 (2%)
16	危険区域航行/停船	人、物の搭載/移動	浸水	1 (2%)
17	変針/発進不能	浸水	人、物の搭載/移動	1 (2%)
18	人、物の搭載/移動	浸水	変針/発進不能	1 (2%)
19	人、物の搭載/移動	浸水	不適切な操船	1 (2%)
20	人、物の搭載/移動	変針/発進不能	浸水	1 (2%)
21	変針/発進不能	風圧による過度な傾斜	浸水	1 (2%)
22	風圧による過度な傾斜	浸水	変針/発進不能	1 (2%)
23	人、物の搭載/移動	浸水	風圧による過度な傾斜	1 (2%)
計				48

5.1.3 波浪中の転覆の考察

要因数1個の波浪中の転覆では、「浸水」と「危険区域航行/停船」の影響力が他の要因と比べて強いことが分かったため、転覆を防ぐためにはこれら要因が生じないように特に注意が必要である。要因数2個以上の波浪中の転覆は、関与する要因数を減らすことが転覆の予防となる。初期イベント発生後に後続するイベントの予防をすることは、初期イベントの影響低減と同時にに行わなければならないと考えられる。そのため、イベント1を予防することが最も効果的である。波浪中の転覆事故の3分の1以上に関与していた「悪天候での出港/航行継続」は主にイベント1として関与していたことが事故分析結果からも示された。それ故、「悪天候での出港/航行継続」を控えることは転覆予防に極めて重要である。

また、漁船については漁労に関連した「変針/発進不能」の関与が高いため、漁労作業中に適切な対策を取ることが望ましいと考えられる。

5.2 平水中の転覆事故分析

本節では表5のチェックリストを用いて平水中の転覆事故108件の分析を行い、その結果について考察した。

平水中の転覆事故要因の関係を図2に示す。基本的には波浪中の転覆事故要因の関係と同じである。違いは「波浪」とそれに関係する「危険区域航行/停船」と「変針/発進不能」が無くなり、「波/風以外の外力」が直接要因として追加されていることである。なお、ここで示す「悪天候での出港/航行継続」は強風注意報または雷注意報（竜巻等の突風による被害が発生するおそれがある）が発表されていたことを意味する。

108 件の事故について、船種ごとに転覆要因をまとめたものを表 11 に示す。一番下の集計行にある通り、「浸水」は約半数の事故に関与していた。平水中の「浸水」は、船底外板の腐食、プロペラ点検口からの海水流入、海水冷却システムの亀裂、河川流、ドレン抜き穴、渦潮、排水口等に由来していた。「人、物の搭載/移動」は 4 割以上の事故に関与していて、波浪中の転覆に関与していた割合（15%）よりもかなり高い。また、「波/風以外の外力」は 4 割近くの事故に関与していた。

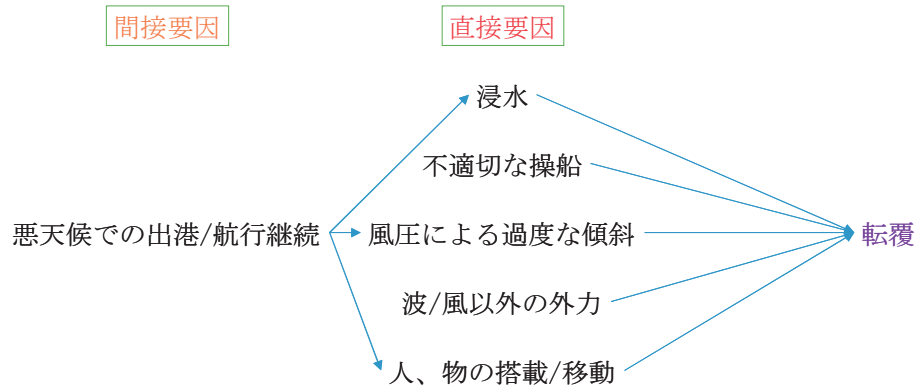


図2 平水中の転覆事故要因の関係

表 11 平水中の転覆事故要因の内訳

船種 \ 要因	事故数	悪天候での出港 / 航行継続	波 / 風以外の外力	不適切な操船	人、物の搭載 / 移動	浸水	風圧による過度な傾斜
旅客船	1		1 (100%)				
漁船	53	1 (2%)	21 (40%)		29 (55%)	31 (58%)	2 (4%)
遊漁船	1					1 (100%)	
引船・押船	4		4 (100%)				
作業船	12		11 (92%)			6 (50%)	
非自航船	1		1 (100%)				
プレジャーボート	35	6 (17%)	3 (9%)	4 (11%)	17 (49%)	15 (43%)	7 (20%)
その他	1	1 (100%)					1 (100%)
計	108	8 (7%)	41 (38%)	4 (4%)	46 (43%)	53 (49%)	10 (9%)

5.2.1 平水中の転覆に関与した要因数

平水中の転覆に関与した要因数と対応する事故件数を表 12 に示す。事故件数の多かった要因数 1 個と 2 個の転覆パターンを以下に示す。

表 12 平水中の転覆に関与した要因数

要因数	1	2	3	4	5	6	計
事故件数	58	46	4	0	0	0	108

5.2.1.1 要因数 1 個の平水中の転覆

要因数 1 個の平水中の転覆の内訳を件数の降順で表 13 に示す。「波/風以外の外力」、「人、物の搭載/移動」、「浸水」は平水中の転覆に強い影響があると考えられる。

表 13 要因数 1 個の平水中の転覆の内訳

要因	件数
波/風以外の外力	25 (43%)
人、物の搭載/移動	18 (31%)
浸水	13 (22%)
不適切な操船	1 (2%)
風圧による過度な傾斜	1 (2%)
悪天候での出港/航行継続	0
計	58

5.2.1.2 要因数 2 個の平水中の転覆

要因数 2 個の平水中の転覆パターンと対応する件数を降順で表 14 に示す。事故件数が多かったシーケンス 1 と 2 は表 13 で割合の高かった「波/風以外の外力」、「人、物の搭載/移動」と「浸水」の組み合わせであった。3 番目に件数が多かったパターンは、「悪天候での出港/航行継続」中の「風圧による過度な傾斜」であった。「風圧による過度な傾斜」は表 13 では割合が少なかったことから通常の天候での風は危険ではないが、小型の船舶にとって悪天候では注意が必要であると考えられる。

表 14 要因数 2 個の平水中の転覆パターン

シーケンス番号	イベント1	イベント2	件数
1	人、物の搭載/移動	浸水	19 (41%)
2	波/風以外の外力	浸水	11 (24%)
3	悪天候での出港/航行継続	風圧による過度な傾斜	7 (15%)
4	不適切な操船	浸水	3 (7%)
5	浸水	人、物の搭載/移動	3 (7%)
6	波/風以外の外力	人、物の搭載/移動	2 (4%)
7	風圧による過度な傾斜	浸水	1 (2%)
計			46

5.2.2 平水中の転覆の考察

表 11 から平水中の転覆に対しては、「浸水」、「人、物の搭載移動」、「波/風以外の外力」について対策をとることが必要だと考えられる。また、要因数 2 個の平水中の転覆パターンから風に関連した注意報や警報発表時は「風圧による過度な傾斜」の危険性が増加している様子が見て取れる。

6. チェックリストを用いた沈没事故分析

本章ではチェックリストを用いて沈没事故の分析を行い、その結果について考察した。本研究では表4に示した波浪中の沈没24件と平水中の沈没33件の分析を行った。分析した波浪中の沈没船舶の46%、平水中の沈没船舶の58%が総トン数5トン未満もしくは長さ5m未満の小型船舶であった。それ故、以下の分析は主に小型船舶の沈没事故に対する分析結果となる。

6.1 波浪中の沈没事故分析

本節では24件の波浪中の沈没事故を表5のチェックリストを用いて分析した。分析は表5の類型化要因に「波浪」を加えて行った。

波浪中の沈没事故要因の一般的な関係を図3に示す。各要因は事故の種類によって直接要因にも間接要因にもなりえるため、転覆では直接要因だったものが間接要因になっているものもある。「不適切な操船」が関与した事故は調査したものにはなかった。1次海難として船舶が沈没するには、実際的には予備浮力を喪失しなければならない。予備浮力を喪失させることができる要因は「浸水」だけである。それ故、「浸水」だけが直接要因で他の要因は間接要因となる。また、間接要因間の関連は、波浪中の転覆事故要因の場合と同じである。

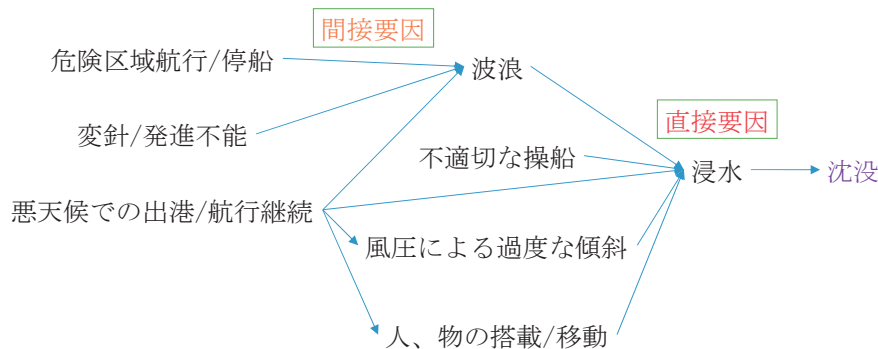


図3 波浪中の沈没事故要因の関係

24件の事故について船種ごとの沈没事故要因を表15に示す。唯一の直接要因である「浸水」は当然全沈没事故に関与していた。また、波浪中の転覆事故と同様に「悪天候での出港/航行継続」と「変針/発進不能」の関与の割合はそれぞれ42%と高かった。

6.2 平水中の沈没事故分析

本節では33件の平水中の沈没事故を表5のチェックリストを用いて分析した。

平水中の沈没事故要因の関係を図4に示す。関係性は基本的には波浪中の沈没事故要因と同じである。違いは「波浪」とそれに関係する「危険区域航行/停船」と「変針/発進不能」が無くなり、「波/風以外の外力」が間接要因として追加されていることである。間接要因間の関連は、平水中の転覆事故要因の場合と同じである。

33件の事故について船種ごとの沈没事故要因を表16に示す。「悪天候での出港/航行継続」、「不適切な操船」、「風圧による過度な傾斜」は調査した平水中の沈没では確認できなかった。

表 15 波浪中の沈没事故要因の内訳

船種 \ 要因	事故件数	悪天候での出港 / 航行継続	危険区域航行 / 停船	変針 / 発進不能	人、物の搭載 / 移動	浸水	風圧による過度な傾斜
貨物船	2	2 (100%)		1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)	
タンカー	1	1 (100%)		1 (100%)		1 (100%)	1 (100%)
漁船	4	2 (50%)	1 (25%)	2 (50%)	1 (25%)	4 (100%)	
遊漁船	1					1 (100%)	1 (100%)
引船・押船	6	4 (67%)		2 (33%)		6 (100%)	1 (17%)
作業船	1	1 (100%)	1 (100%)			1 (100%)	
非自航船	2				1 (50%)	2 (100%)	
プレジャーボート	7		1 (14%)	4 (57%)		7 (100%)	1 (14%)
計	24	10 (42%)	3 (13%)	10 (42%)	3 (13%)	24 (100%)	4 (17%)

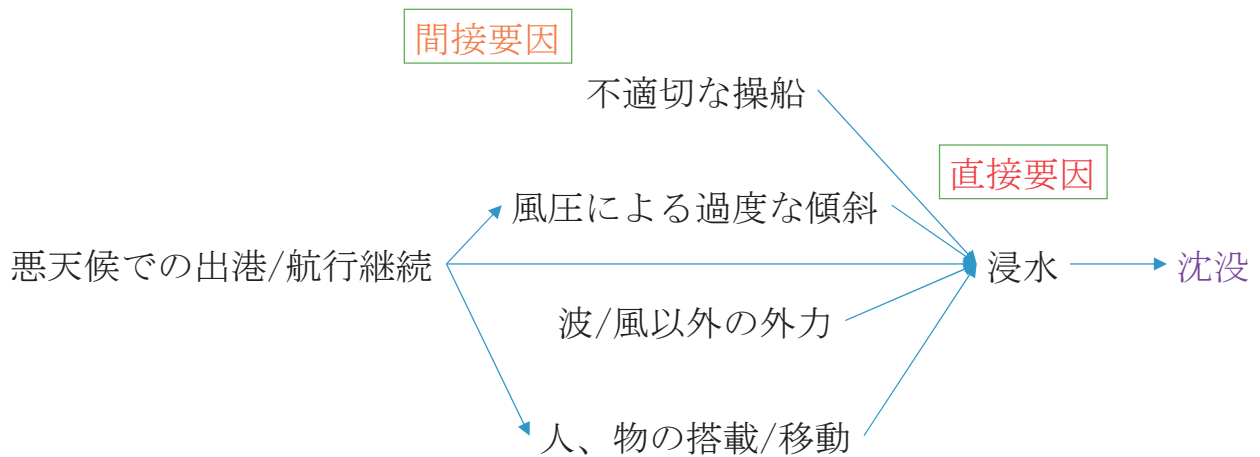


図 4 平水中の沈没事故要因の関係

表 16 平水中の沈没事故要因の内訳

船種 \ 要因	事故件数	風・波浪以外の外力	人、物の搭載 / 移動	浸水
貨物船	2		1 (50%)	2 (100%)
タンカー	1		1 (100%)	1 (100%)
漁船	7			7 (100%)
遊漁船	1			1 (100%)
引船・押船	4	2 (50%)		4 (100%)
作業船	2	1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)
非自航船	2			2 (100%)
公用船	1			1 (100%)
プレジャーボート	12		1 (8%)	12 (100%)
その他	1			1 (100%)
計	33	3 (9%)	4 (12%)	33 (100%)

7. 対策が必要な要因の考察

本章では5, 6章の分析結果に基づき対策が必要な要因について考察を加える。但し5, 6章で分析した転覆船舶の約8割及び沈没船舶の約5割は総トン数5トン未満もしくは長さ5m未満であったため、主に小型船舶に当てはまる対策について考察する。波浪中の転覆に関して、「悪天候での出港/航行継続」は35%の事故に関与している（表6）、ほとんどの事故において最初のイベントであった（表9, 10）。平水中の転覆では「悪天候での出港/航行継続」の割合は高くなかった（表11）が、「風圧による過度な傾斜」と組み合わせた時は危険性が高くなった（表14）。波浪中の沈没に関しては、「悪天候での出港/航行継続」は42%の事故に関与していてその割合は高かった（表15）。それ故、「悪天候での出港/航行継続」を控えることが転覆と沈没を予防する最も効果的な対策だと分析結果からも明確に示される。

運輸安全委員会の事故調査報告書⁷⁾では、「悪天候での出港/航行継続」要因の事故の対策として以下のものが挙げられていた。

- 避難場所の事前選定
- 気象海象情報の入手
- 適切な出港中止判断
- 適切な避難/帰港判断

運航者は天気急変の予兆に注意⁸⁾することも重要であるためこれを加え、時間軸が分かりやすいように整理し

たフローチャートを図5に示す。

出港前に、天候が悪化した際の避難場所を出発地から目的地間で選定しておく。そして、出港の判断のために気象海象情報を入手する。ここで出港を中止すれば当然悪天候に遭遇することはない。出港後は気象海象情報を継続的に入手し、天気急変の予兆の見張りも行う。その結果悪天候に遭遇すると判断した場合は、避難することによって「悪天候での出港/航行継続」の影響を低減できる。ただし、避難の判断が既に遅れていたり他の要因が複合したりすれば、避難中でも事故が発生する危険性があるため十分注意する必要がある。気象海象情報入手や天気急変の予兆の見張りの結果、航行を継続する場合は引き続きこれらの作業を行う。

「浸水」は転覆、沈没両方で高い割合で関与していた要因であったため、航行中は必ず対策が必要だと考えられる。「浸水」を発生させない操船、「浸水」の早期検知、「浸水」時の対処法を実践すれば、「浸水」由来の事故が減ると考えられる。

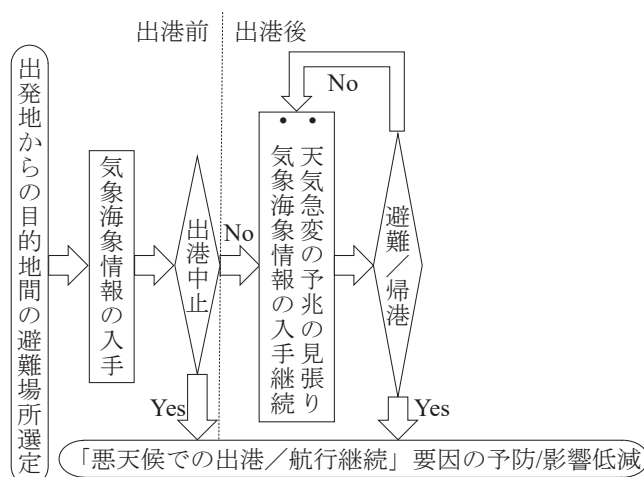


図5 「悪天候での出港/航行継続」要因の対策

運輸安全委員会の事故調査報告書では、「浸水」の対策として以下のものが挙げられていた。

- 大きい追い波の斜面の後ろ側にとどまる
- 船首からアンカー投入
- 波浪に船首を立てる
- 船外から船内に流入しない放水口の採用
- 乾舷保持
- 傾斜に注意する
- 排水手段の確保
- 放水口を阻害させない
- 開口部閉鎖
- 海上保安庁への救助要請
- 避難

また、減速も「浸水」の対策となるという報告⁹⁾がある。浸水警報のような機能を持った装置も「浸水」の対策となる。以上の対策を図6に時系列的にまとめる。図では予防策を実線、影響低減策を破線で囲っている。

事前に船外から船内に流入しない放水口を装備できれば「浸水」の予防となる。出港前は、不用品は陸揚げするなどして乾舷を確保し、積荷の搭載による傾斜に注意し、放水口の前に物を置いたりして機能を損なわせないようにする。また、機関室出入り口扉等の開口部を閉鎖して「浸水」拡大を防止する。これらの作業は出港後も継続する。出港後に「浸水」を予防するためには、大きい追い波中航行時は斜面の後ろ側にとどまる、アンカー投入は船首から行う、波浪に対して船首を立てる、波の打ち込みを減速して防ぐことなどを励行する必要がある。

「浸水」発生後に影響を低減するには、浸水警報装置により早期に検知して対処時間をなるべく確保し、ビルジポンプやバケツ等で排水を行う。排水量よりも浸水量が多い場合や浸水原因が不明の場合には海上保安庁に通報

したり避難したりすることにより事故を防ぐことも重要である。

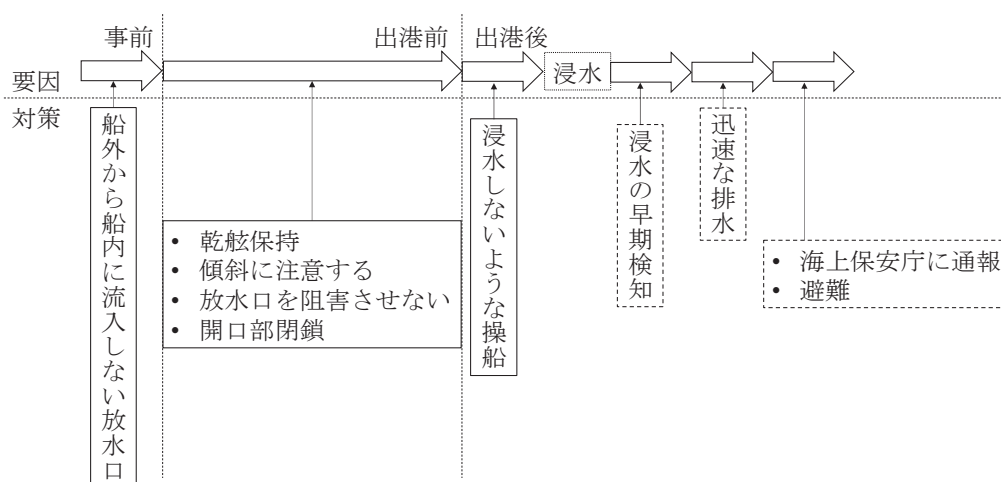


図6 「浸水」要因の対策

8. まとめ

運輸安全委員会の事故調査報告書の調査を行い抽出した事故要因の類型化によって転覆と沈没事故を分析するチェックリストを作成した。このチェックリストを用いて転覆と沈没事故を分析した結果、小型船舶では「悪天候での出港/航行継続」を抑えることが転覆と沈没に対して最も効果的な対策であることが確認できた。また、転覆と沈没事故に最も関与していた「浸水」は、航行中に最も対策が必要な要因であることが分かった。

今後発生する転覆や沈没事故に対して作成したチェックリストを適用することで、分析が容易となると考える。

今後もチェックリストを用いた分析を継続して、事故発生状況や事故要因の時間的な変化を把握して定期的に公表する予定である。

参考文献

- 1) International Organization for Standardization: ISO/IEC 31010 : 2009 Risk management-Risk assessment techniques, p. 56.
- 2) 天下井清, 寺尾裕, 高石敬史: 漁船の転覆海難データベースとその解析, 日本航海学会論文集, Vol. 80 (1983), pp. 25-36.
- 3) 田口晴邦: 小型プレジャーボートの転覆・沈没事故要因, 安全工学シンポジウム2012講演予稿集, pp. 424-427.
- 4) 柳裕一郎, 田口晴邦: 小型船舶の波浪中転覆事故要因の類型化に関する研究, 日本航海学会論文集, Vol. 136 (2017), pp. 8-16.
- 5) 柳裕一郎, 田口晴邦: 類型化要因による波浪中事故の分析, 日本航海学会論文集, Vol. 138 (2018), pp. 45-53.
- 6) Yuichiro YANAGI, Harukuni TAGUCHI: Classification of Capsizing and Sinking Factors, International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, Vol. 9 (2018), pp. 50-60.
- 7) 運輸安全委員会: 船舶事故調査報告書, <http://www.mlit.go.jp/jtsb/index.html>, 2020.2.4 アクセス.
- 8) 国土交通省海事局: ミニボートに乗る前に知っておきたい安全知識と準備 (2011), p. 5.
- 9) 吉野泰平・山本徳太郎: ブルワーク型小型漁船の海水打込み及び放水口に関する模型実験, 船舶技術研究所報告, 第22巻第3号 (1985), pp. 35-63.

付録

事故調査報告書を精読して抽出した37種類の要因とその要因が関与した転覆及び沈没の事故件数を表A.1に示す。

表 A.1 抽出した要因とその要因が関与した事故件数

類型化要因	事故		転覆（件）	沈没（件）
	要因			
危険区域航行	磯波		23	0
	巻波		3	0
	波浪の浅水変形		47	2
	反射波		3	1
	河口流と波浪の干渉		11	0
	航行位置誤認		1	0
波/風以外の外力	曳航索、漁具等の張力		38	1
	暗渠排水口の放出流		2	0
	押航		1	1
	潮流		0	1
変針/発進不能	索等のプロペラへの絡まり		11	1
	操舵装置故障		2	0
	錨の引っ掛かり		2	0
	機関停止		15	6
	燃料切れ		2	1
	漁具の根掛かり		5	0
	揚網機と網の絡まり		2	0
	漁具と推進機の絡まり		3	0
	不用意な投錨		1	1
	見張り不十分		23	1
人、物の搭載/移動	人、物の移動		70	1
	過度のヒール（トリム）		2	0
	復原性低下		4	2
	乾舷減少		2	2
	定員/重量の超過		6	2
悪天候での出港/航行継続	悪天候での出港/航行継続		98	10
不適切な操船	不適切な操船		12	0
浸水	浸水		193	57
風圧による過度な傾斜	風圧による過度な傾斜		28	4
対象外	不明		57	5
	無人係留中		1	13
	衝突		1	1
	接触		2	4
	座礁		1	1
	火災		0	1
	ブローチング		3	0
	波の頂での復原力減少		1	0