

[博士論文]

公共交通機関の事故・災害発生時における避難行動に関する研究

**The behavior of evacuation in case of the accident or
disaster on the public transportation**

高崎経済大学 博士後期課程

指導教授 久宗周二 教授

学生番号：813-001 氏名：中山光成

目次

| | |
|-------------------------------|----|
| 第1章 研究の目的 | 1 |
| 1-1 公共交通機関の発展と事故 | 1 |
| 1-1-1 鉄道の発展と事故 | 1 |
| 1-1-2 船舶の発展と事故 | 3 |
| 1-1-3 航空機の発展と事故 | 4 |
| 1-1-4 交通機関別の事故の特徴 | 6 |
| 1-2 事故分析に関する既往の研究 | 7 |
| 1-2-1 鉄道事故に関するこれまでの研究 | 8 |
| 1-2-2 船舶事故に関するこれまでの研究 | 9 |
| 1-2-3 航空機事故に関するこれまでの研究 | 10 |
| 1-2-4 交通機関以外でのこれまでの避難行動に関する研究 | 11 |
| 1-3 本研究の目的 | 13 |
| 第2章 研究の方法 | 15 |
| 2-1 研究の対象と言葉の定義 | 15 |
| 2-2 研究の方法 | 16 |
| 2-2-1 人的事故の調査分析マニュアルとチャート図の説明 | 16 |
| 2-2-2 4M分析 | 17 |
| 第3章 鉄道事故の分析 | 19 |
| 3-1 列車火災事故の分析 | 19 |
| 3-1-1 北陸トンネル急行「きたぐに」火災事故 | 19 |
| 3-1-2 北陸トンネル寝台特急「日本海」火災事故 | 24 |
| 3-1-3 列車火災事故の考察 | 26 |
| 3-2 列車脱線事故の分析 | 29 |
| 3-2-1 繁藤駅構内土石流脱線事故 | 29 |

| | | |
|-------|-----------------------|----|
| 3-2-2 | 竜ヶ水駅構内土石流脱線事故 | 33 |
| 3-2-3 | 列車脱線事故の考察 | 37 |
| 3-3 | 鉄道事故の考察 | 39 |
| | | |
| 第4章 | 旅客船事故の分析 | 41 |
| | | |
| 4-1 | 旅客船転覆事故の分析 | 41 |
| 4-1-1 | 「セウォル」沈没事故 | 41 |
| 4-1-2 | 「ありあけ」傾斜転覆事故 | 45 |
| 4-1-3 | 旅客船転覆事故の考察 | 49 |
| | | |
| 4-2 | 旅客船火災事故の分析 | 51 |
| 4-2-1 | 「ヤーマス・キャッスル」火災沈没事故 | 52 |
| 4-2-2 | 「サン・ビスタ」火災沈没事故 | 55 |
| 4-2-3 | 旅客船火災事故の考察 | 58 |
| | | |
| 4-3 | 旅客船衝突事故の分析 | 60 |
| 4-3-1 | 「紫雲丸」「第三宇高丸」衝突事故 | 61 |
| 4-3-2 | 「さいとぼる」「チャン・ウォン」衝突事故 | 64 |
| 4-3-3 | 旅客船衝突事故の考察 | 67 |
| | | |
| 4-4 | 旅客船事故の考察 | 70 |
| | | |
| 第5章 | 航空機事故の分析 | 72 |
| | | |
| 5-1 | 航空機不時着事故の分析 | 72 |
| 5-1-1 | 羽田沖 JAL350 便不時着事故 | 72 |
| 5-1-2 | US エアウェイズ 1549 便不時着事故 | 77 |
| 5-1-3 | 航空機不時着事故の考察 | 81 |
| | | |
| 5-2 | 航空機事故の考察 | 84 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 第6章 「成功例」「失敗例」の比較と考察 | 85 |
| 6-1 「成功例」「失敗例」における行動の比較 | 85 |
| 6-1-1 「成功例」「失敗例」の共通項目 | 85 |
| 6-1-2 「成功例」での行動の比較と考察 | 89 |
| 6-1-3 「失敗例」での行動の比較と考察 | 92 |
| 6-2 緊急時の避難における対策 | 95 |
| 6-3 避難行動における課題 | 99 |
| 第7章 結論 | 101 |
| 謝辞 | 112 |
| 参考文献 | 112 |

Abstract

In modern society, public transportation included planes and railways, but if accident happens at once, many people die or are injured. Recently, safety equipment are developed and the number of accident is reduced, but it is difficult to remove.

In this study, I investigated behavior of evacuation in case of accident on public transportations included train, vessel and plane for passengers.

There are many studies of investigated the accident of public transportation in the past. These studies are investigated fail examples that is the accident many people died. The past studies

But before one death accident happens, there are many small accident or incidents were happened. So, it is important to investigate small accidents and incidents.

In this study, I define the accident which has many deaths “failure example” and the accident which has little deaths “success example”.

In this study, I researched human behavior in case of accident on public transportation which are railways, passenger vessels and passenger planes. I compared “failure example” with “success example”

As a result, in case of “success example”, crews prepared for the worst, they gathered some information, determined evacuation depending on circumstances, and indicated to passenger immediately. But, in case of “failure example”, crews didn’t prepare for the worst. They didn’t gather information and evacuate.

In case of accident, crew cannot act follow manual, even if they had enough training and education for accidents. So, it is needed to determine on the spot. It is efficient for crews to study from “success example” to act depending on circumstances when they meet with accident. It is useful to have a lecture which is attendees take part in and think themselves.

So, crews have consciousness for the safety and can act exactly and quickly when they meet with the accident.

第1章 研究の目的

1-1 公共交通機関の発展と事故

現代社会において、新幹線や航空機などの公共交通機関が発展し、経済の発展や国際化に欠かせない。19世紀以降、鉄道の敷設や船舶の大型化が進み、20世紀には航空機が登場した。第二次世界大戦後は、鉄道、航空機、船舶ともに高速化や省力化が進み、交通機関はもはや日常のものになってきた。しかし、交通機関の発展と同時に、事故も数多く発生した。これまでも、鉄道事故や旅客船事故、航空機事故で多数の乗客や乗務員が死亡している。公共交通機関では車両や機体、船体が大型化しており、1回事故が発生した場合、多数の死傷者が発生することが多い。21世紀に入った今日も、鉄道や航空機、船舶の各交通機関で事故が相次いで発生している。2005年には兵庫県尼崎のJR福知山線で快速列車が脱線し106人が死亡、2011年には中国で高速列車が脱線転落し40人が死亡、2014年に韓国で旅客船が沈没し476人が死亡、2015年2月に台湾で旅客機が墜落して43人が死亡するなど公共交通機関による事故は繰り返し発生し、多くの乗客や乗員が死亡している。そのため、技術の発展と同時に、より一層の安全対策が重要になっている。

1-1-1 鉄道の発展と事故

19世紀前半には、アメリカやイギリス、ヨーロッパで鉄道の建設が始まり、1850年以降、アジアなどでも鉄道が建設された。1869年にはアメリカに大陸横断鉄道が開通し、その後世界各地で鉄道網が整備された。日本でも、1872年には新橋～横浜間に鉄道が開通した。その後、全国各地に鉄道が敷設され、20世紀初頭には北海道から九州まで全国各地に鉄道が敷設された。1964年には新幹線も開通し、鉄道の高速化も実現した。

その一方で、各地で鉄道事故が発生している。日本国内の事故を見ても、表1で示すように各地で乗客や乗務員が死亡する鉄道事故が発生しておりⁱ、昭和に入ると乗客の死亡する事故が増えた。1940年には国鉄西成線（現・JR桜島線）の安治川口駅での列車転覆火災事故では乗客192人が死亡するなど、第二次世界大戦終戦前に10人以上が死亡する事故が約20件発生ⁱⁱした¹⁾。第二次世界大戦後も、乗客が死亡する事故が発生しており、JR発足までの事故の一覧と死者数を表1で示している。鉄道事故が起きた場合、1回の事故で数十人単位の死者が発生しており、死者数が100人を超える事故もある。特に1950年代までは死亡事故が多く発生していた。その後、事故件数は減少傾向にあるが1960年代から70年代にかけて、常磐線三河島列車多重衝突事故や東海道線列車多重衝突事故、北陸トンネル列車火災など多数の乗客が死亡する鉄道事故も発生している。こうした事故を踏まえて、

ⁱ 列車乗車中の乗客や乗務員の死亡事故。踏切事故やプラットホーム等からの転落事故は除く

ⁱⁱ 第二次世界大戦時の空爆による被災を除く

表1 1945年からJR発足前に国内で乗客が死亡した主な鉄道事故¹

| 事故名 | 発生年月 | 死者数 |
|------------------------------|-------------|------|
| 肥薩線列車退行事故 | 1945年8月22日 | 53 |
| 八高線列車正面衝突事故 | 1945年8月24日 | 105 |
| 笹子駅構内列車転覆事故 | 1945年9月6日 | 60 |
| 神戸有馬電気鉄道電車脱線転覆事故 | 1945年11月18日 | 48 |
| 富士山ろく電鉄列車正面衝突事故 | 1946年1月13日 | 26 |
| 小田急小田原線列車脱線事故 | 1946年1月28日 | 30 |
| 尾道鉄道電車脱線転覆事故 | 1946年8月13日 | 37 |
| 八高線列車脱線転覆事故 | 1947年2月25日 | 184 |
| 名鉄瀬戸線脱線転覆事故 | 1948年1月5日 | 36 |
| 近鉄奈良線暴走追突事故 | 1948年3月31日 | 49 |
| 根岸線桜木町駅列車火災事故 | 1951年4月24日 | 106 |
| 参宮線六軒駅列車正面衝突事故 | 1956年10月15日 | 42 |
| 大分交通別大線列車埋没事故 | 1961年10月26日 | 31 |
| 常磐線列車多重衝突事故(三河島事故) | 1962年5月3日 | 160 |
| 東海道線列車多重衝突事故(鶴見事故) | 1963年11月9日 | 161 |
| 富士急行列車脱線転覆事故 | 1971年3月4日 | 17 |
| 近鉄特急衝突事故 | 1971年10月25日 | 25 |
| 土讃線繁藤駅土石流脱線事故 ⁱⁱⁱ | 1972年7月4日 | (60) |
| 北陸トンネル急行列車火災事故 | 1972年11月6日 | 30 |

表2 JR発足後(平成以降)に国内で乗客が死亡した鉄道事故¹

| 事故名 | 発生年月 | 死者数 |
|-------------------|-------------|-----|
| 信楽高原鉄道列車正面衝突事故 | 1991年5月14日 | 42 |
| 竜ヶ水駅土砂災害脱線事故 | 1993年8月6日 | 3 |
| 営団地下鉄日比谷線列車脱線衝突事故 | 2000年3月8日 | 5 |
| 福知山線脱線事故 | 2005年4月25日 | 106 |
| 羽越線特急脱線転覆事故 | 2005年12月25日 | 5 |

ⁱⁱⁱ 実際に列車に乗っていたのは十数人だが、詳細な人数は不明。(数字)は列車の乗客と乗務員、地元住民ら駅周辺で被害に巻き込まれたを含めた死者数

ATS（自動列車停止装置）や ATC（自動列車制御装置）の導入や車両の防燃化などの安全設備が発展した。そのため、今日では乗客が死亡する事故は、1960 年代以前と比べると減少している。

しかし、表 2 で示すように、平成に入っても JR 福知山線脱線事故や営団地下鉄（現・東京メトロ）日比谷線の脱線事故など死亡事故が発生している²⁾。また、今日でも脱線など列車事故^{iv}が発生しており、事故は完全にはなくなる。2011 年には、北海道・石勝線での列車火災事故が発生し、乗客が負傷する事故も起きている³⁾。石勝線事故では、事故発生後の避難誘導が不適切だったとして、国土交通省から JR 北海道に対して事業改善命令も出された。設備面での安全対策のさらなる充実に加えて、事故が発生した場合の避難誘導などによる被害軽減も考える必要がある。

1-1-2 船舶の発展と事故

19 世紀以降、船舶技術は向上し船舶の大型化が進んだ。第二次世界大戦以降、貨物船やタンカー、フェリー、クルーズ船など最新鋭の船舶が建造された⁴⁾。今日では、航空機や鉄道の道などが発展したため、船舶による旅客輸送は減少傾向になっている。しかし、日本は多くの島で構成されており、空路が整備されていない離島もあるため、船舶は離島への行き

表 3 1950 年以降に発生した主な旅客船の死亡事故

| 事故名 | 発生地 | 発生年月 | 死者数 |
|-----------------------|-----------------|-------------|-----------|
| 洞爺丸沈没事故 | 北海道函館沖 | 1954 年 9 月 | 1,155 |
| 紫雲丸・第三宇高丸衝突沈没事故 | 香川県高松沖 | 1955 年 5 月 | 166 |
| アンドレアドーリア・ストックホルム衝突事故 | アメリカ・マサチューセッツ州沖 | 1956 年 7 月 | 55 |
| 南海丸遭難事故 | 和歌山市沖 | 1958 年 1 月 | 167 |
| ヤーマス・キャッスル火災沈没事故 | アメリカ・フロリダ沖 | 1965 年 11 月 | 90 |
| ふたば・グレートビクトリー衝突事故 | 愛媛県来島海峡沖 | 1976 年 7 月 | 5 |
| ドニャ・パス沈没事故 | フィリピン・タブラス海峡 | 1987 年 12 月 | 1,500 人以上 |
| 西海フェリー沈没事故 | 韓国プアン郡沖 | 1993 年 10 月 | 292 |
| エストニア転覆事故 | バルト海 | 1994 年 9 月 | 852 |
| コスタ・コンコルディア座礁転覆事故 | イタリア | 2012 年 1 月 | 32 |
| セウォール沈没事故 | 韓国珍島沖 | 2014 年 4 月 | 306 |

・死者数には行方不明者も含む

^{iv} ホームでの触車事故や踏切等の人身事故を除く事故を示す

来に必要な交通機関である。また、自動車や石油、火薬類など航空機で運搬できないものや鉄鋼や石灰石、土砂など船舶の方がコスト的に見合っている物の輸送には船舶が用いられている。そのため、航空機などが発展しても一定の利用がある⁵⁾。

一方で、毎年、船舶による事故が多数発生しており、旅客船での死亡事故もある。多数の乗客が死亡した主な事故の一覧を表3に示した⁶⁾。日本国内では、1954年に北海道・函館沖で発生した「洞爺丸」事故で約1,200人が死亡、1955年に発生した「紫雲丸」事故で166人が死亡した。海外でも、旅客船の事故は多数発生しており、「ハンス・ヒルトフト」の氷山衝突・沈没（1959年、デンマーク）、「ドニャ・パス」沈没事故（1987年、フィリピン）などがあり、1回の事故で数十人から1,500人の死者・行方不明者が発生している。

最近も旅客船の事故が発生しており、2014年4月に韓国では476人の乗客・乗組員を乗せた「セウォル」号が転覆、沈没し304人が死亡・行方不明となった。2012年にはイタリアでは乗客・乗組員約4300人を載せたクルーズ船「コスタ・コンコルディア」が座礁転覆し、32人が死亡する事故が起きている⁷⁾。国内でも2015年7月に北海道苫小牧沖で商船三井フェリーの運航するカーフェリー「さんふらわあだいせつ」の船内で火災が発生して、乗組員1人が死亡する事故もおきている⁸⁾。これらの事故は、船体の設備トラブル、操船ミス、天候などが原因で発生しているが、船長や乗組員の避難誘導等が不適切で死者が増えた事故も多い。

1-1-3 航空機の発展と事故

第2次世界大戦後は、航空機技術が進歩し貨物や旅客の大量輸送が可能となり、鉄道などと同様の公共交通機関として利用されるようになってきた。現在、各地に空港が整備され、便数・路線数も増え、次第に一般的に利用されるようになってきた⁹⁾。機体も次々に製造され、大量輸送や燃費の効率化などが行われており、LCC（格安航空会社）も普及しており、現在では海外や国内のうち片道750km以上の移動では主力の交通機関になっている⁵⁾。しかし、これまでも航空機による事故が繰り返し発生している。航空機は、運航中に事故やトラブルが発生した場合、安全に停止することが困難で生存率が低くなりやすい。機体の大きさなどによって異なるが1回の事故で数十人から数百人の死者が出ることもある。表4では1980年から現在までの主な航空事故を示した。表4で示した事故以外にも多数の死者が発生する事故が起きており、世界各地で毎年約1~2件程度の割合で死亡事故が発生していることがわかる。国内でも、1971年の全日空機零石衝突事故や1985年の日本航空ジャンボ機墜落事故¹⁰⁾、1994年の名古屋空港・中華航空機墜落事故など100人以上死者が発生する事故が発生した¹¹⁾。これ以外にも、民間航空機の墜落などの死亡事故が毎年1~2件程度発生しており毎年数人程度が航空機事故で死亡している¹²⁾。

表 4 1980 年以降発生した主な航空事故

| 発生年 | 発生地 | 発生国・地域 | 航空会社 | 機種 | 死者数 |
|------|-------------|---------|--------------|--------|-----|
| 1982 | 羽田沖 | 日本・東京都 | 日本航空 | DC-8 | 24 |
| 1985 | 御巢鷹山 | 日本・群馬県 | 日本航空 | B747 | 520 |
| 1985 | 大西洋 | アイルランド | エアインディア | B747 | 329 |
| 1985 | ニューファンドランド島 | カナダ | アローエア | DC-8 | 256 |
| 1988 | スコットランド | イギリス | パンアメリカン航空 | B747 | 259 |
| 1991 | ジェッタ | サウジアラビア | ナイジェリア航空 | DC-8 | 261 |
| 1994 | 名古屋（小牧） | 日本・愛知県 | 中華航空 | A300 | 264 |
| 1996 | ニューデリー | インド | サウジアラビア航空 | B747 | 350 |
| | | | カザフスタン航空 | Tu-154 | |
| 1996 | ロング・アイランド沖 | アメリカ | トランスワールド航空 | B747 | 230 |
| 1997 | メダン | インドネシア | ガルーダインドネシア航空 | A300 | 234 |
| 1997 | グアム | アメリカ | 大韓航空 | B747 | 228 |
| 1998 | 大西洋 | カナダ | スイス航空 | MD-11 | 229 |
| 1999 | ナンタケット沖 | アメリカ | エジプト航空 | B767 | 217 |
| 2001 | ニューヨーク | アメリカ | アメリカン航空 | A300 | 260 |
| 2002 | 台湾海峡 | 台湾 | 中華航空 | B747 | 225 |
| 2007 | イルクーツク | ロシア | S7 航空 | A310 | 78 |
| 2007 | ドゥアラ | カメルーン | ケニア航空 | B737 | 114 |
| 2008 | ペルミ | ロシア | アエロフロートロシア航空 | B737 | 88 |
| 2009 | 大西洋 | ブラジル | エールフランス航空 | A330 | 228 |
| 2010 | マンガロール | インド | エアインディア | B737 | 158 |
| 2011 | ウルミエ | イラン | イラン航空 | B727 | 77 |
| 2013 | サンフランシスコ | アメリカ | アジアナ航空 | B777 | 3 |
| 2014 | 澎湖県 | 台湾 | トランスアジア航空 | ATR72 | 48 |
| 2015 | アルプス山中 | フランス | ジャーマンウイングス | A320 | 150 |

・テロ、外部からの砲撃による事故は除く

・2機掲載している事故は2機が衝突した事故で、死者数は両機の合計

（米満孝聖 “世界の旅客航空機事故による人的被害”などを参照）

1-1-4 交通機関別の事故の特徴

これまでも鉄道、船舶、航空機で死亡事故が発生してきたが、交通機関によって発生原因や状況、死者数、死因などに違いがあり表 5 では運行中の鉄道、船舶、航空機で発生したそれぞれの事故の特徴をまとめた。鉄道の死亡事故は、衝突や脱線、火災があげられる。死者の大半は、衝突時の衝撃などが原因で死亡する。鉄道では、航空機や船舶と比べると避難が容易であるため、事故後に生存した人が死亡することは少なく、航空機や船舶と比べると生存率が高い。しかし、トンネル内など場所によっては避難が困難になる。北陸トンネル火災では、死亡した人は全員が逃げ遅れによるものだった。また、常磐線三河島駅列車多重衝突事故では、事故を起こした列車から線路上に降りていた乗客に別の列車が衝突して多数の乗客が死亡しており、事故後の避難誘導ができるか否かで生存率が変わってくる。

旅客船の死亡事故では衝突や転覆、火災があげられる。死者の大半は衝突時の衝撃の他、海に投げ出されるか飛び込むことによる水死が多く、事故発生時には生存している乗客も多い。しかし、鉄道と異なり避難行動がとりにくいため、逃げ遅れて死亡する事故が多く、

表 5 交通機関別の事故の特徴

| | 鉄道 | 船舶 | 航空機 |
|------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 停止のしやすさ | 安全に停止できることが多い | 安全に停止できることが多い | 安全に停止できないことが多い |
| 客席から非常口までの距離 | 近い（わかりやすい） | 遠い（わかりにくい） | 近い（わかりやすい） |
| 避難時の救命胴衣着用の有無 | なし | あり | あり |
| 緊急時の避難方法等についての説明 | なし | 乗船時間が24時間を超える場合に限りあり | あり |
| 避難のしやすさ | 概ね避難しやすい | 避難が困難 | 安全に着陸、停止した場合を除き避難できない |
| 主な死傷原因 | 衝突等による直接要因 逃げ遅れ等 | 衝突等による直接要因 逃げ遅れ等 | 衝突等による直接要因 |
| 死傷者の発生状況 | ・事故現場に近い車両に集中 | ・事故現場に近い席、部屋に集中 | ・乗客、乗員の大半が死傷することが多い ・避難が難しい事故も多い |

事故後の迅速な救助要請や避難誘導が必要である。また、船舶では 1 隻あたりの乗船者数が航空機や鉄道より多く、タイタニックや洞爺丸など死者が 1,000 人を超える事故もあり、鉄道や航空機に比べると 1 回の事故での死者数が多くなる傾向がある。事故発生時の避難行動のとり方で、死者数に差が出て、「タイタニック」や「セウォル」など、適切に避難をしていれば生存者が増えたと考えられる事故もある。

航空機の死亡事故では、エンジン故障などによる墜落事故が多い。航空機では、墜落の衝撃による死者が多く、事故によっては生存率が低く、搭乗者全員が死亡する事故も珍しくない。表 5 に示した事故では、死者の多くが衝突の衝撃により死亡している。航空機では運航中にトラブルが発生した場合も、すぐに安全に停止することができず避難も難しい。しかし、着陸・着水に成功した場合は生存することもある。その場合、鉄道や船舶と同様に機体が破損しており、爆発や火災、沈没の危険があるため、迅速な機外避難が必要になる。

鉄道や航空機は、内部の構造が単純で、非常口まで近く外部への避難が比較的しやすいが、旅客船は客室に加えレストラン、浴室、売店、プールなど様々な施設があり、複数のフロア（甲板）で構成されるため内部の構造が複雑で、非常口まで遠くわかりにくい。

航空機と旅客船には定員を上回る数の救命胴衣、救命いかだなどの非常設備が搭載されている。旅客船では、「タイタニック」や「洞爺丸」などの過去の事故を教訓に、SOLAS 条約^vで救命いかだ等では定員の 125%分の搭載能力を要求している¹³⁾。また、航空機では離陸前にすべての乗客に対して、非常時の脱出のしかたや救命胴衣の着用方法などについて説明があり、各座席にも救命胴衣の着用方法や非常口の場所を示した案内図が設置されている。旅客船では、主にクルーズ船など 1 航海が 24 時間を超える乗船になる場合、SOLAS 条約で避難訓練を行うことが義務付けられており、出港前か出港後 1 時間以内に、すべての乗客が参加した避難訓練が行われる。

1-2 事故分析に関する既往の研究

システムが複雑化するほど事故は単一の原因で起こらず、複数の要因が重なり合って起きる。事故の再発防止のためには、その原因をあらゆる角度から分析する必要がある。事故の要因は、事前の検査や整備、監視体制などに起因する一次要因（事前要因）、操作ミスや機器破損等に起因する二次要因（直接要因）、そして、避難や応急措置などに起因する三次要因（拡大要因）の 3 つに分けて考える必要がある。そして、各要因について機械設備面（ハード面）と人的要因（ソフト面）とに分けて分析する必要がある。

こうした研究方法を踏まえて、これまでも工場や公共交通機関など組織事故、災害についてハード面、ソフト面から分析した研究が進められてきており、「失敗学」など数多くあ

^v 「海上における人命の安全のための国際条約」で、1912 年のタイタニック号沈没事故を契機に、1914 年に制定された

る。これらの研究では、多数の死傷者が発生した事故すなわち「失敗例」について分析してきた。「失敗学」では、機械設備面に焦点がおかれ、事故発生 of 直接要因や、安全装置の設置の必要性など事前要因に焦点をあてた分析が行われた。現在では、過去に発生した事故の研究が進み、非常停止装置や防火設備、避難器具の設置など機械設備面での安全対策が進んだ¹⁴⁾¹⁵⁾。

1-2-1 鉄道事故に関するこれまでの研究

鉄道事故に関して、過去に起きた死亡事故を取り上げハード面での対策についての研究は数多くある。

池田は¹⁶⁾、1945年からJR発足前までに発生した列車衝突事故について分析し、その原因には列車の乗務員のミスが影響していると指摘した。そのうえで、生理的心理負担の軽減や教育訓練の徹底に加え、万一ミスを犯した場合にも大事故に結びつかないように、ATSのさらなる改良やATC装置の導入といったバック・アップ機能対策も重要だと主張した。さらに、畑村は¹⁷⁾2005年に発生したJR西日本、福知山線脱線事故について分析し、運転士の速度超過により列車がカーブを曲がりきれずに脱線しており、新型ATSを整備して速度超過ができないようにすることで事故が防げたと指摘した。また、福知山線脱線事故を受けて、小美濃ら¹⁸⁾は鉄道車両の衝突時の乗客の傷害の特徴について縮尺模型による破壊実験やコンピューターシミュレーションを用いて分析した。その結果、衝突事故発生時に列車の座席配置や乗車姿勢によって傷害の部位が異なるとわかり、鉄道車両の衝突安全性の評価で車体構造と乗客の衝撃挙動解析も重要だと指摘した。

自然災害への対策では、強風時の列車事故防止の対策として鈴木ら¹⁹⁾は、強風時の運転規制の方法や強風対策を分析した。その結果、運転規制は、強風の吹きやすい地域では厳しい基準が求められているものの、地域により運用は異なると指摘した。また、ハード面では各地でより強固な防風柵を設置することで運転規制の回数も減り安全性が向上すると指摘した。そして、車両についても風に対する安全対策の強化が必要と指摘した。さらに、四ノ宮は²⁰⁾、多数の死傷者を出す列車衝突事故や列車火災事故、列車脱線事故はヒューマンエラーに起因することが多いと述べた。そして、運転作業条件の多様化に対応すべく運転適性検査の見直しや施設面での安全対策を進めることが必要だと指摘した。

また、ハード面に対して人的要因について分析した研究もある。碓井²¹⁾は、JR福知山線脱線事故について、事故報告書などから事故前の運転士の行動やJR西日本の対応について分析した。そして、運転士は事故直前にオーバーランをしており、それを隠し通して、罰を免れることができるか不安になり、それに関する無線の内容を聞くことに集中し、本来なすべき運転操作ができず事故を引き起こしたと指摘した。そのうえで、「インシデント」の正確な報告をすることが重要で、運転士がオーバーランについて正しく報告していれば、適切な運転操作ができ事故を回避できたと指摘した。岸田らは²²⁾1961年から2000年にかけて、福井県の京福電鉄で4回発生した列車の衝突事故について分析した。その結果、事

故のあった路線は利用者が少なく、廃止の候補にもなっていたため、会社側は線路等施設の更新を躊躇し、ATS や CTC (列車集中制御装置) など安全装置も設置しておらず設備面での安全対策が不十分だった。そのうえで、未然事故に対して十分に検証せず、設備の改修など対策をとらなかったことにより事故を繰り返した可能性がある」と述べた。さらに、列車火災の分析では、岸田ら²³⁾は韓国・大邱の地下鉄で火災について、運転指令と運転士とで情報のやり取りが十分に行えず適切な情報が伝わらず、火災を起こした列車とは別の列車が現場に入り被害が拡大したと述べた。その上で、過去の事故をデータベース化するなどして迅速に避難誘導や列車の抑止をする必要があると指摘した。

1-2-2 船舶事故に関するこれまでの研究

これまで、旅客船の関係する船舶事故に関する事故の分析も多数の死者が発生した事故を中心に分析された。中尾²⁴⁾は、1912年にアメリカで発生した「タイタニック」沈没事故について、多くの犠牲者を出した原因で救命胴衣や救命いかだの数が不足していたことや、船長や乗組員が船体の安全対策が十分で不沈だと過信して救難信号の発信や避難開始が遅れたためと指摘した。そして、この「タイタニック」沈没事故が発生した時代は、レーダーがなく事故を回避することは難しいが、救命いかだ等の非常設備を充実させれば被害を軽減できたと述べた。また、「タイタニック」に関して三友ら²⁵⁾は、イベントツリーを用いて、事故前や事故発生時の乗務員のとった行動を仮定して、死傷事故が起きた確率を算出した。その結果、レーダーや天気予報がないなどの技術的な要因に加え、非常設備の不足や避難行動の遅れなどの救難体制の不備、安全意識の低さが事故を誘発したと述べた。そして、救命いかだや救命胴衣を定員以上に積み込む、事故発生後、迅速に避難誘導や救助要請を行うなどの対応がとられれば死者は減ったと指摘した。「タイタニック」の事故を受けて、レーダーや AIS (船舶自動識別装置) など技術が進歩し、SOLAS 条約や海上運送法によって安全規制が強化されるなどして船舶の安全対策が進んだ。しかし、今日でも、旅客船事故が多数発生しており、そうした事故を基に研究が行われて、さらなる安全対策について研究されている。

山崎ら²⁶⁾は、海難事故の多くが、ヒューマンエラーによって起こり、夜間の単独当直、自動操縦の際に事故が起きると指摘した。海難事故を防ぐには当直者の不安全行動や不安全環境を生み出した背景や原因を調査して、それを改善することが必要だと述べた。

旅客船での事故発生時の避難行動に関して藤原ら²⁷⁾はシミュレーションプログラムを用いて、定員 180 人の船が満員の状態で火災が発生した場合の避難行動について、避難経路の遮断場所や乗客の属性別に想定して解析した。その結果、最悪の状況を想定した場合、避難にかかる時間は約 5 時間 30 分であると指摘した。また、実際の船を使った実証実験を行った研究もある。板垣ら²⁸⁾は港内に停泊中の 250 人乗りのフェリーを使い火災発生を想定して救命ボートによる脱出実験を行った。その結果、船体放棄決定から全員が避難をするまで 2 時間かかった。IMO (国際海事機関) は、旅客船では船体放棄決定から概ね 1 時

間以内で全員が避難することを求めている。また、SOLAS 条約でも設計、建造段階から柔軟な避難行動をとれるようにして、通路等で混雑しないように設計するように求めている²⁹⁾。しかし、実証実験では通路等が混雑して、全員が避難するまで約 2 時間かかると考察し、避難時間の短縮のためには退船手順の見直しや非常口の改善が必要だと指摘した。

久宗らは、1950 年代に発生した「洞爺丸」³⁰⁾や「紫雲丸」³¹⁾やの事故について分析した。その結果、「洞爺丸」事故では船長や乗組員の判断ミスにより船を出港させたためと述べ、現在は天気予報の精度も高く、より適確な情報を得やすくなっており、情報に基づいた判断が必要であると述べた。また、「紫雲丸」の事故では、濃霧下で船を通常通りに運航したことが事故につながったと述べた。また、避難時間が短時間だったうえ、乗船していた修学旅行生が船室に荷物を取りに戻るなどして船内が混乱して逃げ遅れた人が増えたと述べた。そのうえで、緊急時には船内で混乱が生じることも珍しくなく、乗組員は乗客に適切な指示を出す必要があると述べた。

1-2-3 航空機事故に関するこれまでの研究

航空機事故に関してもこれまで様々な研究が行われてきた。岩垂ら³²⁾は、航空機事故について大型機、小型機、ヘリコプターのいずれでも操縦ミスによる事故が多いと指摘した。時代の経過とともに、管制システムや航空機の安全設備の向上、パイロットなど乗務員に対する安全教育の充実によって事故が減少してきたと分析した。一方で、旧型など安全基準を満たしていない航空機による事故があるが、現在の航空機ではできる限りの安全対策はできていると考察した。中須賀は³³⁾、過去に起きた航空機事故の傾向について分析し、1975 年以降は機械的要因による事故より、ヒューマンエラーによる事故の割合が増えたと指摘した。その上で、航空機のハイテク化により、機長や副操縦士が機械を過信したり、自動化により緊急時の対応方法がわからずに事故に至る場合があると述べた。ミスを防ぐために新しいシステムを導入しても別のミスが起きるので、ミスを起こしにくいコックピットの環境整備など、一つ一つ設備改善をする必要があると主張した。さらに、垣本は³⁴⁾航空機事故の原因について研究し、航空事故の原因の 7~8 割はヒューマンエラーに起因しており、し忘れやコミュニケーションエラーによる重大インシデントや航空事故が起きていると指摘した。単純な操作のし忘れなどによる事故やインシデントは繰り返し発生しており、ハード、ソフト両面で改善し、より信頼性の高いシステムをつくる必要があると述べた。

航空機では、先に述べたように墜落時の衝撃で搭乗者全員が死亡することも多いため、航空機の大型化とともに機械設備面での安全対策は発展した。その一方で、ヒューマンエラーによる事故は多数発生しており、人的要因に着目した研究が数多くある。上野ら³⁵⁾は 1996 年に福岡空港で発生したガルーダインドネシア航空機の墜落事故の際の避難行動を分析した。その結果、緊急時にはマニュアル通りに対応できず機内で混乱が生じると述べた。そのうえでより現実的な訓練が必要で、新たな訓練シミュレーターにより実際の事故に

近い訓練が可能だと述べた。また、飯島³⁶⁾はドイツ上空での、バシキリアン航空のチャーター機と DHL の貨物機の衝突事故について分析した。その結果、管制システムの工事で管制塔の監視システムなどが一部使えなかったことに加え、管制官が、2 機が接近していることに気付くのが遅れたこと、チャーター機の機長の判断ミスによって事故が生じたと述べた。さらに、三好ら³⁷⁾は、機体は異常発生時から 90 秒で避難可能な設計をしているが、実際の現場では機内で混乱が生じて円滑な避難が難しいと述べた。そのため、ハード面だけでなく、機体の被害状況や乗客や乗員の心理状況を考慮した避難システムの構築が重要と述べている。

1-2-4 交通機関以外でのこれまでの避難行動に関する研究

避難行動など事後要因に関する分析には、交通機関以外の陸上でのビル火災など避難に関して研究が進んでいる。特にホテルやデパート、雑居ビル等など不特定多数の人が出入りする施設での火災発生時の避難を分析した研究が数多くある。斉藤ら³⁸⁾は、1972 年に大阪の千日デパートで発生した火災発生時の煙の充満の様子や避難行動について分析した。千日デパートの火災の火元は 3 階だったが、死者は全員 7 階にいた客や従業員で、煙に覆われ避難できなかつたと指摘した。火災が起きた建物の 7 階には屋内階段が 5 か所、エレベーターが 3 基あったが、エレベーターシャフトや階段、ダクトを通じて 7 階に煙が流入したと述べた。また、階段のうち 4 か所はベニヤ板で閉鎖されたり、荷物が置かれていて使用できなかつた。しかし、建物の構造上、すべての非常階段が煙に覆われ、非常階段がすべて使えていても死者は減らなかつたと指摘し、中高層ビルには屋外階段や排煙装置を設置することが必要だと述べた。堀内ら³⁹⁾は、1973 年に熊本市の大洋デパートで発生した火災での客や従業員の避難行動について分析した。火災発生時、非常ベルや放送で火災が知らされず、従業員による避難指示や誘導がなかつた。それにより、多くの客や従業員が異臭と煙に気づいて、自主的に避難しようと階段やエスカレーター、エレベーターに殺到し混乱状態になったと指摘した。そのため火災報知機や店内放送で火災を知らせ、各階ごとに従業員が客の避難誘導をしていれば死者は減らせたと指摘した。さらに、岸田ら⁴⁰⁾は、長崎屋尼崎店での火災での客や従業員の避難行動を分析した。その結果、パートやアルバイト従業員の対応が客レベルであったこと、防火設備の管理の不徹底に加え、従業員が訓練慣れをしてしまい実際の火災で適切な対応ができなかつたと指摘した。そのうえで、スプリンクラーなどの設備を導入や訓練の徹底をするだけでなく、使用者の意識的特性を利用した防災対策を導入することが必要と述べた。また、宿泊施設での火災を分析した研究では、関沢ら⁴¹⁾は 1980 年に栃木県で発生した川治プリンスホテルでの火災時の宿泊客の避難行動について分析した。火災発生後、ホテル内では火災報知器が作動したが、従業員が宿泊客に消防設備の試験中と伝えたため、多くの人が避難しなかつた。その後、煙が充満し再度、火災報知器が鳴ったため避難を始めたが、その際、通常時に使用する階段は煙が充満しており使用できず、通路や非常階段の幅も狭く逃げ遅れた人が多数いたと指摘した。そ

のうえで、屋外階段の設置、廊下や階段の幅の確保、迅速な避難指示が必要だと述べた。さらに、岸田ら⁴²⁾は、静岡県伊豆で発生した2つのホテル火災について分析し、火災等の緊急時には従業員も混乱し、初期消火や119番通報といった基本的な行動がとれなくなることがあると指摘した。それにより、利用客も混乱し、逃げ遅れや上層階からの飛び降りといった危険な行動をとり死傷者が増える述べた。

こうした研究を踏まえ、ホテルやデパートなどの公共施設では防火対策の強化や避難経路の確保、また従業員の避難訓練や消防等による検査の強化などハード、ソフト両面での対策がとられた。

1-2-5 「成功例」から分析した既往の研究

交通機関や公共施設などで発生した事故分析をした既往の研究では、多くが「失敗学」に代表されるように重大事故を取り上げ、その問題点や再発防止策について分析、考察してきた。失敗に着目し、その原因を特定し、失敗要素を取り除く方法論を **Safty I** と呼ぶのに対し、「成功例」を分析し、成功の原因を見つけ、それを応用してより高い安全性を目指す新たなアプローチを **Safty II** やレジエンスエンジニアリングと呼んでいる⁴³⁾。近年は、人間工学会では、これまで行われてきた「失敗例」(**Safety I**) 中心のアプローチに加え、より高度な安全性の実現を目指すため、**Safety II** からのアプローチも必要だと指摘している。

船舶事故に関して、村山ら⁴⁴⁾は船舶のインシデントについて乗組員らに聞き取り調査して、操船事故の防止のためには死傷者を出した重大事故だけでなく、インシデントや軽傷事故についても分析することも、死傷事故を防ぐために有効だと指摘した。そして、聞き取り調査の結果、被験者の約8割からヒヤリハットの経験があり、多くが港湾内や狭水道で起きていると述べた⁴⁵⁾⁴⁶⁾。

また、航空管制施設でのトラブルについて狩川⁴⁷⁾は、2014年にシカゴオヘア空港管制センターで発生した火災事故が発生した際の、管制業務について分析した。この火災では基幹情報ネットワークシステムのプライマリシステムとバックアップシステムが焼損し管制業務ができなくなったが、その際の対応について分析した。その結果、事故後すぐに他の管制センターに業務を引き継ぎ、航空機の安全を確保した。さらに、迅速に仮の対応プランを策定し事故から4日で、ほぼ通常通りの管制形態にもどった。そして、今後、さらなる安全性の向上を図るには、日常の活動における成功に着目し学習機会を増やすことが必要だと指摘した。

また、作田らは⁴⁸⁾、不適合(失敗)の発生頻度はハード面、ソフト面の改良により低くなっており、教訓として学びにくくなっていると指摘した。一方で、成功例には、事故や災害の未然防止に役立つと考え、成功例を3例とりあげて教訓を抽出した。その結果、緊急時体制の強化、緊急時対応訓練の充実など7項目の教訓を抽出でき、より一層 **Safety II** からの事故分析が必要と指摘した。

1-3 本研究の目的

これまで、公共交通機関の事故を分析した既往の研究では事故分析の多くは、事前要因、直接要因に着目しハード面を中心に分析してきた。それにより、鉄道、旅客船、航空機のいずれの交通機関でもハード面での対策が行われ死亡事故は減少してきた。一方で、最近では、20世紀以前と比べると各交通機関とも事故は減少しているが、ヒューマンエラーに起因する事故の割合が高くなっている。そのため、主に死亡事故についてハード面だけでなく、ヒューマンエラーなどソフト面に焦点をあてた研究があり、教育訓練や作業手順の見直しをあげている。

死亡事故を防止するためには死亡事故だけでなく「成功例」を分析することも必要である。1920年代ハインリッヒは労働災害について、図1で示すように死亡事故：軽傷事故：インシデント=1：29：300の法則があると述べた。この法則は1つの死亡や重傷を伴う重大事故の裏には29の軽傷事故、そして300のヒヤリハットがあり、軽傷事故やインシデントを防止するために対策を講じていけば死亡事故は発生しないと述べている⁴⁹⁾。さらに、村山らは重大事故を防止するためには直接要因や事前要因船舶事故の分析で、アクシデン

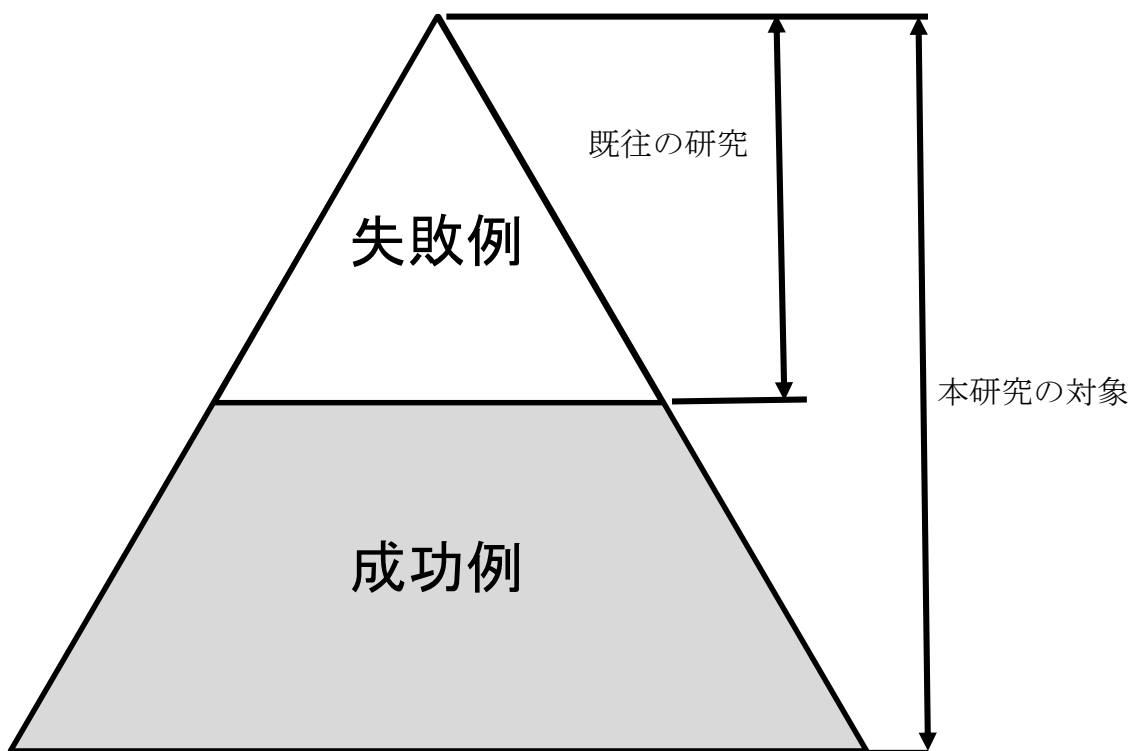


図1 既往の研究と本研究の範囲

トだけでなく、インシデントや軽傷事故を分析することが必要である。また、事前要因だけでなく、事故が発生した場合の避難など事後要因について分析することも必要である。

本研究では、事故や災害が発生した際にいかに人命を守るかを目的として、事故発生後の行動について分析する。本研究では、事故後の避難等が適切に行われ、乗員・乗客のほぼ全員が生存できた事故を「成功例」、事故後の避難等が不適切で多数の死者が発生した事故を「失敗例」と定義する。

事故発生後の避難行動に関して、従来の研究では、図 1 で示すように「失敗例」について分析した研究は数多くあるが、「成功例」について分析した研究はほとんどない。重大事故を防止するためには、「失敗例」だけでなく、重大事故になりそうだったが、事故後の対応がよく被害が少なかった事故、即ち、「成功例」を分析して、今後の対策に生かすことも必要である。過去には、死亡事故だけでなく、車両等は大破したが、乗客らの避難が適切にできて死者を出さなかった事故も発生している。そのため、「成功例」を取り上げ、「失敗例」と比較し、何がよかったのかを分析してそれを教訓にすることで、今後、事故が発生した場合でも、人命を守ることができると考えられる。

第2章 研究の方法

2-1 研究対象と言葉の定義

本研究では、鉄道、旅客船、航空機の各公共交通機関における事故や災害発生時の、乗務員や乗客、指令・管制の行動を分析して、どのような行動をとれば死者を減らすことができるのかを考察する。公共交通機関では、運行中に事故が発生した場合、避難環境や事故の発生場所が異なり、海上やトンネル内などでは、陸上の施設と比べて避難が困難になる場合もある。また、不特定多数の乗客がおり、混乱して多くの人が避難できずに被害が拡大することもある。既往の研究で公共交通機関での避難行動について扱った研究は少ない。そこで、本研究では、陸上（鉄道）、船舶、航空機の各公共交通機関での事故について事後要因、すなわち事故発生後の避難行動を分析する。各交通機関での事故について、事故の状況別に類似した条件で起きた「失敗例」と「成功例」を取り上げてそれぞれの事故を分析する。そして、両者を比較し、「失敗例」でも、「成功例」での対処方法を参考にどうすれば被害を軽減できたかを考察し、事故や災害が発生した際にどうすれば被害を軽減して人命を守れるかを研究する。

本研究では、鉄道、旅客船、航空機について表で示すように事故種別ごとにわけ、それぞれ類似した「失敗例」と「成功例」を1例ずつ取り上げた。表6で示すように、鉄道では①トンネル内の列車火災と②土石流災害による脱線、旅客船では③船内火災、④転覆、⑤衝突、航空機では⑥不時着水を取り上げた。「失敗例」「成功例」について、図で示すようにそれぞれの事故の要素を以下で説明する「人的事故の調査分析マニュアル」と「4M分

表6 本研究で取り扱う交通機関と事故の種別

| 交通機関 | 事故状況 |
|------|------------|
| 鉄道 | ①トンネル内での火災 |
| | ②土石流による脱線 |
| 旅客船 | ③航行中の船内火災 |
| | ④転覆 |
| | ⑤衝突 |
| 航空機 | ⑥不時着水 |

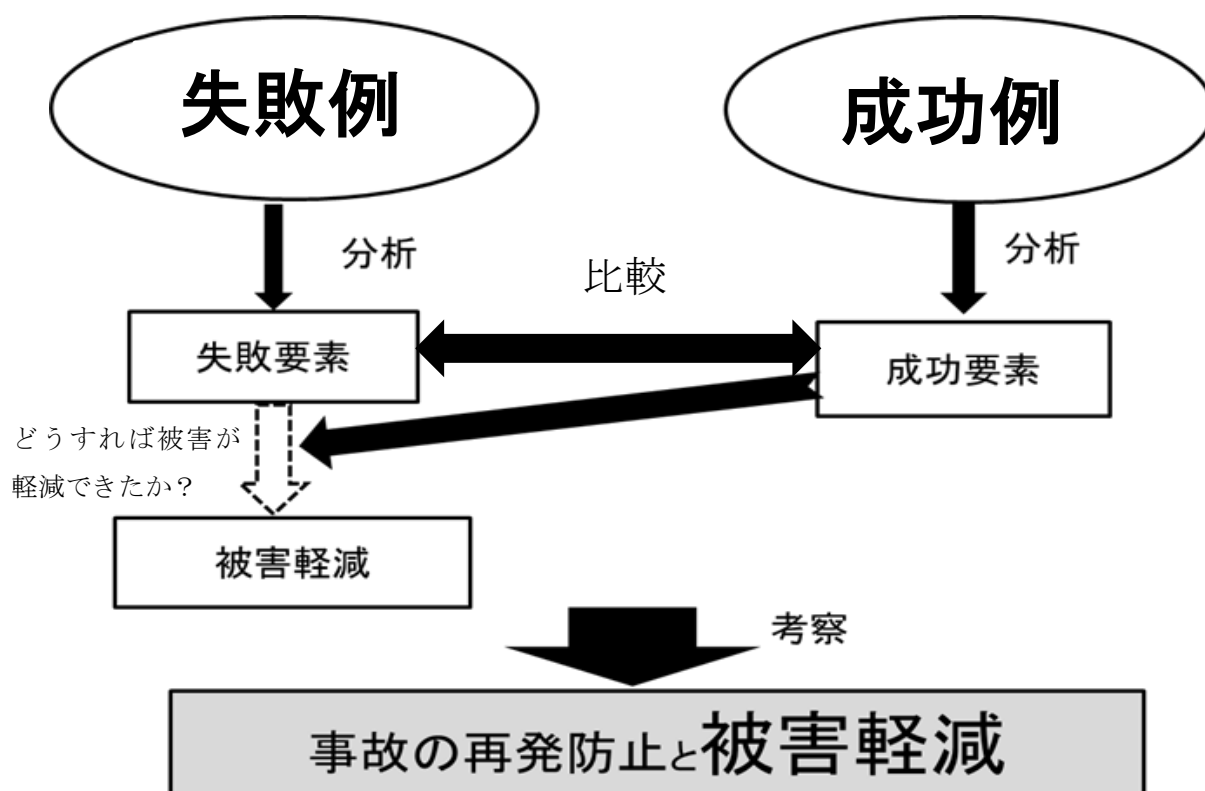


図2 本研究の分析方法

析」を用いて分析する。そして、そこから何が適切だったのか（成功要素）、何が不適切だったのか（失敗要素）に分ける。そして、「失敗例」と「成功例」の各要素を比較、分析することで、事故が発生した場合どのような行動をとれば、被害を最小限に食い止め、人命を守ることができるのか考察する。


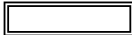

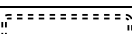
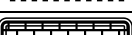


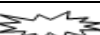
2-2 研究の方法

本研究では、ある事故について、当時の新聞や事故報告書等を用いて事故の事実関係を調査し、「人的事故の調査分析マニュアル」と「4M 分析」を用いて分析する。そして、それぞれの事故で乗員の行動、運転指令・管制の行動、乗客の行動などを比較し、「成功例」ではどのような行動が適切だったのか、「失敗例」ではどうすれば被害を軽減できたのかを考察する。

2-2-1 人的事故の調査分析マニュアルとチャート図の説明

「人的事故の調査・分析マニュアル」は日本人間工学会・旧安全人間工学部会で昭和45年に橋本らが作成したものである⁵⁰⁾。この方法は、事故発生前後の状況について時

表 7 チャート図で使用する記号とその意味

| 記号 | 内容 |
|---|------------------|
|  | 問題のない事件・行動 |
|  | 当該事故において重大な事件・行動 |
|  | 問題のない認知・判断 |
|  | 当該事故において重大な認知・判断 |
|  | 当該事象において特によい事象 |
|  | 情報の伝達 |
|  | 情報の伝達の不備、不伝達 |
|  | 重大な事象 |

系列、部署別にチャート図に示すことにより、数多くの情報を整理することで、事故発生前後の各部署の行動を整理することができ、事故の状況が分析しやすくなる。この方法は鉄道事故や原発事故など組織事故の分析で使われている²¹⁾⁵¹⁾。チャート図では、表 7 で示すように問題のない行動を実線の四角囲みで表示、問題のない意志判断を点線のカプセル型の囲みで表示している。また、問題があるまたは当該事故で重要な行動は二重実線の四角囲みで表示、当該事故において重大な意志判断は二重点線のカプセル型の囲みで表示した。さらに、実線の矢印は情報が伝達したことを示し、点線の矢印は必要な情報が伝わらなかったことを示す。爆発記号は火災、衝突、沈没など当該事故で重大な事故があったことを示している。本論文では、これに加えて、「成功例」の分析では、特によかった事象については背景を塗りつぶした四角で表示した。

2-2-2 4M 分析

4M 分析は、アメリカ航空宇宙局で 4M-4E 方式として使われていた事故の要因分析である。4M はある事故について人的要因 (Man)、機械設備的要因 (Machine)、環境要因 (Media)、管理的要因 (Management) の 4 つの M にわけて分析し、そこから 4 つの E 教育 (Education)、技術 (Engineering)、強化 (Enforcement)、事例 (Example) について考えるものである。これらの分析方法は連邦運輸安全評議会 (NTSB) などでも採用されており、鉄道や航空機事故、工場などでの爆発事故、医療事故など組織事故の分析に広く活用されている。事故は、単一の要因で発生することではなく、複数の要因が重なり合って発生する。そのため、様々な角度から分析することで事故の原因や再発防止策のとり方を見出すことができる。本研究では、第 3 章～第 5 章の各交通機関の事故分析で、事例ごとに 4M 分析を行い、それぞれについて結果を示した。第 3 章～第 5 章の事故ごとに記述した「4M 分析」では、各項目の文頭に○と×を表示しているが、○が被害を軽減させたと考

えられる要因（成功要素）、×が被害を拡大させたと考えられる要因（失敗要素）である。

本研究では、各交通機関での事故について、事故の種別ごとに「成功例」と「失敗例」を取り上げて、それぞれ、事故報告書や当時の新聞などから事故発生時の事実関係を調査し、「人的事故の調査・分析マニュアル」及び「4M 分析」を用いて事故発生時の現場の状況や乗客、乗員の行動を調査、分析する。そして、「成功例」のどのような行動が適切だったか、「失敗例」のどのような行動が不適切だったかを示す。そして、「成功例」での成功要素を参考にして、「失敗例」では乗員がどのような行動をすれば死傷者を減らせたかについて考察する。

第3章 鉄道事故の分析

第3章では、運行中の列車で事故が発生した場合の乗務員の行動や乗客の避難について分析する。鉄道は、比較的安全な乗り物とされ、通勤通学などの近距離の移動から中長距離の移動まで幅広く利用されているが、一度事故が起きた場合、死者数が増えるなど人的被害が拡大しやすい。鉄道事故には脱線・転覆や車両火災、衝突などがある。本論文では、特に避難が困難となるトンネル内での列車火災事故、大雨による土砂災害に起因する脱線事故の2つの類型について取り上げる。

3-1 列車火災事故の分析

これまでも列車火災事故が発生し、それを教訓に車両の防燃化、消火器、火災報知機やトンネル内へのスプリンクラーの設置など設備面での対策が進み、列車火災による死傷事故は少なくなった。しかし、1972年に発生した北陸トンネル火災事故や2009年韓国大邱の地下鉄火災など多くの死者を出す事故が起きている。列車火災の場合、すぐに列車を止めて乗客の避難や消火を行うことで被害拡大が防げるが、トンネル内などでは避難が困難になる。1969年と1972年には、北陸トンネルを走行中の寝台列車で火災が発生する事故が相次いだ。1969年にはトンネル内を走行中の寝台特急「日本海」から出火し、電源車1両が全焼したが、乗務員の避難誘導や適切な列車の停止ができたため死傷者はゼロだった。しかし、1972年にも北陸トンネル内を走行中の急行「きたぐに」で火災が発生、16両編成の車両が全焼し30人の死者を出した。本節では、トンネル内での列車火災について、北陸トンネルで発生した2件の事故について分析した。「失敗例」には「きたぐに」火災、「成功例」には「日本海」火災を取り上げて、事故発生前後の乗客や乗務員の行動を分析する。

3-1-1 【失敗例】北陸トンネル急行「きたぐに」火災事故

1972（昭和47）年11月6日午前1時10分ごろ、大阪発青森行き急行「きたぐに」が福井県敦賀市の北陸本線、北陸トンネル（全長13,870m）を走行中、食堂車から出火、全焼する火災が発生した。列車は図4に示すように16両編成で、先頭が機関車、後ろ2両は貨物車で乗客は立ち入り禁止だった。火元となった食堂車は前から12両目にあった。運転士は火災を確認後、マニュアル通りに図5に示すようにトンネルのほぼ中央部、敦賀側の入口から5.4km地点付近で緊急停車させた。列車は翌朝までに16両すべてが全焼した。列車には、乗客761人と乗務員ら30人の計791人が乗車していたが、乗客30人が死亡、714人が重軽傷を負った。死傷者の大半は煙を吸ったことによる一酸化炭素中毒だった。出火の原因は食堂車内の電気暖房装置のショートだった⁵²⁾⁵³⁾。この事故を受けて、当時の国鉄

表 8 急行「きたぐに」火災発生から車両搬出までの経過

| 時間 | 事象 |
|----------|---|
| 1:04 | 敦賀駅を 2 分遅れで発車 |
| 1:10 頃 | 乗客が食堂車から出火を確認して、車掌に報告 |
| 1:11 頃 | 車掌が運転士に非常停止を要請 |
| 1:13 頃 | トンネル内で緊急停車（敦賀側から 5,300m 地点） 乗客に対して、状況の説明や避難指示はなかった |
| 1:13～ | 乗務員が消火器で初期消火するが消火できない |
| 1:15 頃～ | 車両周辺に黒煙が広がり、乗客が自主的に前方車両に避難し始める |
| 1:15 | 大阪行きの急行「立山」が赤信号によりトンネル内で緊急停止 |
| ～1:30 | 運転指令 ^{vi} に火災発生の報告 |
| 1:28 頃 | 食堂車の切り離し作業に取り掛かる。 乗務員の大半が食堂車より後ろ側に集まる |
| 1:34 頃 | 食堂車と後部車両との切り離し完了 |
| 1:52 頃 | 停電で運行不能 後部車両の乗客に対して、車外避難の指示 |
| 2:00 頃 | 後部車両の乗客が避難開始（徒歩で敦賀方面に避難） |
| 2:10 頃～ | 前部車両の乗客も自主的に車外に出て避難を始める。煙が多いため、車内に残った乗客もいた |
| 2:10 頃 | 機関士の 1 人が国鉄に送電してほしいと非常電話で要請、国鉄側は送電すると感電の恐れがあり危険だと考え拒んだ |
| 2:20 | 「立山」側の信号が青に変わったため、低速で運転再開 |
| 2:40 頃 | 「立山」がトンネル内で乗客を発見し緊急停止。ドアを開放して乗客を乗せる |
| 3:00 過ぎ | 「立山」が今庄方面に逆走してトンネルから出る |
| 6:43 頃 | 救援列車 2 次隊が敦賀を出発 |
| 13:00 過ぎ | トンネル内の乗員乗客の救助を終える 乗員乗客 29 人の死亡を確認し遺体をすべて収容（後で発見された 1 名を除く） |
| 夕方頃 | 事故車両 15 両を敦賀駅へ移動させる |

『続・事故の鉄道史』（日本経済評論社）など より作成

^{vi} 鉄道において、列車の乗務員や駅に業務指示を行う機関

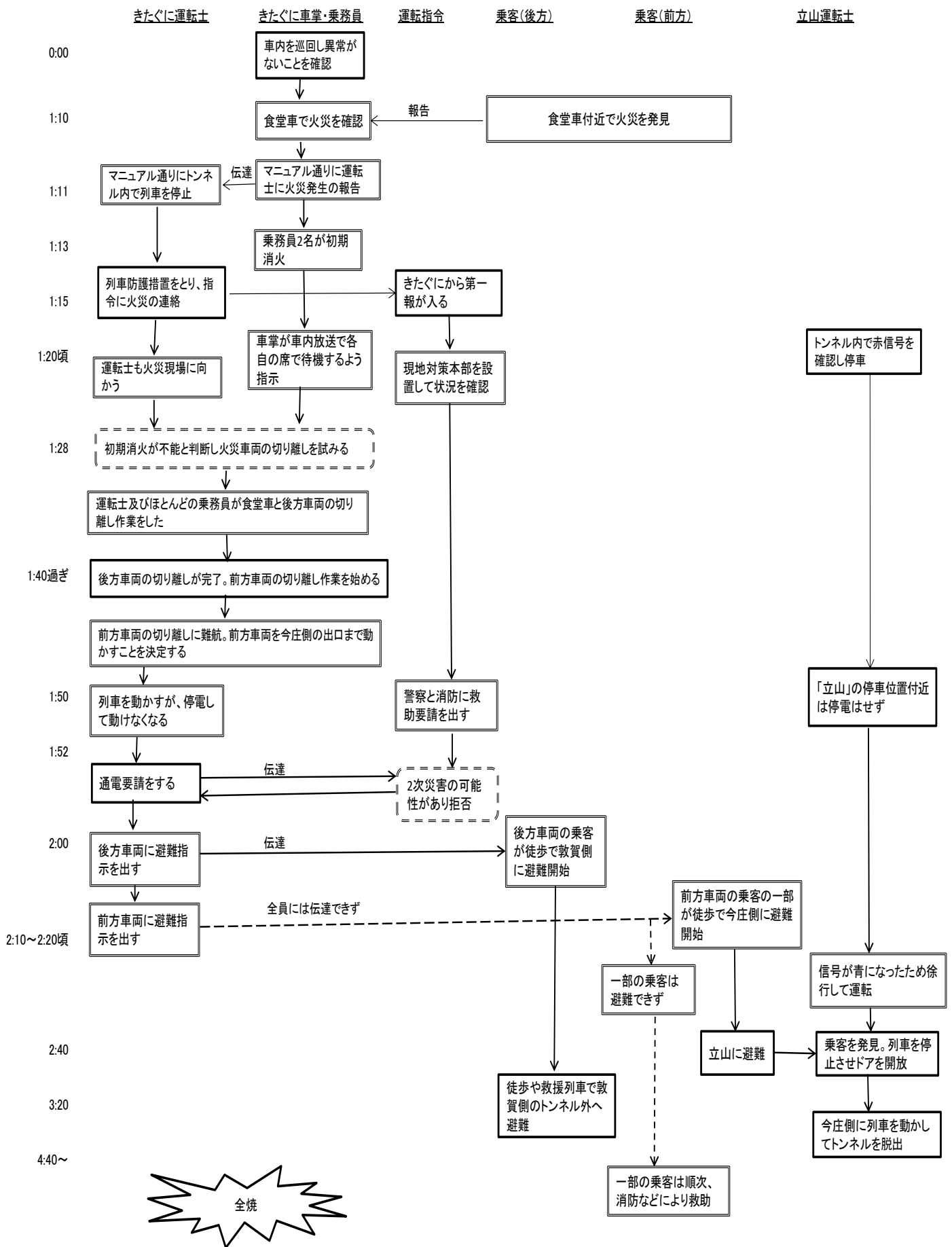


図3 きたぐに火災事故のチャート図

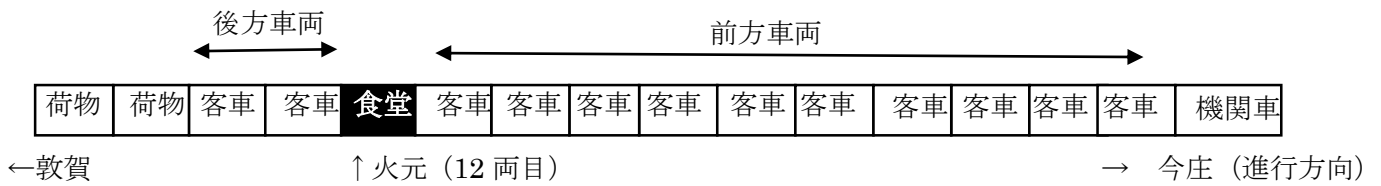
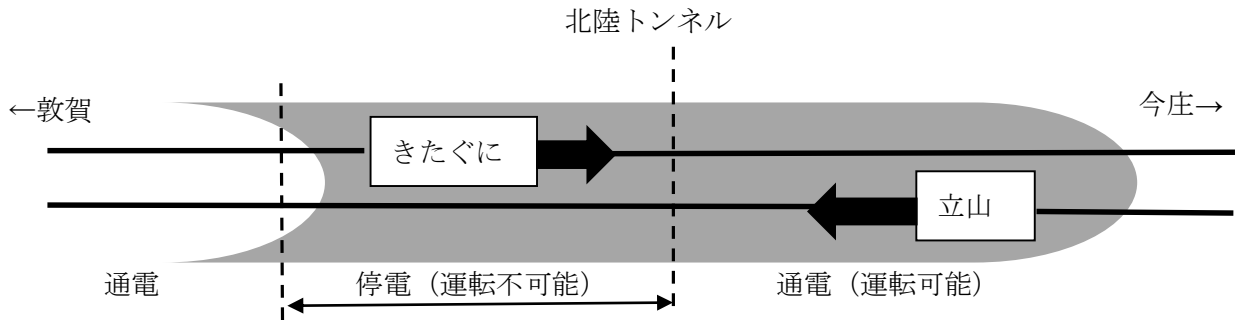


図4「きたぐに」の編成



➡は列車の進行方向を示す

図5 事故発生時の「きたぐに」「立山」の位置関係及びトンネル内の通電状況

はトンネル内で実際の車両を用いた燃焼実験を行い、火災発生時の避難マニュアルを見直した⁵⁴⁾。

本論文では、図4に示すように食堂車より前を前方車両、後ろを後方車両と記載する。表8は事故発生の経過をまとめたものである。「人的事故の調査・分析マニュアル」による分析は図3で示した。また、4M分析の結果は以下のとおりである。

◆4M分析

Man

- ×火災を認識しながらトンネル内で列車を止めた
- ×火災発生を確認した後、火元の車両の近くに居た乗客を先頭や最後尾など車内の安全な場所に避難させなかった
- ×火災発生後、大半の乗務員が火災車両より後方にいた
- 敦賀方面に向かっていた急行「立山」の運転士が、青信号を確認後、低速で列車を動かした
- 「立山」の乗務員が「きたぐに」の乗客を「立山」の車内に誘導し、逆方向（今庄方面）に列車を走らせて今庄側の出口に避難させた

Machine

- ×火災発生の20分後に送電が停止し車両を動かせなかった

×トンネル内に排煙装置等の防火設備がなかった⁵⁵⁾

Media

×トンネル内で煙が充満しやすかった

×トンネル内で消火作業が困難だった

×トンネル内で避難ができなかった

Management

×火災発生から約1時間、乗客に指示や状況説明がなかった

×前方車両の乗客には避難指示と車内待機の指示が出て混乱した

×火災発生時の乗務員に対するマニュアルが不十分だった⁵⁶⁾

×「日本海」事故の教訓を生かしてなかった(3-1-2節参照)

◆結果

北陸トンネル走行中に乗客が食堂車付近で煙が充満しているのを見つけて、車掌に連絡した。車掌が異常を確認した後、機関車の運転士に火災発生 of 報告をした。それをうけて運転士は列車をトンネル内で緊急停止させた。その後、乗務員30人のほとんどが火災の発生した食堂車に行き初期消火を行ったが火の勢いが強くて消火できなかった。そのため、乗務員らはマニュアルや訓練通りに、火災の発生した食堂車と前後の車両の切り離しをすることにして、最初に食堂車と後方車両の切り離し作業にあたった。大半の乗務員は食堂車より後ろ側に集まり切り離し作業をしており、乗客に対して状況説明や避難指示はなかった。後方車両との切り離し完了後、前方車両との切り離しを始めたが火や煙の影響で切り離しができなかった。その後、列車をトンネルの外まで動かすことを試みたが、図5で示すように火災現場付近の区間で送電が停止し列車を動かせなくなった。運転士が指令に対して送電を再開してほしいと伝えたが、さらに感電や火の勢いが強くなるなど2次災害の危険があるとして送電しなかった。事故直後から敦賀に国鉄の事故対策本部が設置され、事故発生から約50分後に後方車両の乗客に車外避難の指示が出て、避難を始め、全員が敦賀側の出口まで避難できた。しかし、前方車両の乗客には乗務員からの指示が伝わらなかった。対策本部では敦賀駅、今庄駅から救援列車を出して乗客を避難させることにしたが、手配に時間がかかり、救援列車が出たのは事故発生から2時間半経過してからだった。前方車両の乗客は自主的に列車から降りて徒歩で避難をはじめた。トンネル内を歩いていた約250人の乗客は現場近くを低速で走行していた大阪行き of 急行「立山」に発見された⁵⁷⁾。事故現場付近では給電が停止し、停電していたが、「立山」が緊急停止した位置は、事故現場付近とは送電元が異なっていたため給電が続いており走行可能だった。「立山」は「きたぐに」の乗客の救助後、逆方向に列車を走らせて今庄側に避難した。しかし、「きたぐに」の乗務員らは、前方車両の乗客に車内待機の指示、後方車両の乗客に避難指示を出していた。死者は全員前方車両の乗客で、前方車両では数十人程度が避難せず車内に残っていたとみられる⁵⁸⁾。

3-1-2 【成功例】北陸トンネル寝台特急「日本海」火災事故

1969 (昭和 44) 年 12 月 6 日午前 6 時 20 分ごろ北陸本線・北陸トンネルで青森発大阪行き
の寝台特急「日本海」の電源車から出火し、電源車が全焼し、3 両目の客車の一部が焼け
た。列車は図 7 で示すように機関車 1 両、電源車 1 両、客車 12 両の 14 両編成で、出火し
た電源車は前から 2 両目に連結されていた。火元の車両は車内の照明や暖房の電源を供給
する車両だった。列車には乗客と乗務員合わせて 500 人が乗っていたが、火元に近い 3 両
目、4 両目の乗客は後方車両に避難した。火災を発見した際、列車はトンネルの中央部付近、
敦賀側の入り口から 4～5km 地点を走行していた。マニュアルでは、火災発生時はトンネ
ル内でも停止するよう求めていたが、運転士はそのまま運転を続け、トンネルを出てから
列車を停車させた⁵⁸⁾⁵⁹⁾。停車後、車掌らは 3 両目と 4 両目を切り離した。また、火災を確
認後すぐに 3、4 両目の乗客全員を 5 両目より後ろに避難させており、3 両目、4 両目には
乗客はいなかった。その後、通報で駆けつけた消防により火は消し止められ、2 両目の電源
車が全焼、3 両目の車体の一部が焦げるなどしたが死者・負傷者は発生しなかった。

事故発生前後の状況を表 9 に、「人的事故の調査・分析マニュアル」による分析は図 6 で
示した。また、4M 分析の結果は以下のとおりである。

表 9 寝台特急「日本海」火災発生から消火までの経過

| 時間 | 事象 |
|-------------|---|
| 12 月 6 日 | |
| 6:18 | 車掌が電源車で火災を発見 |
| 6:20 頃 | 車掌が運転士に連絡し、他の乗務員が初期消火をするが火の勢いが強くて 消火できなかった。乗務員らは消火器を使い延焼を防ぐ措置をとる |
| | 運転士が煙や異音を確認 |
| | 補助機関士が指令に連絡し、国鉄から消防に通報。他の列車に対して抑止 を行う。運転士はトンネル出口まで運転を継続。 |
| 6:20～6:25 | 3 両目の客車内に煙が入り込んでいるのを確認 |
| | 乗務員が火元に近い 3 両目、4 両目の乗客を後方車両に避難させる |
| 6:25 頃 | トンネルを出て 300m のところに緊急停止 |
| ～6:40 頃 | 電源車と客車を切り離す |
| 6:40～7:00 頃 | 消防車が到着し消火活動を開始。火は消し止められる |

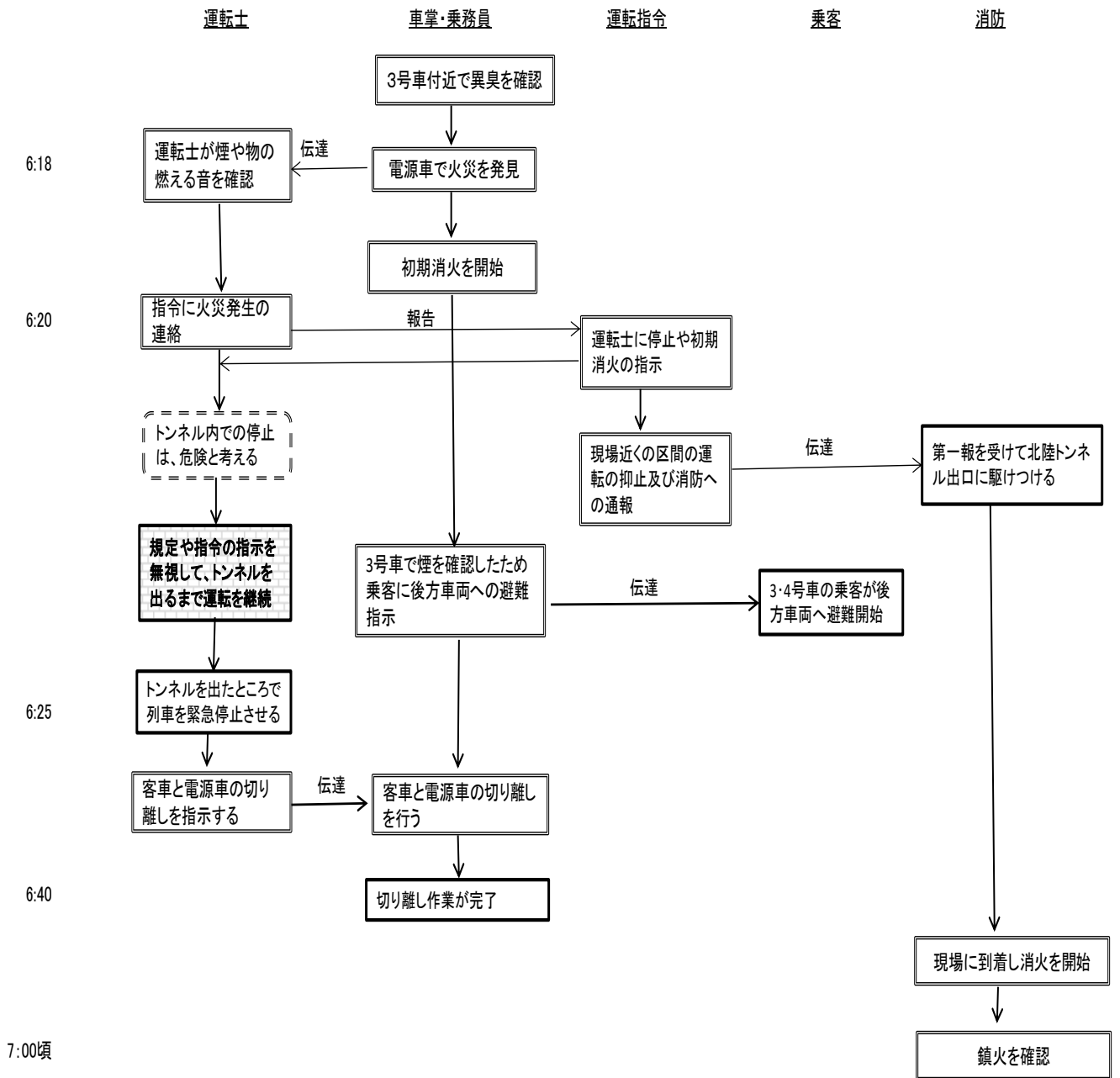


図 6 日本海火災事故のチャート図

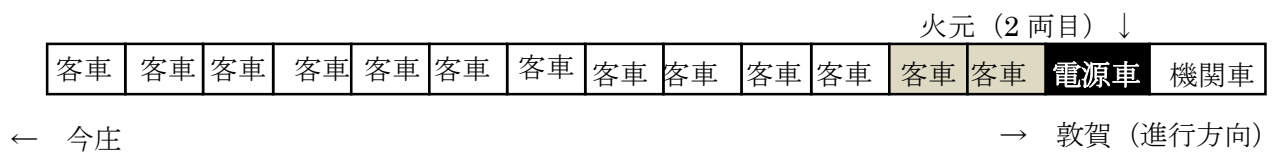


図 7 「日本海」の編成（2両目の電源車から出火）
背景色が網掛けの客車は乗客を避難させた車両

◆4M分析

Man

- 運転士がトンネルを出てから列車を停止させた
- 乗務員がすぐに初期消火をはじめた
- 火元に近い車両の乗客をすぐに後方車両に避難させた

Machine

- ×車両の床が油で汚れており、引火しやすかった
- ×電源車のヒーターのボルトが緩み火花が飛び散った

Media

- トンネルの外で停止したため、車両の切り離しや消火がしやすかった

Management

- 運転士と乗務員で連絡、情報交換ができた

北陸トンネルを走行中、乗務員が電源車で異臭と煙の充満に気づき、運転士に連絡した。当時の国鉄では車内で火災が発生した場合は、トンネル内であってもその場で停止して、状況確認や初期消火をするように規定されていたが、運転士はトンネル内で停車した場合、乗客の避難や消火に支障をきたすと考え、列車をトンネルの外まで走らせた。その間、車掌ら他の乗務員は、電源車の電源を切り、初期消火を行うと同時に火災車両に近い3・4両目の乗客を後ろの車両に避難させ、補助機関士が指令に連絡した。運転士はトンネルを出た後列車を止めて、乗務員が再度指令に報告して、車両の切り離しや乗客の避難について相談していたが、すぐに消防が到着し火は消し止められた。その結果、この事故では死者、負傷者は発生しなかった。しかし、国鉄は事故後、運転士を規定違反として運転業務からはずす処分をし、火災時の避難マニュアルの見直しはしなかった。

3-1-3 列車火災事故の考察

「きたぐに」「日本海」とも、同じ北陸トンネル内で発生した。火災が発生した車両は両事故とも機関車が客車をけん引する寝台列車で、列車内に設置されていた防火設備は消火器のみだった。また、トンネル内にはスプリンクラーは設置されていなかった。

「日本海」、「きたぐに」とも北陸トンネル内を走行中に車両から出火したが、火災を確認した後の現場の乗務員の判断と行動の違いで被害の差が出た。表10で「きたぐに」と「日本海」の被害程度や乗務員の行動のとり方についてまとめた。

「日本海」では乗務員が火災発生を確認した後、運転士と車掌が相談し、トンネルを出てから列車を停止させた。その際、車掌ら客車内の乗務員は火災現場に近い車両に居た乗客を火元から離れた後方の車両に避難させ、消防への通報や初期消火を行った。列車はト

表 10 「きたぐに」「日本海」の事故の被害と乗務員の行動のとり方の違い

| | きたぐに | 日本海 |
|--------------|------------------------|--|
| 発生日時 | 1972年11月6日午前1時頃 | 1969年12月6日午前6時頃 |
| 防火設備 | 消火器のみ (スプリンクラーなし) | 消火器のみ (スプリンクラーなし) |
| 両数(出火場所) | 15両(前から11両目) | 14両(前から2両目) |
| 乗客数 | 約760人 | 約500人 |
| 死者数 | 30人 | 0人 |
| 負傷者数 | 714人 | 0人 |
| 生存率 | 96% | 100% |
| 死傷率 | 97% | 0% |
| 消火時間 | 約4～5時間 | 約40分～1時間 |
| 火災発生後の乗務員の対応 | トンネル内で緊急停止→初期消火→車両切り離し | 初期消火、乗客の1次避難誘導 ^{vii} →トンネルを出て緊急停止 |

ンネルを出た直後に停止し、乗客には後方車両の車内で待機するよう指示を出した。その後、指令と車外避難の打ち合わせなどをしていたが、指令からの通報を受けて駆け付けた消防などにより火は消し止められ、死傷者は出なかった。

一方、「きたぐに」では、運転士が乗務員から火災発生の連絡を受けた後、トンネル内で列車を停止させた。その後、機関車にいた運転士らを除き大半の乗務員が火災現場となった食堂車に集まった。さらに、火災を確認した後、乗務員は火災車両の切り離しを優先し、乗客に対して避難指示を出さなかった。しかし、事前に初期消火や車両の切り離しの訓練は受けていたが作業は難航した。乗客に対して避難指示が出たのは緊急停止から1時間後だった。大半の乗務員が火災現場より後方車両に居たため、前方車両の乗客には避難指示が伝わらなかった。前方車両の乗客には自主的に避難をはじめた人もいたが、乗務員による誘導はなく、避難できない人もいた。死者は全員、前方車両の乗客で、死因は一酸化炭素中毒だった。

「日本海」火災では、乗務員の的確な判断と迅速な対応により死傷者を発生させなかった。しかし、消防当局からは、火災発生時に死傷が増えるなど被害が拡大する危険があるとして北陸トンネル内にスプリンクラーや非常用照明などを設置する設備面での改善や火災発生時の乗客の避難誘導等を見直すように国鉄に指示していた⁵⁰⁾⁵¹⁾。しかし、国鉄は規定違反として運転士を処分し、トンネル内の非常設備の改善や火災発生時の列車の停止や乗客の避難などのマニュアルの見直しを行わず、「きたぐに」の火災が発生した。

^{vii} 本論文では車内の安全な場所への避難を指す。なお、車外避難を「2次避難」とする。

■ 「失敗例」で「成功例」を参考に行動した場合

「きたぐに」でも、「日本海」の火災を踏まえて行動していれば、運転士はトンネルを出てから列車を停止させていた。また、車掌ら乗務員は初期消火を始めたが、「きたぐに」では煙が充満しているため消火が困難だと考えられる。そのため、運転士は運転を続け、他の乗務員はトンネルから出るまでに役割を分担して、車内放送で乗客に火災発生を知らせ、火災現場近くの車両にいた乗客を火元から離れた車両に避難させる。そして、トンネルを抜けて緊急停止した後に指令と相談し、他の列車を停止させるなどの安全対策をとった後、車外避難をさせる必要があった。トンネル外であれば、消火もしやすく乗客全員を車外の安全な場所に避難させることができ、死者・負傷者は大きく減ったと考えられる。「日本海」の事故の後、事故の状況によっては指令の指示や既定のマニュアルのどおりの対応だけではなく、現場の判断でできるようにマニュアルを改訂し、教育や訓練をする必要があったと考えられる⁶⁰⁾。

□ 「成功例」で「失敗例」を参考に行動した場合

一方、「日本海」でも、「きたぐに」同様にマニュアル通りにトンネル内で列車を停止させ、乗務員が全員で初期消火をした場合、火災の範囲が拡大し、多くの死傷者が発生したと考えられる。火災発見時には電源車は激しく炎が上がり初期消火ができない状態で、3・4両目の客車内に煙が充満していた。「きたぐに」の状況を踏まえると、トンネルで列車を止めた場合、他の車両や架線などに延焼し、車内やトンネル内は煙が充満する。さらに停電が発生し、列車を動かせなくなり、放送設備も使えなくなる。その際に、乗務員が車外避難指示を出しても多くの乗客に伝わらない。また、車外避難をしてもトンネル内に煙が充満し避難に支障をきたし、多くの死傷者が出たと考えられる。

実際に、「きたぐに」事故の後、国鉄は、岩手県の宮古線（現・三陸鉄道北リアス線）のトンネル内で、実際の車両を用いた燃焼実験を3回行った⁵⁴⁾。その結果、トンネル内では乗客の避難や消火がし難く、トンネルを抜けてから停止した場合よりも被害が拡大することがわかった。この結果を踏まえ、国鉄は火災発生時のマニュアルを見直して、「日本海」の運転士の処分も撤回した。

最近でも2011年にJR北海道石勝線のトンネル内で特急列車の火災があった。この事故では、トンネル内で停止した列車が動けなくなり消火活動がほとんどできず全焼した⁶¹⁾。トンネルの長さが600m程度で、乗客が自主的に避難して死者は発生しなかったが、避難誘導など火災発生後の対応に問題があることが指摘されている。

以上から、「日本海」では、運転士はトンネル外まで列車を走らせ、その間にほかの乗務員が乗客の避難誘導や応急措置を行ったにより生存率が100%になったといえる。

3-2 列車脱線事故の分析

日本では、毎年のように大雨が降り土砂災害が発生している。鉄道では、沿線で大雨が降り続き、雨量計が規制値を超えるなど運転に危険が生じる場合当該区間で運転を見合わせる。その際、当該区間で運転している列車は近くの駅などに列車を停止させる。しかし、列車が崖の下など土砂災害の危険性が高い場所で停止した場合、列車が土石流に巻き込まれる可能性がある。その際は駅周辺の避難所等の安全な場所に避難する必要がある。実際に運転見合わせのために駅に停車していた列車が土石流に巻き込まれて乗客や乗務員が死亡する事故も起きている。1972年には高知県の土讃線繁藤駅で、駅構内に土石流が流れ込み、駅に停車していた快速列車が巻き込まれ、列車の乗客や乗務員、近隣住民ら60人が死亡する事故が起きた。また、1993年には鹿児島県のJR日豊本線の竜ヶ水駅でも駅構内に土石流が入り、駅に停車していた普通列車2本が巻き込まれる事故が発生した。乗客3人が逃げ遅れて死亡したが、他の乗客300人余りは避難して無事だった。本節では、土砂災害の危険性の高い場所に列車が停止し、その後土石流に巻き込まれて脱線した事故について分析する。「失敗例」には、1972年に高知県で発生した「繁藤駅構内土石流脱線事故」、「成功例」には1993年に鹿児島県で発生した「竜ヶ水駅構内土石流脱線事故」を取り上げる。

3-2-1【失敗例】繁藤駅構内土石流脱線事故

1972（昭和47）年7月5日午前、高知県土佐山田町（現・香美市）の土讃本線（現・JR土讃線）、繁藤駅に停車していた高知発高松行の224快速列車（5両編成、機関車1両、客車4両）が突然生じた土石流に流された。列車は高知駅を発車したが、大雨により抑止^{viii}がかかり繁藤駅に停車していた。繁藤駅到着時には、乗客はおらず乗務員4人が乗っていた。その後、繁藤駅から十数人の乗客が乗ってきた。土石流は、駅舎から約40m北側で発生し、繁藤駅の構内の大部分を巻き込んだ⁶²⁾⁶³⁾。繁藤駅は、図9で示すように線路の西側に駅舎があり、3つのホームがある。駅舎前に1番線があり、線路を挟んで反対側に2・3番線がある。2・3番線のホームは駅舎より北側にあり、約70mの長さだった⁶⁴⁾。列車は、事故当時3番線に停車しており、先頭の機関車から駅舎までは70m程度離れていた。土砂は、民家や国道を巻き込みながら、2・3番線ホームにも流れ込み、列車も押し流し、5両編成のうち前3両が流された。列車内には乗務員4人と乗客十数人がいたが、後ろ2両の車内にいた乗客2人が救出された他は行方不明となった。この災害では、列車の乗客や日本国有鉄道（現・JR四国）の関係者のほか近隣の住民、自動車の運転手や救助に参加した消防団員など合わせて60人が死亡した。列車には乗務員と繁藤駅から乗車した乗客、駅に避難した住民などが居た。繁藤駅付近では、事故発生の前日の4日から5日までの24時間の総

^{viii} 事故や大雨などで列車の運行を一時見合わせること

表 11 事故前日から救助までの経過

| 時間 | 事象 |
|------------|--|
| 7月4日 | |
| 終日 | 大雨により高知～琴平間で運転見合わせと解除が繰り返される |
| 21:30 | 高知地方気象台が大雨情報第1号を発表。その後、繁藤地区の一部に避難命令 |
| 7月5日 | |
| 4:49 | 224列車が高知駅を出発（雨は小康状態になっていた） |
| 5:00～6:00頃 | 1回目の土砂崩れが駅前の民家の裏山で発生。1人が巻き込まれる。 |
| 5:50 | 大雨・洪水注意報が再度発令 |
| 6:00 | 繁藤駅3番ホームに列車が入る。列車には乗客は居なかった |
| 6:12 | 地元消防団から消防本部に先の土砂災害の救助活動、復旧を依頼 |
| 6:15 | 繁藤地区全てに避難勧告。消防団員が駅前の住民に、駅前広場に避難するよう伝達 |
| 6:16 | 消防の繁藤捜査班から大雨の警報ベルが作動。指令に連絡。 |
| 6:20 | 224列車は繁藤駅で抑止。周辺道路も通行止めになっており代行バスの運行も不能。繁藤から数人が乗車。 |
| 6:30頃 | 消防団が駅構内にいた国鉄の管理助役、乗務員に避難をするよう勧告。一度は避難したが、降雨のためホームに停車していた客車に入った |
| 6:30～7:00頃 | 住民が駅付近に避難（降雨のため、客車内に入った人もいた） |
| 6:45 | 2回目の土砂崩れが発生。6:48に3回目の土砂崩れが発生 |
| 7:30 | 避難勧告が出ていることを伝え、住民を駅付近に避難させる |
| 7:50 | 消防団員が住民や乗務員に駅前広場に避難するよう指示 |
| 9:00 | 駅前の国道が冠水のため通行止めになる |
| 10:40 | 国道が開通。乗務員が高知駅に連絡 |
| 10:49 | 4回目の土砂崩れが発生 |
| 10:55 | 5回目の土砂崩れが発生。大量の土砂が国道や2・3番ホームに流入、駅周辺の民家、自動車、停車中の列車を押し流す。 |

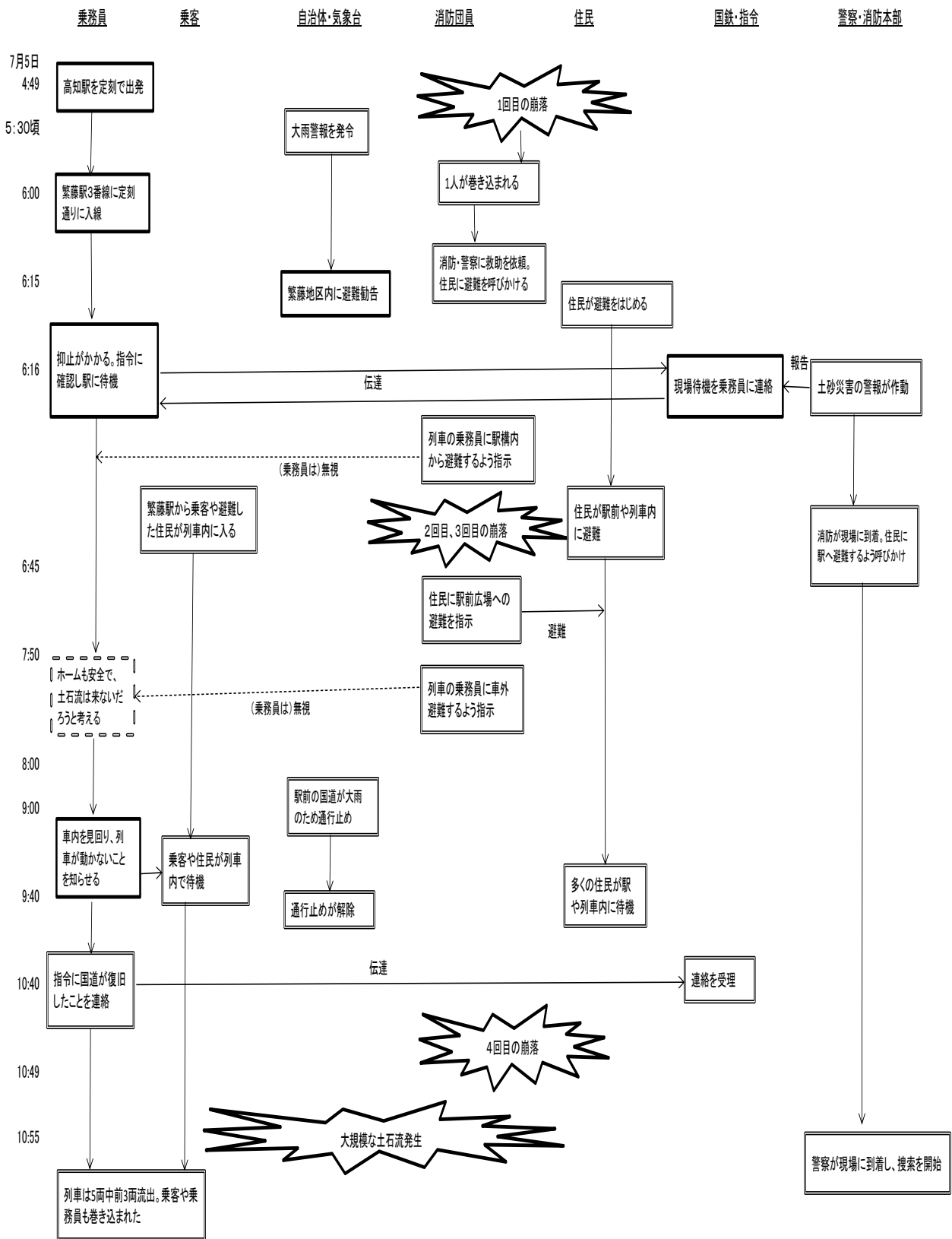
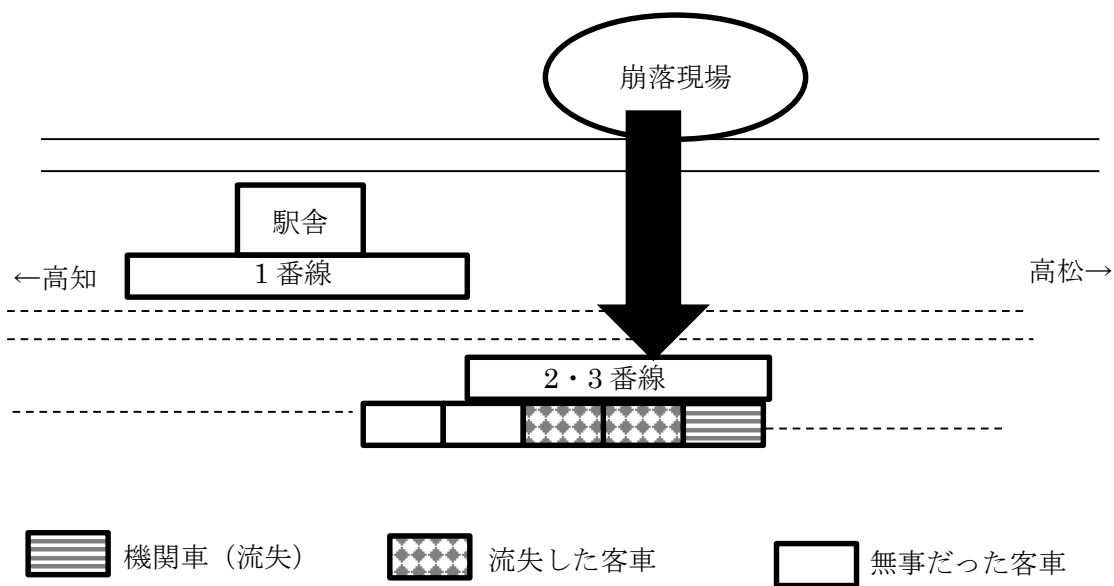


図8 繁藤駅土石流脱線事故のチャート図



(高知新聞 昭和 47 年 7 月 12 日朝刊を基に作成)

図 9 繁藤駅構内見取り図

雨量が 741 ミリと激しい雨を観測しており、土砂災害が起きやすかった⁵⁷⁾ 事故発生前後の経過を表 11 に、「人的事故の調査・分析マニュアル」による分析は図 8 で示した。また、4M 分析の結果は以下のとおりである。

◆4M 分析

Man

- ×消防団員が列車に居た国鉄職員や乗務員に避難指示をしたが、乗務員が無視した
- ×乗務員が現場の状況や危険性を理解してなかった
- ×公民館などの指定避難所へ避難しなかった

Machine

- ×駅舎が狭く避難者が入りきらなかった
- ×駅前広場に雨を避ける場所がなかった

Media

- ×想定を超えた大雨が降った
- ×土砂災害の起きやすい地形だった

Management

- ×土砂災害の危険が高い区間で、大雨が降っていたが列車を運行させた
- ×指令から避難指示がなかった

◆結果

繁藤駅付近では、急峻な山々に囲まれ、昭和6年～30年の年平均降雨量が3,389ミリと降水量の多い地域だった。以前から1日に400ミリ以上の雨が降ることもあり、小規模な落石なども発生していた⁶⁵⁾⁶⁶⁾。列車が繁藤駅に到着する前に駅前で既に土砂崩れが発生していた。事故の前日も大雨が降り、繁藤駅を含む区間では断続的に運転を見合わせていた。また繁藤地区には避難指示が出される集落もあり、公民館などに避難していた。事故当日は、雨が小康状態になったため、繁藤地区の避難指示はいったん解除された。土讃線も雨量が規制値を下回っていたため始発から運転を行った。しかし、土砂災害の危険があるため列車の運転を見合わせ、224列車も繁藤駅で抑止がかかり、指令からは車内待機の指示が出た。一方、駅周辺の集落に対しては避難勧告が発表された。消防団員は、避難勧告の発令や土砂崩れがおきているため、周辺住民に対して駅前広場に避難するように伝えた。しかし、この地区の指定避難所である公民館に行くという指示は出なかったため、公民館へ避難した住民や乗客は少なかった⁶⁵⁾⁶⁶⁾。多くの住民は駅で待機したが、駅舎内に十分な場所がなかったため、ホームに停車した列車内に避難した住民もいた。消防団員は、3番線も朝の崩落現場に近く危険と考え、列車内にいた乗務員に列車から降りて駅前広場への避難を指示した。しかし、乗務員はホームも安全と考え、指令からも車外避難の指示がなかったため、マニュアル通りに指令の指示を優先して車内にとどまった。指令にも消防団員からの情報や駅前で土砂崩れが発生していることを伝えなかった。そこに大規模な土石流が発生し、列車を押し流したため被害が拡大した。

3-2-2【成功例】竜ヶ水駅構内土石流脱線転覆事故

1993（平成5）年8月6日午後5時40分ごろ、鹿児島市竜ヶ水のJR日豊本線竜ヶ水駅の構内で、西鹿児島（現・鹿児島中央）行きの普通列車（気動車2両）と都城行きの普通列車（気動車2両）の2本の列車が、駅構内に流れ込んできた土石流に巻き込まれ脱線、転覆した。両列車は大雨に伴う災害のため、抑止がかかり竜ヶ水駅で停車していた。両列車には乗客・乗務員330人あまりが乗車していたが、並行する国道も土砂崩れで不通となり、自動車の運転手らとともに孤立した⁶⁷⁾⁶⁸⁾⁶⁹⁾。列車の乗客は、乗務員の指示により西鹿児島行きの列車内で待機していたが、駅構内に土砂が流入する危険があったため、列車から避難した。大半の乗客は避難できたが、避難中に土石流が発生して乗客3人が死亡した。また、避難誘導にあたったJR九州の乗務員1人も後日死亡した。鹿児島市内は8月に入って低気圧の影響で連日激しい雨が降っていた。事故当日も、現場付近で24時間に269ミリを観測する記録的な大雨になっていた⁷⁰⁾。事故発生までの経過を表12に、また、「人的事故の調査・分析マニュアル」による分析は図10で示した。また、4M分析の結果は以下のとおりである。

表 12 事故当日の経過

| 時間 | 事象 |
|----------|--|
| 16:40 頃 | 下り列車の運転士が加治木駅発車後、土砂崩壊の危険を感じて指令、上り列車に状況報告 |
| 16:50 過ぎ | 竜ヶ水駅に上り・下り列車が入線。上り列車の乗客約 200 人を下り列車に移動させる |
| 16:58 | 鹿児島駅の雨量計が時間雨量 32 ミリを記録し、運転見合わせ |
| 17:00 | 竜ヶ水駅の宮崎側の線路に土砂が流入したのを確認 |
| 17:03 | 下り列車の車掌が、駅周辺に土砂が流入しているのを確認。駅構内は危険なので、車外へ避難させたいと指令に連絡 |
| 17:10 頃 | 下り列車の乗客 330 人（上り列車からの移動した乗客を含む）を海側の国道へ避難させる |
| 17:10 過ぎ | 下り車掌は連絡のため、下り列車の乗務員室にもどり指令と連絡をとりあった |
| 17:20 | 竜ヶ水駅の鹿児島側でも山が崩れ、線路に流入。両列車とも運転不能になる |
| 17:20～ | 現場付近にいたパトカーの警察官が異変に気づき、JR の乗務員とともに、国道へ乗客を誘導。国道沿いにあるガソリンスタンドへ避難させる |
| 17:20 過ぎ | 警察官が鹿児島の本署に救助が必要と連絡 |
| 17:30 | 車掌から、「駅が崩壊するので列車は放棄する。道路も使用不能なので海からの救助を要請する」と指令に連絡 |
| 17:30 過ぎ | 車掌も列車から避難。その直後、土石流が発生して駅や列車を押し流す。国道に移動している乗客の中には流された人もいた JR は海上保安庁に救助要請を出す、自治体からの要請が必要と返答 |
| ～17:40 | 現場近くの国道で土砂崩れが相次ぐ |
| 17:40 | 生存した人（警察官、乗務員も含む）は、ガソリンスタンドへの避難が完了（翌日の未明までに全員救助される） |

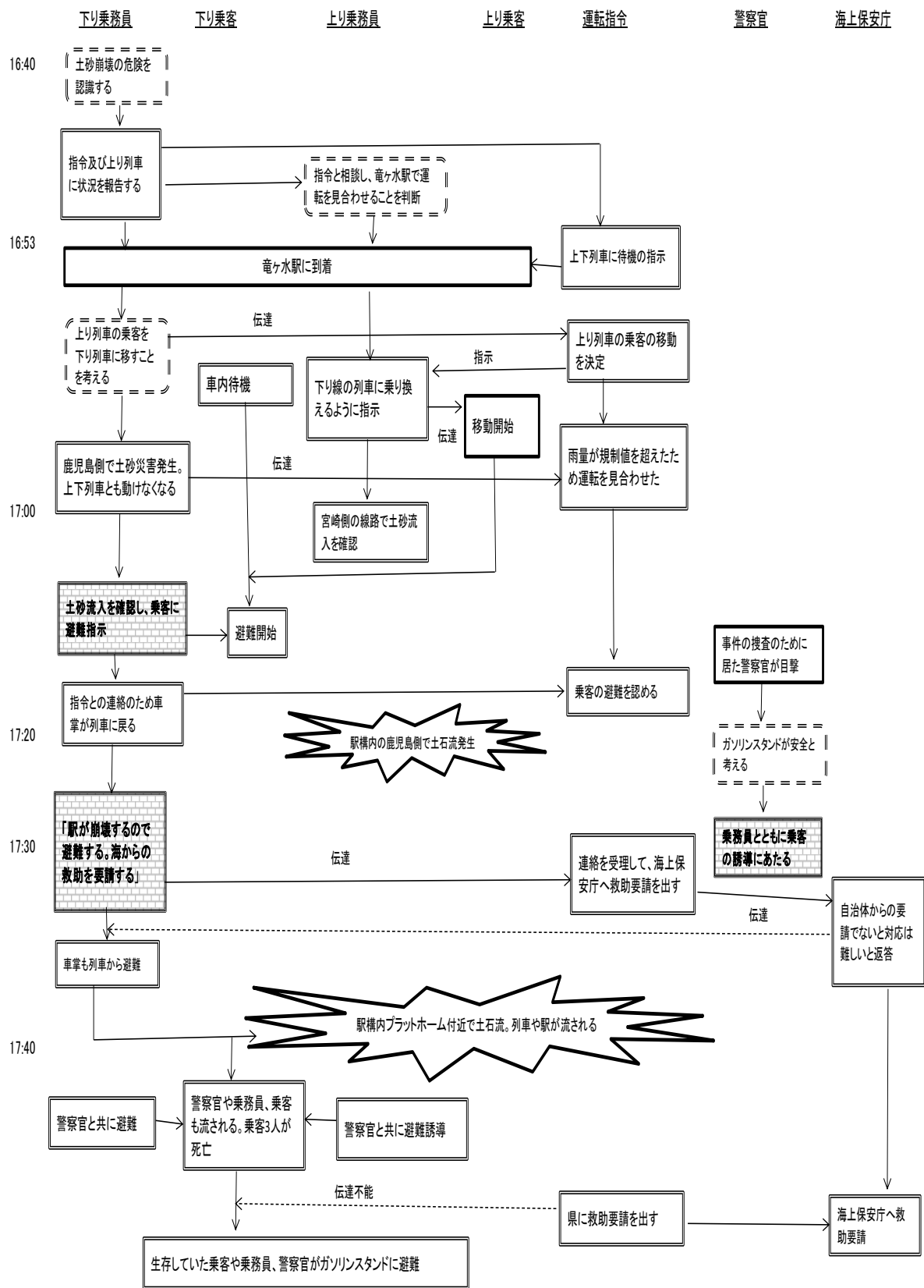


図 10 竜ヶ水災害のチャート図

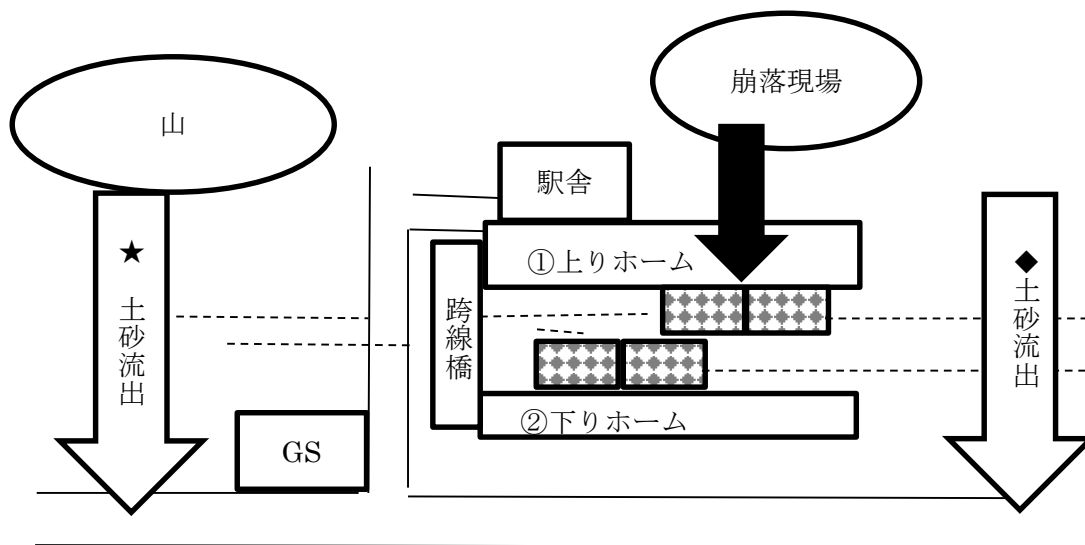


図 11 竜ヶ水事故発生時の状況（◆は 17 時頃、★ は 17 時 20 分頃に流出）

◆4M 分析

Man

- × 指令と現場で状況報告に時間がかかった
- × JR と消防、海上保安庁との状況報告、救助要請に時間がかかった
- × 避難時に車内に留ったり、指示された避難場所と違う場所に向かう人がいた
- 乗務員が、危険を察知して、早めに避難判断した
- 警察官が、乗客に列車から離れるように避難誘導した
- 乗務員が警察官と相談して避難誘導した

Machine

- × 跨線橋や通路が狭い

Media

- × 想定を超えた大雨が降った
- × 山と海にはさまれ避難しにくい土地だった
- × 土砂災害の起きやすい地形で、繰り返し土砂崩れがおきていた
- × 避難開始から災害発生までの時間が短かった

Management

- × 数日前からの大雨で災害の危険性があったが、通常通りの運行をした
- × 指令からの避難指示がなかった

◆結果

竜ヶ水駅は、図 11 で示すように国道を挟んで南側が海、北側が山で駅は崖の近くにある。大雨が続いた後は土石流災害が起きる危険性の高い場所で、過去にも土砂崩れが繰り返し発生した⁷⁰⁾⁷¹⁾。事故直前、下り列車の乗務員が加治木～竜ヶ水駅が大雨により視界不良で、運行が困難と判断し、指令や対向する上り列車に運転を止めるよう伝えた。上り列車は指令の指示により竜ヶ水駅で運転を見合わせた。その直後、図 11 の◆で示した都城側の線路上に土砂が流入した。竜ヶ水駅が危険な場所と認識していた乗務員らは、上り列車の車内にいた乗客を下り列車に乗り換えさせ、指令と鹿児島方面への脱出について相談していた。しかし、その後、図 11 の★印で示した鹿児島側の線路にも土砂が入り、鹿児島方面にも列車を動かせなくなった。また、駅前を通る国道も両方向とも土砂崩れで通行できなくなり、乗客と乗務員は国道を走行していた自動車の運転手らとともに孤立した。乗務員らは、現場は危険であると考えて指令と車外避難の相談をしていたが折り合いがつかなかった。乗務員らはすぐに土石流が起きると考え、指令に一方向的に避難すると伝えて乗客の車外避難を始めた。現場に居合わせた警察官も駅に駆け付け、乗務員と相談し、乗客を国道沿いのガソリンスタンドへ避難させることになり、乗務員と警察官らが誘導した。その後、乗務員や警察官が乗客をガソリンスタンドに誘導した⁷²⁾。乗客の避難誘導中に大規模な土石流が発生し、駅舎や列車を押し流した。避難時に乗客が車内に留ったり、避難中に土砂に巻き込まれるなどして十数人が流され、3人が死亡したが、その他の乗客・乗務員、避難誘導に協力した警察官は避難し、翌日未明までに救助された。

3-2-3 列車脱線事故の考察

2つの事故は約20年程度の開きはあるが、両者とも事故現場は崖の下にある駅で、事故車両も2ドア車で設置された放送設備と列車無線だった。また、事故前に駅周辺で小規模な土砂崩れが発生するなど、土石流が発生する予兆現象があり、駅周辺にいた警察官や消防団員から事前に避難指示が伝えられた点が共通している。

竜ヶ水、繁藤での事故の状況についての比較を表13で示した。2つの事故とも大雨により抑止がかかり、土砂崩れの危険性が高い場所で停車中に、土石流が発生し列車が脱線した。しかし、竜ヶ水駅では抑止してから土石流が発生するまで42分しかなく時間的余裕がなかったが99%が生存できた。一方の繁藤駅では土石流発生まで4時間50分あったが、避難せず大半の乗客、乗務員が死亡した。2つの事故とも指令は列車を止めた後、乗務員に車内待機の指示を出した。また、両事故とも土砂災害の兆候がみられた。この2つの事故における被害の違いは乗務員の判断にあると考えられる。

竜ヶ水事故では両列車の運転士ら乗務員4人がいたが、駅手前の崖から水が噴き出すなど

表 13 「竜ヶ水駅脱線転覆事故」「繁藤駅土砂崩れ転覆事故」における乗務員・指令の行動の比較

| | 繁藤駅土砂崩れ転落事故 | 竜ヶ水駅構内脱線転覆事故 |
|---------|--------------------------------|-----------------------|
| 生存率 | 10%未満 | 99% |
| 発生までの時間 | 約 4 時間 50 分 | 約 40 分 |
| 乗務員の行動 | 消防団員から、避難指示があったが、乗客の避難誘導をしなかった | 危険を感じたため、乗客の避難を最優先させた |
| 事故現場の地形 | 崖に挟まれた場所 | 崖と海に挟まれた場所 |
| 非常用設備 | 放送設備、列車無線（使用可能） | 放送設備、列車無線（使用可能） |
| 指令の行動 | 運転抑止と車内待機の指示 | 運転抑止と車内待機の指示 |
| 避難指示の伝達 | 消防団員→乗務員 | 警察官・乗務員→乗客 |
| 災害の予兆 | 当日、駅前で土砂崩れが 4 回発生 | 駅付近で、崖から水が噴き出す |

土石流の兆候がみられ、駅構内に留まるのは危険と判断した。すぐに指令に状況を報告し車外避難と海からの救助を要請したが折り合いがつかなかった。そのため、指令に避難すると連絡し、乗客を車外に避難させた。

一方、繁藤事故では駅前で土砂崩れが発生し、消防団員から列車を降りて駅前広場に避難するように指示されたが、乗務員はホームで安全であると考えてこれを拒否した⁷³⁾。指令にも、駅前で土砂崩れなど消防団員から伝えられた情報を報告せず、車内に留まり続け、列車ごと土石流に巻き込まれ多くの方が死亡した。

■ 「失敗例」で「成功例」を参考に行動した場合

繁藤事故での行動を、竜ヶ水事故と同様にできたと仮定すると、乗務員は消防団員から駅前広場への避難指示を受けた後、指令に状況を報告し、避難したいことを伝える。その後、乗客を車内に待機させ、乗務員は消防団員と相談する。指令から避難指示が出ていなければ、指令に土砂崩れが起きたため避難する旨を伝え、乗客を駅舎や駅前広場に誘導する。そして、現場にいた消防団員と相談して乗客や住民を指定避難場所である公民館まで避難させる。駅から指定避難場所である公民館は 500m ほどの距離である。事故発生時、断続的に雨が降っていたが、日中で、避難所までの道路は整備されていたため、公民館までは歩いて移動できた。そのため、消防団員から避難指示があった時に、乗務員と消防団員が相談して、公民館へ避難すれば、多くの乗客や乗務員らは大規模な土石流が発生する前に避難でき、死傷者は減ったと考えられる。

□ 「成功例」で「失敗例」を参考に行動した場合

一方、竜ヶ水でも指令の指示通りに駅停車中の車内に待機していたと仮定するとより多くの方が死亡したと考えられる。上下線 2 本の列車が竜ヶ水駅に入線してから約 40 分後に大規模な土石流が発生した。駅は土石流に巻き込まれ駅舎やホームは埋没し、停車中の列

車 2 本も流されて大破した。土石流が発生した際には避難する余裕がなく、ほとんどの乗客、乗務員も土石流に巻き込まれる。実際に、停車直後に避難をはじめても、全員が避難し終わる前に土石流が発生し 3 人が死亡しており、仮に、避難しなかった場合はより多くの方が死亡すると推測できる。従って、竜ヶ水では運転士や車掌、居合わせた警察官がすぐに乗客を避難させたことで多くの方が生存できたと考えられる。

3-3 鉄道事故の考察

本章では、列車火災と土砂災害による脱線事故発生時の避難行動について分析した。事故発生後の避難行動に関して、人的要因や管理的要因が大きい。表 14 は、「成功例」「失敗例」別に各事故での指令の行動、乗務員の行動をまとめたものである。

その結果、いずれの事故でも指令は列車の運転を止め、現場の事故乗務員に事故の状況を報告させている。しかし、火災、脱線事故とも事故発生後にそこから得られる情報とそれに対する乗務員の判断に違いがみられた。火災、脱線事故とも失敗例では、乗客に避難指示が出るまで時間がかかったか、指示が出なかった。火災では、初期消火を優先し、脱線事故では、消防団員の指示を無視して車内に留まった。乗客が危険を感じて自主的に避難を始めた際にはすでに、避難する余裕がなく多数の乗客が逃げ遅れた。2 例とも乗務員は、マニュアルや指令の指示に従って行動したが、そのことによって被害が拡大した。さらに、「北陸トンネル」火災では、成功例である「日本海」では、トンネル内での停止は危険と判断して、規定に反した対応した運転士を処分しており、「繁藤災害」では乗務員が事故現場付近の避難場所や土砂災害の危険性を十分に認識しておらず、消防団員からの指示を無視した。

一方、成功例でも、2 例ともマニュアルに従い指令に状況を報告し、対応を相談した。しかし、その後、指令と折り合いがつかず、乗務員が現場の状況を見て、乗客の避難誘導を最優先に行った。成功例での 2 例は現場の状況を見て判断し、迅速な避難誘導をした。火災事故ではトンネル内では避難誘導に時間がかかると考えて、トンネルを出るまで列車を

表 14 鉄道事故における失敗例と成功例の比較

| 事故種別 | 失敗例 | | 成功例 | |
|---------------|--------------|-------|--------------|--------------|
| | 火災 | 脱線 | 火災 | 脱線 |
| 指令の指示 | 列車の停止 | 列車の停止 | 列車の停止 | 列車の停止 |
| 乗務員の優先事項 | 状況報告 初期消火 | 状況報告 | 状況報告 避難誘導 | 状況報告 避難誘導 |
| 生存率 | 96% | 10%未満 | 100% | 99% |
| 緊急停止から避難までの時間 | 50～60分 | 避難せず | 15分以内 | 40から50分 |

走らせた。土石流脱線事故では、指令から避難指示は出ていなかったが、現場の状況から短時間で土砂崩壊が起きると考えてすぐに乗客を避難させた。

事故発生時、マニュアルや事前の訓練に従って行動することが前提であるが、指令との連絡中に状況が悪化し、避難できなくなることもある。「日本海」「竜ヶ水」では、現場の状況を見て避難誘導をしたため、乗客、乗員がほぼ全員が生存できた。人数や状況により避難にかかる時間や環境も変わるため、現場の状況を見てより安全な方法で避難する必要がある。そして、過去の事故の状況を踏まえて、「成功例」も参考にして様々な状況を想定して、教育訓練の方法やマニュアルを再考することが有効である。

第4章 旅客船事故の分析

第4章では、航行中の旅客船で事故が発生した場合の乗務員の行動や乗客の避難について分析する。船舶は、鉄道や航空機に比べると輸送分担率は低いが、多くの島で構成されているわが国では、航空機の飛んでない離島への移動や、自動車や貨物を輸送する際には必要な移動手段となっている。また、観光や船旅を楽しむ目的で、近年、遊覧船やクルーズ船の利用者も増加傾向にある。

旅客船は、用途や規模によっても異なるが1隻あたりの定員が、鉄道や航空機に比べて多く、数百人～数千人の乗客や乗組員が乗ることができる船もある。また、船内の構造は鉄道や航空機と比べて複雑で、船舶に不慣れな乗客も多くより迅速な避難誘導が必要である。

本章では、旅客船の転覆、火災、衝突事故について分析する。

4-1 旅客船の転覆事故の分析

2014年4月16日、韓国・珍島沖で乗客と乗組員、合わせて476人を乗せたフェリー「セウォル」が航行中に傾いて操縦できなくなった。その後船は沈没し、乗船者の6割以上が死亡した。この事故の直接の原因は過積載と操船ミスであるが、事故後の避難誘導も不適切だったため死傷者数が増えた。これまでも、悪天候や過積載などにより航行中の船舶が傾いて座礁や沈没する事故は、旅客船、貨物船、漁船など船種を問わず繰り返し発生し、死亡事故も起きている。「セウォル」以外でも旅客船の転覆事故は発生しており、2003年～2008年度までの5年間に10件の船体傾斜が報告されている⁷⁴⁾。2009年には、三重県尾鷲市沖で航行中のフェリー「ありあけ」が高波にあおられて転覆する事故が発生した。この事故では、船体は横転したが、乗客・乗組員は全員避難したため、死者が出なかった。

これまで、転覆事故については積荷の固定など、事前の対策についての研究は数多くあるが、避難行動について分析した研究は少なく、特に「成功例」を分析した研究はほとんどない。本節では、「失敗例」に「セウォル」転覆沈没事故、「成功例」に「ありあけ」転覆事故を取り上げ、事故発生前後の乗客や乗組員の行動を分析する。

4-1-1 【失敗例】「セウォル」転覆事故

2014年4月16日午前9時ごろ、韓国・珍島沖で仁川発済州島行のフェリー「セウォル」(以下、セ号とする)(6,825トン)が傾き、その後転覆、沈没した。船には乗客・乗組員、合わせて476人が乗っていたが、304人が死亡、130人以上が重軽傷を負った。事故の直接の原因は、操船ミスと過積載だった。セ号の船体は図13で示すように、6層構造で1階と

表 15 「セウォル」の出港から事故発生まで経過

| 時間 | 事象 |
|-----------|---------------------------------|
| ～8:30 | 船体が数度傾いた |
| 8:30～9:00 | 乗客が海洋警察に救助を求める通報をした |
| 8:45 頃 | 乗組員が異常に気づいた。船は 2 回急旋回した |
| 8:55 頃 | 乗組員が救難信号を出した |
| 9:00 頃 | 乗組員は、乗客に救命胴衣の着用と船内で待機するように指示をした |
| 9:30 過ぎ | 船体が約 25 度傾き、歩行困難な状況になった |
| 10:00 頃 | 乗組員は、乗客に海に飛び込むように指示をした |
| ～10:30 | 船長や多くの乗組員が海洋警察に救助された |
| 10:30 過ぎ | 船体が沈没した |

2 階が車両甲板、3 階から 6 階に客室、食堂や船橋^{ix}などがあつた。

セ号の船体は、2012 年まで鹿児島県のマルエーフェリーが所有し、フェリー「なみのうえ」として鹿児島～那覇などで運航していた。2013 年に清海珍海運に売却後、増床などの改造をして、セ号として運航した⁷⁵⁾⁷⁶⁾。「なみのうえ」としての定員は 804 人だったが、セ号では 906 人だった。

セ号転覆沈没事故の経過を表 15 に、「人的事故の調査・分析マニュアル」を用いた分析を図 12 に示した。また 4M 分析は以下の通りである。

◆4M 分析

Man

- ×操船が不適切だった
- ×避難指示が沈没直前まで出なかった
- ×船長や乗組員が避難誘導をしなかった
- ×バラスト水^xを少なくしていた

Machine

- ×救命いかだや脱出用シューターが使えなかった
- ×上部に客室を設置するなど船体が無理に改造されていた

Media

- ×避難時には、船体が傾いて歩行が困難だった

^{ix} 船の操船をする場所。操船の他、船内外との連絡などを行う船の中枢部

^x 船底に積む重しとして用いられる水で船体を安定させるために必要なもの

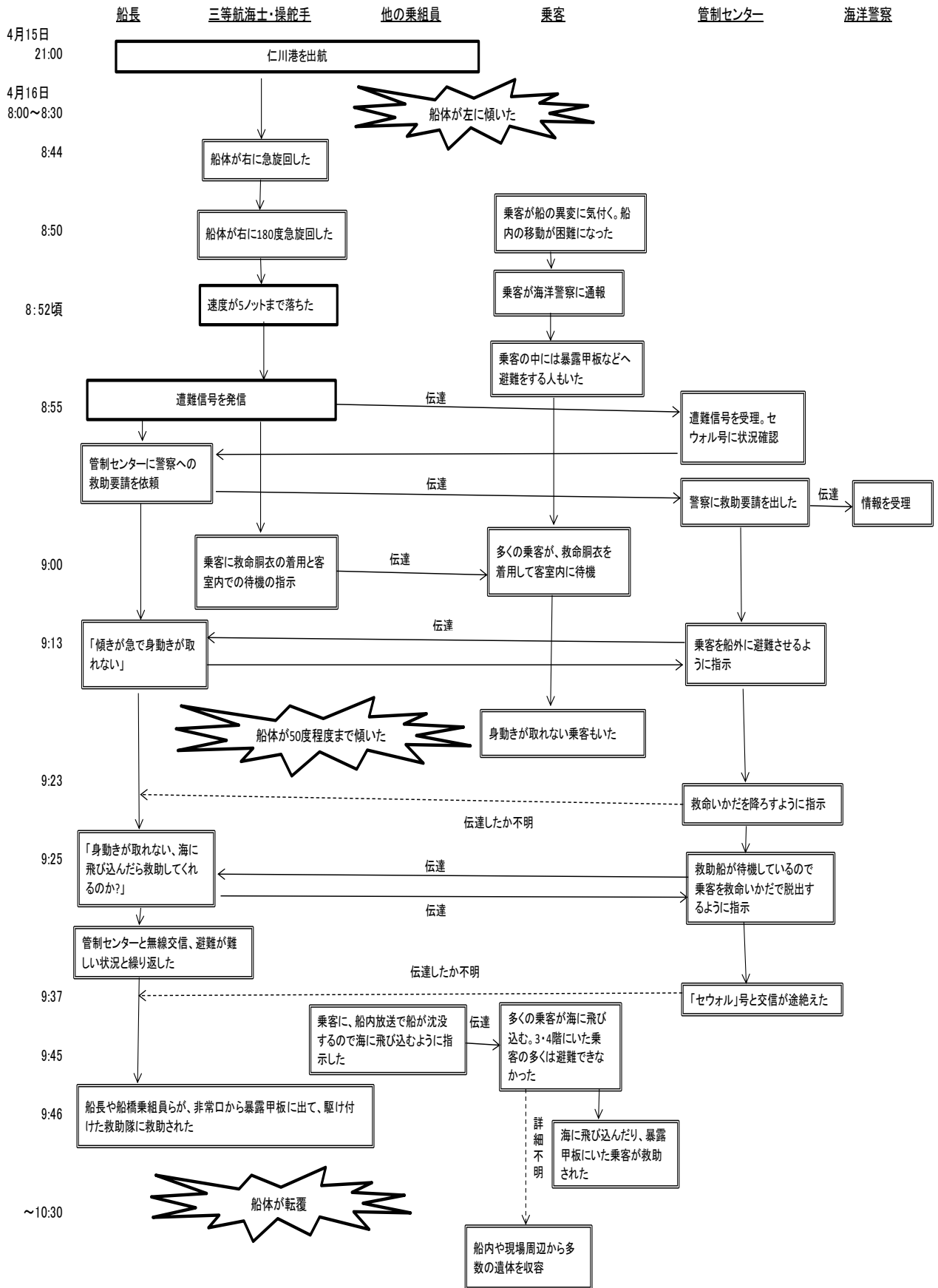
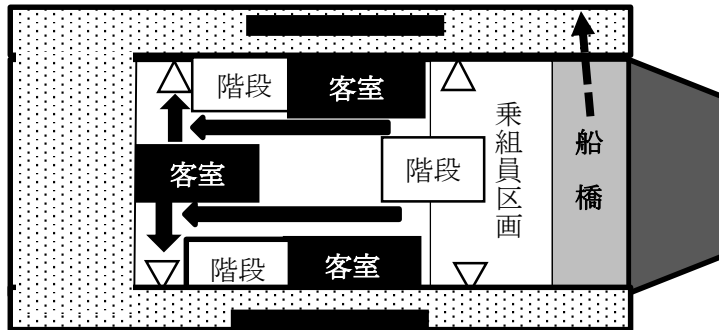


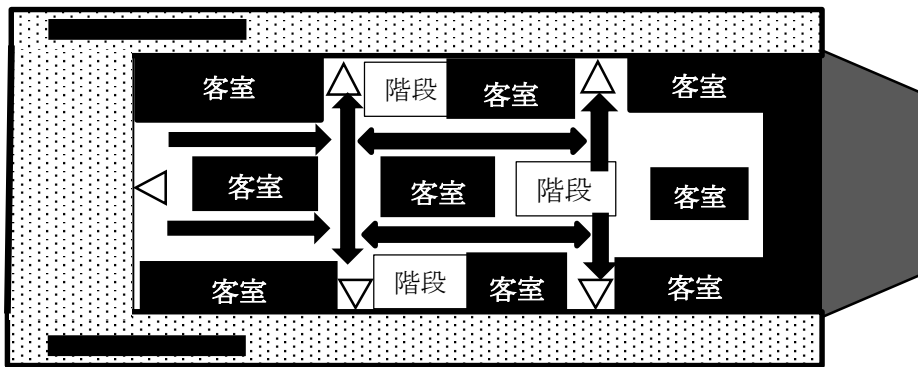
図 12 セウォル沈没事故のチャート図

6階 乗客0人

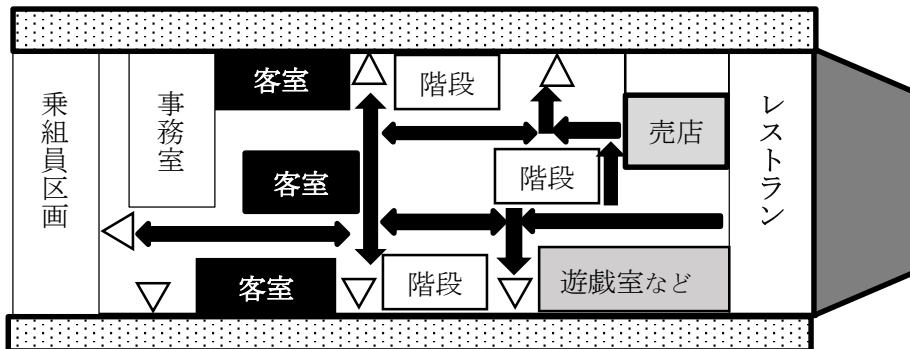
5階 乗客7人



4階 乗客353人



3階 乗客87人



1階、2階 車両甲板、荷物室、機関室

矢印…乗客が避難した経路 点線矢印…船長、乗組員の避難した経路 ▽…非常口
■…救命いかだ □…暴露甲板（屋外デッキ）

図13 「セウォール」の船内見取図と乗客の避難経路

Management

- ×重量制限以上に自動車や荷物が積まれていた
- ×船長や乗組員が、乗客より先に避難した
- ×救命いかだの整備点検をしてなかった
- ×経験の浅い三等航海士に操船が難しい海域を担当させた⁷⁷⁾
- ×乗組員に対する安全教育が十分に行われていなかった

◆結果

図 11 や 4M 分析で示すようにセ号では過積載や操船ミスに加え、避難誘導が不適切だった。

セ号は航行中に徐々に左に傾斜しており、乗組員が異常に気付いた際には数度左に傾いていたとみられる。しかし、傾斜に気が付いた後も減速や停船をせず右に 2 回急旋回した。その際に、乗客に対しての指示はなかった。急旋回後、船体は 10～15 度程度傾いた。その後、乗組員は海洋警察へ通報をして、乗客に救命胴衣着用と船内待機の指示を出したが、避難集合場所や船外避難の指示をしなかった。また、譲渡後、船体は適正な検査を受けておらず、救命いかだなどの非常設備の大半は固定金具の変形やさびにより使用できなかつたとみられる。表 15 から船体の傾斜が確認されてから約 1 時間は自力での歩行が可能だったが、船外避難の指示がないため多くの乗客が船室で待機していた。船長は、管制センター（以下、管制とする）と無線で交信したが、乗組員に船内の確認などはさせなかった。管制からは救命いかだ等で乗客を船外に避難させるように指示をしたが船長はこれを拒み、乗客の避難誘導をしなかった。その後、海洋警察の救助艇が現場に到着したが、船長や航海士など操船担当の乗組員が乗客より先に救助された。船体は徐々に傾斜が大きくなり、沈没直前になり、客室乗務員から船外避難の指示が出たが、船体が 30 度以上傾いて歩行が困難な状況になり、多くの乗客が非常口まで行けなかつたとみられる。乗客の中には、事故後、自主的に暴露甲板^{xi}に出て海に飛び込む人もいたが、多くの乗客が船室内に待機しており逃げ遅れたとみられる。

4-1-2 【成功例】「ありあけ」船体傾斜転覆事故

2009 年 11 月 13 日未明、三重県尾鷲沖を航行していたマルエーフェリーの東京発志布志経由那覇行きのカフェリー「ありあけ」（以下、あ号とする）(7,910 トン)が航行中に高波にあおられ傾き、その後転覆した⁷⁸⁾。事故当時は暴風雨と高波の悪天候で、転覆の原因は高波にあおられた際に車両甲板に積んだコンテナなどの積荷が荷崩れして、右側に偏ったためである⁷⁴⁾。船には乗客と乗組員合わせて 28 人が乗っていたが、全員海上保安部のヘリや巡視艇などに救助され、3 人が重軽傷を負ったが死者はゼロだった⁷⁹⁾⁸⁰⁾⁸¹⁾。あ号の船内は

^{xi} 船の屋外デッキ（風雨にさらされる部分）のことを示す。単にデッキ、甲板ということもある

表 16 「ありあけ」の出港から事故発生まで経過

| 時間 | 事象 |
|-----------|--|
| ～4:00 | 一等航海士と当直の甲板部員が船橋で当直についた |
| 5:00 | 船体が数度傾き、車両甲板から異常な音を聞いた |
| 5:15～5:20 | 船長及び乗組員全員が船橋に集まり、船長は乗組員に船体の復旧や船内の確認を指示した |
| 5:22 | 船長は救難信号を出して、船体放棄を決めた |
| 5:25 | 乗組員は乗客に救命胴衣の着用の指示を出し、事務部員を 4 階の客室に行かせた |
| 5:40～ | 乗組員は乗客に 5 階の避難集合場所へ集まるように指示を出した |
| ～6:45 | 乗客、乗組員全員が避難集合場所に集まった |
| ～8:00 | 乗客と操船関係以外の乗組員の計 21 人が海上保安部のヘリで救助された |
| 9:07 頃 | 船長と乗組員の計 7 人は救命いかだで避難した |
| 10:21 | 船長らが警備救難艇に救助された。船体はその後、横転した |

図 15、図 16 で示すように 5 層構造で、1 階から 3 階が車両甲板、荷物室、4 階と 5 階に客室や食堂、乗組員区画があった。

あ号傾斜転覆事故の経過を表 16 に、「人的事故の調査・分析マニュアル」を用いた分析を図 14 に示した。また 4M 分析は以下の通りである。

◆4M 分析

Man

- 船体の異常を確認後、乗客に救命胴衣の着用と避難集合場所への避難を指示した
- 乗組員が乗客を誘導した
- 乗客を消防用ホース等でつり上げて安全な場所に避難させた
- ×積荷が適切に固縛されてなかった

Machine

- ×船が傾き歩行や階段の利用が困難だった
- ×積荷が右側に偏った

Media

- 乗船者数が少なかった
- ×高波の発生しやすい気象・海象条件だった

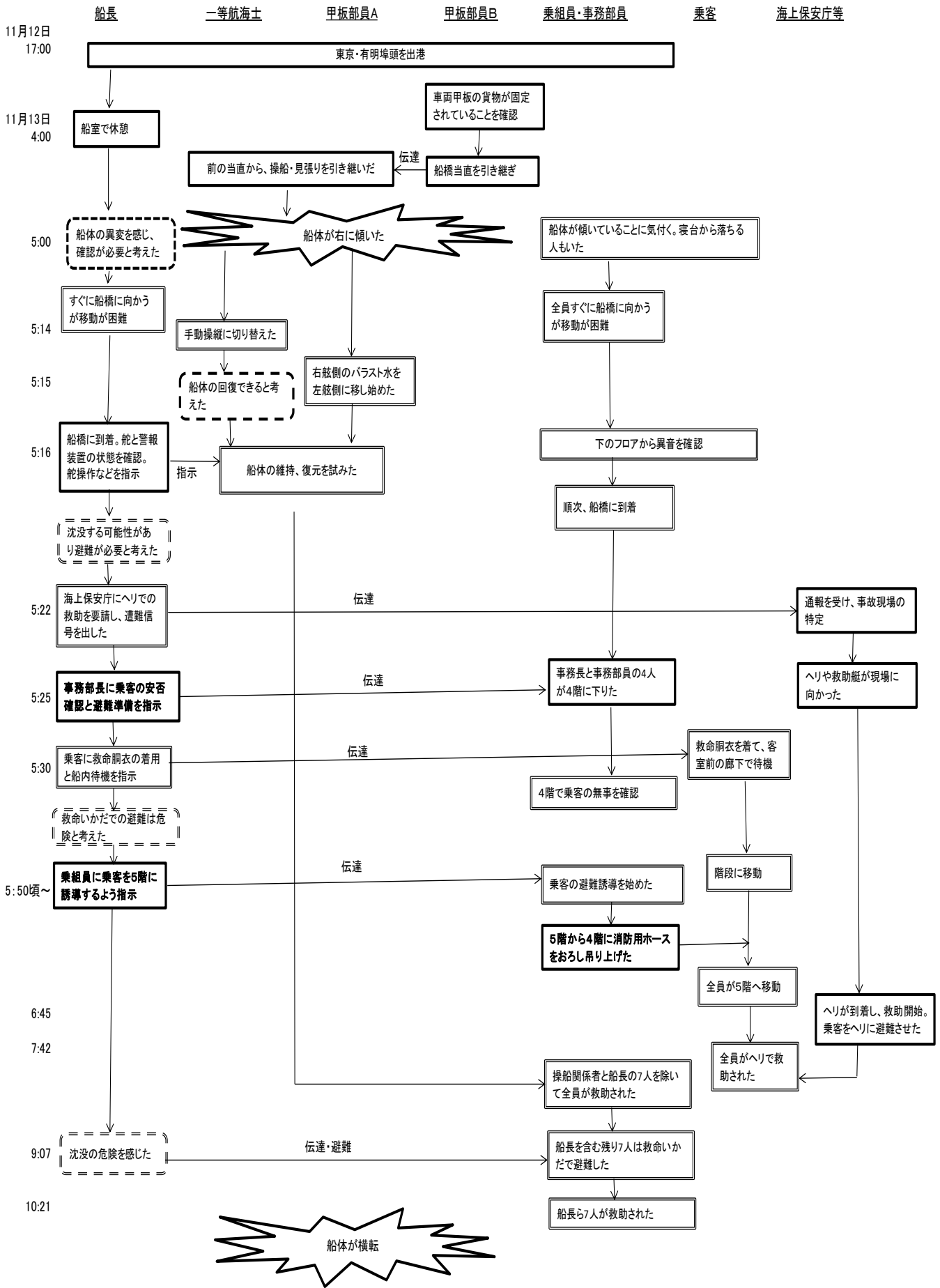


図 14 ありあけ傾斜転覆事故のチャート図

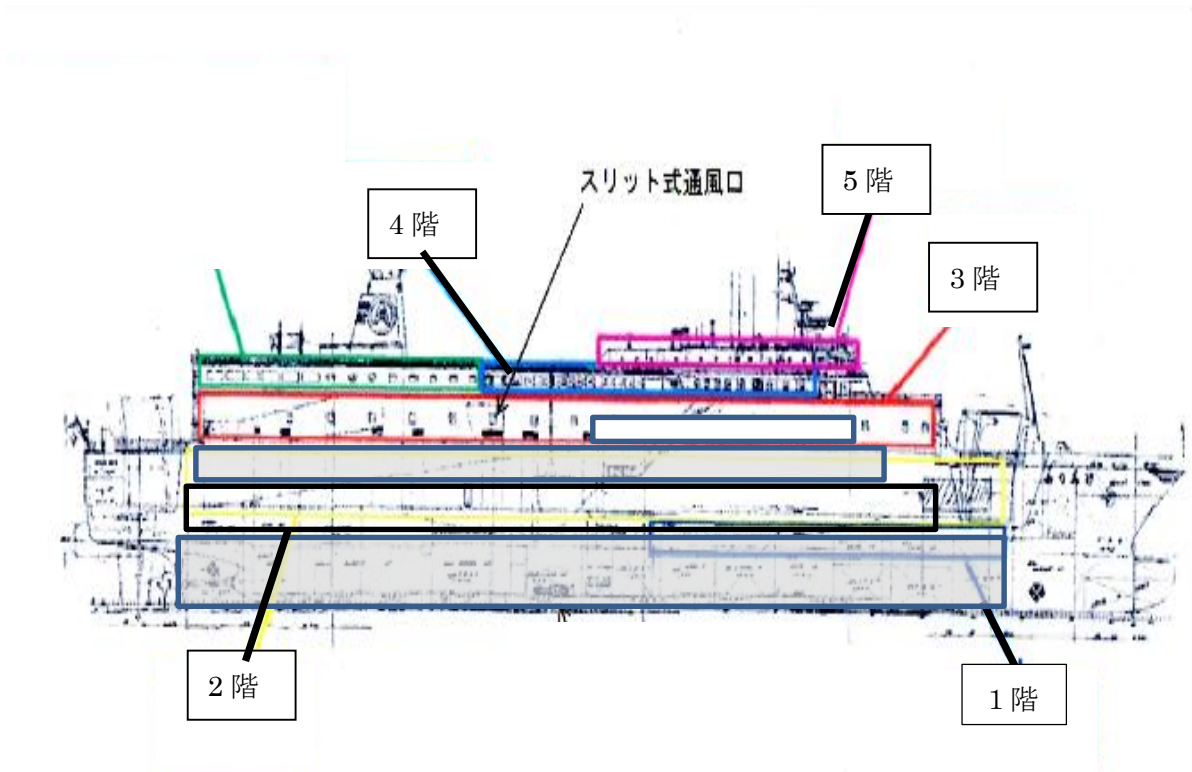


図 15 「ありあけ」船体側面図

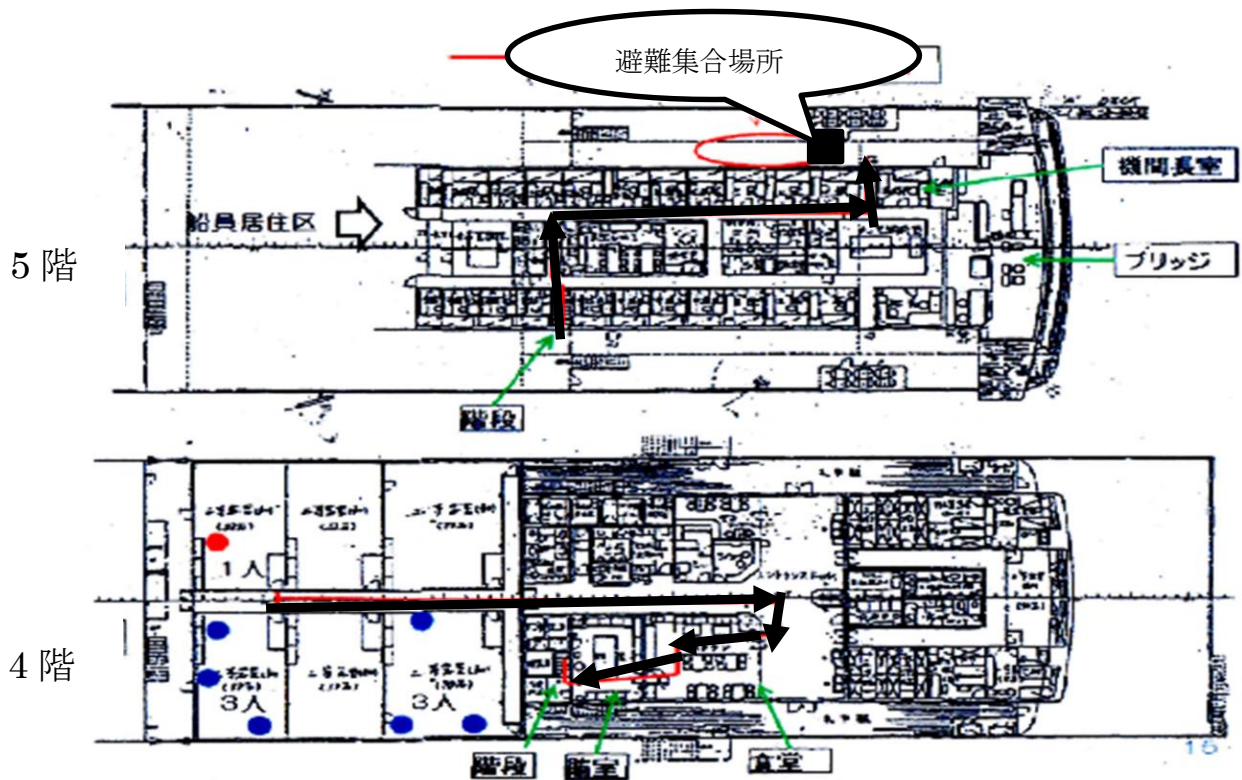


図 16 「ありあけ」4階、5階の見取り図と乗客の避難経路 ●は乗客の位置
(図 15、16は運輸安全委員会、「ありあけ傾斜転覆事故報告書」より引用)

Management

○船体の異常を確認後、船長が指揮をとって、乗組員に避難誘導や船体の復旧などを指示した

×出港時の積荷の固定の確認が不十分だった

◆結果

あ号には車両 32 台、シャーシー44 台、コンテナ 150 個が積まれており総重量は 3,318 トンで、過積載はなかった。しかし、航行中、高波にあおられ 2 階の車両甲板に積まれていたコンテナ等の積荷が偏り、船が数度傾いた⁸²⁾⁸³⁾。船内では、表 16 で示すように事故当時は一等航海士と甲板部員が当直していた。船体の異常を確認後、船内は歩行し難くなっていたが、15 分後に船長や乗組員が全員船橋に集合した。船長は乗組員に船内の確認や船体の復元などを指示した。その後、船長や乗組員が相談して船体放棄を決定し、救難信号を発して、船内放送で乗客に救命胴衣の着用と船内待機の指示を出した。事故当時は荒れた天候で、船長や乗組員らが相談して、救命いかだでの避難は危険と考え海上保安庁に空からの救助を依頼した。その後、乗客を図 16 で示した 5 階の避難集合場所に誘導して、救助を待つことを決めた。乗客は全員 4 階の船室に居り、船長の指示で事務部員が 4 階に行き安否確認と避難誘導をした。乗客の避難を始めた直後にさらに船体が傾き、階段の利用が困難になったが、5階に居た乗組員が船内に設置されていた消防用ホースを4階に下して、乗客を5階に吊り上げた。そして、避難開始から約1時間で全員が5階へ避難した。全員が避難集合場所に集まって約1時間後に、乗客と乗組員21人は海上保安部のヘリで救助され、船長や操船担当の乗組員ら7人も救命いかだで脱出した。乗組員3人が軽傷を負ったが死者は出なかった。

4-1-3 旅客船転覆事故の考察

セ号、あ号での条件や乗組員の行動の違いを表 17 に示す。表 17 やチャート図、4M 分析から、乗船者数や天候などの条件の違いはあるが、人的要因や管理的要因が大きく、乗組員の判断や行動のとり方の違いがみられた。また、セ号は売却される前、あ号を運航していたマルエーフェリーで運航されており、売却後に増床などの改造をされたが、船体の規模や船内の構造は「ありあけ」と類似していた。事故発生時の対応では、あ号では、船体の異常に気付いた後、船長が指揮をとって、応急措置や情報収集をした。その後、乗組員から報告を受けて船体放棄を決定、乗客の避難誘導をした。一方、セ号では、事故当時経験の浅い航海士が当直していたが、船体の異常を確認後も、船長は船橋で指揮をとらず、乗組員に対する指示も行わなかった。事故発生から数十分後、船体の傾きが 10 度以上になった後、減速して救難信号を出し、管制と無線連絡をしたが、船内の確認などはしなかった。

乗客の避難では、あ号では、船長と乗組員らで避難方法を協議した。現場の状況から海

表 17 「セウォル」「ありあけ」の事故状況の比較

| | セウォル | ありあけ |
|-----------|-------------------------------------|---|
| トン数 | 6,825 トン | 7,910 トン |
| 発生年 | 2014 年 | 2009 年 |
| 発生時間 | 日中（午前 9 時頃） | 未明（午前 5 時頃） |
| 気象・海象 | 晴れ、穏やか | 暴風雨、高波 |
| 乗船者数 | 476 人 | 28 人 |
| 生存率 | 37% | 100% |
| 歩行可能な時間 | 約 1 時間 30 分 | 約 3 時間 |
| 横転するまでの時間 | 約 2 時間 30 分 | 約 5 時間 |
| 乗組員の行動 | 2 回旋回→救難信号を出す→乗客に救命胴衣着用指示→船長・乗組員の避難 | 船長、乗組員が船橋に集合→船体の状況や船内の確認→船体放棄決定、救難信号を出す→乗客に救命胴衣の着用指示を出して避難誘導→救助 |
| 乗客への指示 | 救命胴衣着用、船内待機→海への飛び込み（沈没直前） | 救命胴衣着用、船体待機→避難集合場所への避難 |

上よりも空からの避難が安全だと考え、海上保安部にヘリでの救助を要請して、乗客を 5 階に避難させた。避難誘導開始時は、階段の利用が困難であったが、5 階にいた乗組員が消防用ホースを使い全員を吊り上げて避難させた。一方、セ号では、救難信号を出した直後に、乗客に対して船内放送で救命胴衣の着用と船内待機の指示を出したが、船外避難の指示は出さなかった。その後、船長や大半の乗組員は乗客を船内に放置したまま海洋警察の救助艇で避難した。大半の乗客は、沈没するまで客室内に留まっていたが、自主的に海に飛び込む人もいた。事故発生から約 2 時間後、船体は 30 度以上傾き身動きが取れない状況になり、沈没直前に海に飛び込むように指示が出たが、多くの乗客が避難できなかった⁸⁴⁾。

■ 「失敗例」で「成功例」を参考に行動した場合

セ号での避難行動を、あ号と同様に行動できたと仮定すると次のようになる。事故直後、船長が船橋で指揮をとり減速か停船させ、乗組員に手分けして船体の復旧や船内の確認をさせる。その後、船体放棄の判断をしてすぐに救難信号を出す。船体放棄の決定後、船長は乗客に救命胴衣着用の指示を出し、乗組員には救命いかだを出すよう指示する。乗組員は救命いかだを出そうとするが、セ号では救命いかだは整備不良のため使えず、そのことを船長に伝える。船長はその情報を受け、船内放送で最寄りの非常口などから海に飛び込むように指示を出す。本来なら、緊急時には避難集合場所に避難させるべきである。しかし、セ号では人数が多く、救命いかだ等もほとんど使用できなかったため、速やかに海に

飛び込んだ方が効率的だった。現場付近は潮流の速い海域だったが、事故当時、天候は穏やかで水温が高かった。さらに、事故発生直後から周囲には漁船など約 20 隻が待機しており、通報を受けた海洋警察の救助艇も順次現場に到着した。そのため、海に飛び込んで見つけやすく、多くの乗客を救助することができ、死傷者は減ったと考えられる。

事故発生の直後は傾きが緩やかで船内の移動がしやすいが、2つの事故とも時間が経過すると傾きが急になり、避難が難しくなった。そのため、事故発生後、早めに避難することが求められる。船体の状況や天候、人数などにより避難の方法が異なるので、事故発生後は船長や乗組員で情報を共有し、避難方法を協議する。セ号の場合は状況判断し、避難集合場所に集まるよりも、速やかに近くの非常口から飛び込むことも選択肢の一つである。また、あ号のように悪天候等で船外避難が難しく船内に待機する場合は、避難や救助がしにくい客室ではなく、安全でかつ救助や脱出のしやすい場所に乗客を誘導することが必要である。さらに、状況に応じて、消防用ホースなど使用可能な物を使うことも迅速かつ安全な避難をするために有効である。

□「成功例」で「失敗例」を参考に行動した場合

一方、あ号で船体が傾いた後に避難誘導をしなかったと仮定すると、多数の死傷者が発生する可能性が高い。船体の異常を認識した際にすでに歩行困難になり、時間の経過とともに船体の斜度は拡大した。この際に、乗組員から避難指示がないと、乗客は混乱して船内に留まる、または、自主的に救命いかだを降ろして避難する、海に飛び込むなどをする。船体は事故発生から約 5 時間後には転覆しており、船内に留まっていた場合より海中転落や船内浸水により多くの死傷者が出る。また、海上は荒れており救命いかだで避難した場合も多くの死傷者、行方不明者が出たと考えられる。従って、「ありあけ」では、船体の異常を認識した直後に乗客を最上部に避難させ、海上保安庁のヘリで救助させたことで生存率 100%になり、船長や乗組員の判断、行動は適切だったといえる。

これまで、数多くの旅客船事故が発生しており、それぞれ状況や条件が異なっている。セ号でも、過去に発生した旅客船の事故事例を活用して、乗組員らに、避難方法を考えさせるなどの教育や訓練をしていれば、本論文で仮定したような行動をとり、迅速な避難ができたと考えられる。

4-2 旅客船の火災事故の分析

4-1 節では、旅客船の転覆事故について分析し、事故発生後の避難行動のとり方の違いで生存率に差が出るのがわかった。本節では、旅客船の火災事故について分析する。第 3 章では、トンネル内での列車火災事故について分析したが、旅客船でも、火災が発生し乗

客や乗組員が死亡する事故も起きている。1965年にはアメリカ、フロリダ沖で航行中のパナマ船籍のクルーズ客船「ヤーマス・キャッスル」の船内で火災が発生し船体は全焼、沈没した。火災発生後、初期消火や乗客の避難誘導が適切に行われず、90人が逃げ遅れて死亡した。旅客船で死傷事故が発生するとその都度、調査検証され、非常設備の改善や避難体制の見直しが行われてきた。しかし、最近でも旅客船の火災事故が発生しており、改めて船内で火災が発生した際の避難誘導等について分析する必要がある。これまでに発生した旅客船火災事故では、船体は沈没したが死者を出さなかった事故もある。1999年にマレーシア沖を航行中のバハマ船籍のクルーズ船「サン・ビスタ」から火災が発生し、船体は全焼し沈没したが、沈没前に船長や乗組員が乗客約1,100人の避難誘導をして乗客全員を救命いかだで船外に避難させ、死者を出さなかった。本節では、航行中の旅客船で火災が発生した場合の避難行動について、「失敗例」に「ヤーマス・キャッスル」火災沈没事故、「成功例」には「サン・ビスタ」火災沈没事故を取り上げ、事故発生前後の乗組員や乗客の行動を分析した。

4-2-1 【失敗例】「ヤーマス・キャッスル」火災事故

1965年11月13日未明（現地時間）、アメリカ・フロリダ州のマイアミからバハマ諸島のナッソーに向かっていたヤーマス・クルーズラインが運航するクルーズ客船「ヤーマス・

表18 「ヤーマス・キャッスル」の出港から事故発生まで経過

| 時間 | 事象 |
|-------------|--|
| 0:30 頃 | 6階の倉庫（610号室）で火災が発生 |
| 0:45 | 7階で清掃作業員が煙を目撃したが、船橋に情報が伝わらなかった |
| 1:00 頃 | 階段付近で煙が充満しているのを乗組員が発見。火元の捜索をはじめ |
| 1:00～1:10 | 乗組員全員が3階の食堂、厨房付近を捜索 |
| 1:05 頃 | 乗客から煙の目撃情報が相次いだ。船橋に情報が伝わらなかった |
| 1:13 頃 | 火元を610号室と特定した |
| 1:20 | 船長らが船橋に戻り、エンジン停止を指示。関係機関に救助要請を出す。周囲を航行中の貨物船2隻がヤ号の避難誘導に協力 |
| 1:25 | 船体放棄を決定。非常ベルを鳴らしたが、乗客に対して、救命胴衣着用や避難の指示はなかった |
| 1:35 頃 | 乗客や乗組員の一部が救命いかだで避難 |
| 1:45 頃 | 船長と甲板部長が救命いかだで避難。船内に多くの乗客が取り残されていた |
| 3:00～4:00 頃 | 関係機関の救助艇やヘリが到着し、乗客らを救助 |
| 6:07 | 船体が沈没 |

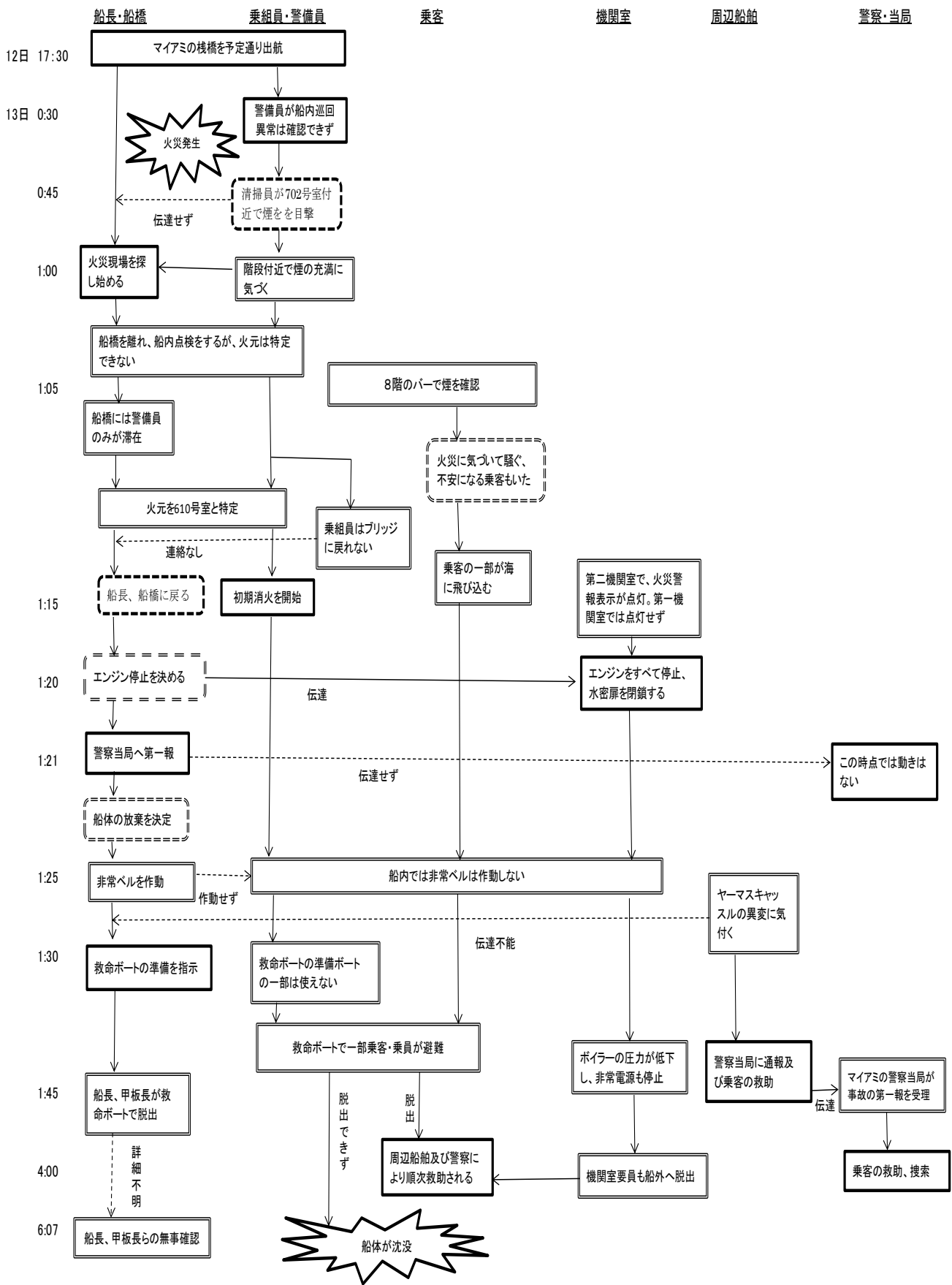


図 17 ヤーマス・キャッスル火災事故のチャート図

キャッスル」(以下、ヤ号とする)(5,002トン)が航行中に客室階にある倉庫から火災が発生、火は徐々に広がり、同日早朝沈没した。船には乗客と乗組員合わせて552人が乗っていたが、90人が死亡、300人以上が重軽傷を負った。死者のうち87人は船体とともに沈み、行方不明となった後、死亡認定を受けた⁸⁵⁾⁸⁶⁾。事故を起こした船体は、1927年に旅客船として建造された後、第二次世界大戦中に軍隊の病院船に改造された。その後、1947年にクルーズ客船に再改造されてヤ号として運航しており、事故当時の船齢は38年だった⁸⁶⁾。

◆4M分析

Man

- 火災発見後、すぐに船体放棄を決めた
- ×火災発生後、乗組員が全員船橋を離れた
- ×乗組員が全員で、食堂や厨房を中心に船内の一部を探索したため、火元の特定に時間がかかった

Machine

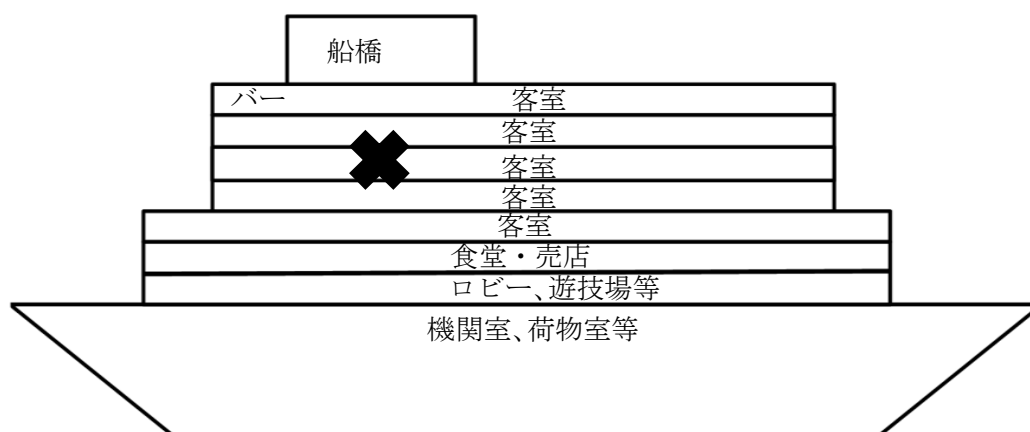
- ×船内の防火対策が不十分だった
- ×非常ベルや放送設備が故障した

Media

- ×深夜で停電したため船内が暗かった
- ×煙により視界が悪かった

Management

- ×船長及び乗組員間での連絡体制が不十分だった



(Report of fire accident of Yarmouth Castle を基に筆者作成)

図 18 「ヤーマス・キャッスル」側面図 (図中×は火元)

◆結果

火災発生直後、6階付近で清掃作業員が火災を発見したが船橋に情報が伝わらなかった。約10分後警備員から煙が充満しているという情報が入り、船長と乗組員の全員が食堂付近に集まり火元の搜索をした。全員で3階の食堂付近を搜索したため、客室階の搜索はしなかった。火元の搜索をしている間、船橋には乗組員が不在となり船長や乗組員に火元や状況などの情報が伝わらず、初期消火や乗客への避難指示が遅れた。火災発生から40分後に火元を特定したが、船体の前方は煙に覆われてすでに消火できる状況ではなかったため、船外避難を決定した。しかし、非常ベルと放送設備は故障しており、乗客に救命胴衣の着用や避難指示が伝わらなかった。さらに、船長や乗組員が乗客よりも先に避難した。乗客の中には火災に気づいて海に飛び込んだり、救命いかだで自主的に避難した人もいた。しかし、救命胴衣の収納場所が解らず救命胴衣を着けずに避難する乗客や避難指示に気づかず逃げ遅れた乗客もいた。死者、行方不明者の大半は逃げ遅れて、船体とともに沈んだ(87)(88)(89)。

4-2-2【成功例】「サン・ビスタ」火災事故

1999年5月20日午後1時半ごろ(現地時間)、マレーシアのペナン島南東沖で、シンガポールのクルーズ客船運航会社・サンクルーズ社が運航しているクルーズ客船「サン・ビスタ」(以下、サ号とする)(30,000トン)が、航行中に機関室のエンジンから出火した。火災発生から10時間後の現地時間21日未明に沈没した⁹⁰⁾。船には乗客と乗組員合わせて1,104人が乗っていたが、全員が救命いかだで脱出し死者・行方不明者はゼロ、軽傷者20人だった。船体は、1963年に建造され、1997年からサンクルーズ社が所有し、船内の改造を行いサ号として運航していた。事故当時の船齢は36年で、設置されていた設備は非常ベル、放送設備と非常灯、消火器のみで、スプリンクラーは設置されてなかった。火災の原因は、機関室のエンジンの整備ミスによる出火だった⁹¹⁾⁽⁹²⁾。

表19はサ号火災事故の経過、図19は「人的事故原因の調査・分析マニュアル」によるチャート図である。4M分析は以下のとおりである。

◆4M分析

Man

- 火災発生後、乗客を暴露甲板で待機させた
- 暴露甲板で待機中、乗客に飲食物の配布をして乗客を落ち着かせた
- 乗客が落ち着いて避難した

Machine

- 乗客の立ち入り禁止区域で出火した
- ×火災発生後、放送設備が故障した

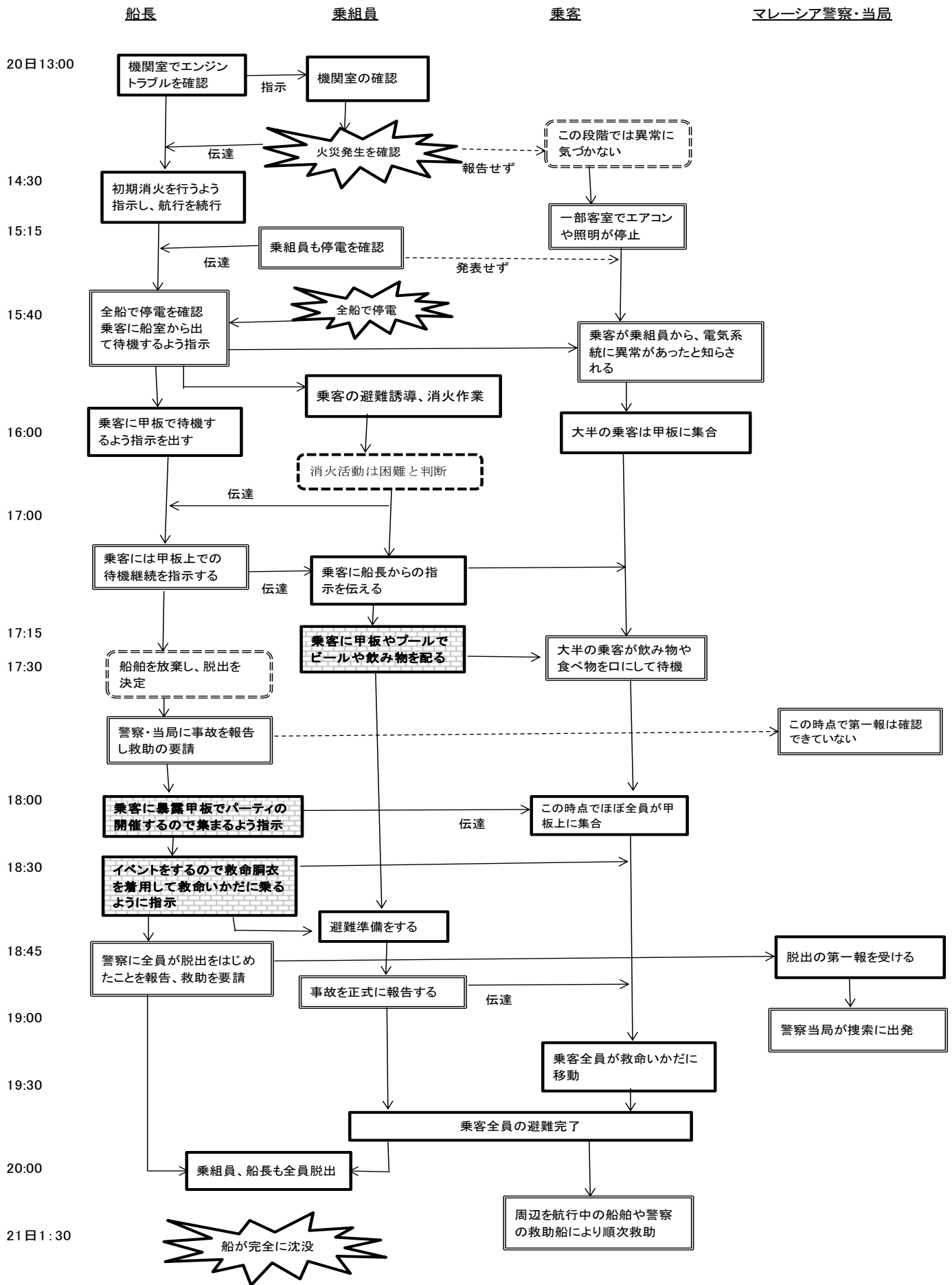


図 19 サン・ビスタ火災事故のチャート図

表 19 「サン・ビスタ」の出港から事故発生まで経過

| 時間 | 事象 |
|---------------|--|
| 13:00 頃 | 機関室でエンジントラブルが発生して、機関部員が修理にあたった |
| 14:30 頃 | 火災発生を確認。船長に報告し機関部員が初期消火を開始 |
| 15:15～15:40 頃 | 船内が順次、停電した。照明やエアコンも停止 |
| 16:00 | 乗客に暴露甲板か屋外プールで待機するよう指示 |
| 17:00 頃 | 避難中の乗客に、飲食物を配布して、引き続き暴露甲板等での待機を指示 |
| 17:30 | 船体放棄を決定、関係機関に救助要請を出す |
| 18:00 頃 | 船長が乗客に、避難集合場所付近でパーティーをすると伝えた |
| 18:30 | パーティー前にイベントをするためと伝え、乗客に救命胴衣を着用させた |
| 19:00 頃 | 火災発生的事実を乗客に伝え、救命いかだで避難するよう指示した |
| ～20:00 | 乗客、乗組員全員の避難完了。未明までに他の船舶や関係機関の救命艇などに救助された |
| 1:30 頃 | 船体が完全に沈没 |

×機関室の点検が不十分だった

Media

×救命ボートで脱出した際は薄暗くなっていた

Management

○船長及び乗組員間で情報が共有されていた

○乗客に対して首尾一貫した指示ができた

◆結果

サ号では機関室で火災を確認した後、すぐに機関部員が初期消火を始めた。しかし、その後、客室など船内で停電が発生したため、船内にいた乗客に対して機関室でのエンジン故障と伝えて暴露甲板やプールなど安全な場所へ避難させた。このとき、すでに放送設備が使用できなかったため、乗組員が船内を回り、拡声器で乗客に伝えた。火災の発生場所は乗客の立入禁止区域内で、客室階に煙も充満しておらず火災に気づいた乗客はいなかった。また、客室などはエアコンが停止して蒸し暑くなっており、ほとんどの乗客は手荷物等を持たずに、暴露甲板などで待機していた。待機開始から約 1 時間後、乗組員が乗客にジュースやビールなどの飲食物を配布して乗客を落ち着かせた。その間、乗組員らが機関室で初期消火をしたが、消火が困難なため、船長と乗組員で相談して船外避難を決定した。乗組員らは乗客の避難誘導、船内確認、救命いかだの準備を分担して行った。船外避難の際に、船長の指示で乗組員らは乗客にパーティーを行うためと伝えて避難集合場所へ集め

た。大半の乗客が避難集合場所に集まった後、船長はパーティーをする前のアトラクションとして「避難訓練」を提案して乗客に救命胴衣を着用させ、救命いかだに乗せた⁹¹⁾⁹³⁾。その後、火災が起きていることを伝え、乗客らは救命いかだで船外に避難した。避難開始時には、船内は停電し外は薄暗くなっていたが、約1時間30分で全員が避難して、死者は出なかった。

4-2-3 旅客船火災事故の考察

ヤ号、サ号での条件や乗組員の行動等の比較を表20に示した。2つの事故とも船齢が36～38年で事故が起きるまでに数回船内の改造が行われていた。また、設置されていた非常用設備は放送設備、非常ベル、非常灯、消火器、救命いかだ、救命胴衣であり、スプリン

表20 「ヤーマス・キャッスル」「サン・ビスタ」の乗客、乗組員の行動の比較

| | ヤーマス・キャッスル | サン・ビスタ |
|------------|--|---|
| トン数 | 5,002 トン | 30,000 トン |
| 船籍 | パナマ | バハマ |
| 発生年 | 1965 年 | 1999 年 |
| 時間帯 | 未明 | 夕方、薄暗い（船外避難時） |
| 船齢 | 38 年 | 36 年 |
| 乗船者数 | 552 人 | 1,104 人 |
| 生存率 | 84% | 100% |
| 火災現場 | 客室階の倉庫 | 機関室 |
| 気象・海象 | 晴れ、穏やか | 晴れ、穏やか |
| 沈没までの時間 | 約 5 時間 30 分～6 時間 | 約 10 時間 |
| 使用可能な非常設備 | 非常灯、消火器、救命いかだ、救命胴衣 | 非常灯、消火器、救命いかだ、救命胴衣 |
| 使用できない非常設備 | 放送設備、非常ベル | 放送設備、非常ベル |
| 乗組員の行動 | 全員で火元の捜索→初期消火と関係機関への通報→避難指示→乗組員が避難 | 機関部員が初期消火→乗客を暴露甲板等へ避難指示→乗客へ飲食物配布→救命いかだ等の準備→避難誘導開始→避難 |
| 乗客への指示 | 非常ベルの操作（非常ベルが作動しなかったため、多くの乗客に異常が伝わらなかった） | 暴露甲板、プールへの避難指示→避難集合場所への集合（パーティー開催名目）→救命胴衣着用（アトラクション名目）→船外避難指示 |

クラーは設置されていなかった。2件とも事故発生後、短時間で放送設備と非常ベルは停電や故障により使えなかったため、同じ条件だった。表 20 やチャート図、4M 分析から、2例とも船長及び乗組員間での情報の伝達や判断に違いが見られた。サ号では火災発生後、船長は船橋に待機して情報を収集し、乗組員に初期消火や乗客の避難誘導等を指示した。一方、ヤ号では、船長と乗組員全員が船橋を離れて火元の搜索をしたが、搜索に手間取り、避難指示を出すのが遅れた。出火から約 40 分後に火元を特定して初期消火をしたが、消火ができず船体放棄を決めた。しかし、船長と航海士など乗組員の一部が乗客の避難誘導等を行う前に救命いかだで避難した。火元の確認では、サ号は機関室での火災発生だったため火元を特定しやすかったが、ヤ号では、船長と乗組員が全員で食堂や厨房付近を搜索し、客室階など他の場所を搜索しなかったため火元の特定が遅れた。昼間と夜間の違いはあるが、気象条件は両船とも天候が穏やかだった。設備面では、両船とも火災発生から数分後には放送設備が使えなかった。同じような条件でサ号では情報共有と迅速な判断、避難誘導により 1,104 人全員が無事に避難できた⁹⁴⁾。

■ 「失敗例」で「成功例」を参考に行動した場合

ヤ号での避難行動を、サ号と同様の行動がとれたとして仮定すると、火災の情報が入った後、船長は船橋に待機し、乗組員に手分けして火元を搜索させる。火元を特定後、初期消火ができないと判断して避難指示を出す。出火直後はほとんどの乗客が火災に気づいておらず、各部屋をまわり拡声器等で抜き打ちの「避難訓練」と伝えて、乗客に火元から離れた船体後方への避難指示をする。サ号では、避難指示を出してから約 20 分で屋外甲板に集合できており、ヤ号では夜間の避難で時間もかかるが、船体がサ号より小型のため、大半の乗客が速やかに後方の避難集合場所に避難できるものと考えられる。深夜のため船外避難が難しい点もあるが、周囲に航行中の貨物船 2 隻が待機しており、さらに午前 3 時過ぎには関係機関^{xii)}の救命艇やヘリも到着していた。後方の暴露甲板に避難をしていれば、大半の乗客が沈没前に船外に避難でき死傷者は減ったと考えられる。

大型の旅客船では船内の構造が複雑で、火災発生直後は異常に気づかない乗客が多く、迅速に乗客を避難集合場所等に誘導する必要がある。乗客が火災に気づいた際には、多くの乗客が混乱して避難指示が適切に伝わらない。さらに、船長や乗組員間での情報共有ができない場合、乗組員も混乱して、迅速かつ円滑な避難誘導ができなくなる。ヤ号では、火元の確認が遅れ、確認後も乗組員が混乱してすぐに避難指示が出なかった。乗客が火災に気づいて混乱した後に避難指示が出たが、指示が伝わらず逃げ遅れた乗客がいた。

また、火災に気づいていない段階では、状況を見て、情報をコントロールすることで混乱を最小限に抑えられる。サ号では船長や乗組員がパーティーやイベントをやって

^{xii)} 陸上と海上では事故発生時の対応、救助を行う機関が異なる。日本では陸上は警察と消防、海上は海上保安庁が担当する。海外では国ごとに制度が異なる。そのため、本論文中では複数の機関が事故対応をした場合はまとめて「関係機関」と表現する

乗客を避難場所に集め、救命いかだに乗せて、全員が脱出した。火元が客室階で発生したヤ号でも出火から約 30 分は火災に気づかない乗客が多かったと考えられる。航行時間が 24 時間を越える旅客船では、SOLAS 条約により、乗客を含めた全員参加の避難訓練が義務付けられているため、火災発生前に訓練を終えていることが多い。船内で火災が発生した場合はイベントつきの「再訓練」として乗客を誘導することも有効なこともある。

□「成功例」で「失敗例」を参考に行動した場合

一方、サ号でも火災発生後、乗客に避難誘導しなかった場合、死傷者が増えると考えられる。サ号は火災を確認してすぐに電気系統の設備が故障し停電した。船内の照明やエアコンも使用不能になり、避難誘導時に多くの乗客が混乱する。そして、乗客が火災に気づき、多くの乗客が自主的に海に飛び込むなどして避難をはじめ。乗客が混乱した後に、避難指示を出しても、多くの乗客は乗組員の指示に従わない。その後、船体は沈没しており、多くの乗客が逃げ遅れるなどして多数の死傷者が発生すると考えられる。サ号では、機関室の火災発生直後に暴露甲板への避難指示を出し、また、乗客が混乱しないように情報のコントロールや飲食物の配布などをして乗客の混乱を避ける行動がとれた。船長や乗組員の行動はマニュアルから逸脱した行為ではあるが、迅速かつ円滑な避難につながり、結果的に全員が生存できた。現場の状況によっては、乗客の混乱を避けるために情報をコントロールすることも有効である。

4-3 旅客船の衝突事故の分析

船舶事故で毎年、最も多く発生している事故種別は衝突事故で、平成 20 年～24 年までの 5 年間でも毎年約 3 割を占めていた。船種別で見た場合も、貨物船、タンカー、漁船、旅客船では衝突が最も多く、貨物船やタンカーの関係する事故の 5 割、旅客船の関係する事故の 4 割が衝突事故である⁹⁵⁾⁹⁶⁾。衝突事故による死傷者は漁船など小型船舶の乗員が多いが、旅客船の衝突事故で多くの乗客や乗組員が死亡した事故も発生しており、衝突事故が起きた際の避難誘導等について分析する必要がある。これまでも旅客船の衝突沈没事故が発生している。1955 年には、高松沖で国鉄の運航する連絡船「紫雲丸」と貨物船が衝突し、避難誘導等が不適切で 166 人が死亡する事故が起きた。また、1978 年には来島海峡沖で航行中のフェリー「さいとぼる」がタンカーと衝突した。事故後船体は大破し沈没したが、乗客・乗組員 245 人は沈没前に避難して無事だった。

本章では、過去に発生した旅客船の衝突事故のうち、「失敗例」には「紫雲丸」衝突事故、「成功例」には「さいとぼる」衝突事故を取り上げ、事故発生後の乗客や乗組員の行動を分析する。

4-3-1 【失敗例】「紫雲丸」「第三宇高丸」衝突事故

1955年5月11日午前6時56分ごろ、高松発宇野行きの上り鉄道連絡船「紫雲丸」(1,480トン) (以下、紫号とする) と貨物船「第三宇高丸」(1,282トン) (以下、宇号とする) が香川県高松市沖合で衝突した。紫号、宇号とも国鉄が運航しており、紫号には乗客・乗組員合わせて781人が、宇号には乗組員49人が乗っていた。紫号の左舷後部に宇号が約70度の角度で衝突、紫号の左舷が大破、浸水して数分後に沈没した。衝突後、図20のように両船が合体する形で停船した。紫号で乗客164人と船長、乗組員1名の計166名が死亡、乗客2人が行方不明になった。宇号は沈没を免れ、乗組員も全員無事だった。紫号の乗客の約半数が宇号に飛び移り避難した。事故当時、現場付近は濃霧で視界不良だった³¹⁾⁹⁷⁾。

表21は、「紫雲丸」衝突後から沈没までの経過、図21は「人的事故原因の調査・分析マニュアル」によるチャート図である。4M分析は以下のとおりである。

表21 「紫雲丸」 衝突以降の経過 (日時は現地時間)

| 時間 | 事象 |
|--------|---|
| 6:56 | 「紫雲丸」と「第三宇高丸」が衝突 |
| 6:56 | 右舷の損傷部分から浸水、水密扉を閉めようとするが損傷していて閉まらない |
| 6:56 | 船内の照明がすべて消灯。非常電源装置も起動できなかった |
| 6:57 | 高松鉄道棧橋に事故の第一報を入れる |
| 6:57頃～ | 乗組員の一部(事務部員)は、救命胴衣を乗客に渡して、第三宇高丸に飛び移るように指示 |
| 6:58 | 船橋では沈没の危険はないと判断。紫号の操船担当の乗組員が非常を知らせる汽笛を鳴らした(船橋から救命胴衣着用の指示は出なかった) |
| 6:58頃 | 機関室内では海水が膝まで達し、機関部の乗組員全員に避難を指示 |
| 6:58～ | 十数名の修学旅行生が荷物をとりに自室にもどる。船体が左舷側に傾き、乗客が右舷や上部に殺到し混乱した |
| 6:59 | 第三宇高丸が紫雲丸を押して、紫雲丸の乗客を第三宇高丸に移そうと考える |
| 7:00頃 | 紫号の操船担当の乗組員が乗客に飛び移るのをやめるように指示、一部の乗客が自室に戻る。危険を察知した乗客は次々に第三宇高丸に移動を続ける |
| 7:00 | 船体が急激に左舷に傾き、避難器具が落下した |
| 7:00頃 | 乗客の約半数が第三宇高丸側に避難 |
| 7:02 | 船内に修学旅行生など多数の乗客を残したまま、沈没 |
| 7:10 | 周辺で操業していた漁船が事故を目撃し、乗客らを救援。高松海上保安部の巡視艇も到着し、救助をはじめた |

◆4M分析

Man

- ×船長、乗組員が乗客に統一した指示をできなかった
- ×荷物を持って避難する乗客が多かった
- ×修学旅行生が忘れ物を取るために船室に戻った
- ×衝突後も船室に留まる乗客がいた
- ×非常を示す汽笛が理解できない乗客がいた

Machine

- 紫号と宇号が合体する形で停船した
- ×紫号の船体が浸水した
- ×船内が停電した
- ×放送設備が使えなかった
- ×救命いかだが海中に落下した

Media

- ×沈没までの時間が短かった

Management

- ×乗客に対して安全な避難方法や救命胴衣の保管場所等についての説明がなかった
- ×乗組員間で情報が共有できなかった

◆結果

衝突時、濃霧の影響で紫号、宇号とも相手の船の位置がわからず、図 20 のように宇号が紫号の左側面に衝突した。衝突後、紫号の左側面に穴が開き、浸水が始まり、船内は停電し放送設備も使えなくなった。船長はすぐに沈没することはないと判断して、船内待機をするように指示した。一部の乗組員が救命いかだを下ろそうとしたが、船体が傾き下ろせなかった。

一方、客室担当などの乗組員は、最上部の遊歩甲板から宇号に飛び移るように避難する

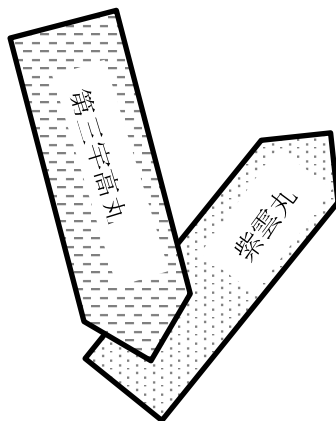


図 20 「紫雲丸」「第三宇高丸」衝突時の両船の位置

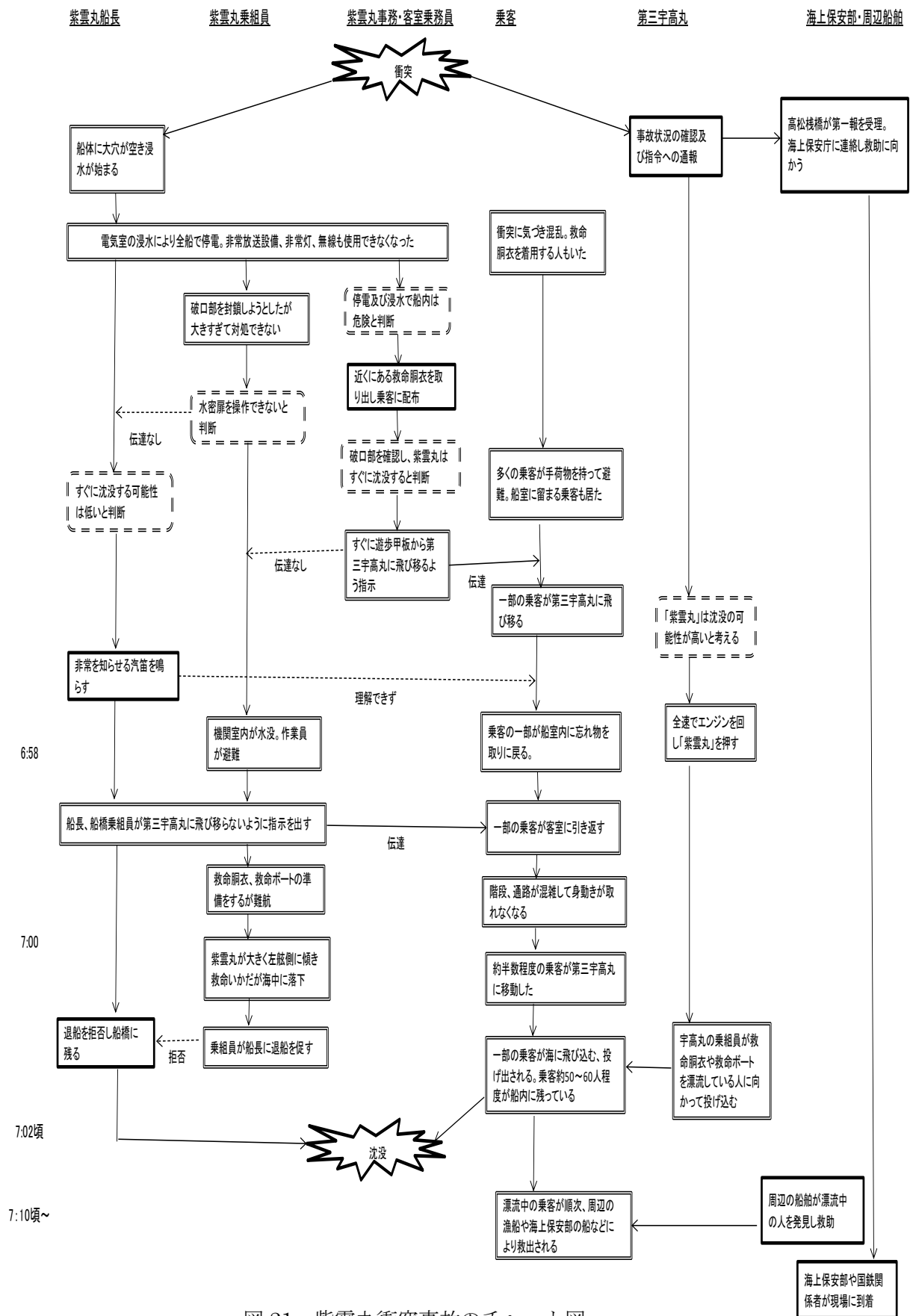
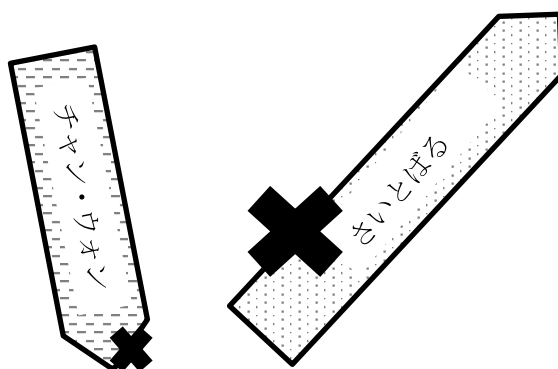


図 21 紫雲丸衝突事故のチャート図

よう指示を出した。衝突時、宇号と紫号は合体した状態で暴露甲板から徒歩で飛び移ることが可能だった。船には、一般客のほか修学旅行の小学生が約 100 人程度いた。一般客の多くは、衝突後、自主的に暴露甲板に出て宇号に飛び移ったり、海に飛び込んで避難した。しかし、救命胴衣の収納場所がわからず、救命胴衣の着用をせずに海に飛び込んだり、荷物を持つなど不適切な避難をした。一方、船長らからの船内待機の指示に従い、船室内で待機していた乗客もいた。さらに、修学旅行の団体客が荷物を取りに船室に戻るなどして、通路や階段は避難する乗客と船室に戻る乗客で入り乱れ、避難に時間がかかった。事故発生から約 7 分後、船体は沈没した。死亡した乗客の多くは修学旅行の団体客であり船内に取り残されたか、海中に投げ出されたことによる水死だった。

4-3-2 【成功例】「さいとぼる」「チャン・ウォン」衝突事故

1978 年 9 月 6 日午前 1 時 45 分ごろ、愛媛県来島海峡竜神島沖の瀬戸内海上で日本カーフェリーが運航する、神戸発細島（宮崎県）行きのフェリー「さいとぼる」（6,574 トン）（以下、さ号とする）と防府から堺へ回航中の韓国籍のタンカー「チャン・ウォン」（3,409 トン）（以下、ち号とする）が衝突した。両船は図 22 で示すように、さ号の左舷中央部にち号が衝突、さ号の左側面に穴が開き浸水した。さ号には乗客・乗組員合わせて 245 人、ち号には乗組員 24 人が乗っていた。さ号の乗客・乗組員は全員、救命いかで避難し救助されたが、船体は曳航中に沈没した⁹⁸⁾⁹⁹⁾¹⁰⁰⁾。一方、ち号側の乗組員は全員無事だったが、船体の前部が破損し、一部浸水しており、自力航行が困難だった。いかりが使えず現場付近で漂流したため、乗組員は海上保安部の巡視艇により救出され、船体は曳航された。事故当時、現場付近は、夜間で雨が降っていたが、風や波は穏やかだった。現場付近では、漁船が操業しており、両船も漁船を避けながら航行しており、共に相手の船の発見が遅れ、衝突した¹⁰¹⁾。



(×印が破損箇所、「さいとぼる」は穴が開き浸水)

図 22 「さいとぼる」「チャン・ウォン」衝突時の位置

表 22 衝突後から避難までの「さいとぼる」で起きた事象

| 時間 | 事象 |
|-------------|--|
| 1:45 | 両船が衝突、直ちに機関室にエンジンの停止を指示 |
| 1:45～1:46 頃 | 船長が「総員起し」を放送、全乗員を非常部署につける |
| 1:47 頃 | 舵を中央に戻し、今治海上保安部に緊急通報をする |
| 1:50 | 浸水で発電機が停止、全船で停電し非常電源も使用不能、船尾側が浸水 |
| 1:50～2:00 頃 | 船体の左舷傾斜に気づく、測定の結果約 8 度。船長が全乗客、乗員の避難を決定した。乗客に救命胴衣着用と救命ボート等の準備を乗員に指示 |
| 2:10 頃 | 事務長、客室乗員らが避難の指示を出す |
| ～2:30 頃 | 旅客避難集合場所に全乗客を集め避難方法の説明 船体傾斜は左舷側に約 10 度 |
| 2:30～3:00 頃 | 順次救命いかだへ移動（乗員やトラック運転手らが誘導） |
| ～3:10 | 船橋乗員 8 名を除く、全員が救命ボートに退船完了 |
| ～4:00 頃 | 脱出した乗客らは順次救出され、愛媛県内に移送 |
| 5:00 | 曳航の引船 2 隻が到着、曳航準備実施、5:30 頃、「さいとぼる」に残っていた乗員も全員避難 |
| 6:15 | 曳航先についてサルベージ船 ^{xiii} 側と折り返わず、話し合い |
| 6:40 | 船体の沈下、傾斜が進行していると判断 |
| 7:12 | 船体角度が 25～30 度に達し、自動車や積荷などが落下 |
| 7:16 | これ以上の曳航は危険と判断し、えい索 ^{xiv} を切る、船体が転覆 |

表 22 は、「紫雲丸」衝突後から沈没までの経過、図 23 は「人的事故原因の調査・分析マニュアル」によるチャート図である。4M 分析は以下のとおりである。

◆4M 分析

Man

- 衝突後、船長がすぐに乗組員を船橋に集め、状況確認や避難誘導、救命いかだの準備を指示した
- 衝突後すぐに避難判断をした
- 乗客に迅速かつ適切に指示を出せた
- 乗組員がトラック運転手らと協力して、乗客の避難誘導ができた
- 乗客が乗組員の指示に従って順序良く避難した

^{xiii} 事故や故障等で自力航行できなくなった船舶を救助する船

^{xiv} 自力で航行できなくなった船舶を曳航するためのロープ

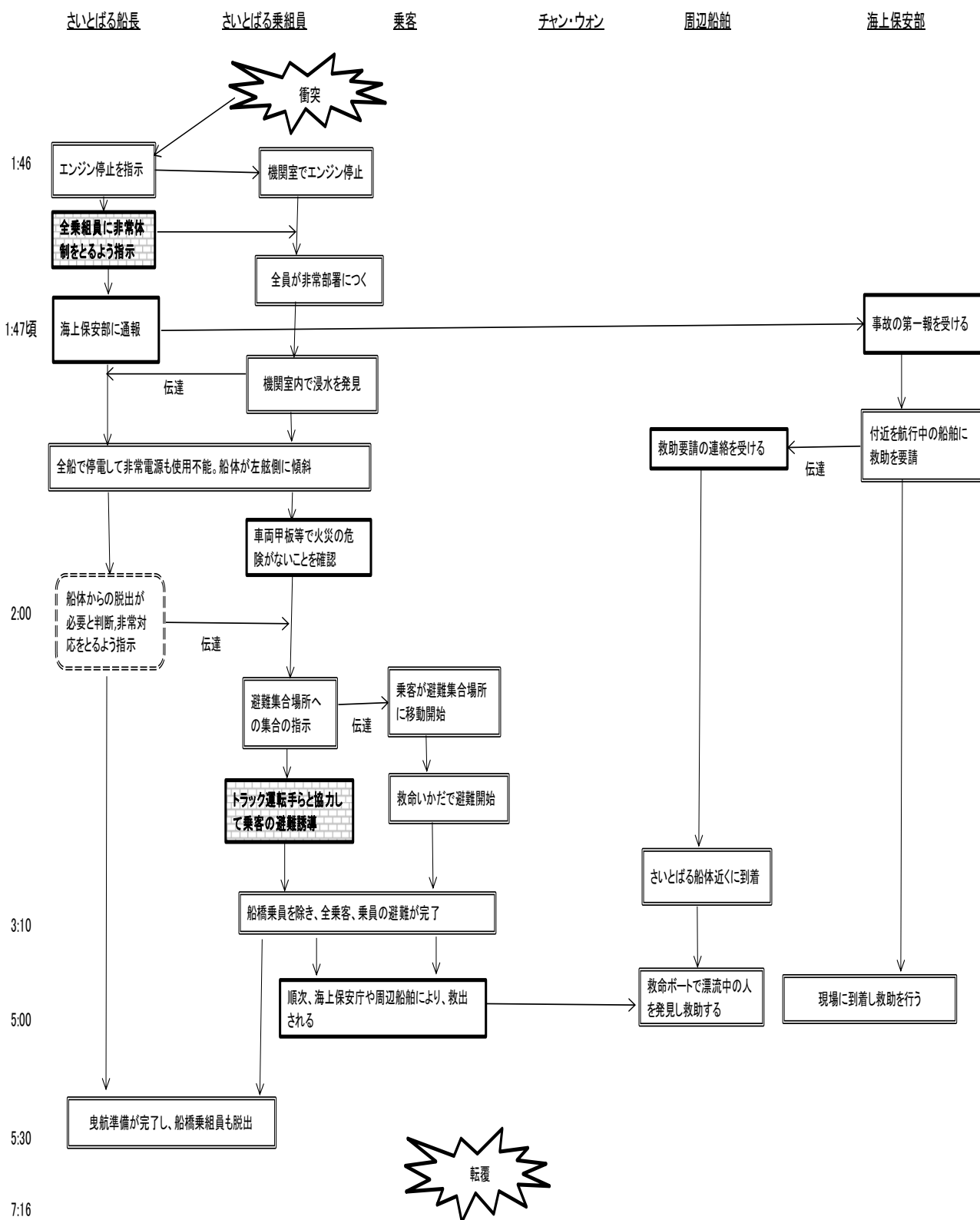


図 23 さいとばる衝突事故のチャート図

Machine

- ×船内が停電して、放送設備や非常灯が使えなかった
- ×船体が大破し、浸水した
- ×船体が傾いた

Media

- ×通路や階段、暴露甲板が暗かった

Management

- 船長や乗組員間での情報共有ができた
- 船長が指揮をとって、乗組員や乗客に適切な指示を出した
- 過去におきた「ふたば」衝突事故^{xv}の教訓が生かされていた

◆結果

衝突前、さ号は漁船群を避けながら航行しておりチ号に気づくのが遅れた。一方の、チ号はさ号の灯火を認識していたが、さ号が回避すると思ひこみ、停船や回避をせず両船が衝突した。図 22 で示すようにチ号の前面とさ号の左舷側中央に突っ込み、さ号に穴が開き浸水した。チ号は、浸水はなかったが前部が破損し自力航行はできずに漂流した。さ号では衝突直後から浸水が始まり、間もなく船内が停電した。衝突後、船長は乗組員を船橋に集め、すぐに救難信号の発信や船内の確認をした。事故発生後の 15 分後、船長は船外避難が必要だと判断し、乗客に救命胴衣の着用と避難集合場所への集合を指示した。その際、放送設備は使えなかったため、乗組員が分担して船内を回り拡声器で知らせた。事故発生時、さ号を頻繁に利用しているトラック運転手らも乗客の避難誘導に協力した。そのため、乗客全員が避難指示を出してから約 15 分で避難集合場所に集まり、救命いかだで船外避難を始めた。そして、事故発生から 90～100 分で、船橋担当の乗組員を除いて、全員が船外に避難した。朝になりさ号の船体の曳航作業が始まり、船橋担当の乗組員も救助された。さ号の船体は曳航中に転覆したが、全員が無事だった。

4-3-3 旅客船衝突事故の考察

紫号、さ号事故での条件や乗組員の行動等の比較を表 23 に示した。表 23 やチャート図、4M 分析から、乗組員や乗客の行動、情報伝達の違いに差がみられた。また、紫号では事故発生から沈没までの時間が短かった。紫号、さ号とも停電が発生し放送設備が故障している点で共通している。さ号では、衝突後乗組員が船橋に集まり、船内の確認と海上保安部への通報をした。船橋に船体の浸水が始まっているとの情報があり、船も傾いていたため、すぐに乗客の避難を決めた。衝突直後船内は停電したが、すぐに乗組員が手分けして船内

^{xv} 1976 年 7 月、日本カーフェリーの運航するフェリー「ふたば」が山口県周防大島町沖でタンカーと衝突し、沈没した事故。船体は沈没し、乗客と乗組員の計 5 人が死亡した。

表 23 「紫雲丸」「さいとぼる」の乗客、乗組員の行動の比較

| | 紫雲丸 | さいとぼる |
|------------|---|--------------------------------------|
| トン数 | 1,480 トン | 6,574 トン |
| 発生年 | 1955 年 | 1976 年 |
| 発生時間 | 日中（朝 7 時頃） | 未明（午前 2 時頃） |
| 乗船者数 | 781 人 | 245 人 |
| 生存率 | 79% | 100% |
| 相手船の種別、トン数 | 貨物船、1,282 トン | タンカー、3,409 トン |
| 気象・海象 | 濃霧 | 小雨、潮流がやや早い |
| 沈没までの時間 | 約 7 分 | 約 5 時間 30 分 |
| 使用可能な非常設備 | 救命胴衣、 救命いかだ（一部は使用できない） | 救命胴衣、救命いかだ、非常灯 |
| 使用できない非常設備 | 放送設備 | 放送設備 |
| 乗組員の行動 | 関係機関への通報、乗客への指示 | 関係機関への通報、船内確認、乗客への指示、避難誘導 |
| 乗客への指示 | 救命胴衣着用、船内待機、第三宇高丸への飛び移り | 救命胴衣着用→避難集合場所への避難→救命いかだでの避難 |
| 乗客の行動 | 第三宇高丸へ荷物を持って避難、海に飛び込む、船室待機、荷物をとりに船室に戻る など | 乗組員の指示通りに救命胴衣を着用し避難、トラック運転手らが避難誘導に協力 |

をまわり救命胴衣の着用の指示と暴露甲板にある避難集合場所への避難指示を出し、乗客を誘導した。避難誘導の際、船内の構造を知っているトラック運転手らも乗組員とともに避難誘導に協力し、避難判断から約 15 分で乗客全員が避難集合場所に集合した。事故当時は、小雨でやや潮流の速い海域であったが、さ号の周辺には、航行中の漁船やフェリーなどが乗客を救助できるように待機していた。船長は船体が短時間で沈没する可能性もあると考え、乗客を船外避難させることを決めた。さ号を運航していた日本カーフェリーでは、1976 年にも乗客ら 5 人が死亡した「ふたば」衝突事故があり、非常時の連絡体制や情報収集、役割分担、救難信号の発信、乗客の対応などを見直し、短時間で乗客の誘導ができるように教育訓練が行われた。乗組員らには、「ふたば」事故が伝えられ、その事故の状況を基に衝突や沈没の際の乗客の避難誘導の訓練が行われ、「さいとぼる」ではその教訓を生かして、迅速な避難誘導ができたと考えられる。

失敗例である紫号では事故直後、客室乗務員は救命胴衣を乗客に配布し、遊歩後半に上

がって番号に避難するように指示があった。一方、船橋乗組員からは番号に避難せず船内で待機するように指示が出た。乗客の多くは衝突後すぐに、自主的に遊歩甲板から番号に飛び移ったり、暴露甲板から救命胴衣を着けて海に飛びこんだりした。避難した乗客の多くが旅行鞆などの手荷物を持って避難した。修学旅行生の中には、お土産などの忘れ物を取るために船室に戻る人がいた。そのため、通路や階段は避難する乗客と船室に戻る乗客で混雑し、逃げ遅れた人が多くいた。

■「失敗例」で「成功例」を参考に行動した場合

紫号での避難行動を、さ号と同様の行動がとれたとして仮定すると、衝突後、船長は乗組員に船内確認や乗客の対応をするように指示を出し、海上保安部に救助要請、乗客に船橋で情報収集をする。乗組員は船体が傾いているのを確認して、事務部員と協力して、荷物は持たず、救命胴衣だけを持って暴露甲板に避難するように指示を出す。その後、乗組員が客室内で浸水が起きていることを船橋に伝え、船長の指示で、乗組員、主に事務部員が子供や高齢者、障害者を優先して番号に飛び移るように指示を出し最上部の暴露甲板に誘導する。その間、他の乗組員が手分けして救命いかだを準備し、一部の乗客は救命いかだで避難させる。紫号の周囲には漁船など数十隻が待機していたため、船外に避難しても、多くの人が救助されたと考えられる。

マニュアル通りであれば、救命胴衣を着用させ、避難集合場所に集め避難方法の説明をして救命いかだで避難するが、紫号では救命胴衣の位置がわからない乗客がおり、避難する時間が十分でないため、「最上階に避難」「荷物は持たない」「部屋に戻らない」など要点のみを伝える。紫号では、避難可能時間が少なかったが、乗組員が情報を共有して乗客に首尾一貫した指示が出ていれば船内の混乱を最小限に抑えられた。また、可能な場合は飛び移りと救命いかだによる避難に分かれるなど複数の避難方法を使うことにより、短時間で多くの乗客が避難でき、死者が減ったと考えられる。

□「成功例」で「失敗例」を参考に行動した場合

一方、さ号でも、衝突後に乗客に避難指示が出されていなかったと仮定すると、多数の死傷者が出たと考えられる。さ号はチ号と衝突後、左舷に大穴が開き船内浸水が始まった。乗組員はすぐに水密扉の閉鎖などの応急措置をしたが、それでも船は事故発生から約5時間後に転覆している。事故発生後、すぐに停電し、船体も傾いた。避難指示を出さなかった場合、多くの乗客が自主的に避難を始めるが、救命胴衣を着用しないで海に飛び込む、荷物を持つなど不適切な行動をする。それにより多くの乗客が混乱して、転覆前に全員が避難できない。また、海に飛び込んだ人は夜間で降雨のため、救助隊が発見しにくく多くの死傷者、行方不明者が出た可能性が高い。

従って、船長は衝突後、すぐに乗組員を非常配置につかせ、乗客を避難させたことで円滑な避難ができた。発生直後だったため、乗客も落ち着いており、仕事で頻繁に乗船するトラック運転手も避難誘導に積極的に協力し、全員が生存できたと考えられる。

4-4 旅客船での避難に関する考察

本章では、旅客船の事故について、火災、転覆、衝突について分析した。表 24 は、「成功例」「失敗例」別に各事故での指令の行動、乗組員の行動をまとめたものである。「成功例」「失敗例」とも発生した時間帯や事故当時の気象、海象は異なっていた。乗組員の行動を見ると、「成功例」では初期消火などの応急措置とともに、乗客の避難を最優先に行動している。乗組員は役割分担をして船内確認や応急措置、乗客の避難誘導をさせた。現場の状況を把握後、乗組員らは応急措置をしても、鎮火、復元までには時間がかかると判断して、乗客に救命胴衣を着用させて、避難集合場所など船内の安全な場所に避難させた。その結果、状況が悪化し船体放棄をする際も、すぐに乗客に情報が伝わり船外避難も迅速にできた。また、情報をコントロールする、現場の船を頻繁に利用するトラック運転手と協力するなど現場の状況に応じた行動がとれた。一方、「失敗例」では、火元の捜索や船体の復元に手間取り、乗客の避難が後回しになった。「失敗例」の 3 例いずれも事故発生後、船長や乗組員が混乱して乗客に適切な指示が出せなかった。「ヤーマス・キャッスル」と「セウォル」の 2 例では乗組員が乗客を船内に放置したまま船外避難した。「紫雲丸」では、客室乗務員と操船担当乗組員とで指示が異なった。「紫雲丸」は衝突から沈没まで 7 分と時間的余裕がなかったが他の事故は時間的余裕が十分にあり、適切な避難指示、避難誘導をしていれば死傷者は減ったと考えられる。「紫雲丸」も時間的余裕は少なかったが、「第三宇高丸」に飛び移れる状況だったため、客室乗務員と操船担当乗組員が統一した指示を出していれば生存者は増えたと考えられる。

旅客船事故では、事故発生後の避難行動のとり方で生存率が変わることが多い。事故発生後に状況を確認して、船長、乗組員間で相談して避難をする必要があるときは、迅速に統一した指示を出す必要がある。しかし、実際に事故が発生した場合は船長や乗組員も混乱して情報共有ができず適切な指示を出せない、乗客の避難誘導をせず船内に放置したまま乗組員が先に避難するなど不適切な行動があった。

旅客船で火災や衝突など事故が発生して避難が必要となる場合は原則として救命胴衣を着用して救命ボートで順次脱出するが、乗船人数、船体規模・構造、気象・海象などによって避難方法が異なる。火災や浸水が起きた場合、時間が経過すると状況が悪化して避難がしにくくなる。そのため、事故発生直後の迅速な判断が必要になる。避難をする際は、現場の状況を見て、乗員や海上保安庁などと相談して避難の可否や避難の方法を決め、乗客に対して統一した指示を迅速に伝えることで、混乱なく円滑に避難できると考えられる。

表 24 船舶事故における「成功例」「失敗例」別の乗組員の行動の比較

| | 失敗例 | | |
|---------------|-------------|----------------|----------------|
| 事故種別 | 火災 | 転覆 | 衝突 |
| 気象・海象 | 晴れ、穏やか | 晴れ、穏やか | 小雨、濃霧 |
| 時間帯 | 夜間 | 日中 | 朝 |
| 乗組員の優先事項 | 火元の搜索 | 船体の復元 | 混乱して適切な指示ができない |
| 乗客への指示 | 伝わらない | 救命胴衣着用と船内待機のみ | 船外避難と船内待機 |
| 生存率 | 84% | 37% | 79% |
| 事故発生から沈没までの時間 | 5時間30分 | 2時間30分 | 7分 |
| その他 | 貨物船2隻が救助に協力 | 漁船など約20隻が救助に協力 | 「第三宇高丸」に飛び移り可能 |

| | 成功例 | | |
|---------------|------------------|---------------------|----------------------|
| 事故種別 | 火災 | 転覆 | 衝突 |
| 気象・海象 | 晴れ、穏やか | 暴風雨、高波 | 雨 |
| 時間帯 | 夕方～夜 | 未明 | 深夜 |
| 乗組員の優先事項 | 初期消火、乗客の避難 | 船体の復元、乗客の避難 | 乗客の避難 |
| 乗客への指示 | 暴露甲板へ避難、その後船外避難 | 避難集合場所に避難 | 避難集合場所に避難 |
| 生存率 | 100% | 100% | 100% |
| 事故発生から沈没までの時間 | 10時間 | 4時間 | 7時間 |
| その他 | イベントのためと言って乗客を誘導 | 消防用ホースを活用して乗客を釣り上げた | 居合わせたトラック運転手も避難誘導に協力 |

第5章 航空機事故の分析

第5章では、運航中の航空機で異常が発生した場合の航空機の停止や乗客の避難行動について分析する。航空機は、1機あたり数十人から数百人程度と旅客船や鉄道と比べると定員が少ないが、長距離輸送では輸送分担率はトップである。航空機は、旅客船や鉄道と異なり異常が発生した場合にもすぐに機体を着陸させることができない。そのため、機長や副操縦士は現場の状況を見て機体を安全に着陸して停止させなければならない。さらに、機体を安全に着陸、停止した後は、機体が爆発などする恐れがあるため、迅速に機体から避難しなければならない。本章では、不時着水時の避難行動について分析した。

5-1 旅客機の不時着水事故の分析

2009年1月、アメリカ、ニューヨークで空港を離陸した直後に航空機がエンジントラブルをおこし、その後、近くのハドソン川に不時着水する事故が発生した。この事故では、機体は大破したが、機体の安全な着水と迅速な避難が行われて死者がゼロになりハドソン川の奇跡と称賛された。航空機事故には、墜落や衝突といった旅客へのダメージが避けられない直接要因による事故と、不時着し乗客の生存が可能な事故がある。前者の場合、犠牲者の大半は事故の衝撃によって発生し、十分な避難時間もないが、後者の場合、緊急着陸・着水、避難が適切に行われれば被害を軽減できる。しかし、後者の事例でも事故発生後に避難行動等が不適切な場合は死傷する可能性がある。1982年には羽田空港到着前の日本航空機が東京湾羽田沖合に墜落し、乗客24人が死亡した。事故の直接の原因は機長の不適切な操縦であるが、事故発生後にも乗務員による適切な避難誘導が行われなかった。

本章では、不時着水事故について、事故発生前後の機長、乗務員の行動、乗客の避難行動を分析する。第二次世界大戦以降に発生した航空機事故のうち、1通路片側3人掛け構造の中型旅客機の着水事故を分析対象とし、「失敗例」には1982年に発生した日本航空350便羽田沖墜落事故を、「成功例」にはUSエアウェイズ1549便不時着水事故取り上げた。

5-1-1 【失敗例】日本航空350便羽田沖墜落事故

1982年2月9日午前8時44分ごろ、福岡発羽田行きの日本航空350便（ダグラスDC8型機）が、羽田空港着陸前に故意に機体を下降させるなどの不適切な操縦によって、羽田空港C滑走路の沖合に墜落した。機体は操縦席後方と客室の間で2つに折れた。墜落した場所が比較的浅い場所で沈没はしなかったが、事故発生約1時間後には窓より下の部分まで浸水した。航空機には乗客166人、乗務員8人が搭乗していたが、このうち乗客24人

表 25 JAL350 便の出発から避難までの経過（日付は 2 月 9 日）

| 時間 | 事象 |
|---------|---|
| 7:34 | 管制の指示を受け、福岡空港を離陸 |
| 8:29 | 管制から 3000 フィートまで機体を下げる指示を受け、機体を降下させる |
| 8:42 | 副操縦士の点呼に対し、機長から「異常なし」の返答 |
| 8:43:25 | 副操縦士が、高度 500 フィートの点呼を行うも、機長から応答がない ^{xvi} がうなずいたため、解っているものと判断した |
| 8:43:50 | 着陸可否決定高度に接近を確認する点呼、機長から手順通り「チェック」の応答 |
| 8:43:59 | 航空機関士の「ツー・ハンドレッド」の点呼をうけ、副操縦士が「ミニмум」の点呼をするが、マニュアルと異なる応答 ^{xvii} をした |
| 8:44:01 | 機長が自動操縦から手動操縦に切り替え |
| 8:44 頃 | （この頃に、機長が意識を失ったものと推定される） |
| 8:44:02 | 航空機関士より異常を示す点呼 |
| 8:44:02 | 副操縦士は機首が異常に下がっていることに気づき、操縦レバーを引いても動かない。機長席で機長がレバーを押したまうなだれていた |
| 8:44:03 | 副機長が最大限にレバーを引き機首下げ姿勢がやや浅くなった |
| 8:44:04 | 逆噴射がききはじめた。同時に、対地接近警報装置が作動 |
| 8:44:06 | 機長がレバーを押したため、副操縦士が日本語で「機長やめてください」と注意するも応答せず |
| 8:44:07 | 機体は羽田空港滑走路 33 進入端から 510m 手前のところで海面に前部から不時着 |
| 8:47 | 空港の管制官らが事故を目撃。すぐに消防、海上保安庁など関係機関へ通報 |
| 8:47～ | 乗客が自主的に、非常ドアを開けて、海に飛び込むなどして避難 |
| 9:00 頃 | 後部客室の乗務員が機長と連絡をとろうとするが、連絡が取れず救命胴衣の着用を指示した |
| 9:05 頃 | 副操縦士が側窓から外に出て機体後部へ移動 |
| 9:07 | 警察、消防、海上保安庁の救助艇が到着。重傷者など一部乗客がヘリやボートで救出される |
| 9:10 頃 | 機長が、操縦席を離れ、乗客に紛れて救助される |
| 9:21 | 機内にいた乗客は機体上などに避難、海に飛び込む |
| 10:30 | 機内に取り残された負傷者を全員救出 |

^{xvi}日本航空の DC-8 型機の運航規定では、「スタビライズド」の点呼をすることになっている。

^{xvii}日本航空の DC-8 型機の運航規程では、副操縦士が「ミニмум」の点呼をした後、機長は着陸を意味する「ランディング」又は「ゴー・アラウンド」と点呼することになっている

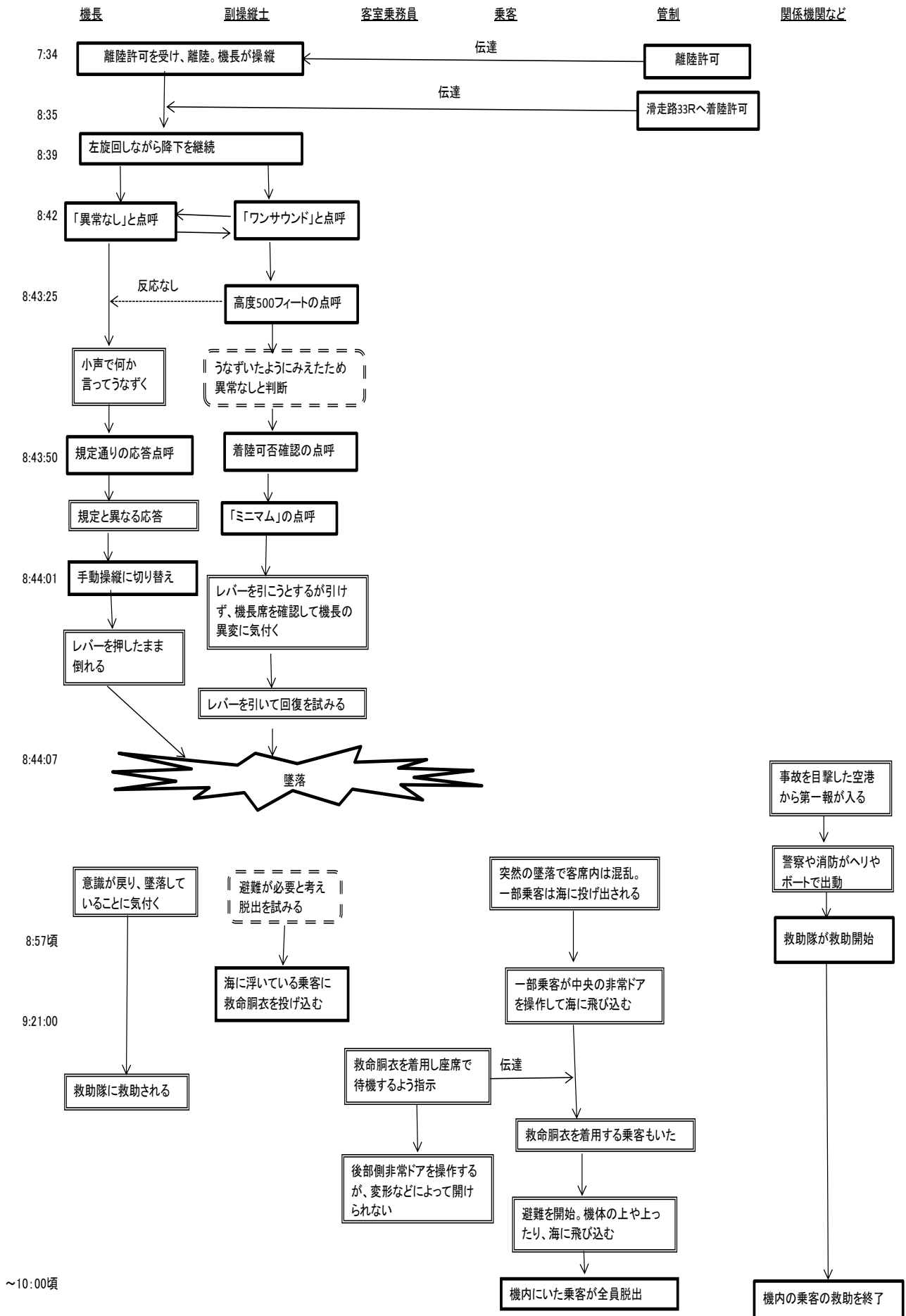


図 24 日本航空 350 便羽田沖墜落事故のチャート図

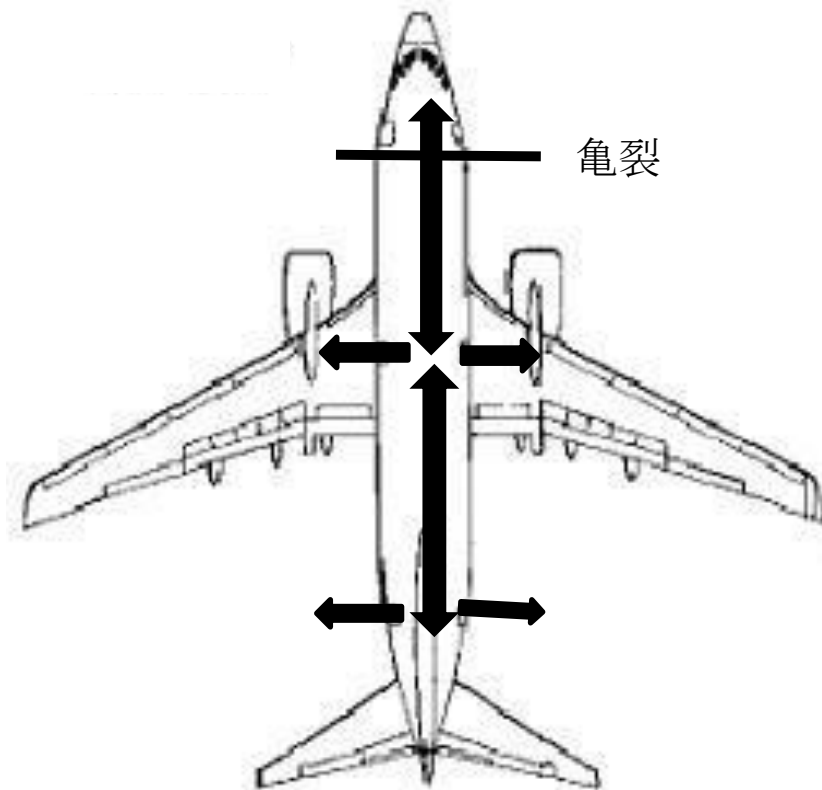


図 25 事故後の乗客の避難経路と非常口 →が乗客の避難した方向を示す

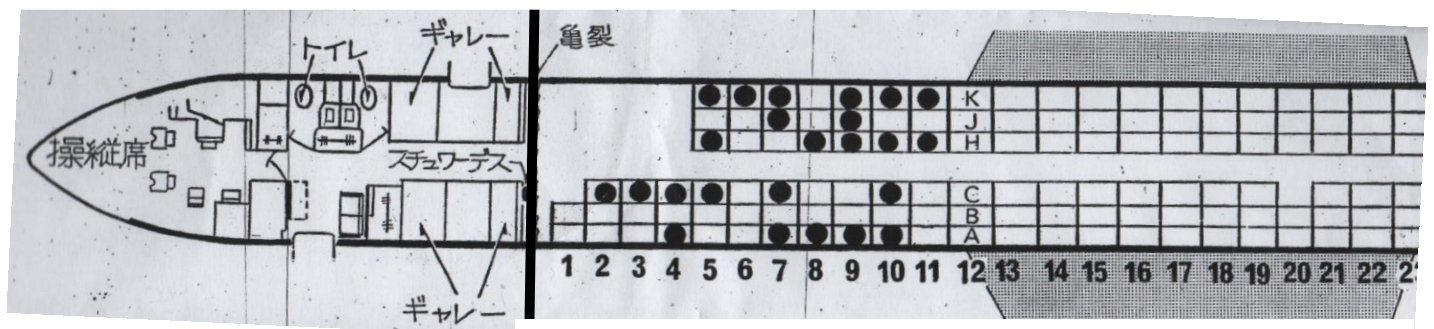


図 26 機内前方の見取り図 (●が死亡者の着席位置)

が死亡、乗客・乗務員 149 人が重軽傷を負った。機長は操縦中に意識を失ったことが後日報告された¹⁰²⁾¹⁰³⁾¹⁰⁴⁾。

図 25 は事故後の乗客の避難経路を示し、図 26 は機体前方の見取り図である。機体は操縦室と客室の間で割れ、後方の 2 つの非常口が使用できなかった。表 25 は事故発生の経過、「人的事故の調査・分析マニュアル」を用いた分析を図 24 に示した。また、4M 分析は以下の通りである。

◆4M 分析

Man

- ×機長が不適切な操縦をした
- ×副操縦士が機長の異変に気づいても、客室乗務員や管制塔に連絡をしなかった
- ×救命胴衣を着用しないで海に飛びこむ乗客がいた
- ×救命胴衣の着用方法を誤った乗客がいた
- ×手荷物を持って避難する乗客がいた

Machine

- ×機体が操縦席後ろで 2 つに割れた
- ×機内に浸水した
- ×前方の非常口が破損して使用できなかった

Media

- 浅瀬で、浸水するまでに時間がかかった
- 空港の近くで、救助の到着が早かった

Management

- ×副操縦士が機長に逆らえなかった
- ×不時着前に救命胴衣着用などの指示が出なかった
- ×不時着後、客室乗務員が混乱して乗客に避難指示など適切な指示が出せなかった

◆結果

図 24 や 4M 分析で示すように、事故の直接の要因は機長が機体を下降させるなど不適切な操縦をしたことである。しかし、事故発生時、持病により一時的に気を失っていたが、事故当日、福岡を出発した際には異常はなかった。しかし、羽田空港への着陸準備に入る際に、管制官や副操縦士にマニュアルとは異なる応答をする、応答しないなどの異変があった。しかし、副操縦士は「異常なし」と判断して管制や客室乗務員などに報告しなかった。不時着した際は空港への着陸準備のため着席とシートベルト着用の指示は出ていたが、不時着に備えた安全姿勢の確保や救命胴衣の着用の指示は出ていなかった。その後、機体は急激に高度が下がり羽田空港目前で東京湾に不時着した。機体は操縦席後ろのトイレ付近で 2 つに割れた。客室と操縦席は原型を保っていたが機内は徐々に浸水した。不時着後

に客室乗務員から救命胴衣を着用するよう指示はあったが、機外避難などの指示はなかった。そのため、乗客は自主的に海に飛び込む、機体や翼に上る人もいた。また、救命胴衣の着用方法を誤る、救命胴衣を着用せずに海に飛び込む、手荷物を持って避難するなど不適切な避難をする乗客がいた。死亡した乗客は中央より前の座席を利用していた乗客で、いずれも救命胴衣を着用していなかった。死因は全員、不時着時に海に投げ出されたか、着水後に救命胴衣を着けずに海に入ったことによる水死だった。事故現場は、羽田空港に近い場所だったため、事故発生の約 15 分後に警察や消防、海上保安庁の救助隊が到着し、機内や海上にいた乗客を順次救助した。機長は、事故後、自力で操縦室から海上に出て救助された。副操縦士は事故後、操縦室から出るまで約 20 分かかったが、自力で脱出し客室に移動した。しかし、自主的に避難を始めている乗客も居り、乗客への指示は出さなかった。

5-1-2 【成功例】 US エアウェイズ 1549 便不時着水事故

2009 年 1 月 15 日午後 3 時 30 分ごろ（現地時間）、ニューヨーク州のラガーディア空港発ノースカルライナ州のシャーロット空港行きの US エアウェイズ 1549 便が、ラガーディア空港を離陸直後にバードストライクを起こし、エンジンがすべて停止して飛行不能になった。この便には満席の乗客 150 人、乗員 5 人が搭乗していたが、付近の空港までの飛行も困難であったため、ハドソン川に緊急着水、機体は水没した。不時着した際、乗客・乗員のうち 78 名が負傷したが、全員が機体から避難して、死者・行方不明者は発生しなかった¹⁰⁵⁾¹⁰⁶⁾¹⁰⁷⁾。

事故機の乗客の避難経路は図 28 で示した。表 26 は事故発生の経過、「人的事故の調査・分析マニュアル」を用いた分析を図 27 に示した。また、4M 分析は以下の通りである。

◆4M 分析

Man

- 機長がすぐに墜落すると判断し、ハドソン川に機体をおろした
- 不時着水後、機長がすぐに避難指示を出した
- 全員が避難した後、機長が再度機内の確認をした
- ×救命胴衣の着用方法を誤る乗客がいた

Machine

- ×機内に浸水した
- ×エンジンに鳥などの異物を巻き込みやすかった
- ×エンジンがすべて停止した
- ×最後尾の非常口 2 か所が使えなかった

表 26 US1549 便の離陸から避難までの経過（日付は現地時間 1 月 15 日）

| 時間 | 事象 |
|----------|---|
| 15:27 | 空港敷地を出て、高度 900m 付近まで上昇した時、機長、副操縦士が鳥の群れを確認したが、避けきれずに激突、エンジンが左右ともに停止 |
| 15:27:15 | 機長が副操縦士と交代。回復運転を試みるもエンジンの出力は回復せず |
| 15:27:33 | 機長は、引き続きの飛行は困難と判断。管制塔にエンジン停止を報告し、空港に引き返すと交信 |
| 15:28 | 管制官がラガーディア空港へ戻るよう指示するが、機長は困難と判断、ハドソン川への着陸になると返答。管制は別の空港への着陸を提案するが、こちらも困難と回答 |
| 15:29 | 機長が「衝撃に備えよ」の指示、客室乗務員が乗客に頭を下にさせる非常体制をとるように指示 |
| 15:30 | 機体をハドソン川に着水させる |
| 15:30 | 機長がすぐに、救命胴衣を着用の指示と機外避難指示を出す |
| 15:30:58 | 中央左側の非常ドアを開放、乗客の脱出開始。一部の乗客は救命胴衣を着けずに脱出 |
| 15:31 | 最後部ドア付近から浸水が始まる。最後尾ドアは使用不能 |
| 15:31:06 | 左側搭乗口ドアが開放される |
| 15:31:11 | 右側搭乗口ドアが開放するが、ドアが閉まる。男性乗客と客室乗務員が協力しドアを再度開ける |
| 15:31:23 | 一部乗客が左側搭乗口ドアより飛び降りる |
| 15:31:30 | 機長が客室に行き、避難誘導の補助にあたる。 |
| 15:31～ | 周辺を航行・停泊中のフェリーや観光船などが事故を目撃し、現場付近に駆けつけて救助に協力 |
| 15:32 頃 | 警察の救助艇も管制、目撃者からの連絡を受けて現場に急行 |
| 15:34:40 | 救命ボートでの避難開始 |
| 15:34～ | 救命ボートに乗りきれない人が川を泳いで脱出したり、機体上で救助を待つなどした |
| 15:54:43 | 機長を除く乗客・乗員が全員救出 |
| 15:55 頃 | 乗客、乗員の全員が機外に脱出した後、機長が客室内を 2 回巡回し逃げ遅れた人がいないことを確認 |
| 16:00 頃 | 機長も機外に脱出、警察により救助される |
| 16:30 頃 | 警察、消防による救出活動が終了 |
| 16:30 頃 | 無人の機体が沈没 |

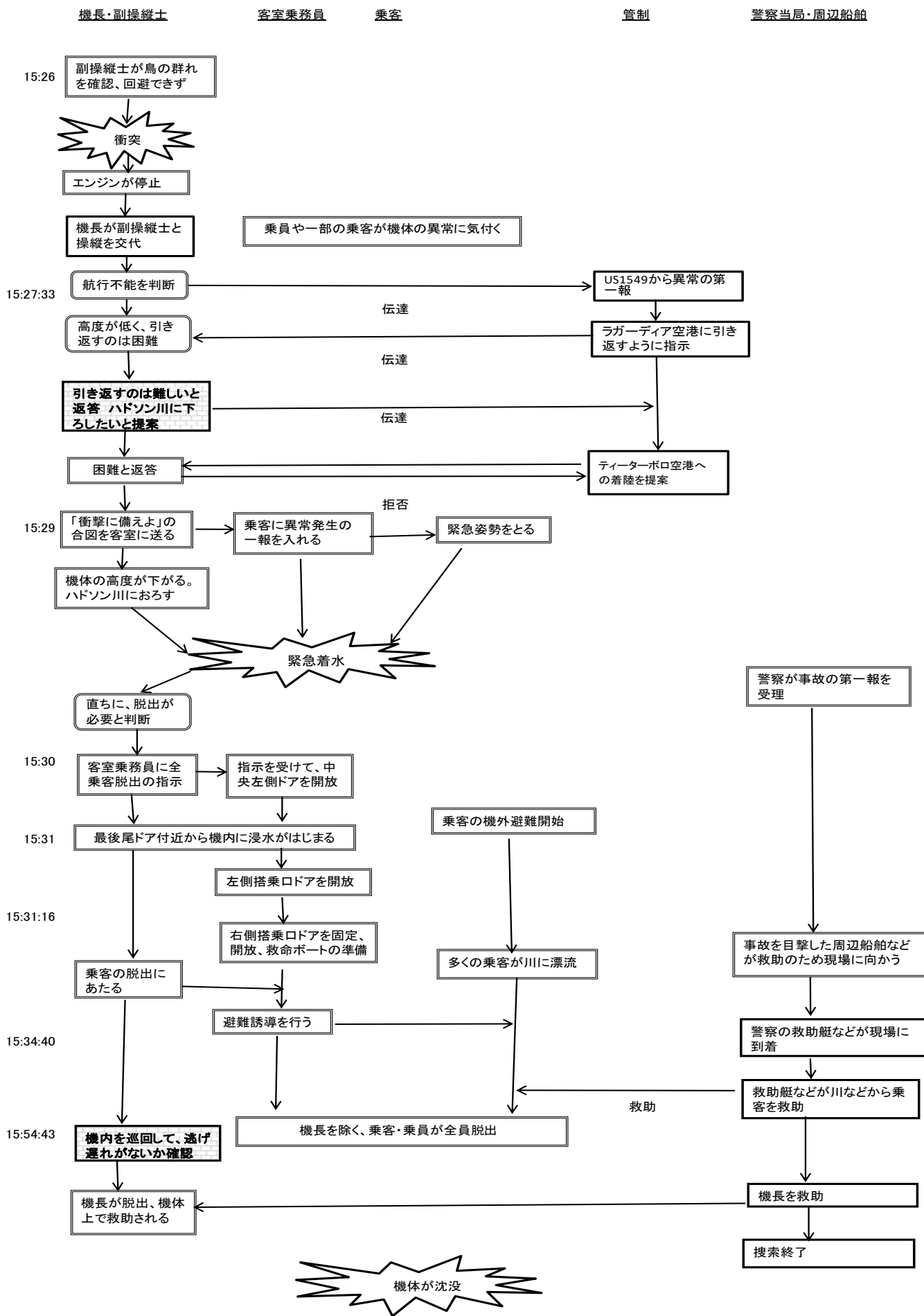
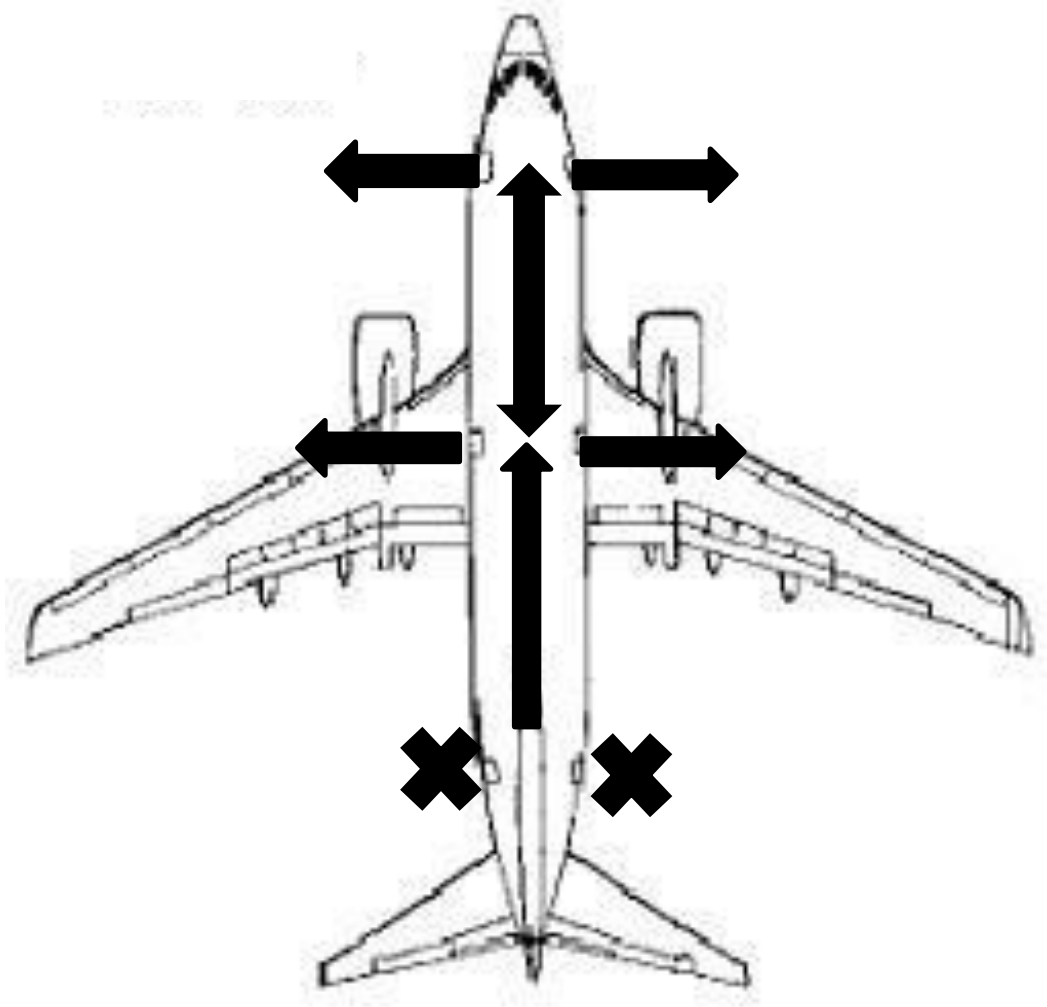


図 27 US エアウェイズ 1549 便不時着事故のチャート図



→が乗客の避難経路、 ×は使えない非常口を示す

図 28 US エアウェイズ 1549 便不時着後の避難経路

Media

- 建物等のない広い着陸場所があった
- ×鳥の群れがいた
- ×水上での避難だった

Management

- 機長が指揮をとり、乗客や客室乗務員に適切な指示ができた
- ×管制との連絡が折り合わず手間取った

◆結果

US エアウェイズ 1549 便はラガーディア空港を離陸直後、エンジンに鳥を巻き込み左右双方のエンジンが停止した。機長は鳥との衝突後、すぐに管制に報告したが、管制は出発した空港に引き返すように指示を出した。しかし、すでにエンジンが停止しており空港に戻るのは困難と判断、管制にハドソン川に緊急着水をする と伝え、交信を切りハドソン川に機体を下ろし始めた。乗客には、機内放送で緊急着水させることを伝え、非常態勢をとるように指示をした。その後、機体はハドソン川に着水した。着水後、客室乗務員から救命胴衣の着用の指示が出て、機長も客室内に入り乗客に機外避難を指示した。機長や客室乗務員が非常口を開けて順次乗客を避難させた。乗客の中には救命胴衣の着用方法を誤ったり、救命胴衣を着用せずに避難する乗客もいたが機長や客室乗務員が誘導し着水から 24 分で機長を除く全員が機外に避難した。その後、機長が機内を確認し、機体の上にあがり救助され死傷者はゼロだった。

5-1-3 航空機緊急着水事故の考察

日本航空 350 便、US エアウェイズ 1549 便の事故での条件や乗組員の行動等の比較を表 27 に示した。表 27 やチャート図、4M 分析から、機長や乗員の判断、行動に違いがみられた。日本航空 350 便では、航行中に機長に異変が生じ適切な操縦ができなくなった。墜落の数分前には機長はマニュアル通りの点呼ができておらず、副操縦士もそれを認識していたが管制や客室乗務員に伝えなかった。機体が着陸直前だったためシートベルト着用の指示は出ていたが、安全姿勢の確保や救命胴衣着用の指示は出なかった。その後、機長が突然、逆噴射するなど不適切な操縦をしたため機体は数十秒で急降下し海上に墜落した。墜落後、約 20～30 分後に救命胴衣を着用の指示が出たが機内は混乱した。自主的に非常ドアをあけて避難したり、救命胴衣を着けずに破損部分から海に飛び込む、荷物を持ってもって避難する人もいた。死者は全員、救命胴衣を着用しておらず、衝突の衝撃で海に投げ出されたか、救命胴衣を着用せずに海に飛び込んだためであった。

表 27 「日本航空 350 便」「US エアウェイズ 1549 便」の乗客、乗員の行動の比較

| | 日本航空 350 便 | US エアウェイズ 1549 便 |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|
| 機種 | ダグラス DC8 型機 | ボーイング 737 型機 |
| 発生年 | 1982 年 | 2009 年 |
| 発生時間 | 日中 | 日中 |
| 搭乗者数 | 乗客 166 人、乗員 8 人 | 乗員 150 人、乗員 5 人 |
| 生存率 | 86% | 100% |
| 乗員の行動（着水前） | 機長が不適切な操縦 | 機長が緊急着水、 乗客に安全姿勢の指示 |
| 乗員の行動（着水後） | 機長は救助される 副操縦士が自力で客室に移動 | 機長が客室に行き避難指示、誘導 客室乗務員が避難誘導 |
| 乗客への指示（着水前） | なし | 安全姿勢の確保 |
| 乗客への指示（着水後） | 救命胴衣着用 | 救命胴衣着用、機外避難 |
| 乗客の行動（着水前） | そのまま着席 | 安全姿勢をとる |
| 乗客への指示（着水後） | 機内待機、自主的に避難 | 指示に従い機外に避難 |

一方、US エアウェイズ 1549 便では、離陸後にバードストライクが発生し左右両方のエンジンが停止した。機長はマニュアルどおり管制と連絡したが、管制と折り合いがつかなかった。短時間で墜落すると考えた機長は、ハドソン川への緊急着水を決め管制と交信を切り機体をハドソン川に下した。乗客に対しては不時着するので安全姿勢をとるように指示を出した。その後、機体はハドソン川に不時着水し、機内に浸水が始まった。客室乗務員は救命胴衣の着用の指示を出し、機長も客室に入り荷物は持たないで機外に避難するように指示をした。機長と客室乗務員が手分けして非常ドアを開け、乗客を順次機外に誘導した。乗客の中には救命胴衣を着用しないで川に飛び込む人もいたが大半が機長らの指示どおりに避難することができた¹⁰⁸⁾。

■ 「失敗例」で「成功例」を参考に行動した場合

日本航空 350 便の事故でも、US エアウェイズ 1549 便を参考に避難行動を考えると、機長に異変を感じた後、副操縦士はすぐに管制や客室乗務員に伝える。その後、不時着の可能性も考えて乗客には安全姿勢の確保を指示する。時間的余裕があれば、救命胴衣の着用の指示を出す。日本航空 350 便では時間的余裕はあまりないので安全姿勢の確保を優先させる。そして、墜落後、客室乗務員は救命胴衣の着用と座席での待機指示を出す。日本航空 350 便では前方 2 か所の非常口は大破して使用できないため、中央部と後方の 4 か所の非常口を開けて乗客を順次避難させる。着水後すぐに、乗客に救命胴衣を着用し機内で

膨らませない、荷物を持たないで最寄りの非常口から避難するように指示をする。不時着前に安全姿勢の確保、不時着後に乗客に適切な指示が出ていれば、死者数は減らせていたと考えられる。

□「成功例」で「失敗例」を参考に行動した場合

一方で、USエアウェイズでも、迅速な航空機の不時着、停止、そして避難をしていなければより多くの死者が発生した可能性がある。鳥の群れを巻き込んだ後両方のエンジンが停止し、飛行不能の状態だった。仮に、管制の指示通りに、ラガーディア空港まで戻ろうとした場合、途中で失速して墜落する。現場から空港までは住宅密集地や幹線道路もあり、機体がそうした場所に墜落する可能性もある。その場合は航空機の乗員・乗客全員が死傷するだけでなく、地上にいた人も巻き込まれ、より多くの死傷者が発生する。川に機体を不時着水させることで機体が大破し乗客や乗員が死傷する可能性もあるが、万一失敗した場合でも、地上での被害をゼロに抑えられたと考えられる。さらに、不時着し成功した後も、すぐに乗客に救命胴衣着用と機外避難指示を出して最寄りの非常口から避難させた。機体は不時着から約15分で大破、沈没しており、機外避難指示を出さなかった場合、多くの乗客・乗員が死傷していた。そのため、ハドソン川に機体を不時着させ、不時着後に迅速に避難指示を出したことにより全員が生存できたと考えられる。

航空機で異常が発生した場合、まず速やかに安全な場所に機体を下さなければならない。そのためには、現場の機長や乗務員は速やかに管制などに報告する必要がある。そして管制と相談するが、折り合わない場合、機体が墜落する可能性があるため、現場の機長や副操縦士の判断を優先し、管制はそれをサポートすることも必要である。

◆航空機における避難と救命胴衣

航空機が不時着後、生存者はすぐに機体から離れる必要がある。その際、迅速に乗客に救命胴衣の着用指示や機外避難などの指示をしないと、乗客が不安になり、自主的に非常口を開けるなどして避難をはじめ混乱する。乗員からの指示がなく、乗客が自主的に避難する場合、手荷物を持つ、救命胴衣を着用しない、機内に留まるなど不適切な行動をする乗客が多い。「成功例」のUSエアウェイズでも、機長の避難指示の前に荷棚から手荷物を取り出そうとする乗客がおり、機長や客室乗務員が「手荷物は持たない」という指示を出した。また、救命胴衣の着用方法を誤る乗客も多かった。航空機では救命胴衣を着用する際、非常口を出てから膨らませなければならないが、日本航空350便、USエアウェイズ1549便ともに、機内で膨らませた乗客がいた。

航空機で異常が発生した場合は、不時着を想定し飛行中は早めに安全姿勢の確保、不時着後は迅速な避難誘導が必要である。避難誘導に時間がかかると乗客が混乱して適切な避難ができず、避難に時間がかかる。また、不時着後、状況によっては機長や副操縦士が客

室に来るまで時間がかかることや来られないことがあり、機長や副操縦士だけでなく客室乗務員も現場の状況に応じて救命胴衣の着用や避難指示を出す必要がある。

しかし、今回分析した事例から緊急時には乗務員も混乱し、適切な判断や指示を出せないことがある。自主的に避難をする乗客もいるが、手荷物を持つなど不適切な避難をして混乱し避難に時間がかかる。緊急時に迅速かつ適切な避難をするためには「失敗例」だけでなく「成功例」を分析し、そこから得られた知見を操縦関係乗務員、客室乗務員に対する教育訓練に生かすことが有効である。緊急時に乗務員間や管制との相談、速やかな着陸・着水や避難の判断、乗客に対する指示ができ、機体が大破しても死者数を減少させることは可能である。

5-2 航空機事故の考察

今回の研究では、航空機事故では不時着水時の避難行動の分析の1類型2例にとどまった。これまで発生した航空機事故では、墜落など事故の直接のダメージにより乗客、乗員の大半が死亡した事故が数多く報告されている。表5で示した事例のように、これまで発生した航空機事故の多くは、飛行中や離着陸中に異常が発生して安全に停止できず墜落し、その際に多数の死者が発生した。そのため、航空機では、機械設備面での安全対策の強化、機長や副操縦士など操縦関係乗務員の教育訓練の充実など事前要因や直接要因への対策が重要である¹⁰⁹⁾¹¹⁰⁾。しかし、今回分析した2例のように、不時着時や不時着後の乗客への指示や避難誘導のしかたにより被害程度が変わることもある。そのため、航空機においても不時着に成功した場合は迅速な避難誘導が必要になる。実際に事故が発生した場合、適切な指示が出されずに乗客が混乱し、救命胴衣の着用方法を誤ったり、不適切な避難をして避難するまでに時間がかかる。そのため、航空機事故についても、事前要因や直接要因に対する対策だけでなく、事故後の乗客の避難誘導を分析することも必要である。航空機での避難は、機体の停止後、荷物等を持たずに最寄りの非常口からシューターで避難をする。機種や事故の状況等により避難可能な非常口が異なる。そのため、緊急時に乗客を適切に誘導し迅速に避難させるためには現場の状況を見た判断、行動が必要になる。事故発生時に迅速かつ適切に避難誘導ができるようにするためには、機長や乗務員に対して、過去に発生した「成功例」を分析し、そこでとられた行動を参考に、緊急時の対応について考えさせることも有効である。

第 6 章 「成功例」「失敗例」の比較と考察

6-1 「成功例」「失敗例」における行動の比較

本研究では、事故発生後に避難が可能な事故を取り上げ、その際の乗員や乗客などの避難行動について分析した。

表 28 は、鉄道、旅客船、航空機事故のうち「成功例」での乗組員や乗客の行動、避難可能時間などをまとめたものである。表 29 は「失敗例」について同様にまとめた。

6-1-1 「成功例」「失敗例」の共通項目

◆時間帯

最初に、「成功例」「失敗例」の共通項目として、本研究で分析した 12 例のうち、事故発生から沈没、全焼、流失など大破するまでの時間は、状況によって異なるが概ね 3 時間から 7 時間程度である。「紫雲丸」では沈没まで 7 分と事故発生から沈没まで短い、ほかの鉄道事故、船舶事故では比較的、避難する時間がある。一方、航空機事故では、不時着や墜落時の衝撃で機体が大破する事故が多く、事故発生の直接要因で死傷することが多いこともわかった。だが、緊急着陸・着水に成功した場合は、大破するまで 30 分～1 時間と避難する余裕があり、船舶と同様に迅速に避難行動をとれば死傷者を減らせる。今回は、航空機事故については不時着水事故 2 例のみの分析にとどまったが、いずれの事故も乗客の避難後、機体が沈没した。

◆天候・発生場所

表 28、表 29 を見ると、12 例すべての事故ともトンネル内や海上など避難がしにくい場所であった。

天候は「日本海」「サン・ビスタ」「ヤーマス・キャッスル」「US エアウェイズ 1549 便」「日本航空 350 便」では晴れて穏やかであったが、他の事故では雨や強風など悪天候だった。発生時間帯も異なり、「きたぐに」「日本海」「ありあけ」「さいとぼる」「ヤーマス・キャッスル」は夜間やトンネル内で条件が悪かった。しかし、「成功例」には悪条件下でも避難行動が適切に行われ、拡大要因による死者はほとんどなく被害を最小限に食い止められた。一方、条件が良くても避難誘導が不適切で死傷者が増えた事故があった。

◆設備

今回とりあげた事例で、鉄道、旅客船、航空機について、事故状況別に「成功例」と「失敗例」を取り上げて分析した。比較対象は、事故状況、時間帯、車両・機体・船体の構造

表28 「成功例」の比較表

| 交通機関 | 鉄道 | | |
|-----------|-------------|-------------|--------------|
| 事故名 | 日本海 | 竜ヶ水 | サン・ビスタ |
| 事故種別 | 火災 | 土石流脱線 | 火災 |
| 生存率 | 100% | 99% | 100% |
| 大破するまでの時間 | 鎮火まで約40分 | 40分 | 10時間 |
| 避難完了までの時間 | 30分 | 約40～50分 | 約2時間 |
| 発見者の行動 | すぐに運転士に報告 | すぐに指令に報告 | すぐに船長に報告 |
| 船長・運転士の判断 | トンネル内の停止は危険 | 車両流失を想定 | 沈没を想定 |
| 船長・運転士の行動 | 指令に報告 | 指令に報告 | 指揮をとる、救助要請 |
| 乗員への指示 | 応急装置、避難誘導 | 避難誘導 | 応急措置、避難誘導 |
| 現場の意思 | トンネル外で停車したい | 車外に避難したい | 船外に避難したい |
| 指令・管制等の指示 | その場で停止 | その場で停止 | 救助に向かうと連絡 |
| 現場との情報伝達 | 折り合わない | 折り合わない | 折り合う |
| 乗務員の行動 | 応急措置、避難誘導 | 警察官と相談、避難誘導 | 応急措置、確認、避難誘導 |
| 管理的な要因 | 指示が乗客に伝わった | 乗務員どうして相談 | 船長が指揮をとり対応 |
| 放送設備 | 使えない | 使える | 使えない |
| 操作部分の状況 | 乗員が待機 | 乗員が待機 | 乗員が待機 |
| 車内の状況 | 煙が充満 | 異常なし | 停電 |
| 車外の状況、天候 | 暗い(トンネル内) | 明るい、大雨 | 薄暗い、晴れ |
| 車両等の損傷状況 | 2両目が全焼 | 全車両が流失・大破 | 沈没 |
| 乗客の行動 | 指示に従う | 大半が指示に従う | 指示に従う |

表29 「失敗例」の比較表

| 交通機関 | 鉄道 | | |
|-----------|-----------------|------------|---------------|
| 事故名 | きたぐに | 繁藤 | ヤーマス・キャッスル |
| 事故種別 | 火災 | 土石流脱線 | 火災 |
| 生存率 | 96% | 10%未満 | 84% |
| 大破するまでの時間 | 4～5時間 | 5時間 | 約5時間30分 |
| 避難完了までの時間 | 約5時間(逃げ遅れあり) | 避難せず | 4～5時間(逃げ遅れあり) |
| 発見者の行動 | すぐに乗務員に報告 | 運転士に報告 | 乗組員に報告できず |
| リーダーの判断 | 短時間で鎮火すると判断 | 駅まで土石流は来ない | 火元は食堂で、消火できる |
| リーダーの行動 | 列車停止、全員で初期消火 | 車内で待機 | 船橋を離れ火元の捜索 |
| 乗務員への指示 | 初期消火、車両の切り離し | なし | 全員で火元捜索、初期消火 |
| 現場の意思 | トンネル外まで列車を運転 | 車内待機 | 混乱し、対応できない |
| 指令・管制等の指示 | 運転再開を認めない | 車内待機 | 船外避難 |
| 現場との情報伝達 | 折り合わない | 折り合う | 折り合わない |
| 乗務員の行動 | 応急措置、避難指示(後方のみ) | 消防団員の指示を無視 | 火元捜索、避難誘導放棄 |
| 管理的な要因 | トンネル内でも停止する | 必ず指令の指示に従う | 教育訓練が不十分 |
| 放送設備 | 不可 | 可 | 不可 |
| 操作部分の状況 | 不在の時間が長い | 在 | 不在 |
| 車内の状況 | 煙が充満 | 異常なし | 煙が充満 |
| 車外の状況、天候 | 煙が充満、暗い | 大雨、明るい | 晴れ、夜間で暗い |
| 車両等の損傷状況 | 全焼 | 5両中、前3両が流失 | 全焼、沈没 |
| 乗客の行動 | 自主的に避難 | 指示に従い車内待機 | 自主的に避難 |

| 船舶 | | 航空機 |
|---------------|---------------|----------------|
| ありあけ | さいとぼる | USエアウィズ1549便 |
| 傾斜転覆 | 衝突 | 不時着水 |
| 100% | 100% | 100% |
| 4時間 | 7時間 | 約30～40分 |
| 1時間(救助まで2時間) | 1時間 | 24分 |
| 全員が気づき船橋に集合 | 全員が気づき船橋に集合 | すぐに管制、乗員に報告 |
| 沈没を想定、船外避難は危険 | 沈没を想定 | 墜落、沈没を想定 |
| 指揮をとる、救助要請 | 指揮をとる、救助要請 | 不時着、救助要請 |
| 応急措置、避難誘導 | 避難誘導 | 乗客対応、避難指示(着水後) |
| 空から救助してほしい | 救命いかだで避難する | ハドソン川に機体をおろしたい |
| ヘリと巡視艇で向かうと連絡 | すぐに現場に向かうと連絡 | 空港に行くように指示 |
| 折り合う | 折り合う | 折り合わない |
| 応急措置、確認、避難誘導 | 確認、避難誘導 | 乗客への指示、避難誘導 |
| 船長が指揮をとり対応 | 船長が指揮をとり対応 | 機長が指揮をとり対応 |
| 使える | 使えない | 着水後は使えない |
| 乗員が待機 | 乗員が待機 | 在 |
| 傾斜して歩行困難 | 停電 | 停電 |
| 暗い、暴風雨 | 暗い、小雨 | 明るい、くもり |
| 転覆 | 曳航時に転覆 | 沈没 |
| 指示に従う | 指示に従う、避難誘導に協力 | 大半が指示に従う |

| 船舶 | | 航空機 |
|--------------|-------------|--------------|
| セウォール | 紫雲丸 | 日本航空350便 |
| 傾斜転覆 | 衝突 | 不時着水 |
| 37% | 79% | 86% |
| 約2時間30分 | 約7分 | 沈没前に機体保全対策 |
| 大半が避難せず | 避難しない乗客がいた | 避難せず |
| 報告、通報せず | 海上保安庁に通報 | 管制から関係機関に通報 |
| 航行していれば復元 | すぐには沈没しない | 問題ない |
| 指揮をとらない | 船内待機の指示 | 不適切な操縦 |
| なし | なし | なし |
| 混乱していて対応できない | 救助してほしい | なし |
| 救命いかだで船外避難 | すぐに救助に行くと連絡 | なし |
| 折り合わない | 折り合う | 連絡なし |
| 避難誘導放棄 | 船内待機指示と避難指示 | 指示なし |
| 教育訓練をしてない | 乗員からの矛盾した指示 | 副機長は機長に逆らえない |
| 可 | 不可 | 不時着後は不可 |
| 不在の時間が長い | 在 | 損傷していて機能せず |
| 傾いて歩行困難 | 浸水、通路等が混雑 | 浸水、前方が破損 |
| 晴れ、潮流がやや早い | くもり、潮流がやや早い | 晴れ、穏やか |
| 沈没 | 沈没 | 前方が破損 |
| 自主的に避難、船内待機 | 自主的に避難、船内待機 | 自主的に避難 |

表 30 事故種類別設備比較表

| 【鉄道】トンネル内列車火災事故 | | |
|-----------------|------|------|
| 項目 | 成功例 | 失敗例 |
| 両数 | 14 両 | 16 両 |
| 1 両のドア数 | 2 ドア | 2 ドア |
| 列車無線 | ○ | ○ |
| 放送設備 | × | × |
| 室内灯 | × | × |
| 消火器 | ○ | ○ |
| 非常灯 | × | × |
| スプリンクラー | × | × |

| 【鉄道】・土石流脱線事故 | | |
|--------------|---------|---------|
| 項目 | 成功例 | 失敗例 |
| 本数・両数 | 2 本 4 両 | 1 本 5 両 |
| 1 両のドア数 | 2 ドア | 2 ドア |
| 列車無線 | ○ | ○ |
| 放送設備 | ○ | ○ |
| 室内灯 | ○ | ○ |

| 【旅客船】転覆事故 | | |
|-----------|----------|----------|
| 項目 | 成功例 | 失敗例 |
| トン数 | 7,910 トン | 6,825 トン |
| 船齢 | 14 年 | 20 年 |
| 室内灯 | ○ | ○ |
| 放送設備 | ○ | ○ |
| 非常ベル | ○ | ○ |
| 救命胴衣 | ○ | ○ |
| 救命いかだ | × | ○ |

| 【旅客船】船内火災事故 | | |
|-------------|-----------|----------|
| 項目 | 成功例 | 失敗例 |
| トン数 | 30,000 トン | 5,002 トン |
| 船齢 | 36 年 | 38 年 |
| 室内灯 | × | × |
| 非常ベル | ○ | ○ |
| 救命胴衣 | ○ | ○ |
| 救命いかだ | ○ | △ |
| スプリンクラー | × | × |

| 【旅客船】衝突事故 | | |
|-----------|----------|----------|
| 項目 | 成功例 | 失敗例 |
| トン数 | 6,574 トン | 1,480 トン |
| 室内灯 | × | × |
| 水密扉 | ○ | ○ |
| 放送設備 | × | × |
| 非常ベル | ○ | ○ |
| 救命胴衣 | ○ | ○ |
| 救命いかだ | ○ | △ |

| 【航空機】衝突事故 | | |
|-----------|------|------|
| 項目 | 成功例 | 失敗例 |
| 機種 | A320 | DC8 |
| 通路数 | 1 本 | 1 本 |
| 非常口数 | 6 か所 | 6 か所 |
| 使用可能な非常口数 | 4 か所 | 4 か所 |
| 放送設備 | × | × |
| 室内灯 | × | × |
| 救命胴衣 | ○ | ○ |
| 救命いかだ | △ | △ |

表中の記号の凡例

○…避難時に使用可能

×…避難時に使用不能

△…避難時に一部のみ使用可能

などで共通している事例を取り上げた。表 30 で非常用設備の使用の可否について交通機関別、事故種類別に示した。本研究で取り上げた事例には発生した時代が異なる事例も含まれており、設備面での違いはある。しかし、本研究で取り上げた事例では、いずれの事例も、事故発生後に放送設備や非常灯等の設備が故障するなどして、避難時には使用できない状態になっており、避難時における設備面の条件はほぼ同一である。

6-1-2 「成功例」での行動の比較と考察

ここでは、各事件事例のうち「成功例」での行動や状況を見ていく。事故後の避難行動が適切に行われた要因に以下の4点があげられる。

第一に、リーダー（以下、列車の運転士、旅客船の船長、航空機の機長をまとめて「リーダー」とする）および乗員が「最悪の事態を想定した」判断することである。「成功例」ではいずれの事故でも、車両等の内部（以下、列車の車両、船の船体、航空機の機体をまとめて「車両等」とする）の調査をして初期消火等の応急措置が困難な場合、「車両等がすぐに大破し、死傷者が増える」可能性がある」と判断した。6例いずれの事故でも、リーダーや乗員らは時間の経過で全焼、沈没などで車両等が大破することを想定し、すぐに警察、海上保安庁などの関係機関に救助要請を行い、乗客の迅速な避難、救助を第一に行動した。6例の事故のうち、事故発生後、すぐに浸水が始まった「USエアウェイズ」以外では、乗員が事故を確認した後、乗客を火元、浸水部分などの車内の危険な場所から安全な場所に避難させた。そして、その間に応急措置や車内確認をして、「大破する可能性がある」と考え、乗客を車外に避難させた。「日本海」では、乗客を車内の安全な場所に避難させた後、車両の切り離しに成功し、消防車も到着して安全が確保されたため、車外避難はしなかった。その他の4例では、応急措置が困難と判断して、車外避難が行われ、乗客らの避難後、車両等は大破した。いずれの事故でも、乗員の車内確認や乗客の避難中に、煙の充満や船体の傾斜角度が増えるなど、時間の経過とともに避難しにくくなっている。また、車両等の停止では、「日本海」「USエアウェイズ」では、避難や救助のしやすさ、安全性を考慮して停止させた。トンネル火災が発生した「日本海」では、トンネルでの避難や消火作業に危険を伴うことを考慮しトンネル外で停止、飛行中の航空機でエンジンが停止したUSエアウェイズでは空港まで戻る間に住宅地等に墜落する可能性を想定し、人のいない川に着水させて被害を最小限に食い止めた。

第二に、「情報の共有、伝達」である。「成功例」では、6例いずれの事故でも、異常に気付いた第一発見者は、すぐに現場のリーダーに報告し乗員に事故の情報が伝わっている。そしてリーダーが指揮をとり、乗員に役割分担をして、現場の確認や応急措置を行わせた。リーダーまたは一部の乗員は操作部分（以下、列車の運転室、旅客船の船橋、航空機の操縦室をまとめて「操作部分」とする）に残り、情報を収集した。そして、現場からの報告を基に、避難方法等についてリーダー・乗員間で話し合いをし、避難の可否や方法について相談した。

表 31 「成功例」での乗組員の主な臨機応変な対応（マニュアルに反したケース）

| | 事故名 | マニュアル又は指令の指示 | 乗員の対応 | 理由 |
|-----|---------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 鉄道 | 日本海 | 列車火災発生時はトンネル内でもその場で停止 | トンネルを出てから、停止 | 消火や避難に支障をきたす |
| | 竜ヶ水 | 列車内で待機 | 車外に避難 | 土石流で列車が流失する可能性がある |
| 旅客船 | サン・ビスタ | 火災の事実を乗客に知らせ避難指示等を出す | パーティー、イベントのため避難場所に来るよう指示 | 乗客が混乱し円滑に避難できない可能性がある |
| 航空機 | USエアウィズ | 近くの空港に着陸 | ハドソン川に不時着水 | エンジンが停止し墜落の可能性が高い |

※網掛けは指令・管制の指示

表 32 「成功例」での乗組員の主な臨機応変な対応（マニュアルどおりのケース）

| | 事故名 | マニュアル又は指令の指示 | 乗員の対応 | 理由 |
|-----|---------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 旅客船 | ありあけ | 会社や関係機関に事故を報告し、船長や乗組員の判断で対応を決める | 消防用ホースで5階に釣り上げる | 人数が少ない |
| | | | 海上保安庁にヘリで救助を依頼して、最上部から避難 | 高波で船外避難は危険 人数が少ない |
| | さいとばる | 船長や乗組員の判断で避難する | トラック運転手らと協力して、乗客を避難場所に誘導 | 船体がすぐに沈没する可能性がある |
| 航空機 | USエアウィズ | 機長の判断により避難等をする | 機外への避難誘導 | 機体が沈没する可能性がある |

そして、警察や海上保安庁などに状況を報告や乗客への対応をした。その結果、乗員全員が乗客に統一した指示を出して避難させた。

第三に、「現場の状況に応じた避難行動」である。今回分析した6例では、マニュアルや指令の指示とは異なった方法で避難等をしており、現場の状況に応じた対応とその理由について表31と表32にまとめた。表31はマニュアルと異なった対応したケースについて、

表 32 はマニュアル通りに対応したケースである。最初に、現場と指令・管制との情報交換についてみる。鉄道と航空機では、指令所や管制塔と連絡を取り合いながら運航しており、異常があった場合、まず指令・管制に状況を報告する。しかし、今回、分析した鉄道事故、航空機事故ではいずれも、事故発生後に運転士や機長が指令・管制に事故を報告しているが、現場と指令所・管制塔でうまくコミュニケーションが取れず折り合わなかった。「日本海」ではその場（トンネル内）での停止と車内待機を求められたが、トンネル内の停止は危険と考え、「トンネルを出て停止する」と伝え、トンネルを出て数百メートルのところで停止した。「竜ヶ水」では、指令に避難したいと伝えたが車内待機の指示が出た。しかし、現場は危険と考え車外避難に踏み切った。「US エアウィズ」では、管制から近くの空港に行くよう指示が出たが、機長はすぐに着陸する必要があると報告して意見が折り合わなかった。機長らはこれ以上飛行していると墜落する可能性があり、ハドソン川への不時着水をした。事故発生直後、指令・管制に状況を報告しても、受けた指令・管制側はすぐには状況を把握できず現場と折り合いがつかなかったと考えられる。次に、マニュアルについてみていく。今回分析した 6 例の事故のうち、「日本海」「サン・ビスタ」では、現場の状況を見てマニュアルとは異なる方法で行動していた。「日本海」では、マニュアルでは、トンネル内で火災が発生した場合もその場で停止するように規定されていたが、トンネル内で停止した場合に避難や消火活動が困難になると判断し、トンネルを出て数百メートル地点で停止した。その結果、火元の車両の切り離しや消火が迅速に行われ、死傷者はゼロだった。「サン・ビスタ」では、避難の際に乗客が混乱すると考えて、パーティーやイベントの開催名目で乗客を避難集合場所や救命いかだに集めた。それにより、混乱がなく全員が避難して死者はゼロだった。また、「ありあけ」では、乗船人数が少なく天候も荒れていたため、船外避難をせず船内の安全なところに乗客を集めて、海上保安庁のヘリで避難を決めた。避難場所への移動時も船体が傾いて階段が使えなかったため、消防用ホースを使って上の階につりあげた。事故発生時はマニュアルや指令の指示通りに行動することが原則であるが、事故ごとに、車両等の損傷状況、天候、乗客の人数等が異なる。そのため、必ずしもマニュアル通りではなく、現場にいるリーダーや乗員が「状況」に応じた避難方法をとることも迅速かつ効率的に避難するために必要である。

第四に、速やかな避難指示である。乗員らは収集した情報をもとに、乗員や関係機関と相談の上、迅速に避難判断をした。「成功例」の 6 例いずれの事故でも、乗員らが現場の状況を見てすぐに乗客の避難が必要と判断した。そして、リーダーが乗員に指示をして、放送などで乗客に避難指示や救命胴衣着用の指示を出し、乗客の避難誘導にあたった。それにより、状況が悪化する前に、避難を始めることができ、多くの人が生存できた。

事故発生後、適切かつ迅速な指示が乗客に伝わり、「成功例」の 6 例では、ほとんどの乗客は、リーダーや乗員の指示に従って円滑に避難できた。「成功例」では乗員から統一した指示が出たことにより、整然と避難できた。放送設備や非常ベルが使用できない事故、夜間で停電している事故もあったが、乗員からの指示が伝わり避難できた。避難誘導では、

乗員だけでなく、現場に居合わせた警察官やトラック運転手など現場の状況に詳しい人も避難誘導に協力することで円滑に避難できた。

避難指示発表から乗客全員が避難を完了するまでに要した時間は最短で約 30 分、最長で 120 分だった。今回取り上げた事例の中では、旅客船は避難に時間がかかる傾向があり、1,000 人以上の乗客を乗せた「サン・ビスタ」では約 120 分かかり、「ありあけ」や「さいとぼる」では 60 分程度かかった。鉄道や航空機では、安全な場所であれば、停止後に最寄りの非常口から外に避難できる。旅客船で船外に避難する際は、多くの場合、救命胴衣を着用したうえで、救命いかだで避難することになるため時間がかかる。また、鉄道や航空機の場合、客席から非常口が近いが、旅客船の場合、非常口や救命いかだに乗るための避難集合場所まで遠く時間がかかると考えられる。

「成功例」では、事故発生後、すぐにリーダーが指揮をとり、原因の特定や応急措置を行っている。そして、応急措置が困難な場合、「最悪の事態を想定した」判断をして、すぐに救助要請や避難指示を出している。また、避難をする際も現場の状況に応じた方法で避難する。情報をコントロールする、乗客など乗員以外の人と協力する、指令の指示やマニュアルだけでなく、状況に応じて安全かつ効率的な場合はその方法を使うなど、臨機応変な判断や行動をとっている。そうした臨機応変かつ迅速な行動により、悪天候や夜間の停電下など避難が難しい状況でも死傷者をゼロ又は最小限に抑えられたと考えられる。

6-1-3 「失敗例」での行動の比較と考察

6-1-2 では「成功例」での、乗客や乗員の行動を見てきたが、ここでは「失敗例」における乗客や乗組員の行動について比較する。表 28、表 29 を見ると事故発生から大破するまでの時間は「紫雲丸」で 7 分だったが、他の 5 例は 1 時間から 5 時間 30 分の時間があった。「失敗」したと考えられる要因は以下の点である。

第一に、乗員が「最悪の状況」を考えずに思い込みで判断、行動したことである。今回分析した「失敗例」の 6 例すべてで、事故や異変に気づいた後も、大事故（沈没、全焼、墜落する）にはならないと考えていたため、乗客への避難指示や警察、海上保安庁等の関係機関への通報が遅れた。初期消火や船体の復旧などの応急措置をしても対応できなくなっても、すぐに救助要請や乗客の避難など次の段階に進まず、その間に状況が悪化し、避難しにくくなった。「きたぐに」では、運転士ら乗務員は、「すぐに全焼することはない」と判断して、初期消火や火災車両の切り離しを優先し、乗客の避難誘導が遅れた。「繁藤事故」では、現場近くで土砂崩れがあり、消防団員からの避難指示があつたが、乗務員は「駅まで土石流に巻き込まれることはない」と判断して、乗客に避難指示を出さなかった。「ヤーマス・キャッスル」では警備員から火災発生の第一報が伝わつたが、船長や乗組員は、「食堂で火災」と思い込み、全員で食堂付近を捜索し、実際の火元である客室階の捜索をしなかったため発見が遅れた。「セウォール」では、船体の傾斜に気づいた後も、「そのまま航行してれば復元する」と判断して停船や船内確認をせずに航行を続けた。さらに、救難信号

を出した後も管制センターからの避難指示を無視し続けた。「紫雲丸」でも、船長や操船関係の乗組員らが「すぐに沈没しない」と判断し、乗客に船外に避難しないように指示をしたが、7分後に沈没した。「日本航空 350 便」では、不時着水前に副操縦士が機長の操縦に異変があったのに気づいていたが、「問題なし」と判断して、管制塔や客室乗務員に連絡をしなかった。不時着水後は操縦室と客席の間が割れたため、操縦室と客室で連絡を取れず、後部の客室内にいた客室乗務員も混乱したため避難指示が出なかった。事故が発生した場合、全損、大破など「最悪の事態になる」ことを想定して対応する必要がある。

第二に、乗員間での情報の不伝達がある。今回分析した 6 例中、4 例では操作部分と客室との間で連絡がとれなかった。「日本航空 350 便事故」では操作部分が大破していたため物理的に連絡することが難しかった。「きたぐに」「ヤーマス・キャッスル」「セウォル」では操作部分にリーダーや乗員が不在で情報が伝わらなかった。「きたぐに」「ヤーマス・キャッスル」では役割分担ができておらず、全員が車内の 1 箇所に集まり火元の捜索や初期消火等をしていたため、操作部分に誰も居らず内外からの情報が乗員に伝わらなかった。また、「セウォル」「ヤーマス・キャッスル」ではリーダーや乗員が乗客の避難誘導等をせず、乗客に紛れて先に避難した。これにより内部の乗員同士で情報が共有されず、乗客にも適切な指示ができなかった。「繁藤事故」「紫雲丸」では操作部分に乗員がいたが、客室と情報が共有できなかった。そのため、乗客に適切な指示を出されず、逃げ遅れた人がいた。緊急時には、役割を分担し、操作部分の乗員と現場、外部で情報が伝わるような体制を整えておく必要がある。

第三に、臨機応変な対応ができないことある。これは 4M 分析の管理的要因に関係し、マニュアルなどにより現場の乗員が臨機応変な行動をとれないケースと、避難訓練等をしておらず乗員も対応がわからず適切な行動ができないケースという 2 つの類型がある。鉄道と航空機の 3 例は前者の類型にあてはまる。「きたぐに」「繁藤事故」では、現場の乗務員は指令の指示やマニュアルを無視することができなかった。「きたぐに」の火災があった北陸トンネルでは、事故発生の 3 年前に、本論文の第 3 章 3-1-2 節で分析した「日本海」の火災事故が発生していた。しかし、国鉄が「日本海」の事故後、マニュアル違反として運転士を業務から外す処分を下していたため、「きたぐに」の運転士はマニュアルに従うしかなかった。「繁藤事故」も「日本海」の事故で運転士が処分された後に発生しており、現場の乗務員がマニュアルや指令の指示と異なった行動をとることができなかったと考えられる。指令から車内待機の指示、地元の消防団員からは車外避難の指示が出ていたが、乗務員らは指令の指示を優先し、消防団員から避難指示があったことも伝えず、そのまま車内待機した。「日本航空 350 便」事故では、副操縦士は機長に逆らえなかったため、不時着水前に機長に異変を感じても管制塔や客室乗務員など外部に報告することができなかった。一方、「セウォル」「ヤーマス・キャッスル」では後者の類型にあてはまる。この 2 例では、事故発生後に船長や乗組員が乗客の避難誘導等をせず、乗客を放置したまま避難した。「セウォル」や「ヤーマス・キャッスル」を運航していた会社では、乗組員に対する安全教育

や訓練などがほとんど行われていなかった。そのため、乗組員も具体的な対応がわからず混乱して、乗客の避難誘導や船内確認を怠り、乗客の避難が終えてないうちに先に避難した。運航会社は、緊急時には、現場の判断で初期対応や避難をできるようにマニュアルに盛り込み、それを適切に運用できるように教育や訓練に取り入れることも必要である。

第四に、避難が必要と判断される状況になっても、乗客に避難指示をしないことである。今回分析した「失敗例」の 6 例では、事故発生後すぐに避難指示が出ず、乗客の避難開始が遅れた。「きたぐに」では事故発生から、1 時間以上経過してから避難指示が出た。その際、すでに車内、トンネル内に煙が充満していて避難が難しい状況だった。「セウォル」では、事故発生から約 30 分後に船内放送で救命胴衣着用指示と船室待機の指示が出たが、船外避難指示は沈没直前まで出なかった。「ヤーマス・キャッスル」では、非常ベルが操作されたが作動しなかった。「紫雲丸」では衝突後、客室乗務員から救命胴衣をもって遊歩甲板へ行くように指示がでたが、船橋からは船内待機の指示が出たため、自主的に避難する乗客と船室で待機する乗客がおり、通路や階段に乗客が殺到し混乱した。死亡した乗客の多くが船室内にとどまっていた人だった。「繁藤事故」「日本航空 350 便事故」では、避難指示が出なかった。「日本航空 350 便事故」では短時間で海上保安庁などが到着し乗客を救助できたが、「繁藤事故」では多くの乗客が逃げ遅れて死亡した。事故が発生した後も、乗員から避難指示や救命胴衣着用指示などが適切に伝わらなかったため、混乱して避難しない人や不適切な避難をする人が多く死傷者が増えたと考えられる。これらの事故では、事故発生直後は、煙の量が少なかったり、船体の傾きがゆるやかで、避難がしやすかった。しかし、時間の経過とともに避難しにくくなり、避難判断後、迅速に避難誘導等をしていれば死傷者を減らせたと考えられる。

こうした乗員らの不適切な行動により乗客も混乱して、適切な避難ができなかった。いずれの事故でも事故発生後に車両等の中で待機していた乗客の中には自主的に最寄りの非常口などから避難を始めた人も多かった。しかし、避難する際に不適切な方法で避難する乗客もいた。本来なら、航空機や旅客船で避難する際は、乗員の指示に従い救命胴衣を着用して、鞆やお土産等の手荷物を持たないで避難することが原則である。しかし、「失敗例」では、手荷物を持ち出す乗客が多く、避難に時間がかかった。乗客の避難の不手際の問題は乗員の不手際によるものである。本研究での「失敗例」をみても、「紫雲丸」では、一旦は避難を始めたが、忘れ物を取りに船室に戻る乗客もいた。それにより通路等に乗客が入り乱れて避難に時間がかかった。また、乗客が救命胴衣の収納場所や正しい着用方法が解らず、救命胴衣を着けずに避難する乗客もいた。今回分析した事故のうち、避難時に救命胴衣の着用をする旅客船や航空機事故の 4 例すべてで救命胴衣を着用せずに海に入って死亡する人がいた。旅客船事故の 3 例ではいずれも乗客が救命胴衣の収納場所がわからずそのまま海に飛び込む乗客がいた。「日本航空 350 便」では、不時着水前に救命胴衣の着用指示がなく、全員救命胴衣を身に着けてなく、死亡した乗客の大半は着水時または着水後に海に転落したことが原因だった。また、航空機では、救命胴衣は自分の座席で着用した後、

非常口を出てから膨らまる。しかし、「成功例」の「US エアウェイズ 1549 便」を含めて、救命胴衣を機内で膨らませる乗客が多く、避難や救助に手間取った。緊急時に救命胴衣を着用する場合、旅客船では乗客が救命胴衣の場所がわからない乗客が多く、航空機では救命胴衣の正しい着用方法がわからない乗客が多い。旅客船には救命胴衣の収納場所を示す記号が示されているが、事故発生時混乱しているとわかりにくい。そのため、救命胴衣収納場所の表記をより大きくわかりやすく表示する、近距離のフェリーや遊覧船など、乗船時間が 24 時間未満の避難訓練が義務付けられていない船でも出港前か出港後すぐに船内放送で収納場所を確認するよう告知することも必要である。航空機では、離陸前に乗客全員に対して説明されるが、緊急時に救命胴衣の着用を指示する際は特に「座席で膨らませない」ことを説明することが必要である。

「失敗例」では、乗客に対して適切な指示が出ず、逃げ遅れや混乱が生じた。乗員が全員操作部分を離れる、乗客を放置して先に避難するなどして、乗員間で必要な情報が伝わらなず避難判断が遅れた。一方で、マニュアルの順守だけでは対応しきれない事例もあった。「きたぐに」や「繁藤災害」では、現場の乗員はマニュアル通りに行動したが、それにより乗客の避難が間に合わず被害が拡大した。また、乗客も乗務員からの指示が伝わらない場合は自主的に避難をする、車内等に留まる人がいた。自主的な避難をする場合、手荷物を持つ、救命胴衣等を正しく装着しない、避難経路などがわからず通路などが混乱し、逃げ遅れ、死傷者が増えた。

6-2 緊急時の避難における対策

6-1 節では失敗例、成功例についてそれぞれ分析、考察した。そこからマニュアルだけ、十分に対応できないことが分かった。表 33 に本論文で分析した 12 例について、乗員の対応とマニュアルの規定を「成功例」「失敗例」別にまとめた。

表 33 で示すように、「失敗例」のうち「セウォル」「ヤーマス・キャッスル」「紫雲丸」では、乗員が船内確認や避難誘導などの職務を放棄しており乗員の行動、会社の指導などに問題があると考えられる。一方、「きたぐに」「繁藤災害」「日本航空 350 便」では現場の乗務員はマニュアル通りに行動していたが、マニュアルで想定されていたよりも、現場の状況が悪化し対応しきれなかった。乗員の判断ミスだけでなく、マニュアルにも不備があった。

「成功例」では、「ありあけ」「さいとぼる」マニュアル通りに対応しが、「日本海」「竜ヶ水災害」「サン・ビスタ」「US エアウェイズ 1549 便」では、事故発生後に現場のリーダーや乗員らが現場の状況からマニュアルと異なる方法とった。ただ、この 4 例でも当初はマニュアル通りに連絡や通報、現場確認などの対応をとっていた。しかし、指令・管制と折り合いがつかず対応が決まらなかったり、マニュアル通りに点呼などを行っている間に合わず、現場の乗員らが「これ以上避難が遅れるのは危険」と判断して、指令・管制に報告したうえで避難に踏み切り、死傷者数を最小限に抑えられた。さらに、表 32 で示すよう

表 33 現場の対応とマニュアルの規定

| | 成功例 | 失敗例 |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|
| マニュアルでは追いつかず 現場でのより高度な判断を した事例 | 「日本海」 「竜ヶ水災害」 「サン・ビスタ」 「USエアウェイズ 1549 便」 | |
| マニュアルを順守した事例 | 「さいとぼる」 「ありあけ」 | 「きたぐに」 「繁藤災害」 「日本航空 350 便」 |
| マニュアルを無視し、職務を 放棄した事例 | | 「セウォル」 「ヤーマス・キャッスル」 「紫雲丸」 |

に「成功例」の「さいとぼる」や「ありあけ」でも、マニュアルに「船長の判断で対応」という項目があり、船長や乗員らはそれに基づき判断、行動した。

以上のことから、予め設定されたマニュアルどおりに対応しても間に合わない場合があり、現場の判断も必要であることがわかった。現場の乗員は事故発生時マニュアル通りに、状況確認や指令、警察等の関係機関への報告や連絡を行い、対応することは勿論であるが、状況によっては現場で、「最悪の状況」を想定し、マニュアルの規定では追いつかない場合現場の乗員らによるより高度な判断が求められる。

避難が遅れた「失敗例」では、状況が悪化すると乗客が身の危険を感じて自主的に避難した。しかし、乗員からの指示が伝わらず、避難する際に手荷物を持つ、救命胴衣をつけないなど不適切な避難をする乗客が多く、避難に時間がかかる、また避難時に乗客が死傷する事例もあった。「失敗例」でも、事故発生後に、現場の乗員がすぐに状況確認と情報の共有をして、状況に応じた応急措置や避難を行えば状況は変わったと考えられる。

また、死者が発生しなかった場合でも事故後の乗員の対応や避難誘導などを分析して検証することが必要である。本論文第 3 章で分析した列車火災事故では、死者が出なかった「日本海」の後に同じトンネルで「きたぐに」の事故が起きている。「きたぐに」の事故後、国鉄の行った車両の燃焼実験でマニュアルに問題があることがわかり、マニュアルの見直しをした。事故の規模の大小に関わらず原因を分析し、マニュアルも常に検証、再考することが必要である。そして、マニュアルでは、状況によっては現場で判断し避難等を行うなど現場の裁量を盛り込むことも必要である。

現在、これまで発生した「失敗例」を踏まえ、設備の改善やマニュアルの見直し、乗員に対する教育訓練などハード、ソフト両面での改善が行われてきた。これまでの分析から、現場での判断も迅速かつ円滑な避難のために必要であることがわかった。

しかし、実際に事故が起きた場合、冷静な判断ができないことがある。そのため、危機的な状況下で迅速に状況を確認し、最も安全な方法を決めることは容易ではない。今回、分析した「成功例」ではいずれも、現場の乗員らが危険を感じて、乗客の避難を最優先させたことで死者が減らせたと考えられる。

緊急時には、現場の乗員は難しい判断が求められる。危機的な状況の中で、迅速かつ安全な判断をし、避難誘導を行うには、過去の事故を教育訓練に活かして様々な場合を想定して教育訓練を行うことが必要である。マニュアルに従った従来の教育訓練に加えて、現場の状況に応じた避難方法を考えさせることも有効である。「失敗例」に加えて、「成功例」に着目して、現場の状況に応じてどう行動するか考える。こうした視点からマニュアル作りに現場の意見や経験を反映させることは重要であろう。マニュアルを「有効な」ものにするためには、リーダー、乗員ら現場にいる人々の参加は欠かせないと考えられる。また、速いスピードで進化しているハード面に対し、マニュアルもそれに合わせて検討、改善し、実用化できるものにしていかなければならない。本研究で示した図表を活用して事故の状況を説明した後、図 29 に示すようなチェックシートを用いる。「よい改善事例」やチェックシートを活用した自主改善活動は、漁船や商船での労働災害の防止に活用されており¹¹⁰⁾¹¹²⁾、避難行動についても、「成功例」を利用してディスカッションすることも有効だと考えられる。チェックシートには、紹介された事故例について、事故後の応急措置や情報共有、避難方法について、適切だと思ったか、不適切だと思ったかをチェックする。チェックした項目が適切だった場合は、理由・対策欄にどのような行動が適切だったのかを記入する。チェックした項目が不適切だった場合は、どのような行動が不適切だったのか、どうすればよかったのかを記入する。最後に、回答者自身が事故を起こした便に乗務中に事故をどうするかを記入する。そして、チェックが終わったらチェックシートに記入したことを発表し、ディスカッションをして、事故発生時、どのように対応するかを考える。過去に発生した事故事例に触れ、「失敗例」ではなぜ「失敗した」のか、どうすれば「失敗しなかったのか」、もし自分ならどう対応していたのかを考える。「成功例」では、どのような行動や判断が「よかったのか」を考える。

事故は、発生場所や天候、人数、車両等の構造、規模などによって避難方法が異なる。これまでの事故の経験から、様々な状況を想定したマニュアルが策定され、教育訓練が行われているが、実際の事故ではマニュアルや訓練と異なる状況になることもある。そのため、「失敗例」だけでなく、「成功例」を活用して、その対応について乗員らに考えさせることも有効である。

～事例分析チェックシート～

| | |
|------|------------|
| 交通機関 | 鉄道 旅客船 航空機 |
| 事故種別 | |
| 発生場所 | |

| 項目 | | 理由 |
|------------------------------------|--------|----|
| 乗員が事故の状況について短時間で把握できたか | はい いいえ | |
| 必要な情報は、乗員全員に伝達したか | はい いいえ | |
| 「最悪の事態になる」可能性も想定したか | はい いいえ | |
| 乗客に適切な指示が伝わったか | はい いいえ | |
| 操作部分に乗員がいて、適切な対応ができたか | はい いいえ | |
| 役割を分担して、避難誘導や応急措置等ができたか | はい いいえ | |
| 指令、管制、関係機関に適切に情報が伝わったか | はい いいえ | |
| 現場の状況に応じて、判断や行動できたか | はい いいえ | |
| 乗客は指示に従って、適切な行動ができたか | はい いいえ | |
| 乗客はすぐに救命胴衣を着用できたか（旅客船、航空機） | はい いいえ | |
| もし、あなたがこの列車、旅客船、航空機に乗務していたらどう行動するか | | |

図 29 事例分析チェックシートの例

6-3 緊急時の避難における課題

本論文では、鉄道、旅客船、航空機で事故が発生した場合の乗客の避難行動を分析したが、課題点もあった。

第一に、避難時間である。1-1 節でも述べたように航空機では不時着から概ね 90 秒以内、旅客船では船体放棄決定から概ね 1 時間以内で脱出できるように設計されている。しかし、今回分析した事例では、「成功例」を含め設計段階での想定より時間がかかった事故が多かった。航空機では、不時着水から全員が脱出するまで「成功例」の「US エアウィズ 1549 便事故」では 24 分、「失敗例」の「日本航空 350 便事故」では救助されるまでに 60 分以上かかった。「US エアウィズ 1549 便事故」では、機外避難時に救命胴衣指示が出たが、着用方法を誤る乗客が多く機外避難に時間がかかった。さらに、水上に避難した場合、機外に出た後、救命いかだに乗って機体から離れるため、陸上に避難した場合よりさらに時間がかかったと考えられる。三好ら⁴⁰⁾の研究で、飛行中の航空機で異常が発生した場合、設計で想定された 90 秒で避難することは難しいと指摘されたが、本研究で取り上げた実際の事故の分析からも時間がかかることがわかった。「US エアウィズ 1549 便事故」では、事故後の機長の対応がよく、比較的迅速に避難できた。しかし、それでも機長を除く乗員と乗客全員が避難するまでに 24 分かかっており、不時着水時には 90 秒で機体から離れるのは困難だと考えられる。旅客船でも、船体放棄決定から避難完了まで最短で 1 時間、最大 5 時間かかっている。今回分析した 6 例のうち、1 時間以内²⁸⁾に船外避難できたのは「さいとぼる」の 1 例のみだった。「成功例」の「ありあけ」では、悪天候のため船外避難を断念しヘリでの救助を選択した。その際に、船長が指示した避難集合場所に乗員、乗客 28 人全員が集合するまで約 1 時間かかっている。また、「サン・ビスタ」では船長が情報をコントロールし、パーティーやイベント名目で避難集合場所への指示や救命いかだで脱出させ、迅速かつ円滑な避難ができた。しかし、約 1,100 人の乗員、乗客が乗船しており、全員が船外に避難するまで約 2 時間かかった。旅客船での避難行動について、藤原ら²⁷⁾による 180 人乗りフェリーでのシミュレーションプログラムによる分析や板垣ら²⁸⁾による 250 人乗りのフェリーの船体を使用した脱出実験では、全員が避難するまでに時間がかかり、IMO の求めている 60 分以内での避難は難しいと指摘している。今回の分析では、波が穏やかで 245 人が乗った「さいとぼる」では 1 時間程度で避難できたが、乗船者数が多い事故や悪天候下では「成功例」でも 60 分以内の避難は困難だった。

既往の研究で、旅客船や航空機の乗客の避難について、シミュレーションプログラムの活用や実証実験で、実際に避難する際は、設計段階で想定された時間より、時間がかかると指摘された。本研究では、過去に発生した事故で乗客の避難行動について分析したが、迅速かつ適切な避難行動がとれた「成功例」でも、設計段階で想定された時間内に避難することは難しいことがわかった。そのため、既往の研究で指摘されているような通路や非常口の改善などハード面の対策、そして、本研究で分析したような避難方法改善などソフ

ト面での対策をさらに進めていくことが必要である。そのため、ソフト面での対策では、人数や場所、破損状況、天候に応じて避難方法を決めて、行動することが重要であり、本研究で分析した「成功例」を用いた教育訓練の充実などが有効であると考えられる。

第二に、避難する余裕がないケースである。特に、航空機では、墜落による衝撃等、直接要因での死亡する例が多く避難ができない事例も数多く報告されている。航空機は、鉄道や船舶よりも、緊急停止することが難しく、事前の対策が重要である。そのため、航空機では、機体の設計、整備などを適切に行い運航中にトラブルが起きないように対策をすることが求められ、現在、航空機ではハード面の対策が十分に進められている。しかし、ハード面での対策を十分にとったとしても、運航中のトラブルを完全に無くすのは不可能で、万一トラブルが起きた際、機長や副操縦士の判断が重要になる。トラブルが発生した後、市街地などに墜落した場合、航空機の乗員乗客だけでなく地上でも被害が発生するため、最初に、不時着する場所を選択しなければならない。そのうえで、できる限り安全な方法で機体を停止させて初めて機外避難が可能になる。

本研究では、機体等に異常が発生した場合、迅速に操縦席、客室乗務員、管制で情報を共有していれば、不時着前に救命胴衣をつける、安全姿勢をとるなどできる限りの安全対策はとれる。そして、不時着に成功した場合、乗務員や機長が乗客に適確な指示を出すことが必要であることがわかった。船舶や鉄道でも事故発生から大破までの時間が短く非難が難しい事例もある。今回分析した中で「紫雲丸」では7分、「竜ヶ水事故」で40分と避難する時間的余裕が少なかった。「竜ヶ水」では「すぐに土石流が起きる」と判断し、乗客に「すぐに海側に逃げろ」と指示をしたことで被害を最小限に抑えられた。「紫雲丸」でも乗組員全員が、乗客に「荷物は持たない」「宇高丸に飛び移れ」と指示をしていれば、より多くの人逃げられ死傷者は減らせたと考えられる。時間的余裕がない場合、死傷者をゼロにするのは難しいが、状況を見て「危ない、すぐに逃げろ」という指示を出すなどの対応をすれば、被害を軽減できる可能性がある。「竜ヶ水事故」のような「成功例」はあり、なぜ成功したのかを分析して、それを広く伝えることは有効であると考えられる。「失敗」だけでなく「成功」も教訓に、より一層、旅客や乗員の人命を守れる方法を考えることが重要である。

第7章 結論

本研究では、鉄道、旅客船、航空機の事故について、事故の状況別に「成功例」と「失敗例」を取り上げて分析した。その結果、「成功例」ではリーダーや乗員間で正しい情報が伝わり、応急措置や関係機関への通報、避難誘導等が迅速に行われた。放送設備等が使用できなくても、乗員が分担して客席、客室を回るなど、現場の状況に応じた行動をして乗客にも避難指示が伝わった。乗員による終始一貫した説明により、乗客もあまり混乱することなく乗員の指示に従う、子供や高齢者を優先するなど整然と避難する、乗客も避難誘導に協力するなどして迅速かつ円滑な避難ができた。

一方で、「失敗例」では操作部分に乗員が居らず情報が収集できない、乗客に統一した適切な指示ができない、避難誘導をしないなど不適切な行動があった。それにより、乗客に十分に情報が伝わらず乗客が混乱した。

また、「成功例」「失敗例」ともに、マニュアルの規定では対応できない事例もあった。状況が悪化しており、マニュアル通りに行動した場合避難できないケースがあり、現場の判断が求められることがある。「USエアウェイズ」「サン・ビスタ」「竜ヶ水災害」「日本海」では、マニュアルだけでなく現場の判断と迅速な対応によって多くの人の命を救えた。

事故があった際、すぐに指令・管制に報告することが第一だが、指令・管制は現場の状況を詳細に把握するのが難しい。そのため、折り合いがつかない場合は現場の乗員などと相談したうえで、船長や機長など現場の責任者が迅速に判断し行動することも必要である。

事故後、乗員が乗客に的確な指示を出し、伝われば停電や悪天候など悪条件下でも円滑な避難ができる。しかし、乗員から指示がないと乗客は混乱し、適切な避難ができない。事故後、放送設備や非常灯が故障しても、乗員が的確に指示を出し、誘導すれば全員が避難することも可能である。避難する際は、教育訓練やマニュアルを基に行動するが、状況によっては、現場の判断で避難方法を変えることも必要である。乗員間での避難方法を相談した後は、統一した指示を迅速かつ確実に乗客に伝えることが重要である。

そのためには、乗員への教育訓練に過去の「成功例」を活用することが有効である。これまで「失敗例」を教訓にした教育訓練が行われている。それに加えて、「成功例」を検証して何がよかったかを考え、活用できる行動は自分たちの職場に取り入れることも有効である。そして、それを基に非常用設備や避難マニュアル等のハード面、乗員に対する教育訓練などのソフト面での改善をする。

本研究では、避難行動に関して着目し、生存率がほぼ100%だった「成功例」と多数の死者が発生した「失敗例」とを比較した。成功例では、現場の乗員らが人命を第一に考え、状況に応じた方法で迅速に避難をした。緊急時に備えて、日ごろから行える対策は設備点検や乗員らへの教育訓練などであるが、教育訓練では「失敗例」だけでなく、「成功例」に

目を向けることが必要である。万一事故が発生した場合でも、「成功例」から得られた知見を活用することで臨機応変、迅速かつ適切な避難誘導ができ、より多くの人命を守ることができると考えられる。

実際に、本研究で分析した「成功例」を活用した教育訓練は、平成 28 年 12 月に、国土交通省、中国運輸局島根支局が主催する「旅客船乗組員研修会」でも取り上げられた¹¹³⁾。この講習会では、旅客船の乗組員を対象に行われ、非常時には「旅客に対する周知徹底」や「パニックの防止」を実践できるように、「よい事例、悪い事例を分析し、そこから考える」ものだった。講習会では、本論文第 4 章のデーターを基に以下に示した資料 1~8 が用意され、103 ページから 111 ページの【資料】に示す手順で行われた。資料 1~2 で事故の事例を紹介し、まず、参加者は、それぞれが参考にしたい「問題点」「よい事例」を取り上げ、「問題点」では実効性の高い解決策を考えさせる。

その後、5 人程度のグループになり、グループごとに問題点や実効性の解決策、参考にしたい良い事例について話し合い発表させるというものである。さらに、可能であれば資料 3 を参考にして実際に 4M 分析をして事故の原因を要因ごとに整理する。

このように、ただ聴くだけでなくの講習ではなく、乗員や関係者が、実際に事故を分析しどこがよかったのか、あるいは、問題があったのかを考えることにより、乗員一人ひとりがお互いの役割を理解でき、安全に対する意識がより高まる。そして、乗務中に事故や災害に会った場合も、講習会で学んだ「よい事例」や「改善策」を参考にして、迅速かつ適切な判断、行動ができると考えられる。過去に発生した事故から、「成功」「失敗」の原因を学ぶことで、迅速かつ適切な対応をとることができ、事故の未然防止、事故発生時の被害軽減につながり、より多くの人命を守れる。

以上から、「成功例」を活用した分析、参加型の教育訓練の実施は旅客船だけでなく、他の交通機関、他の組織にも応用できる。現在は、ハード、ソフト両面で事故防止策がとられている。しかし、それでも事故は完全になくならず、事故後の避難についても考える必要がある。避難行動に関して「成功例」を分析することは、万一事故が発生した際にも迅速かつ適切な避難行動ができ、より多くの人命を救うことに貢献できる。今後、公共交通機関以外の他の分野でも、「成功例」を分析し、成功から得られた教訓を生かして、より多くの人命を守れるように研究を進めていきたい。

【資料】旅客船乗組員安全講習会手順

分析方法

配布資料

- 資料1 「サン・ビスタ」火災沈没事故概要 1枚
- 資料2 「ヤーマス・キャッスル」火災沈没事故概要 1枚
- 資料1-2 「サン・ビスタ」時系列表 1枚
- 資料2-1 「ヤーマス・キャッスル」時系列表 1枚
- 資料3 4M分析について及び分析方法について 2枚
- 資料4 整理表 1枚
- 資料5 4M分析を資料4の整理表を基に分類 1枚
- 資料6 発表用資料 1枚
- 資料7 資料5参考1枚
- 資料8 資料6参考1枚

分析方法

- ①資料1、1-2、2、2-1を読んで、1-2、2-1の事象等に番号を振っているの
で、特に問題のある事象等番号を個人集計表に3点以内まで記入する。なぜその事象等問
題になるのかもあわせて記入すること。時間があれば資料5を参考に4M分析をすること。
- ②問題のある事象等3点以内の解決策を実効性が高いものを考える。(資料4に記入)
- ③また、参考にしたい良い事例も記載する。(どの点を参考にしたいかを考える。)時間が
あれば「資料7」を参考に4M分析をすること。(4Mは資料5に記入)
- ④次に5人ずつのグループを作る。
- ⑤グループリーダーを選ぶ。
- ⑥各々が自分なりに出した回答を、グループで話し合いをして特に問題がある事例を3点
以内までに絞る。
- ⑦特に問題がある3点以内の事例について対応策を考える、3点以内の問題点について実
効性が高い解決策をそれぞれ一つずつ考える。(A3の資料4に記入)
時間があれば「資料7」を参考に4M分析をすること。(A3の資料5に記入)
- ⑧特に参考にしたい事案等を一つに絞りこみ、どうしてそれを参考にしたいのかを考える。
(A3の資料5に記入)
- ⑨最終的には二つの事例を比較してみて、「資料8」どの点がどうよかったのか、どの点が
どう悪かったのか、また、どうすればよかったのかを分析し解答をだすことが目的(A3の
資料6に記入)
- ⑩二つ事例を比較した結果をみんなの前で発表してもらおう。(資料6の内容を発表)

資料 1

「サン・ビスタ」火災沈没事故

- ・発生日時 1999年5月20日 PM1:00頃（現地時間）
 - ・発生場所 マレーシアペナン島南西沖
 - ・シンガポールのサンクルーズ社が運航するクルーズ客船「サン・ビスタ」（30,000トン）の機関室で火災が発生
 - 10時間後に船体が沈没
 - 乗員・乗客1104人が乗っていたが全員避難して、死者・不明者0、20名が軽傷
- 事故発生の経過

5月19日

23:00 事故前最後の寄港地であるタイ・プーケット島から出港

5月20日

13:30頃 機関室で異常確認

14:30 機関室の火災発生を確認

15:15 船内のエアコン・照明等が停止
（15時40分までには、全船で停電）

15:40 乗客に甲板等へ移動するよう連絡

17:00 初期消火は不能と判断

（乗客には事実を知らせず）

→乗客に放送で屋外プールでのイベントを企画連絡
ビールやジュースの無料配布

18:30 乗組員がBBQパーティーをすると一室ずつまわり乗客に伝える

→ほとんどの乗客が甲板上に集合

18:40 甲板上で追加イベントをすると伝える

（→救命胴衣を着用、救命ボートへ乗ること）

18:45 会社や現地警察当局に連絡

19:30 乗客全員の避難を確認

20:00 乗組員を含め全員が救命ボートで避難

5月21日

1:30 船体が完全に沈没

6:00 全員が、警察の救助隊のボートや周辺
海域航行中の貨物船等に救助される

20人程度が負傷したが、全員が脱出したことを確認

資料 2

ヤーマス・キャッスル火災沈没事故

- ・発生日時 1965年11月13日 AM0:50頃（現地時間）
- ・発生場所 アメリカ・フロリダ州東方沖、グレートスティラップ島付近の大西洋上
- ・観光客船「ヤーマス・キャッスル」（5,002トン）

客室甲板にあるリネン倉庫から出火

→発生から5時間30分後に沈没

→乗客・乗員 計552名が乗船していたが、

3人が死亡、87人が行方不明

事故発生の経過

11月12日 17:00 マイアミ港を出港

11月13日

0:30 警備員が巡回→異常なし

0:45 B甲板で煙が発生しているのを清掃員が発見

1:00 煙の充満に気づき船長に通報→同時刻、機関室でも煙の充満を発見

1:05 A甲板後部のバーで炎を確認→乗客が騒ぎ出す

→船長や航海士らは火元特定のため厨房など船内の一部のみを重点的に搜索

1:13 C甲板610号室が火元と特定し、初期消火

1:17 機関室でスプリンクラー作動の標示及び警報音確認

1:20 エンジン停止

1:21 警察当局へ第一報、救助要請

1:25 船体の放棄を決定→非常ベルを操作するが作動せず

1:30 船長の指示で救命ボート等の準備をするが火と煙の影響で作業難航

→少なくとも2隻は使用不能 乗客が救命胴衣を着用、所定の位置に設置されていないなどの不備があり混乱

1:45 ボイラーの圧力が低下、非常電源が停止

→船長や一部の乗組員が脱出するが、多くの乗員・乗客が船内で待機

2:00頃～ 警察当局や周辺船舶による救助開始

（3:00過ぎからヘリが到着し、救助活動）

～3:00 機関士らは機関室で復旧を試みる

4:00 機関士ら船内に残っていた乗員が避難

6:07 船体が沈没

17:45 負傷者の救助、行方不明者の搜索を終了してヘリなどが撤収

資料3 4M分析について

・4M分析とは・・・問題のある事象や良い事象を4つのMに分けて分析→図に示して整理することです。

Man（人的要因）

Machine（機器的要因）

Media（外部・環境要因）

Management（管理的要因）

4Mを図に示した後は、「問題のある事象」については、問題の解決策を練るヒントにすること。

★「良い事象」を挙げるのは自船で同様の災害等が起こった際に問題解決の参考にすることが目的です。

資料4 整理表 (グループ用)

問題のある事象を記入してください。3点程度

その解決策について記入してください。

参考にしようと思った良い事例を記入してください。3点程度

| | サン・ビスタ | ヤーマス・キャッスル |
|------------|--------|------------|
| 問題のある事象 | | |
| その解決策 | | |
| 参考になった良い事例 | | |

資料5（グループ用） 4M分析を資料4の整理表を基に分類してください。

●印をもちいて問題のある事象を記入してください。

◇をもちいてその解決策について記入してください。

★をもちいて参考にしようと思った良い事例を記入してください。

| | 「サン・ビスタ」 | 「ヤーマス・キャッスル」 |
|-----------------------|----------|--------------|
| Man (人的要因) | | |
| Machine (機器的要因) | | |
| Media (外部・環境要因) | | |
| Management (管理的要因) | | |

資料6 発表用資料（グループ用）

| 設問 | 記載欄 |
|--|-----|
| 二つの事例を比較して、火災時の誘導方法の違いを記載してください。 | |
| 二つの事例を比較して避難誘導業務において重要なことはどのような事なのか、結論を記載してください。 | |
| 二つの事例を比較したケーススタディの感想を記載してください。 | |

資料 7 (記入例) 資料 5 の参考にしてください。

| | 「さいとばる」 | 「紫雲丸」 |
|--------------------|--|---|
| Man (人的要因) | <ul style="list-style-type: none"> ●「さいとばる」が漁船に気を取られたことにより蛇行した ●両船とも相手船に気づいた後も停船や回避をしなかった ◇船長や乗組員がすぐに避難誘導をした ◇船長がすぐに避難判断を行った ◇「さいとばる」を仕事で使うトラック運転手らも避難誘導に協力した | <ul style="list-style-type: none"> ●両船の船長が視界 150m 以下なのに減速せずに運航していた ●両船とも、相手船と連絡を取り、場所の確認などをしなかった ●濃霧による視界不良の状態ですら出航させた ●乗組員が水密扉の手動操作に気が付かなかった ●乗組員が個々に乗客に異なる指示を出した ●修学旅行生や教師が荷物を取りに船室に戻った |
| Machine (機器的要因) | <ul style="list-style-type: none"> ●「さいとばる」の船体左舷機関室付近に大穴が空き、浸水が早かった ●「さいとばる」の発電機が浸水で故障し、非常放送設備や非常灯が使用不能になった | <ul style="list-style-type: none"> ●水密区画が不十分で防水が十分にできない構造だった ●浸水による停電のため非常機器が使用できなかった ●救命胴衣の格納庫が取り出しにくくなっていた |
| Media (外部・環境要因) | <ul style="list-style-type: none"> ●漁船群が航路上で操業していた ◇ほかの船舶も多かったため、救助が早くできた | <ul style="list-style-type: none"> ●指揮者から乗組員に対する指示が十分になかった ●衝突から沈没までの時間が数分しかなかった ●「紫雲丸」で事故後発した汽笛の内容を乗客が理解できなかった ●間違った指示などにより、通路や階段が対面通行になり混乱した ●修学旅行の子供が多く、状況が理解できない乗客が多かった |

| | | |
|------------------------------|--|--|
| Management (管理的要因) | ● えい航の際にドックと現場で意思疎通ができなかった ◇乗組員を配置につかせた ◇非常時に対する教育訓練が適切だった | ● 船舶同士が接近した場合左舷対左舷の行き違いが基本となっていたが、右舷対右舷の行き会いも運用上行われていた ● 旅客に対して安全な避難方法、救命胴衣のつけ方や保管場所などの指導をしていなかった ● 「紫雲丸」では旅客に対して、指示が統一してなかった ● 「紫雲丸」では避難の順序や乗組員による誘導が行われなかった |
|------------------------------|--|--|

資料 8

資料 6 の参考にしてください

「二つの事例を比較して避難誘導において重要なことはどのようなことなのか、結論を記載してください」の設問の参考です。

- ・ 衝突の場合→短時間で沈没の可能性
- ・ 素早い、避難誘導、救助要請が必要
- ・ 乗組員への教育訓練のより一層の充実
→ 救命胴衣、救命ボートが使用不能な場合の想定等
- ・ 乗組員・乗客間で一貫した指示、情報共有
- ・ 避難経路や非常備品の位置の明示
- ・ 乗客→ 荷物等の持ち出しをしない。みだりに船室に戻らない

資料 1～8 及び 旅客船乗組員安全講習会手順は、国土交通省 中国運輸局島根支局，旅客船乗組員研修会資料（2015）より引用

謝辞

本論文を作成するにあたり、高崎経済大学経済学部の久宗周二教授、北海道大学大学院水産科学研究科の天下井清名誉教授、高崎経済大学経済学部岡田和彦教授にご指導いただきました。また、国土交通省中国運輸局の運航労務監理官坂田真一郎先生には、本論文のデータを旅客船乗組員安全講習会で活用していただきました。厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 網谷りょういち: 事故の鉄道史, pp29-85, 143-254, 日本経済評論社 (1993)
- 2) 帝都高速度交通営団日比谷線中目黒駅構内列車脱線衝突事故, 事故調査検討会調査報告書, 国土交通省, 2000年 http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk8_000007.html
- 3) 鉄道事故調査報告書, 石勝線特急列車火災事故報告書, RA2013-4, 国土交通省運輸安全委員会, 2013年6月
- 4) 拓海広志: 船と海運のはなし, 成山堂書店, pp2-17, 146-177 (2006)
- 5) 平成21年度国内輸送統計, 国土交通省鉄道関係統計データ, 国土交通省
- 6) 大内健二: 海難の世界史, pp144-176, 成山堂書店 (2002)
- 7) 毎日新聞 2012年1月14日付 夕刊7面, 1月16日付 夕刊8面, 1月17日付 朝刊24面
- 8) 毎日新聞 2015年8月1日付 朝刊27面
- 9) 大橋英五, 混迷からの脱出なるか—日本航空と全日空, 大月書店, pp9-53 (1996)
- 10) 航空事故調査委員会 航空事故調査報告書 日本航空 B747SR-100, JA8119, 群馬県上野村御巢鷹山墜落事故報告 (1987年2月)
- 11) 航空事故調査委員会 航空事故調査報告書 中華航空公司 A300B4-622R 型, 愛知県名古屋空港 (小牧) 事故報告 (1996年5月)
- 12) 米満孝聖: 世界の旅客航空機事故による人的被害, 国際交通安全学会誌 Vol.27, No.3, pp45-51, 国際交通安全学会 (2002)
- 13) 佐藤功, 小佐古修士, 末永一夫: 客船の安全性に関する最新規則動向と安全設計について, 三菱重工技報 Vol47. No3, pp50-55 (2010)
- 14) 海事局: 旅客船の安全対策の充実について
<http://www.mlit.go.jp/common/000225783.pdf>, 2012.10
- 15) ロイター通信: 焦点 伊客船事故の救命ボート問題、「タイタニック」から不変, 2012年1月23日 (2015年6月20日閲覧)
<http://jp.reuters.com/article/jpEnvNews/idJPTYE81K04Y20120123>

- 16) 池田敏久: 鉄道事故の分析と対策, 日本人間工学会, 人間工学,16(3), 111-116 (1980)
- 17) 畑村洋太郎: 失敗学, pp1-112,163-206,221-247, 講談社
- 18) 小美濃幸司, 舟津浩二, 鉄道車両の衝突安全性に関するシミュレーション, 日本信頼性学会, 日本信頼性学会誌, 31(4), 283-286 (2009)
- 19) 鈴木実, 種本勝二, 前田達夫, 今井俊昭, 藤井俊茂: 鉄道における強風時の運転規制方法と強風対策, 日本風工学会, 日本風工学会年次研究発表会・梗概集, 2004 年度版, p29, (2004)
- 20) 四ノ宮章: 鉄道安全へのヒューマンファクター研究の取り組み, 日本信頼性学会, 日本信頼性学会誌, Vol23-2, pp186-193 (2001)
- 21) 碓井真史: 鉄道事故におけるヒューマンエラー～JR 福知山線脱線事故を例として, 新潟青陵大学大学院, 新潟青陵大学大学院臨床心理学研究, 第 1 巻, 59-64, 2007-09
- 22) 岸田孝弥, 久宗周二, 大島登志彦, 武井昭: 京福電鉄における事故の組織人間工学的研究, 高崎経済大学論集, 第 48 巻, 第 4 号, pp21-36 (2006)
- 23) 岸田孝弥, 池上徹, 久宗周二: 緊急時の人間行動 (X IV) 大邱市の地下鉄「中央路」駅車両火災を例にして, 日本人間工学会, 人間工学 特別号 pp376-377 (2004)
- 24) 中尾政之: 失敗百選, 森北出版,pp199-200 (2005)
- 25) 三友信夫, 松倉洋史, 松岡猛: 確率論的安全性評価手法によるタイタニックの解析, 船舶技術研究所, 船舶技術研究所報告, 第 37 巻, 第 3 号, pp77-141 (2000),
- 26) 山崎祐介, 村山義夫, 遠藤真: 海難に係る要因の関連について, 日本航海学会, 日本航海学会第 101 号, pp55-63 (1999)
- 27) 藤原光治郎, 亀山道弘, 宮田修: 船上の避難行動のシミュレーションⅢ, 日本航海学会, 日本航海学会論文集第 100 号, pp199-207 (1999)
- 28) 板垣恒男, 村山雅己: 避難退船時における脱出救命システムに関する研究—実践実験によるシューターの評価, 日本航海学会, 日本航海学会第 101 号, pp235-242 (1999)
- 29) 太田 進: IMO 暫定避難解析指針案の概要及び今後の課題, 海上技術安全研究所, 平成 14 年第 2 回講演, 2002 年 6 月
<https://www.nmri.go.jp/main/publications/paper/pdf/2A/02/00/PNM2A020049-00.pdf>
- 30) 久宗周二, 天下井清, 木村暢夫: 海難事故の人間工学的研究—日本人間工学会人的事故調査マニュアルを用いて—, 日本航海学会, 日本航海学会第 112 号 pp21-27 (2005)
- 31) 久宗周二, 天下井清, 木村暢夫: 紫雲丸・第三宇高丸衝突・沈没事故の人間工学的研究—日本人間工学会人的事故調査マニュアルを用いて—, 日本航海学会, 日本航海学会論文集第 114 号, pp179-184 (2006)
- 32) 岩垂邦秀, 大山達雄: わが国における航空機事故の発生、原因、対策に関する統計的分析, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2014 年秋季研究発表会予稿集, pp18-19(2014)
- 33) 中須加真一: 航空機のヒューマンファクターと安全に関する一考察, 日本信頼性学会,

- 日本信頼性学会誌 vol17-1, pp12-21 (1995)
- 34) 垣本由紀子: 航空機事故とヒューマンエラー, 日本信頼性学会, 日本信頼性学会誌 Vol26-1, pp600-609 (2004)
 - 35) 上野由貴, 中易秀敏, 三好哲也, 中川雅央: 航空機における脱出シミュレーション分析とガルーダインドネシア航空機 DC10-30 事故との比較, 甲南大学, Konan Univ. Intel & Inform Ser. Vol3, No1, pp106-116 (2010)
 - 36) 飯島哲夫, ドイツ上空での航空機衝突事故, 平成国際大学, 平成国際大学論集第 12 号 pp29-48 (2008)
 - 37) 三好哲也, 中易秀敏, 上野由貴, 中川雅央: 航空機の緊急避難シミュレーションモデルの構築, 日本機械学会, 日本機械学会論集 C 編, 第 77 巻, 776 号, pp311-323 (2011)
 - 38) 斉藤拓哉, 長谷見雄二, 井田敦之, 成瀬功一: 千日デパート火災のシミュレーションと工学的避難安全検証手法による被害要因分析, 日本建築学会, 日本建築学会技術報告書, 第 16 巻, 第 33 号 pp553-556 (2010)
 - 39) 堀内三郎, 室崎益輝, 関沢愛, 淀野誠三: 大洋デパート火災における避難行動について, 日本建築学会, 日本建築学会研究報告集, 昭和 49 年 6 月号, pp109-116 (1974)
 - 40) 岸田孝弥, 久宗周二 池上徹: 緊急時の人間行動(IV) 一大規模小売店の火災を例として, 日本人間工学会, 人間工学, 第 27 巻 特別号, pp330-331 (1991)
 - 41) 関沢愛, 神忠久, 渡部勇一: 川治プリンスホテルの火災時における宿泊客の避難行動について, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和 56 年 9 月号, pp2361-2362 (1981)
 - 42) 岸田孝弥, 久宗周二: 緊急時の人間行動—ホテル・旅館火災を例として—, 日本人間工学会, 人間工学, 第 23 巻 特別号, pp122-123 (1987)
 - 43) E.Hollnagel 著,北村正晴, 小松原明哲 監訳: Safety I & Safety II —安全マネジメントの過去と未来, pp41-117, 139-157, 海文堂 (2015)
 - 44) 村山義夫, 山崎祐介, 遠藤真, 小林弘明: 操船事故の人的要因調査への考察, 日本航海学会, 日本航海学会論文集第 102 号, pp173-181 (2000)
 - 45) 山崎祐介, 村山義夫, 遠藤真: 未然事故調査法の開発と応用, 日本航海学会, 日本航海学会論文集第 104 号, pp173-178 (2001)
 - 46) 山崎祐介, 村山義夫, 遠藤真: 未然事故調査法の開発と応用 II, 日本航海学会, 日本航海学会論文集第 106 号, pp55-62 (2002)
 - 47) 狩川大輔: Safety II における「学習」 - 成功からの学習に向けた諸課題, 日本人間工学会, 人間工学, 第 52 巻 特別号, pp48-49
 - 48) 作田博, 清川和宏, 伊藤甫, 氏田博士: エラーマネジメント研究 2—緊急事態から回復した成功事例からの教訓抽出の試行, 日本人間工学会, 人間工学, 第 52 巻 特別号, pp362-363

- 49) James Reason: “Managing The Risks of Organizational Accidents” (1997), 塩見弘監訳, 高野研一, 佐相邦英 訳, pp1-149,271-344, 日科技連, (1999)
- 50) 橋本邦衛: 安全人間工学, pp3-79, 中央労働災害防止協会 (1984)
- 51) 久宗周二, 松田文子, 池上徹, 岸田孝弥: 美浜原発高温蒸気噴出死傷事故の組織人間工学的研究, 日本経営工学会, 平成 16 年度秋季研究大会予稿集, pp290-293 (2004)
- 52) 福井新聞 1972 年 11 月 6 日付 夕刊 1-3 面, 11 月 7 日付朝刊 1,4,5 面, 11 月 8 日付朝刊 1-3 面
- 53) 佐々木富泰, 網谷りょういち: 続・事故の鉄道史, pp233-264, 日本経済評論社 (1995)
- 54) 永瀬和彦: 津軽海峡線「スーパー白鳥」の重大インシデントに見る問題点, 鉄道ジャーナル, 鉄道ジャーナル社, 2015 年 7 月号, pp124-130 (2015)
- 55) 福井新聞 1972 年 11 月 8 日付 朝刊 13 面
- 56) 中尾政之: 失敗知識データベースー失敗百選 2005 年 3 月
<http://www.sozogaku.com/fkd/hf/HA0000605.pdf> (2015 年 5 月 13 日閲覧)
- 57) 福井新聞 1972 年 11 月 7 日付 朝刊 12 面
- 58) 福井新聞 1969 年 12 月 6 日付 夕刊 1 面, 12 月 7 日付 朝刊 13 面, 12 月 13 日付 朝刊 14 面
- 59) 読売新聞 1969 年 12 月 6 日付 夕刊 11 面
- 60) 久宗周二, 中山光成: 「北陸トンネル」の列車火災発生時の避難行動に関する研究, 高崎経済大学論集, 第 58 巻 1 号, pp1-12, (2015)
- 61) 久宗周二, 福司光成: トンネル火災発生時の人間行動: 高崎経済大学論集, 第 54 巻 4 号, pp109-120, (2012)
- 62) 土佐山田町報道委員会: 昭和 47 年豪雨・繁藤山くずれ災害記録, 土佐山田町, pp6-25,32, (1973)
- 63) 高知新聞, 1972 年 7 月 5 日付, 夕刊 1,5 面, 7 月 6 日付, 朝刊 1,4,5,13 面 7 月 12 日付, 朝刊 12 面
- 64) 四国新聞, 1972 年 7 月 5 日付夕刊 1 面, 7 月 6 日 朝刊 1,12,13 面, 7 月 6 日付夕刊 1 面, 7 月 7 日付朝刊 13 面
- 65) 四国災害アーカイブス: 繁藤災害, 一般社団法人 四国クリエイト協会
<http://www.shikoku-saigai.com/archives/9094> (2014 年 5 月 20 日閲覧)
- 66) 川合正虎: “高知県土佐山田町繁藤辻地の地質学的特性” 地質ニュース 1975 年 8 月号, 地質調査総合センター, pp1-9, (1975)
- 67) 南日本新聞, 1993 年 8 月 7 日付, 夕刊 1,6,7 面, 8 月 8 日付 朝刊 1~3 面, 8 月 9 日付 朝刊 18 面
- 68) 読売新聞, 1993 年 8 月 7 日付, 朝刊 1,10,11 面, 8 月 8 日付 朝刊 22 面
- 69) 朝日新聞, 1993 年 8 月 7 日付, 朝刊 23 面, 8 月 8 日付朝刊 23 面
- 70) 佐伯和人, 武田大典, 下川悦郎: 鹿児島県竜ヶ水地区における土砂災害に関する観測調

- 査について, 第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集 (2008)
- 71) 廣井脩: 1993年鹿児島水害における災害情報の伝達と住民の反応, 氾濫原危機管理ワークショップ論文集, pp291-303 (1996)
- 72) 桑野偕紀, 前田荘六, 塚原利夫: 機長の危機管理, pp299-308, 講談社 (2002)
- 73) 読売新聞, 読売新聞が見詰めた高知 50年 土佐山田の繁藤災害(3)
<http://web.archive.org/web/20031128084505/http://www.yomiuri.co.jp/e-japan/kochi/kikaku/004/3.htm> (2014年10月8日閲覧)
- 74) 国土交通省: フェリー大傾斜事故の再発防止策について, 2011年3月2日
- 75) 読売新聞: 2014年4月17日付, 朝刊38,39面, 同17日付 夕刊1,11面, 同18日付 朝刊1,37面
- 76) 毎日新聞: 2014年4月19日付 朝刊1,25面 同19日付 夕刊1面, 同21日付 朝刊29面
- 77) 聯合ニュース, 事故当時の航海士は「配置5か月」の新米, 2014年4月17日配信(2014年4月30日閲覧) <http://headlines.yahoo.co.jp/ha?a=20140417-00000030=mai-kr>
- 78) 運輸安全委員会: 船舶事故報告書ありあけ船体傾斜事故, 2011年2月25日
- 79) 中日新聞: 2009年11月13日付 夕刊1,15面, 同14日付 朝刊31面
- 80) 伊勢新聞: 2009年11月13日付 朝刊1面, 11月14日付 朝刊1面
- 81) 毎日新聞 2009年11月13日付, 夕刊1面, 13面, 14日付 朝刊14面
- 82) 運輸安全委員会: 第1回ありあけ傾斜転覆事故調査進捗状況報告, 2009年12月15日
- 83) 運輸安全委員会: 第2回ありあけ傾斜転覆事故調査進捗状況報告, 2010年3月24日
- 84) 中山光成, 久宗周二: クルーズ客船の火災発生時における乗客の避難に関する研究, 日本航海学会論文集, 第133巻, pp12-19 (2015)
- 85) 読売新聞: 1965年11月14日付 朝刊, 15面
- 86) 毎日新聞: 1965年11月14日付, 朝刊15面, 15日付 朝刊15面
- 87) U.S. Coast Guard: Report of fire accident of Yarmouth Castle, March, 1966
- 88) New York Times: p1, 178-179, 14 November 1965, p24-25, 15 November 1965.
- 89) Washington Post: p1, A6-7, 14 November 1965, p1, A3, 15 November 1965.
- 90) 毎日新聞: 1999年5月21日付 夕刊, 15面
- 91) The Straits Times : p1, p50-53, 22 May 1999, p5, 24 May 1999, p31, 25 May 1999.
- 92) New Strait Times (Malaysia): p4, 5, 7, 22, May 1999, p1, 23 May 1999, p8, 25 2 May 1999.
- 93) 読売新聞: 1999年5月21日付 朝刊, 23面
- 94) 中山光成, 久宗周二: 旅客船の転覆事故における避難行動に関する研究, 日本航海学会論文集, 第134巻, pp19-26 (2016)
- 95) 海上保安庁統計資料: 海難の状況と対策について, 平成25年度資料版, pp1-2, 2014年3月29日

- <http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h26/k20140319/k140319-siryou.pdf>, 2015.6
- 96) 旅客船海難の実態: 海難審判庁, I, 海難の実態, pp1-27(2008)
 - 97) 荻原幹夫: 宇高連絡線 紫雲丸はなぜ沈んだか, pp1-3,20-125, 成山堂書店 (2000)
 - 98) 広島海難審判所第 116 号: 機船さいとぼる機船チャンウォン衝突事件, 1978 年
 - 99) 愛媛新聞: 1978 年 9 月 6 日付, 夕刊 1 面, 5 面, 同 9 月 7 日付, 朝刊 1 面
 - 100) 中国新聞: 1978 年 9 月 6 日付, 夕刊 1 面, 3 面, 同 9 月 7 日付, 朝刊 社会面
 - 101) 読売新聞: 1978 年 9 月 6 日付, 夕刊 1 面, 11 面 同 9 月 7 日付, 朝刊 7 面
 - 102) 航空事故調査委員会 航空事故調査報告書 日本航空 DC-8-61 JA8061 羽田沖合 (1983 年 5 月)
 - 103) 東京新聞 1982 年 2 月 9 日付 夕刊 1-3 面, 2 月 10 日付 朝刊 1 面, 8-9 面, 2 月 12 日付 朝刊 1, 2 月 13 日付 朝刊 1-2 面, 14-15 面, 2 月 16 日付 朝刊 1 面, 2 月 19 日付 朝刊 15 面, 2 月 20 日付 朝刊 1 面
 - 104) 読売新聞 1982 年 2 月 9 日付 夕刊 1 面, 2 月 10 日付朝刊 1 面,
 - 105) NTSB Aircraft Accident Report “Loss of Thrust in Both Engines after Encountering Flock of Birds and Subsequent Ditching on the Hudson River US Airways Flight 1549” , March,2010
 - 106) “New York Times” pp.1, A24-25 16 January 2009, pp. A19-20 17January 2009, pp.A21 17January 2009, pp.A24 17January 2009, pp.1, 6 Week in Review 18 January 2009 Week Review, A21 19 January 2009
 - 107) 読売新聞 2009 年 1 月 16 日付 夕刊 1 面, 2009 年 1 月 19 日付 朝刊 34 面
 - 108) 福司光成: 旅客機の緊急着水時における避難行動に関する研究, 高崎経済大学論集 第 56 卷 4 号, pp75-88 (2014)
 - 109) David Beaty: The Naked Pilot; the Human Factor in Aircraft Accidents, 小西進 訳, pp53-70, 85-109, 177-212, 291-394, 講談社 (2002)
 - 110) 加藤寛一郎: まさかの墜落, pp.106-120,192-209,274-279, 大和書房 (2007)
 - 111) 久宗周二: 参加型自主改善活動, pp.27-34, 創成社 (2009)
 - 112) 久宗周二, 福司光成, 木村暢夫: 船員の労働災害対策に関する研究, 日本航海学会論文集, 第 127 卷, pp11-116 (2012)
 - 113) 国土交通省 中国運輸局島根支局, 旅客船乗組員研修会資料 (2015)