

船舶事故調査報告書

船種船名 旅客フェリー さんふらわあ だいせつ
船舶番号 136432
総トン数 11,401トン

事故種類 火災
発生日時 平成27年7月31日 17時10分ごろ
発生場所 北海道苫小牧市苫小牧港南方沖
苫小牧港東外防波堤灯台から真方位177° 47.7海里付近
(概位 北緯41° 49.6' 東経141° 40.9')

平成30年9月5日
運輸安全委員会(海事部会)議決
委員長 中橋和博
委員 佐藤雄二(部会長)
委員 田村兼吉
委員 石川敏行
委員 岡本満喜子

要旨

<概要>

旅客フェリー さんふらわあ だいせつは、船長ほか22人が乗り組み、旅客71人を乗せ、車両等160台を積載し、北海道苫小牧市苫小牧港に向けて茨城県大洗町大洗港を出港し、苫小牧港南方沖を北進中、平成27年7月31日17時10分ごろ第2甲板で火災が発生した。

さんふらわあ だいせつは、乗組員が消火作業を行ったものの延焼し、船長が18時30分ごろ総員退船を命じ、来援した旅客フェリー等により、旅客全員及び二等航海士を除く乗組員が救助された。

二等航海士は、行方不明となり、8月3日11時01分ごろ第2甲板で発見され、死亡が確認された。

さんふらわあ だいせつは、その後、北海道函館市函館港にえい航され、二酸化炭素ガス注入による消火作業が行われて8月10日14時53分ごろ鎮火が確認された。

さんふらわあ だいせつは、第2～4甲板の右舷中央部の甲板、外板等の船体構造物に焼損を、第2及び第3甲板に積載されていた車両等に焼損を生じた。

<原因>

本船舶事故は、さんふらわあ だいせつが、苫小牧港南方沖において苫小牧港に向けて北進中、第2甲板の右舷中央部に積載されたトラックの車載冷凍ユニットから出火し、乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかったため、発生した可能性があると考えられる。

車載冷凍ユニットからの出火については、メーカーのサービスマニュアルにおいて禁じられている方法により結線した箇所から電気火災が発生した可能性があると考えられるが、出火の要因の特定には至らなかった。

火災発見時に乗組員が消火器による消火を適確に行えなかったのは、火元が車載冷凍ユニットのカバー内部であったことから、火元に効果的に消火剤を放射できなかったことによる可能性があると考えられる。

乗組員が消火ホースからの放水による消火及び延焼の拡大を防止できなかったのは、消防員装具を装着した上で組織的な消火作業が行われなかったこと、乗組員の固定式加圧水噴霧装置の使用方法についての理解が不足し、加圧水噴霧ポンプの能力を超えた5区画に噴霧させたこと、及び安全かつ適確な消火作業を行うために必要な空所が確保されていなかったことによる可能性があると考えられる。

乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかったのは、商船三井フェリー(株)の乗組員に対する実践的な教育及び訓練が不足していたことによる可能性があると考えられる。

本件火災により二等航海士が死亡したのは、大きな危険を伴う火災現場において、所在が不明な甲板員を探すなどの職責を果たす際に、火災発生場所の風下に立ち入り、一酸化炭素を吸い込んだことによるものと考えられる。

商船三井フェリー(株)が火災発生時における有毒ガスの危険性に関する教育を行うことにより、二等航海士が有毒ガスの危険性をより強く認識できた可能性があると考えられる。

目 次

1	船舶事故調査の経過.....	1
1.1	船舶事故の概要.....	1
1.2	船舶事故調査の概要.....	1
1.2.1	調査組織.....	1
1.2.2	調査の実施時期.....	1
1.2.3	経過報告.....	2
1.2.4	原因関係者からの意見聴取.....	2
2	事実情報.....	2
2.1	事故の経過.....	2
2.1.1	船舶自動識別装置によるさんふらわあ だいせつの運航の経過.....	2
2.1.2	位置識別機能付火災探知装置の警報に関する情報.....	3
2.1.3	乗組員の口述等による事故の経過.....	4
2.1.4	救助作業の状況.....	16
2.1.5	二航士の捜索の状況.....	20
2.1.6	本船の鎮火までの状況.....	20
2.2	人の死傷に関する情報.....	20
2.3	船舶等の損傷に関する情報.....	21
2.3.1	船舶の損傷.....	21
2.3.2	車両の損傷.....	22
2.4	乗組員等に関する情報.....	23
2.5	船舶に関する情報.....	25
2.5.1	船舶の主要目.....	25
2.5.2	船体構造、設備等に関する情報.....	26
2.5.3	旅客の乗船及び貨物の積載の状況等.....	31
2.6	気象及び海象に関する情報.....	32
2.6.1	気象観測値及び潮汐等.....	32
2.6.2	乗組員等の観測.....	33
2.7	船舶の安全管理に関する情報.....	33
2.7.1	非常配置表.....	33
2.7.2	安全管理マニュアル緊急事態対応の手順書に関する情報.....	35
2.7.3	乗組員の教育及び訓練に関する情報.....	35
2.7.4	車両の積載及び航海中の車両の取扱いに関する情報.....	36

2.8	本件車両及び本件冷凍機に関する情報.....	37
2.8.1	本件車両の状況.....	37
2.8.2	本件冷凍機の状況.....	39
2.8.3	本件冷凍機の取扱説明書及びサービスマニュアル.....	41
2.8.4	同型の車載冷凍機に関する状況.....	42
2.8.5	電源ボックス、電源コード等の状況.....	43
2.8.6	車載冷凍機の整備に関する情報.....	44
2.8.7	旅客フェリーにおける車載冷凍機の不具合事例等.....	45
2.9	電気火災の要因等に関する情報.....	46
2.9.1	文献等の情報.....	46
2.9.2	検証実験.....	50
2.10	発火に関する情報.....	51
2.11	危険物の積載に関する情報.....	51
3	分析.....	52
3.1	事故発生の状況.....	52
3.1.1	事故発生に至る経過.....	52
3.1.2	事故発生日時及び場所.....	53
3.1.3	死傷者の状況.....	53
3.1.4	損傷の状況.....	53
3.2	事故要因の解析.....	54
3.2.1	乗組員の状況.....	54
3.2.2	船舶の状況.....	54
3.2.3	気象及び海象の状況.....	55
3.2.4	出火元に関する解析.....	55
3.2.5	出火の要因に関する解析.....	55
3.2.6	延焼に関する解析.....	56
3.2.7	乗組員の非常配置及び装備に関する解析.....	56
3.2.8	乗組員による消火作業に関する解析.....	57
3.2.9	火災現場等からの退避に関する解析.....	58
3.2.10	二航士の死亡に至る状況の解析.....	59
3.2.11	被害の拡大に関する解析.....	59
3.2.12	安全管理に関する解析.....	59
3.2.13	事故発生に関する解析.....	60
3.3	救助及び被害の軽減措置に関する解析.....	62

3.3.1	火災による被害の拡大に関する解析.....	62
3.3.2	総員退船に関する解析.....	62
3.3.3	本船の近傍を航行していた船舶による救助に関する解析.....	63
4	結論.....	63
4.1	分析の要約.....	63
4.2	原因.....	64
4.3	その他判明した安全に関する事項.....	65
5	再発防止策.....	66
5.1	火災事故に対する再発防止策.....	66
5.2	その他判明した安全に関する事項に対する対応策.....	67
5.3	事故後に講じられた事故等防止策.....	67
5.3.1	国土交通省海事局が講じた措置.....	67
5.3.2	国土交通省関東運輸局が講じた措置.....	68
5.3.3	経過報告に対して国土交通省が講じた措置.....	68
5.3.4	A社等により講じられた事故等防止策.....	70
5.3.5	シュータ及び救命いかだのメーカーにより講じられた措置.....	72
付図1	本件火災探知装置の作動状況図.....	73
付図2	本事故時の第2甲板の状況.....	74
付図3	本事故現場概略図.....	75
付図4	一般配置図.....	76
付図5	消防設備.....	78

別添 冷凍機のモータ配線の発熱状況に関する検証実験報告書

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

旅客フェリー さんふらわあ だいせつは、船長ほか22人が乗り組み、旅客71人を乗せ、車両等160台を積載し、北海道苫小牧市苫小牧港に向けて茨城県大洗町大洗港を出港し、苫小牧港南方沖を北進中、平成27年7月31日17時10分ごろ第2甲板で火災が発生した。

さんふらわあ だいせつは、乗組員が消火作業を行ったものの延焼し、船長が18時30分ごろ総員退船を命じ、来援した旅客フェリー等により、旅客全員及び二等航海士を除く乗組員が救助された。

二等航海士は、行方不明となり、8月3日11時01分ごろ第2甲板で発見され、死亡が確認された。

さんふらわあ だいせつは、その後、北海道函館市函館港にえい航され、二酸化炭素ガス注入による消火作業が行われて8月10日14時53分ごろ鎮火が確認された。

さんふらわあ だいせつは、第2～4甲板の右舷中央部の甲板、外板等の船体構造物に焼損を、第2及び第3甲板に積載されていた車両等に焼損を生じた。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成27年7月31日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2人の船舶事故調査官を、11月6日、1人の船舶事故調査官をそれぞれ指名した。

本事故の調査には、2人の地方事故調査官（函館事務所）が加わった。

また、平成27年10月16日、委員庄司邦昭を現場に派遣して調査を行った。

本事故に関し、次の専門的事項を調査するため、専門委員が任命された。

出火元の特定及び出火原因の究明

前科学警察研究所 法科学第二部 火災研究室長 渡邊憲道

(平成27年12月3日 任命)

また、平成27年12月24日、平成28年6月13日、14日、専門委員渡邊憲道を現場に派遣して調査を行った。

1.2.2 調査の実施時期

平成27年8月1日、10月28日、11月5日、22日、平成28年1月15日、4月2日、8日、9日、11日、22日、7月20日、平成29年2月13日、

6月9日、7月4日、8月3日、8月9日 口述聴取

平成27年8月2日、3日、13日、14日、12月23日、平成28年6月14日 現場調査

平成27年8月4日、6日、10月22日、29日、11月4日、10日、18日、28日、12月15日、平成28年1月12日、29日、2月19日、3月11日、5月25日、7月28日、9月14日、平成29年6月23日 回答書受領

平成27年8月11日、12日、21日、27日、28日、9月12日～14日、10月16日、平成28年1月14日、3月16日～18日、6月13日 現場調査

平成27年9月24日、12月11日 口述聴取及び回答書受領

平成27年12月24日 現場調査及び回答書受領

1.2.3 経過報告

平成28年9月29日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い、公表した。

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

2.1.1 船舶自動識別装置によるさんふらわあ だいせつの運航の経過

民間情報会社が受信した‘船舶自動識別装置（A I S）^{*1}の情報記録’（以下「A I S記録」という。）によれば、平成27年7月31日16時30分01秒～18時22分27秒の間におけるさんふらわあ だいせつ（以下「本船」という。）の運航の経過は、表1のとおりであった。

なお、本船のA I S記録は、18時22分27秒以降は、受信されていなかった。

^{*1} 「船舶自動識別装置（A I S：Automatic Identification System）」とは、船舶の識別符号、種類、船名、船位、針路、速力、目的地及び航行状態に関する情報を各船が自動的に送受信し、船舶相互間、陸上局の航行援助施設等との間で情報を交換する装置をいう。

時刻 (時:分:秒)	船位 [※]		対地針路 [※] (°)	船首方位 [※] (°)	対地速力 (ノット(kn))
	北緯 (° ′ ″)	東経 (° ′ ″)			
16:30:01	41-33-49.8	141-39-57.1	358.0	358	24.2
16:50:48	41-42-11.9	141-39-37.7	002.0	002	23.5
17:10:00	41-49-35.5	141-40-52.0	004.0	000	23.2
17:13:00	41-50-45.0	141-40-59.1	004.0	000	23.2
17:20:01	41-53-26.4	141-41-14.0	002.0	001	22.5
17:30:06	41-57-12.7	141-41-26.6	002.0	359	22.1
17:40:00	42-00-52.7	141-41-37.0	001.0	000	22.2
17:48:00	42-03-51.3	141-41-59.9	004.0	005	22.7
17:50:00	42-04-36.2	141-42-04.7	004.0	005	22.4
17:54:59	42-06-24.3	141-42-06.7	352.0	354	18.2
17:59:06	42-06-50.5	141-42-00.8	335.0	327	2.2
18:04:29	42-06-55.1	141-41-54.2	298.0	288	0.9
18:22:27	42-07-03.5	141-41-36.6	301.0	283	0.6

表1 本船のAIS記録(抜粋)

※ 船位は、船橋上方に設置されたGPSアンテナの位置である。また、対地針路及び船首方位は真方位(以下同じ。)である。

2.1.2 位置識別機能付火災探知装置の警報に関する情報

本船の位置識別機能付火災探知装置(以下「本件火災探知装置」という。)の記録によれば、次のとおりであった。

本船は、7月31日17時10分ごろ第2甲板のエンジンケーシング右舷側の煙探知器が作動し、船橋に設置されている本件火災探知装置が火災予備警報^{*2}を発した後、17時13分ごろ火災警報を発した。

その後、本船は、17時14分ごろエンジンケーシング船首側、17時15分ごろエンジンケーシングの右舷側等、主に船尾側の煙探知器が次々に作動し、17時26分ごろ第3甲板左舷船尾部、17時31分ごろ第3甲板右舷中央部の煙探知器が作動した。また、エンジンケーシング内及び機関室の煙探知器も作動した。

なお、17時32分以降、本件火災探知装置の記録紙を使い切ったことにより、警報に関する記録は残っていなかった。

(付図1 本件火災探知装置の作動状況図 参照)

^{*2} 「火災予備警報」とは、火災警報より少量の煙を感知した時点で発せられる警報のことをいう。

2.1.3 乗組員の口述等による事故の経過

出港から総員退船が行われるまでの経過は、本船の船長（以下「本件船長」という。）、一等航海士（以下「一航士」という。）、三等航海士2人、機関長、一等機関士、甲板長、甲板手4人、甲板員3人、マネージャー、司厨長、司厨員2人及び本事故時の本船の旅客3人の口述並びに商船三井フェリー株式会社（以下「A社」という。）の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 火災発生前の状況

- ① 本船は、本件船長ほか22人が乗り組み、旅客71人を乗せ、車両等160台を積載して定刻である平成27年7月31日01時45分ごろ苫小牧港に向けて大洗港を出港した。
- ② 本船の乗組員は、出港直後、05時00分ごろ、10時30分ごろ及び15時45分ごろにそれぞれ複数名で船内巡視を行い、第2甲板に異常がないことを確認した。
- ③ 本船の機関部の乗組員5人は、16時30分過ぎに機関室からエンジンケーシング内にある階段を上がり、第2甲板に出て、右舷中央部の階段室（以下「右舷中央階段室」という。）に向けて同甲板を移動したが、このときには異臭等の異常を感じなかった。

(2) 火災発生確認時の状況

- ① 一航士及び甲板手の1人（以下「甲板手A」という。）は、16時50分ごろ船橋当直についていた二等航海士（以下「二航士」という。）及び甲板手の1人（以下「甲板手B」という。）の食事交代のために昇橋して船橋当直についていた。
- ② 一航士は、17時10分ごろ本件火災探知装置が火災予備警報を発し、第2甲板右舷船尾部付近にある煙探知器が作動していることを確認したので、甲板手Aに第2甲板へ確認に向かうよう指示し、夕食の時間であったことから乗組員食堂に船内電話をかけ、電話をとった甲板手（以下「甲板手C」という。）に対して、三等航海士の1人（以下「三航士A」という。）を第2甲板へ確認に向かわせるよう指示した。

一航士は、17時13分ごろ本件火災探知装置が火災警報を発したので、再度乗組員食堂に電話して本件船長等にその旨を報告し、本件船長は直ちに昇橋した。

一航士は、昇橋した本件船長に状況を報告した後、自室に戻り、作業服、ヘルメット等の保護具を着用して第2甲板に向かい、その際、通路で出会った甲板手の1人（以下「甲板手D」という。）に車両甲板で火災が発

生した可能性があることを伝え、右舷中央階段室から第2甲板に入った。

- ③ 本件船長は、昇橋して一航士から火災の状況報告を受け、旅客が動揺することを避けるため、非常配置表の防火部署に定められた方法によらず、使い慣れているトランシーバにより、乗組員に対して防火部署につくよう指示した。
- ④ 甲板手Aは、一航士の指示で船橋から第2甲板に向かった際、当直時に着用していた服装のまま、トランシーバを持ち、船首部の階段を経由して施錠されていない船首側のドアから第2甲板に入り、焦げ臭い旨をトランシーバで一航士に報告した。

その後、甲板手Aは、第2甲板の状況を報告しながら船尾方向に向かい、右舷中央部まで進んだところで天井付近まで立ち上る白煙を認め、このことを一航士に報告して白煙の方向に向かって進み、‘エンジンケーシングの右舷船首側の空所’（以下「本件空所」という。）付近から、‘エンジンケーシングの右舷中央に積載されたトラック’（以下「本件車両」という。）の車載冷凍ユニット（以下「本件冷凍機」という。）付近がオレンジ色に明るくなっているのを認め、火災の発生を確信したので、一航士に火災発生をトランシーバで報告した。

（図1 参照）

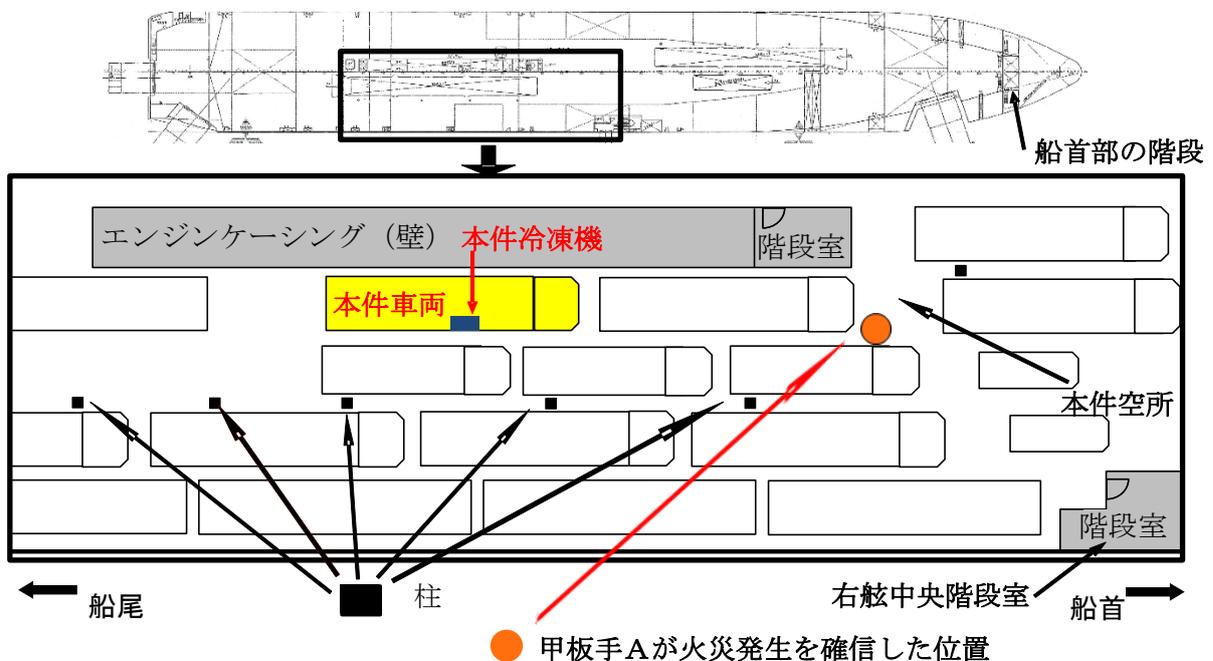


図1 第2甲板右舷中央部の概況

- ⑤ 甲板手Cは、一航士から乗組員食堂にかかってきた船内電話を取り、火

災予備警報が発せられたことを知り、同食堂にいた三航士Aに一航士からの指示を伝え、甲板長と共に自室に戻り、ヘルメットと手袋を持ち、食事を終えて自室に戻っていた乗組員に、火災発生を伝えた後、車両甲板に向かった。

- ⑥ 三航士Aは、一航士から現場確認の指示があったことを甲板手Cから聞き、一旦、昇橋して状況を確認した後、右舷中央階段室のマスターキーを持って階段室に向かい、鍵を開けて第2甲板に入った。

三航士Aは、一航士と甲板手Aとのトランシーバの交信内容から、甲板手Aの動向を把握し、一旦、船首側に向かってから、船尾側に向かい、右舷中央部付近に戻る途中で船尾方向に立ち上る白煙を認め、その後、‘持運び式の粉末消火器’（以下「消火器」という。）を持って本件冷凍機に近づいたところ、本件冷凍機のカバーのフロントパネルのスリットから火炎と煙が出ているのを認めた。

- ⑦ 甲板手Dは、自室にいたところ、通路が騒がしく異変を感じてドアを開け、そこにいた一航士から車両甲板で火災が発生した可能性があることを聞き、作業服、安全靴、ヘルメット及び革手袋を着用し、トランシーバを持って車両甲板に向かい、左舷船尾側から第2甲板に入った。

- ⑧ 甲板員の1人（以下「甲板員A」という。）は、食事を終えて自室にいたところ、一航士から火災が発生したことを知らされ、安全靴を履き、ヘルメット及び革手袋を着用し、懐中電灯を持って、右舷中央階段室から第2甲板に入り、甲板手Dと車両甲板を確認し、自らの判断で、消火器1個を取りに行った。

- ⑨ 甲板員の1人（以下「甲板員B」という。）は、食事を終えて自室にいたところ、甲板手Cから火災が発生したことを知らされ、作業服を着用していたので、安全靴を履き、ヘルメット及び革手袋を着用し、トランシーバ及び懐中電灯を持って、右舷中央階段室から第2甲板に入った。

- ⑩ 甲板長は、乗組員食堂にいたところ、甲板手Cが取った船内電話で火災の発生を知り、自室に戻って安全靴に履き替え、右舷中央階段室から第2甲板に入り、本件空所付近から船尾方を見たところ、本件冷凍機のカバーのフロントパネルのスリットから火炎と黒煙が出ており、また、本件冷凍機の下げんそくの甲板がオレンジ色に照らされているのを認め、左舷舷側付近にある消火器を取りに行った。

- ⑪ 三等航海士の1人（以下「三航士B」という。）は、異変を感じて自室から乗組員食堂に向かう途中で甲板長から火災が発生したことを知らされ、昇橋した。

- ⑫ 甲板手Bは、17時15分ごろ食事を終えて船橋当直に戻る途中に火事だという声を聞き、17時20分ごろまでには昇橋したところ、本件船長と三航士Aがいたので、本件船長の許可を取り、右舷中央階段室から第2甲板に向かった。
- ⑬ 機関長は、17時20分ごろ食事を終えて自室に戻る際、船橋の扉が開いていたので、一航士に何があったのかを尋ね、火災警報が発せられ、現場確認が行われていることを知り、船橋で待機していたところ、甲板手Aから火災発生の報告があったので、直ちに機関士全員に機関室で防火部署につくよう指示し、発電機の運転を2台から3台に増やした後、機関室にある消火器を第2甲板に持って行くように機関士に指示した。
- ⑭ マネージャーは、本件船長からの船内電話により、案内所で待機するようにとの指示があったので、案内所に向かった後に昇橋し、火災が発生していることを知り、本件船長の指示により案内所で待機した。
- ⑮ 司厨長は、17時25～30分ごろに自室を出たところ、通路に備え付けてあった消火器がなくなっており、また、通路の窓から煙を目撃したので、昇橋したところ、火災が発生していることを知り、司厨員に火災が発生したことを伝え、本件船長の指示により案内所で待機した。

(3) 消火器を用いた消火作業の状況

- ① 甲板手Aは、本件空所から火元を確認し、狭いと感じた車列の間に一人で入って消火器による消火作業を行うことに危険を感じたが、消火作業をしなければならないと思い、本件車両に向かおうとしたときに甲板長と会ったので消火器を渡し、その後、消火器を集め、右舷側の消火栓の消火ホース展張作業を行った。
- ② 三航士Aは、消火器を持って本件冷凍機に近づき、本件冷凍機のカバーのフロントパネルの手前側（本件車両の運転席側）のスリットから火炎と煙が出ているのを認め、本件冷凍機に向けて消火器1個を使用した。火が消えるという感覚はなく、火炎が急速に本件冷凍機の奥に広がっているように感じ、電気のスパーク音のような音を聞いた。

三航士Aは、煙を吸って気分が悪くなり、その後、非常配置表の防火部署の定めに従って、本件船長の補佐等を行うために船橋に向かった。その際、第2甲板右舷中央部において、階段から降りてきたと思われる二航士を見掛け、17時22～23分ごろ船橋に戻った。
- ③ 甲板長は、消火器1個を持ち、本件冷凍機の近傍に戻ったとき、本件冷凍機のカバーのフロントパネルのスリットや隙間から火炎や煙が横に吹き出しており、本件冷凍機の奥にも火炎が広がっている状況を認め、本件空

所に集められていた消火器 2 個程度を使用した。本件冷凍機のカバーに阻まれて消火剤が火元に届かず、火勢も相当強いと感じ、消火は容易ではないと思った。

- ④ 甲板手 C は、右舷中央階段室から第 2 甲板に入り、右舷舷側付近の消火器 2 個を取り、続いて第 2 甲板に降りてきた甲板手 B、甲板手 D 等に対して消火器を本件空所に集めるように依頼し、自ら運んだ消火器 2 個を使用した。
- ⑤ 一航士は、第 2 甲板に煙が充満し、本件冷凍機から出る火炎を認め、本件空所に集められていた消火器 2 個程度を使用した。また、視界及び呼吸を確保して消火作業を行う目的で、トランシーバで船橋に電動通風装置を排気で運転するよう要請した。
- ⑥ 甲板長は、船首側からの一方向では足りないと思い、本件車両の後方からも消火器を使用しようとして、エンジンケーシングの左舷側を通り、消火器を取って本件車両の船尾側に向かったが、船尾方向に流れていた黒煙により船尾側は視界が悪いうえ車両間隔が狭いことから本件冷凍機に近づくことができなかった。そこで、本件車両右側後部付近から消火器 1 個を使用して振り返ったところ、煙により見通し距離が 1 m もなく、方向を見失いそうになったが、本件車両の船尾方において消火ホースを展張していた甲板手 A が照らしたライトの灯りを頼りに船尾側に退避することができた。

甲板長は、本件車両の船尾側からエンジンケーシングの左舷側を通って本件空所に戻った際に本件車両の左側からも火炎が上がっているのを認めるとともに、本件空所付近に二航士がいるのを見た。

- ⑦ 乗組員は、甲板手 B が、消火器を 4 個から 5 個程度、甲板員 A が 2 個から 3 個程度使用するなど、合計 16 個程度の消火器を本件冷凍機付近に向けて使用したが、積載された車両等の間隔が狭く、また、本件冷凍機のカバーに阻まれたことから、カバーの中にある火元に効果的に消火剤を放射することができなかった。

なお、非常配置表の防火部署に定められたたがね、ハンマー、スパナ、電気ドリル等の準備を行った乗組員はいなかった。

- ⑧ 甲板手 D が本件車両付近に着いたときには、消火器が散乱しており、火元の車両を確認する間もなく、一航士から放水するので消火栓を開けるように指示された。

(4) 消火ホースを用いた消火作業の状況

- ① 一航士は、消火ホースによる放水に先立ち、漏電による事故を防止する目的で、車両に備え付けられた冷凍機（以下「車載冷凍機」という。）に電源を供給する保冷車用レセプタクルボックス（以下「電源ボックス」という。）のうち、第2甲板右舷中央部への電源の供給を甲板長に指示して停止させ、17時27分ごろ、本件車両の前方約15mのエンジンケーシングと車両の間及び本件冷凍機の前方約6mの車両の間から消火ホース2条による放水を開始させた。

（付図2 本事故時の第2甲板の状況 参照）

- ② 第2甲板にいた乗組員は、積載された車両等の間隔が狭く、また、煙及び熱により、火元に接近することができなかった。

なお、全ての消火作業を通じて、非常配置表の防火部署に定められた消防員装具^{*3}を準備し、装着した乗組員はいなかった。また、水噴霧放射器^{*4}及びガス検知器を使用した乗組員もいなかった。

- ③ 甲板手Aは、1本の消火ホースを使って右舷側の消火栓から車両間を迂回^{うわい}して展張した。

- ④ 一航士は、放水を行っている間にも火勢が増して本件車両の左舷側から大量の黒煙が吹き出し、更に火勢が増して本件車両の荷台に延焼するとともに、本件車両の右舷側に隣接して積載されていた車両に延焼したのを認めた。

- ⑤ 甲板手Aは、消火ホースによる放水を行っていたところ、一航士からトランシーバの通信状態が悪いので船橋との中継を行うよう指示され、右舷中央階段室で中継を行った。

- ⑥ 甲板手Cは、第3甲板右舷中央部床面を冷却する目的で、甲板員Bと共に第3甲板に上がり、消火ホースを展張して甲板上に放水を行ったところ、放水した海水が蒸発するのを認めた。その際、第3甲板内にも黒煙が入っていたが、同甲板に積載されていた車両等からの発火は認められなかった。

一航士は、甲板手C等が自発的に第3甲板に上がって延焼防止作業を行っていたことを本事故後に知り、甲板手C等の自発的な行動は教育及び

^{*3} 「消防員装具」とは個人装具（防護服（防火服）、長靴、ヘルメット、安全灯、おの（高電圧絶縁の柄を有するもの）などで構成されるもの）、自蔵式呼吸具及び命綱で構成され、消火作業を行う者を火災によって生じる有害な熱、ガス等から保護し、また、消火作業を支援する装具をいう。

^{*4} 「水噴霧放射器」とは、消火ホースに取り付ける金属製のL型管であって、長筒部分の長さは1.2m以上3.6m以下であり、短筒部分の先端から水を噴霧することができるものをいう。人が進入できない場所、高いところなど、短いノズルでは届かない箇所に水を噴霧するとともに、噴霧した水により放射熱の伝搬を軽減することができる。（図25参照）

訓練の成果であると思った。

- ⑦ 一航士は、17時30分ごろ、消火ホースからの放水による消火は困難であると判断し、甲板長に車両甲板全ての電源ボックスへの電源の供給を止めるよう指示し、本件船長に固定式加圧水噴霧装置*⁵（以下「固定式加圧水」を省略し、「噴霧装置」という。）の使用を進言した。

(5) 火災発生のお知らせ

三航士Aは、本件船長の指示により、17時32分ごろA社に火災発生のお知らせを、17時38分ごろVHF無線電話（以下「VHF」という。）で第一管区海上保安本部（以下「一管本部」という。）に火災発生のお知らせを行った。

(6) 噴霧装置を用いた消火作業の状況

- ① 本件船長は、一航士の進言を受け、噴霧装置を使用することとし、17時43分ごろ三航士Aに指示して、第2甲板中央部から船尾部までとなる第10区画から第14区画までの5区画に噴霧するよう船橋にある噴霧装置の遠隔制御盤を操作させた。（付図5参照）

- ② 一航士は、黒煙の充満により第2甲板天井部の視認が困難であったので、噴霧ノズルからの噴霧が確認できない旨を船橋に報告するとともに、甲板長に噴霧装置の作動確認を行うように指示した。

- ③ 甲板長は、機関室に向かい、一等機関士等と共に加圧水噴霧ポンプが駆動されていることを確認した後、第4甲板にある噴霧装置バルブ室に向かい、各区画の噴霧ノズルへの分配バルブにOPEN（開）となっているものとSHUT（閉）となっているものがあることを確認した。

- ④ 乗組員は、黒煙が第2甲板の天井を覆うように広がり、黒煙が立ちこめる中、蛍光灯が破損するなどしたことにより照明が消えて、オレンジ色の炎しか見えず、また、断続的に破裂音が聞こえる状況の中で、消火ホースによる放水を継続した。

なお、乗組員は、それぞれトーチランプを携行していたが、非常配置表の防火部署に定められた照明用ランプ等の準備を行っていなかった。

(7) 乗組員の退避の状況

- ① 機関長は、機関室内に充満した黒煙により、機関制御室から機関室内が見えない状況となったことから、主機の停止を本件船長に進言し、本件船

*⁵ 「固定式加圧水噴霧装置」とは、遠隔操作等で制御弁を開くことにより、加圧されたタンク内の清水を車両甲板等の上部に設けたノズルから床面積1m³あたり毎分3.5リットル以上噴霧し、タンク内の圧力が低下した場合、加圧水噴霧ポンプが自動的に起動し、海水の連続噴霧を行う装置をいう。

長の指示により、17時59分ごろに主機を停止するとともに主発電機の運転を3台から2台とした後、機関室に留まることに危険を感じ、本件船長に報告して機関部の乗組員全員と共に第4甲板に退避した。その際、エスケープトランク*⁶は煙が充満して使用できなかった。

- ② 一航士は、消火は困難であり、黒煙で視界を遮られ、照明も消えたことから消火作業を行っている乗組員の二次災害のおそれがあると判断し、本件船長に報告し、了解を得た上で、消火作業の継続を断念して火災現場から退避することとした。
- ③ 一航士は、消火作業を行っていた乗組員にトランシーバで消火作業を中止して火災現場から退避するよう指示し、右舷中央階段室で点呼を行ったところ、船橋にいる乗組員を除き甲板部の乗組員全員が消火作業を行っていると想定していたが、二航士、甲板手C、甲板員B及び甲板員の1人（以下「甲板員C」という。）の所在が確認できなかった。
- ④ 一航士は、トランシーバで二航士、甲板手C、甲板員B及び甲板員Cに呼び掛けを行ったところ、二航士から船尾側に退避した旨の応答があり、また、甲板手C及び甲板員Bからは応答があったものの、甲板員Cからは応答がなく、船橋からも甲板員Cに呼び掛けを行っていたところ、二航士からトランシーバで甲板員Cの所在が確認できないのかと問い掛ける旨の声を聞いた。
- ⑤ 甲板員Cは、自室にいたところ、通路が騒がしかったのでドアを開けると、船内放送で自分の名前が呼ばれ、トランシーバで応答するようとの指示が聞こえたのでトランシーバで応答をした。また、その直後に甲板員A及び甲板員Bが船員室に甲板員Cを探しにきた。
- ⑥ 一航士は、二航士に甲板員Cの所在が確認できた旨の連絡をトランシーバで行ったが、二航士から応答はなく、やむを得ず、他の甲板部員と共に階段を上がって第4甲板まで退避した。
- ⑦ 一航士は、二航士からトランシーバで方向が分からなくなった旨の報告を聞き、トラックの向きから船尾方向を判断して避難するよう連絡したが、二航士からの応答はなかった。
- ⑧ 一航士は、18時18分ごろ、トランシーバで、二航士に対して、聞こえるか、逃げるぞと何度も伝えたが、応答はなかった。このトランシーバによる一航士の呼び掛けを船橋で聞いていた三航士Aは、全区画に聞こえ

*⁶ 「エスケープトランク」とは、非常時に、機関室から甲板上に直接脱出するためのもので、内部にはしごを設けた筒状の通路をいう。

る一斉放送により二航士に呼び掛けを繰り返し行ったが、二航士からの応答はなかった。

- ⑨ 一航士は、二航士を捜索するため、消防員装具を装着して第2甲板に入ろうとしたが、黒煙と熱風により入ることができなかった。

本事故の発生日時は、平成27年7月31日17時10分ごろであり、発生場所は、苫小牧港東外防波堤灯台から177°47.7海里(M)付近であった。

(8) 総員退船の状況

- ① マネージャーは、17時40分ごろ本件船長の指示により、旅客に対して、第4甲板の案内所に集合するよう船内放送し、集合した旅客に、火災が発生したので避難すること、必要最低限の所持品しか持ち出せないことなどを説明し、司厨長及び司厨員2人と共に点呼を行い、71人全ての旅客が集合していることが確認できたので、その旨を船橋に報告した。

- ② マネージャーは、本件船長から旅客に救命胴衣を着用させるようにとの指示を受け、案内所前に集合した旅客に対して、一旦、各客室に戻り、客室にある救命胴衣を持参するよう依頼し、案内所前で着用させた。その際、体が大きく、規格が大人用の救命胴衣では着用できない旅客がいた。また、マネージャーは、救命胴衣に詳しい旅客が周囲の旅客に救命胴衣の着用について助言を行っているのを見た。

マネージャーは、18時00分ごろには、旅客全員の救命胴衣着用を確認して案内所前から第4甲板左舷側の暴露部に移動した。

- ③ 本件船長は、18時13分ごろ、中央部の通風筒から出ていた黒煙が船首部の通風筒からも排出される状況となったことなどから、火災は拡大しており消火は困難であると判断し、また、日没時刻も勘案して総員退船を決断し、乗組員に総員退船の準備を行うよう指示した。
- ④ マネージャーは、本件船長から総員退船準備の指示を受け、風上側である左舷側の降下式乗込装置（以下「シュータ」という。）の前に旅客を誘導し、再度、点呼を行い、全ての旅客の退船準備ができたことを本件船長に報告した。

マネージャーは、自らを落ち着かせてから旅客に接することにより、旅客を落ち着かせようと心掛けた。

マネージャーは、旅客が、総員退船となった状況においても、落ち着いているように見えた。

- ⑤ 本船は、18時22分ごろ船橋内の通信機器、航海計器等の電源が失わ

れ、通信機器としては持運び式双方向VHF無線電話のみが使用可能な状況となった。

⑥ 乗組員は、当初、風上にある左舷側のシュータのみを使用しようとしていたが、シュータ投下用ウインチの操作用ハンドルが錆により適切に差し込めなかったことから、ハンドルが甲板に接触して操作が円滑に行えず、シュータの投下に手間取ったので、右舷側のシュータも使用することとした。最初に投下できたのは右舷側のシュータであった。

⑦ 旅客の1人は、乗組員が左舷側シュータの投下に手間取っているように感じた。

他の旅客の1人は、乗組員は落ち着いた感じで慌てた様子はなく、チームワーク良く作業を行っていると感じた。

⑧ 乗組員は、シュータ投下後に、膨張式救命いかだ（以下「膨張式」を省略し、「救命いかだ」という。）を投下しようとしたが、一部の救命いかだの架台は、作動部が固着して作動しなかったため、救命いかだを数人で抱え上げて投下した。

⑨ 乗組員は、本船に積載されていた8個全ての救命いかだを投下したが、投下した救命いかだのうち、左舷側のシュータのプラットフォーム上に2個、右舷側のプラットフォーム上に1個が落下した。（図7参照）

プラットフォーム内に落下した救命いかだ3個のうち2個は、数人がシュータでプラットフォームに降下した後に協力してプラットフォームから海面上に出した。救命いかだの重量は、約220kgであった。

投下した8個の救命いかだのうち、プラットフォームから海面上に出すことができなかったものが1個、車両甲板から排水された消火用海水が入ったことにより使用できなかったものが1個、展^{ちょう}張できなかったものが1個あり、合計3個は使用しなかった。

⑩ 乗組員は、車両甲板から排出された黒煙により固型高速救助艇（以下「本船救助艇」という。）に近づくことができず、本船救助艇を降下し、使用することができなかった。（図5参照）

⑪ 本件船長は、18時30分ごろ総員退船を発令した。

⑫ 甲板手D及び機関士2人は、左舷側のシュータのプラットフォーム上で救命いかだに移乗する旅客を支援するために、最初にシュータにて降下した。

⑬ シュータによる旅客の降下は、子供連れの旅客、女性、男性の順に行うこととし、まず、父親が鞆を持ったまま子供と一緒に降下しようとしたが、シュータの降下路入り口に引っかかり、降下できなかった。その後、父親

が単独で降下し、子供は他の旅客に抱えられて降下した。

- ⑭ 機関長は、第4甲板からのぞき込んで、先に降下した旅客が降下路からプラットフォームに出たことを確認した後、次の旅客を降下させていき、プラットフォーム上では、先に降下していた3人の乗組員が、旅客をプラットフォームから順次、救命いかだに移乗させていった。
- ⑮ 乗組員は、トラックドライバーを右舷側のシュータ前に誘導し、右舷側のシュータで甲板員C、甲板手B、甲板手Cの順に降下した後、18時44分ごろからトラックドライバーの降下も開始し、順次、救命いかだに移乗させた。
- ⑯ シュータの乗入口から約13.6m下の海面が見えたことから、シュータによる降下を躊躇^{ちゅうちよ}する旅客がいた。
- ⑰ 旅客71人並びに本件船長及び二航士を除く乗組員21人の退船が完了したのは、退船開始の約55分後となる19時25分ごろであった。

(図2～図7 参照)



図2 点呼の状況
(監視カメラの映像より)



図3 救命胴衣着用の状況
(監視カメラの映像より)



図4 誘導後の左舷側の状況
(旅客提供 船首方を撮影)



図5 左舷側の救命設備の状況
(旅客提供 船首側より撮影)



図6 シュータ降下時の状況
(旅客提供 左舷側を撮影)

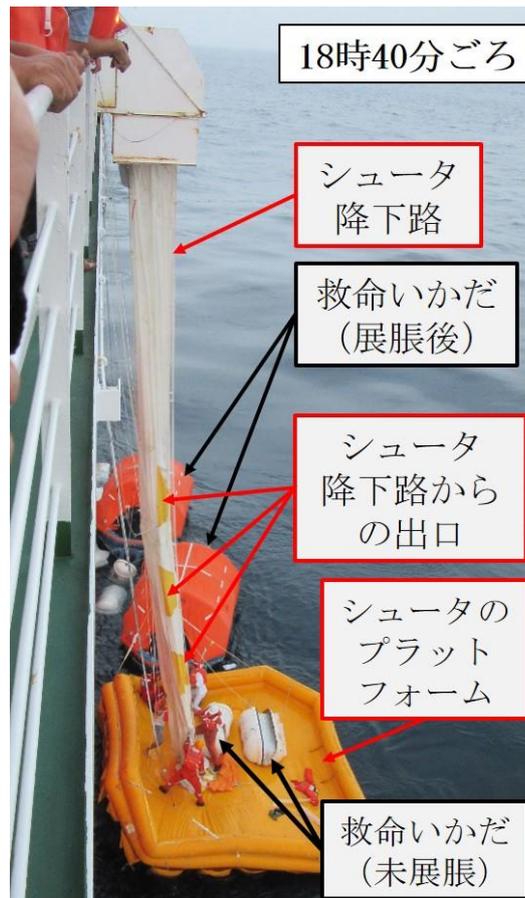


図7 シュータ降下時の状況
(旅客提供 左舷側を撮影)

2.1.4 救助作業の状況

本船から救命いかだに移乗した旅客及び乗組員の救助の経過は、旅客フェリーシルバークティーン（以下「フェリーA」という。）の船長及び旅客フェリーすずらん（以下「フェリーB」という。）の船長の口述、A社及び貨物船北王丸（以下「貨物船A」という。）の船舶管理会社の回答書、A社の事故調査報告書並びに海上保安庁の情報によれば、次のとおりであった。

(1) 民間事業者による救助の状況

① フェリーA

フェリーAは、苫小牧港に向けて本船の西方約4～5Mを北進中、17時40分ごろフェリーAの船長が、本船と一管本部とのVHFによる交信を傍受して本事故の発生を知り、その後、本船から大量の黒煙が立ち上がっていることを視認し、引き続きVHFによる交信を傍受していた。当初、本船で消火できそうなので、このまま苫小牧に向けて続航する旨の連絡を聞いたが、その後、本船による消火作業では鎮火できないので退船する旨の連絡を聞いたので、救助に向かうことを申し出たところ、一管本部

から救助の要請があったので、18時00分ごろに本船の救助に向かった。

フェリーAの船長は、本船の救助に向かうに際して、救助艇部署の発令及び自船の旅客に他船の救助に向かう旨の船内放送を行った。

フェリーAは、18時35分ごろ本船の左舷側350m付近に到着し、直ちに救助艇を降下させ、乗組員3人を乗艇させて救助に向かわせた。

フェリーAの救助艇（以下「救助艇A」という。）は、本船の左舷側に向かった後、本船から依頼を受け、本船の右舷側のプラットフォーム付近に旅客が1人しか乗っていない救命いかだがあったので、救助艇Aから同いかだにフェリーAの乗組員1人が移乗し、えい航を試みたが、風やうねりの影響が大きく、えい航できず、救助艇Aが本船の方向に流されるなど危険を感じたので、えい航を断念し、救命いかだを救助艇Aから切り離れた。このため、フェリーAの乗組員1人及び旅客1人が乗った救命いかだは漂流したが、その後、貨物船Aに救助された。

本船の右舷側で救命いかだのえい航を断念した救助艇Aは、本船の左舷側のプラットフォーム付近に回り、左舷側のプラットフォームに接続されていた救命いかだ2個のうち、まず、1個をプラットフォームから引き離そうとしたが、ロープが絡まるなどして引き離しに時間を要し、また、プラットフォームから引き離すためのえい航を開始してからも、救命いかだのコンテナが水中で抵抗となり、なかなか引き離せなかった。

救助艇Aは、一旦、救命いかだを切り離れたところ、当該救命いかだはフェリーAの方に漂流していった。その後、救助艇Aは、もう1個の救命いかだをプラットフォームから引き離してえい航し、フェリーAに向かった。

フェリーAは、20時00分ごろフェリーAに向かって漂流してきた救命いかだ1個及び救助艇Aでえい航した救命いかだ1個に乗っていた旅客31人及び乗組員8人の計39人を左舷側の舷門から収容して救助した。その際、救命いかだから舷門まで2～3mの高さがあったが、アルミニウム製の脚立を舷門から下ろし、救命いかだに移乗したフェリーAの甲板長が乗船を支援した。

フェリーAは、自船の旅客に協力依頼を行ったところ、旅客として乗船していた消防団員十数人が、救助した旅客及び乗組員の名簿を作成し、また、トリアージ^{*7}を行う等の協力をした。

^{*7} 「トリアージ」とは、災害医療において、最善の救命効果を得るため、多数の傷病者を重症度と緊急性によって分別し、治療の優先度を決定することをいう。

フェリーAは、定刻より2時間15分遅れの22時50分ごろ苫小牧港に着岸した。

救助艇Aで救命いかだをえい航したフェリーAの乗組員2人は、救助艇を使用した救助部署の訓練は港内など穏やかな水域で行っており、夏季の明るい時間帯で時化^{しげ}していない状況であったにもかかわらず救助作業が思うように実施できなかつたことから、冬季で時化している状況であったならば救助艇による救助作業を実施できたかどうか分からないと本事故後に思った。

② フェリーB

フェリーBは、苫小牧港に向けて函館市恵山岬北東方沖約12M付近を航行中、18時15分ごろ、一管本部からのVHFによる本船の救助要請を傍受したので、救助に向かう必要性を一管本部に確認したところ、救助要請があつたので、自船の旅客に他船の救助に向かう旨の船内放送を行った上で、本船の救助に向かつた。

フェリーBの船長（以下「船長B」という。）は、当初、VHFによる交信内容から本船が総員退船せざるを得ない事態に陥るとは認識していなかつたが、その後、総員退船せざるを得ない状態に至っていると判断し、救助艇、縄ばしご、毛布などの準備を行った。

船長Bは、本船の救助に向かいながら本事故に関するVHFによる交信を傍受し、既にフェリーA及び貨物船Aが本事故現場周辺に到着して救助作業を開始していることを知つた。

船長Bは、18時55分ごろ本船から2M付近に到着した後、本船から500～900m程度の距離から救助作業を行うこととし、フェリーBをゆっくりと本船に接近させ本船の左舷船首側550m付近に到着した。その後、本船及びフェリーAと交信して必要とする救助について確認を行い、本船からの要請に基づき、本船の右舷側にある救命いかだ2個をえい航するため、19時20分ごろ救助艇を降下させ、乗組員4人を乗艇させて救助に向かわせた。

フェリーBの救助艇は、19時35分ごろ本船の右舷側にあつた救命いかだ2個のえい航を開始し、19時51分ごろフェリーBに到着した。

フェリーBは、20時07分ごろ救命いかだ2個に乗っていた旅客21人及び乗組員12人の計33人を風下側である左舷側の車両甲板にある舷門から収容して救助した。舷門は、海面から約3mの高さにあり、移乗には縄ばしごを使用した。

フェリーBの乗組員は、縄ばしごによる移乗に当たっては、フェリー

Bが収容した旅客が男性のトラックドライバーばかりであったことが幸いしたと、本事故後に思った。

フェリーBは、20時15分ごろえい航した本船の救命いかだを放棄した後に救助艇を揚収し、一管本部に苫小牧港に向かう旨連絡し、現場を離れた。

船長Bは、救助艇の降下揚収訓練は頻繁に行っていたものの、訓練は港内の穏やかな水域で日中に行っており、本事故に伴う救助作業時のようにうねりとともに波高が約1mあり、作業中に日没になるといった条件で訓練を実施したことはなかった。また、救助作業を行うことも初めてであったので、救助作業に伴う二次災害発生を懸念し、十分に注意して作業を行うよう乗組員に指示していた。

フェリーBは、定刻より1時間35分遅れの22時05分ごろ苫小牧港に着岸した。

③ 貨物船A

貨物船Aは、苫小牧港に向けて航行中、17時50分ごろ本船とフェリーAとのVHFによる交信を傍受して本事故の発生を知り、直ちに一管本部に本船の約6M前方を航行中であることを連絡し、一管本部からの指示を待った。

貨物船Aは、18時00分ごろ一管本部からの救助要請を受けて本船の救助に向かった。

貨物船Aは、18時30分ごろ本船の船尾側550m付近に到着し、救助体制をとっていたところ、19時10分ごろ救命いかだが流れてきたので、船首ランプを降下して先端に縄ばしごを設置し、19時25分ごろ救命いかだに乗っていた本船の旅客1人及びフェリーAの乗組員1人を収容した後、一管本部の指示で現場で待機した。

貨物船Aは、20時15分ごろ一管本部の指示を受けて現場を離れ、22時10分ごろ苫小牧港に着岸した。

(2) 海上保安庁による救助の状況

一管本部は、17時38分ごろ本船からの火災発生の通報を受け、直ちに巡視船艇15隻及び航空機5機を出動させるとともに、付近航行船舶に対し、情報提供及び協力要請を行い、更に巡視船艇2隻及び航空機2機を出動させ、巡視艇は、本船の旅客18人及び乗組員1人を収容し、22時20分ごろ苫小牧港に着岸した。

海上保安庁は、二航士の安否確認のため本船に残っていた本件船長を説得し、シュータで降下させ、21時13分ごろに巡視艇が救助し、本件船長が

移乗した巡視艇は、23時20分ごろ苫小牧港に着岸した。

2.1.5 二航士の捜索の状況

海上保安庁の情報によれば、次のとおりであった。

8月1日より海上保安庁の特殊救難隊による船内捜索が開始され、1日に第2甲板中央部の一部及び第4～第6甲板、2日に第2甲板の一部、第1甲板等で捜索が行われたものの、二航士の発見には至らなかった。

なお、1日の捜索の際、第2甲板の煙の濃度が高い箇所では、視界は1m程度であり、1～3日までの間、第3甲板は熱気及び煙の充満により立ち入りが困難であったので捜索は行われなかった。

また、1日の捜索の際、第2甲板に展張されていた2本の消火ホースのうち1本からは放水が継続しており、また一部の天井灯が点灯していたが、2日には発電機の運転は停止していた。

3日11時01分ごろ、二航士は、特殊救難隊2人により第2甲板の火災発生場所の風下側であった本件車両後方において、心肺停止状態で発見され、巡視船により北海道室蘭市室蘭港に搬送されて死亡が確認された。

(付図2 本事故時の第2甲板の状況 参照)

2.1.6 本船の鎮火までの状況

A社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、8月1日にA社が手配したタグボートによる漂流防止措置がとられ、海難救助船により、8月3日14時45分ごろ函館港に向けてえい航が開始され、8月5日13時35分ごろ函館港内に錨泊した。

本船は、8月3日から6日にかけて二酸化炭素ガスによる窒息消火を行うための準備として、通風装置等の開口部の閉鎖、耐熱気密テープによる目張り等が施され、8月6日に第2甲板に約7t及び第3甲板に約7t、8月7日に第2甲板に約5t及び第3甲板に約10tの二酸化炭素ガスが注入された。

その結果、8月6日の二酸化炭素ガス注入前の第2甲板5か所の平均酸素濃度が約20.12%、第3甲板5か所の平均酸素濃度が約20.26%であったものが、8月8日には、第2甲板5か所の平均酸素濃度が約12.0%、第3甲板5か所の平均酸素濃度が約13.1%へと減少し、8月10日14時53分ごろ鎮火が確認された。

2.2 人の死傷に関する情報

死体検案書によれば、二航士の死因は、一酸化炭素中毒であり、気道内に煤の付着

が認められた。

2.3 船舶等の損傷に関する情報

2.3.1 船舶の損傷

現場調査及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 第2甲板

右舷中央部の甲板、外板に焼損を生じ、右舷中央部の本件車両が積載されていた付近のエンジンケーシング壁面に確認できた箇所最大深さ約40mmの凹状の熱変形、天井部の部材及び噴霧装置の配管に曲損、蛍光灯に割損等を生じた。(図8参照)



図8 第2甲板右舷中央部の損傷状況

(2) 第3甲板

右舷中央部の甲板及び外板に焼損を生じ、右舷中央部の甲板上に最大深さ約70mmの凹状の熱変形、天井部の部材及び噴霧装置の配管に曲損、蛍光灯に割損等を生じた。(図9参照)



図9 第3甲板右舷中央部の損傷状況

(3) 第4甲板

右舷中央部の暴露甲板の塗装に剥離及び最大深さ約90mmの凹状の熱変形を生じた。(図10参照)



図10 第4甲板右舷中央部の損傷状況

(4) 機関室

機関室への延焼及び焼損はなかった。

2.3.2 車両の損傷

現場調査及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 車両

① 第2甲板に積載されていた車両70台のうち、右舷中央部に積載されて

いた12台に焼損を生じた。(図1.1参照)



図1.1 第2甲板右舷中央部に積載されていた車両の損傷状況

② 第3甲板に積載されていた車両66台のうち、右舷中央部に積載されていた4台に焼損を生じた。(図1.2参照)



図1.2 第3甲板右舷中央部に積載されていた車両の損傷状況

③ 第3甲板で焼損した車両のうち、第3甲板右舷中央部に積載されていた1台のセミトレーラの焼損が最も激しく、同セミトレーラには引火性高圧ガスが充填された小型のガスボンベが積載されていた。

2.4 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状

- ① 本件船長 男性 58歳
一級海技士(航海)

免許年月日 平成8年12月5日
免状交付年月日 平成23年7月7日
免状有効期間満了日 平成28年12月4日

② 一航士 男性 53歳

三級海技士（航海）

免許年月日 昭和61年5月30日
免状交付年月日 平成26年4月16日
免状有効期間満了日 平成28年6月20日

③ 二航士 男性 44歳

三級海技士（航海）

免許年月日 平成4年3月10日
免状交付年月日 平成24年2月10日
免状有効期間満了日 平成29年3月9日

④ 安全統括管理者兼運航管理者 男性 61歳

(2) 主な乗船履歴等

① 本件船長

本件船長の口述によれば、次のとおりであった。

貨物船で約10年間甲板員として乗船し、貨物船及び旅客フェリーで約20年間航海士職を経験した後、平成17年から船長職をとるようになった。平成21年にA社に入社し、A社運航の旅客フェリーに乗船していた。本事故当時の健康状態は良好であった。

② 一航士

一航士の口述によれば、次のとおりであった。

A社の前身の旅客フェリー会社に航海士として入社した後、陸上勤務の約10年間のほかは、旅客フェリーに約20年間乗船していた。一等航海士職は、平成26年9月からとるようになった。

本事故当時の健康状態は良好であった。

③ 二航士

本件船長及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

A社の前身の旅客フェリー会社に航海士として入社し、旅客フェリーに約22年間乗船していた。二等航海士職は、平成13年からとるようになった。本事故当時の健康状態は良好であるように見えた。

④ 安全統括管理者兼運航管理者

安全統括管理者兼運航管理者の口述によれば、次のとおりであった。

旅客フェリー会社で航海士として乗船した後、A社の前身の旅客フェリー

会社に入社して航海士として旅客フェリーに乗船し、平成15年から船長職をとるようになった後、平成25年6月から安全統括管理者兼運航管理者となった。

2.5 船舶に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	136432
船籍港	茨城県大洗町
船舶所有者	津軽海峡フェリー株式会社
船舶借入人	A社
総トン数	11,401トン
L×B×D	190.00m×26.40m×9.90m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関2基
出力	14,580kW/基 合計29,160kW
推進器	4翼可変ピッチプロペラ2個
進水年月日	平成13年3月14日
用途	旅客船兼自動車航送船
最大搭載人員	旅客154人、船員26人、その他の乗船者0人、計180人
航行区域	近海区域（A2水域 ^{*8} （湖川を含む。）に限る。） （船舶設備規定第146条の10の3の水域を定める告示（平成4年運輸省告示第51号）の水域に限る。）

（図13 参照）

^{*8} 「A2水域」とは、海岸局との間でMF無線電話により連絡を行うことができ、かつ、海岸局に対してMFデジタル選択呼出装置により遭難呼出しの送信ができる水域（湖川及びA1水域を除く。）であって告示で定めるもの（MF海岸局から約150Mまでの水域）をいう。



図 1 3 本船

2.5.2 船体構造、設備等に関する情報

(1) 船体構造

現場調査及び一般配置図によれば、次のとおりであった。

本船は、船体の下層から順に第1～第7甲板が設けられ、第1甲板に車両積載区画及び機関室が、第2甲板及び第3甲板に車両積載区画が、第4甲板（上甲板）に客室及び案内所が、第5甲板に客室及び乗組員食堂が、第6甲板に船橋及び乗組員居住区が、それぞれ配置されていた。

第4甲板には、右舷船首部及び左舷船尾部に第2甲板まで通じる階段が各1か所、右舷中央階段室内にエレベータ及び第2甲板まで通じる階段が、船体中央部のやや船尾側のエンジンケーシング内に第1甲板まで通じる階段が、それぞれ設けられていた。

（付図4 一般配置図 参照）

(2) 防火構造

防火構造図及び防熱防音要領図によれば、次のとおりであった。

本船は、船体、船楼、構造隔壁、甲板等は鋼又は鋼と同等の材料で造られており、船体、船楼等は隔壁で区分されていた。また、給排気運転の切り替えが可能な電動通風装置を備えていた。

(3) 船橋内の航海計器等

中央に操舵スタンドが、同スタンド右舷側に主機等操縦盤が、左舷側後部に本件火災探知装置及び噴霧装置の遠隔制御盤がそれぞれ設置されていたほか、レーダー等の航海計器が設置されていた。

(4) 通信設備

船橋内には、VHF等の無線設備及び船内放送指令装置主管制盤が設置されていた。

船内放送指令装置主管制盤は、船内に一斉放送ができるほか、船員室、車両甲板、客室及び客室通路を個別に選択して放送することが可能であった。

本船には、車両の積込み作業時、入出港作業時及び船内巡視時等に使用するトランシーバが備えられていた。

(5) 車両甲板

① 車両甲板の構造等

現場調査、車両搭載配置図、中央横断面図及び乗組員の口述によれば、次のとおりであった。

本船は、第1甲板に乗用車及びオートバイを、第2甲板及び第3甲板にトラック及びセミトレーラを積載でき、各車両甲板の高さが、第1甲板が約2.80m、第2甲板が約5.25m、第3甲板が約5.35mであった。

第2甲板及び第3甲板は、右舷側から順に1～8番線まで幅2.5mの駐車レーンが設定されていた。

第2甲板には、車両等の陸上からの積載時に使用する可動式ランプが右舷船首部及び右舷船尾部に設けられており、第2甲板と第3甲板との間に車両等を移動させるための可動式ランプが2基、第1甲板と第2甲板との間に同ランプが1基設けられていた。

本船では、航海中、施錠等により旅客が車両甲板に立ち入ることができないよう措置していた。

② 車載冷凍機用電源設備

現場調査及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、電源ボックスが、第2甲板に51か所、第3甲板に24か所設けられており、また、電源ボックスと車載冷凍機を接続するための保冷車用電源コード（以下「電源コード」という。）が約220本備えられていた。

本船は、第3甲板のエンジンケーシング内に電気機器室が設けられており、車両甲板220V給電盤及び漏電警報装置等が設置され、電源ボックスへの給電管理ができるようになっていた。

各電源ボックスには、漏電遮断器が備えられており、漏電が生じた場合、船橋及び電気機器室に漏電警報が発せられるとともに、電源の供給が遮断されるようになっていた。

本船は、毎月、電源ボックス及び電源コードの保守点検並びに漏電チェックを行っており、本事故発生時直近では、7月20日に電源ボックス及び電源コードの保守点検を行っていた。

(6) 通風設備

現場調査、通風系統図、本件船長及び一航士の口述並びにA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、車両甲板専用の電動通風装置が、第4甲板の中央部に第2甲板用3基及び第3甲板用3基が設けられていた。また、第5甲板には、中央部に第1甲板用2基が設けられていた。

電動通風装置は、船橋及び電気機器室で起動、停止及び給排気の切り替えができるようになっていた。

また、電動通風装置を内蔵しない自然通風筒が、第4甲板の船首部に第1甲板用、第2甲板用及び第3甲板用が2基ずつ、船尾部に第2甲板用2基及び第3甲板用3基が設けられていた。

本船救助艇の船首側にはポンプ室、スタビライザ室及び第2甲板用の電動通風装置の通風筒が隣接して設置されていた。

機関室の電動通風装置は、車両甲板の電動通風装置の船尾側に隣接して設けられており、通常、機関室に給気するよう運転されていた。

(7) 消防設備

現場調査、火災制御図及び加圧水噴霧装置計算書並びに乗組員及び船用消防設備メーカーの担当者の口述によれば、次のとおりであった。

本船の車両甲板等には、本件火災探知装置の煙探知器、手動火災警報装置、噴霧装置、消火栓、消火ホース、ノズル、水噴霧放射器、持運び式泡放射器、消火器及び消防員装具が船舶消防設備規則（昭和40年運輸省令第37号）の規定に従って備え付けられていた。

① 本件火災探知装置等

本船の第2甲板には、本件火災探知装置の煙探知器56個及び手動火災警報装置が設置されていた。

本件火災探知装置は、煙探知器が作動した場合、火災予備警報又は火災警報を発するとともに、作動した煙探知器の場所を特定できるものとなっていた。また、火災予備警報及び火災警報のほか、探知器のセンサの作動不良の場合も警報を発するものとなっていた。

乗組員は、車両を積み込む際の排気ガス、溶接作業の煙等で本件火災探知装置が火災予備警報を発したことがあったことから、センサの感度は良いと感じていた。

② 消火器

本船には、普通火災、油火災及び電気火災に適応した消火器（薬剤質量約3.5kg、放射時間約15秒）が139個備えられており、そのうち

3 1 個が第 2 甲板、3 3 個が第 3 甲板のエンジンケーシング及び舷側に沿って備えられていた。

(付図 5 消防設備 参照)

③ 消火栓及び消火ホース

本船は、消火栓、消火ホース及びノズルが各 4 6 個備えられており、そのうち 1 1 個が第 2 甲板及び第 3 甲板にそれぞれ備えられていた。

消火ホースは、直径約 6 5 mm、長さ約 2 0 m であり、また、ノズルからの射水可能距離は、1 2 m 以上であった。

④ 噴霧装置

噴霧装置は、船橋又は加圧水噴霧バルブ室で区画を選択して作動できるようになっており、第 1 甲板は 1 区画、第 2 甲板及び第 3 甲板はそれぞれ 7 区画の合計 1 5 区画に区切られており、同時に 2 区画に対して噴霧可能な能力を有する加圧水噴霧ポンプを備えていた。

各区画の天井部には、6 6 ~ 9 7 個の噴霧ノズルが設置されており、第 2 甲板の 7 区画には、区画毎に 6 6 ~ 7 7 個の噴霧ノズルが設置されていた。なお、第 2 甲板の可動式ランプ部の天井には噴霧ノズルがなく、可動式ランプ部の天井の両側にある噴霧ノズルを可動式ランプ部方向に向けていた。

(付図 5 消防設備 参照)

⑤ その他の消防設備

a 本船の車両甲板には、水噴霧放射器が各車両甲板に 3 個、持運び式泡放射器が各車両甲板に 1 個備えられ、第 4 ~ 第 6 甲板には、消防員装具が計 1 0 組備えられていた。

b 本件船長は、本船に備え付けられていた消防員装具を着用して車両が搭載された車両甲板で消火作業を行うことは容易ではなかった。

消防員装具のうち、防護服（防火服）には、活動性よりも炎及び熱に対する防護性能を優先させたものと、炎及び熱に対する防護性能よりも活動性を優先させたもの 2 種類があり、使用場所、使用目的等に応じて選択できるようになっており、本船には、活動性よりも防護性能を優先させたものが搭載されていた。

(8) 救命設備

現場調査、救命設備配置図、シュータ及び救命いかだの取扱説明書並びにシュータ及び救命いかだのメーカー担当者の口述によれば、次のとおりであった。

① 本船救助艇

第4甲板左舷中央部には、救命いかだをえい航、旅客等の海中転落時に捜索等を行うための本船救助艇が1隻備えられていた。

② シュータ

シュータは、第4甲板中央部の両舷に各1基が備えられており、投下用ウインチ操作部にハンドルを差し込み、回転させることにより格納箱が海側に倒れてシュータ降下路及びプラットフォームが投下され、プラットフォームが海面上に自動的に展開される構造となっていた。プラットフォームは、投下後、二酸化炭素ガスにより自動的に膨張するものであり、展開すると縦横ともに6,380mmの八角形であった。

なお、シュータのプラットフォームは、プラットフォーム上に滞留する人員に対する浮力と面積が設計上考慮されているが、落下物の衝突に対する強度や落下物の重さに対する浮力は、考慮されていない。

シュータの降下路は、スパイラル式で、降下する人を回転させることにより速度を調整し、安全に降下させるものであった。

シュータは最小航海喫水から満載航海喫水までの全ての喫水において、いずれの側へ20度横傾斜した場合であっても使用できるよう、長さ約21.6mの降下路を備え、シュータの降下路からの出口は、降下路の側面に互い違いに複数設けられており、使用時の高さに応じた出口を使用するようになっていた。なお、出口は面ファスナーにより、開閉する構造であった。

各シュータは、それぞれ30分間で350人が降下できるよう設計されていた。

シュータの取扱説明書には、「乗込口部は、海面が見えないように目隠しをし、恐怖心を取り除く工夫をし、降下できるようになっています。」と記載されており、また、「乗船者の携帯品を制限します。少しでも荷物を持ちたいのは人情ですが、防寒具、その他体力維持に役立つもの以外は持たぬようにさせてください。」と記載されていた。

③ 救命いかだ

救命いかだは、定員が25人であり、第4甲板中央部両舷に各4個、総定員200人分が架台の上に備えられており、架台の安全ピンを外し、投下用引手棒を引くことにより、架台の上から海面に投下されるものであった。

救命いかだの取扱説明書には、「投下についての注意事項」として、「投下使用の時は、本船のまわりに浮遊物、障害物などがないか、あらかじめ

確認してから投下して下さい。」と記載されていた。一方、シュータの定員である350人を30分間で降下させる方法については、具体的な記載がなかった。

救命いかだの取扱説明書には、架台から投下すれば自動膨張することを前提とした説明と、膨張させるための操作を行わなければならない旨の説明の双方があるが、架台に取り付けられた救命いかだの取り扱いを説明したプレートには、膨張に関する記述はなかった。なお、本船に積載されていた救命いかだは、自動膨張しないものであった。

救命いかだは膨張すると横5,990mm、縦2,750mmの六角形であった。

④ シュータと救命いかだの設置の間隔

乗組員が救命いかだを投下した際、救命いかだがシュータのプラットフォーム上に落下したものがあつた。

救命いかだの取扱説明書には、「設置(積付け)場所」及び「設置(積付け)注意点」が記載されていたが、シュータとの設置の間隔に関する記載はなかった。

⑤ 救命胴衣

救命胴衣は、客室区画、船員室等に計204個(大人用189個、子供用15個)搭載されていた。

(9) 船体、機関及び機器類の不具合等

現場調査及び乗組員の口述によれば、次のとおりであった。

本事故時、シュータ投下用ウインチの操作用ハンドルが錆により適切に差し込めなかったことから、ハンドルが甲板に接触して操作が円滑に行うことができない不具合があり、救命いかだの架台にも作動部が固着して作動しない不具合があつたが、その他船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

2.5.3 旅客の乗船及び貨物の積載の状況等

(1) 旅客の乗船状況

本件船長及び一航士の口述、乗船名簿及び乗船日報によれば、本船は、本事故当時、旅客数が71人であり、13歳未満の子供が4人、65歳以上の旅客が2人いたが、移動に介助を要する旅客はいなかった。

(2) 車両等の積載状況

本件船長及び一航士の口述並びに乗船日報によれば、本船は、セミトレーラ100台(そのうち車載冷凍機に本船から電源を供給していたものが38

台)、トラック 36 台 (そのうち車載冷凍機に本船から電源を供給していたものが 23 台)、乗用車 16 台及びオートバイ 8 台の計 160 台を積載していた。

(3) 危険物の積載状況

現場調査及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、第3甲板右舷中央部に積載されていたセミトレーラに、引火性高圧ガスが充填された小型のトーチ専用ガスボンベ 480 本及び小型のカセットガスボンベ 576 本が、それぞれダンボールケースに入った状態で積載されていた。

(4) 喫水

A社の回答書によれば、本船の出港時の喫水は、船首約 6.60 m、船尾約 6.64 mであった。

2.6 気象及び海象に関する情報

2.6.1 気象観測値及び潮汐等

(1) 気象観測値

本事故現場の南西約 7.1 km に位置する大間地域気象観測所における観測値は、次のとおりであった。

17時00分 風向 南南西、風速 4.4m/s 気温 24.5℃

18時00分 風向 南西、風速 5.1m/s 気温 25.0℃

19時00分 風向 南西、風速 3.8m/s 気温 25.0℃

20時00分 風向 南西、風速 4.7m/s 気温 25.1℃

(2) 潮汐

海図W72 (金華山至津軽海峡)によれば、本事故現場付近における潮流は、微弱な南流であった。

(3) 日没時刻

海上保安庁刊行の天測暦 (平成27年版)によれば、本事故現場付近における日没時刻は、18時54分ごろであった。

(4) 波浪等

沿岸波浪図によれば、本事故現場付近における本事故時の波浪及び風の状況は、次のとおりであった。

21時00分 波向 南東、周期 10 秒、波高 1.0 m、風向 南西、風速 約 11 kn

2.6.2 乗組員等の観測

(1) 本件船長の口述によれば、本事故当時、天気は晴れ、風向が南、風力3、視界は良好であり、波向 南西、波高 約1.5～2.0mであった。

また、本船の航海日誌によれば、16時の気象は、天気は曇り、風向が南、風力3、気温は25℃、水温は21℃であった。

(2) 船長Bの口述によれば、救助時、天気は曇り、風向が南、風力3、視界は良好であり、波高が約1.0～1.5mであった。

2.7 船舶の安全管理に関する情報

2.7.1 非常配置表

本件船長は、船員法（昭和22年法律第100号）第14条の3の規定に基づき、非常配置表を定めており、そのうち防火部署は、次のとおりであった。

なお、非常配置表に記載された甲板手A、甲板手B等と本報告書の甲板手A、甲板手B等は、同一人物を表したものではない。

(1) 防火部署

信号：号鐘連打の他、非常警報装置、汽笛等にて長音5回を連鳴

海員配置信号：火災ベル連鳴

：船内アラームにて長音5回を連鳴

：船内放送で「総員 防火部署につけ」

総指揮 船長

指揮班（船橋）

三航士：船長補佐、通信連絡（関係官庁・運航管理者）、重要書類の保全・記録

甲板手B：操舵・三航士補佐

消火作業班（現場）

一航士：現場指揮

二航士：1)現場指揮代行、2)ガス検知器携行、3)通風遮断→消火作業

三機士：一航士補佐、照明

甲板長：一航士の指揮により消火作業班を率いて消火に従事

甲板手A：消防員装具準備・装着（呼吸具、命綱、安全灯、斧）

甲板手C：1)持運び式操作、2)消火ホース・ノズル操作

甲板手D：消火ホース・ノズル操作

甲板手E・甲板員E：1)たがね、ハンマー、スパナ、電気ドリル等準備

2)通風遮断→消火作業

甲板手・甲板員F：1)照明用ランプ等準備 2)通風遮断→消火作業（甲

板手A補佐)

機関班 (機関室)

機関長 機関室総指揮、総指揮者との連絡

一機士：1)機関室指揮代行、2)機関運転、通風遮断

二機士：1)補機操作、2)重要書類の保全・記録

旅客誘導班 (客室)

マネージャー：1)旅客誘導班指揮、2)重要書類の保全・記録、3)船内放送、船橋との連絡、旅客のパニック防止

司厨長：1)旅客誘導、2)防火戸閉鎖、3)要介助者誘導、4)救護・担架

司厨手A：1)旅客誘導、2)防火戸閉鎖、3)応急医療具携行、4)救護・担架

司厨手B：1)旅客誘導、2)救護救助、介護補助

- 「旅客誘導」には、パニック防止と旅客に対する情報の提供を適切に行う任務を含む。
- 誘導区画及びその担当者は、原則として総員退船部署に定められた区画別に行うこととするが、マネージャーは火災発生場所、火災の規模、区画別旅客の多寡により、船長の指示を受け、都度、最適の誘導措置を指示すること。

注意事項

- ① 火災発見者は、付近に知らせ、初期消火に当たるとともに、当直航海士に通報すること。
- ② 防火部署が発令されたときは、総員服装を整え（露出をなくし、帽子、靴、手袋をつける）、所定用具を持って各自の部署につくこと。
- ③ 旅客を火災現場に近づけないこと。また、退避誘導させるときは、不安を高めることのないよう配慮すること。
- ④ 機関室火災の場合は、機関長が消火の指揮をとる。
消火作業班は、これを援助すること。
- ⑤ 消火作業の現場指揮者は一航士とし、その代行は二航士とする。
防火戸の閉鎖責任者・・・二航士・機関長(機関室)
通風遮断の責任者・・・二航士・機関長(機関室)
消火設備の操作責任者・・・一航士・機関長(機関室)
旅客誘導の責任者・・・マネージャー
- ⑥ 消火設備点検整備担当責任者は、一航士及び一機士とする。
- ⑦ 旅客誘導班は、必要に応じ毛布等を携行する。

2.7.2 安全管理マニュアル緊急事態対応の手順書に関する情報

安全管理マニュアルの緊急事態対応の手順書によれば、火災事故発生時の対応手順等は、次のとおりであり、火災事故が発生した場合、防火部署を発令することなどが定められていた。

(1) 火災事故処理手順

船長は、船内で火災または爆発事故が発生した場合、直ちに防火部署を発令し、人命・船舶の安全確保を最優先とし、適切な応急処置をとる。

(2) 火災事故時の一般的な留意事項

A. 居住区の火災

(略)

B. 機関室の火災

(略)

C. 車両区画の火災

a. 消火器による初期消火に努める。

b. 通風遮断、開口部の閉鎖を行なう。

c. 危険品を積載している場合は、その特性を十分に理解の上、消火作業を行なう。

d. 消火作業中の感電事故防止のため、火災場所の電源は断とする。

e. 火災場所の高温ガス、煙が、消火作業の妨げになる場合は、それらを大気に放出することで消火作業を容易に出来ることがある。

f. 射水消火装置を効果的に使用し、延焼防止並びに消火作業に努める。

g. 固定式加圧水噴霧消火装置を使用する際は、艙内ビルジの排出を並行して行なう。

h. 固定式炭酸ガス消火装置を使用する際は、消火区域の無人を確認後、密閉の上、行なう。

2.7.3 乗組員の教育及び訓練に関する情報

乗組員及び安全統括管理者兼運航管理者の口述、A社の回答書、安全管理規程及び安全管理マニュアルによれば、次のとおりであった。

(1) 船上教育及び訓練

本船は、初めて乗船する乗組員に対し、非常配置表の担当部署を含む、担当部署の作業全般に関する船上教育及び訓練を行っていた。

また、本船は、毎月、乗船者に対し、非常配置表による防火部署（手動火災警報装置の作動テスト、消火ポンプの作動テスト及び通風遮断テスト）、

総員退船部署（旅客誘導、船内放送訓練等）、救助艇部署（本船救助艇の振出し、降下、揚収等）等の操練並びに消火設備及び救命設備の使用方法及び非常配置表により割り当てられた消火作業に関する船上教育及び訓練をそれぞれ行っていた。

しかし、本船は、火元が露出していない火災の消火訓練、車両甲板に車両が積載された状態でのホース接続展張訓練、水噴霧放射器を使用した消火訓練、電動通風装置の運転切り替えなどによる煙の制御に関する教育及び訓練は、行ったことがなかった。

(2) 会社緊急事態対応訓練

A社は、事故処理に関する会社緊急事態対応訓練を、年2回実施していた。

また、各運航船舶において、衝突、座礁、人身事故等を想定した緊急事態対応訓練を年6回実施しており、毎年9月に、船舶火災を想定した訓練を実施していた。

(3) 外部機関による講習

A社は、平成27年6月に車載冷凍機のトラブルの未然防止、トラブル時の基本操作等を目的とした取扱い講習会を実施していた。

2.7.4 車両の積載及び航海中の車両の取扱いに関する情報

現場調査、乗組員及び安全統括管理者兼運航管理者の口述並びに安全管理規程によれば、次のとおりであった。

(1) 車両等の積載

本船は、陸上作業員及び船内作業員が車両等を誘導して積付けを行い、積み付けた際に運転者に対してエンジンを停止し、灯火装置等の電路系統の全てのスイッチを切るように明確に指示すること等を安全管理規程に定めていた。

(2) 航海中の船内巡視

本船は、航海中の船内巡視において、火災防止の点検事項として通電した電気器具が放置されていないか、きな臭さの確認、その他火災発生の原因となること等がないかを確認することとなっていた。

本船の車両甲板の船内巡視は、2人又は3人で行っており、車両に関する確認については、電源コード等の発熱、発煙などの異常が少なくないことから、電源コードを触って異常に熱くなっていないか、車載冷凍機が正常に稼働しているかなどを確認していた。

本船は、船内巡視で車載冷凍機に異常があることを確認した際には、運転手又は荷主に連絡するとともに、危険と判断した場合、運転手又は荷主に了

承を得て、車載冷凍機への電源の供給を止めることにしていた。

2.8 本件車両及び本件冷凍機に関する情報

2.8.1 本件車両の状況

現場調査、本件車両メーカー担当者の口述及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本件車両は、長さ約12.0m、幅約2.5mの大型トラックであり、車両後部にアルミニウム製の箱型荷台（以下「バンボディ」という。）、バンボディ右側下部に本件冷凍機、本件冷凍機前部にバッテリーを搭載した冷凍車であり、本事故当時、冷凍食品を積載していた。

また、バンボディ左側下部、本件冷凍機横には軽油が入った燃料タンク3個が搭載されており、うち1個からは本件冷凍機のディーゼルエンジンに軽油を供給できるようになっていた。

バンボディは、保冷を目的とした発泡ウレタンの断熱材が全面に張られており、下部には横方向に一定間隔で荷台との緩衝材として木材及び断熱材が設けられていた。

本件車両は、後部のタイヤ、その上方のバンボディ、バンボディ下部の木材及び断熱材、バッテリー、運転席等車両全体が焼損していた。特に燃料タンクがあるエンジンケーシングに面していた左側の焼損の程度は右側より大きく、燃料タンクは、燃料コックが開いた状態で、各燃料タンクを接続していたビニルホースが焼損しており、燃料タンク内に軽油は残っていなかった。

バッテリーの配線に短絡等の痕跡は確認できなかった。

(図14～18 参照)



図 1 4 本件車両左側の積載状況



図 1 5 本件車両右側の焼損状況



図 1 6 本件車両左側の焼損状況

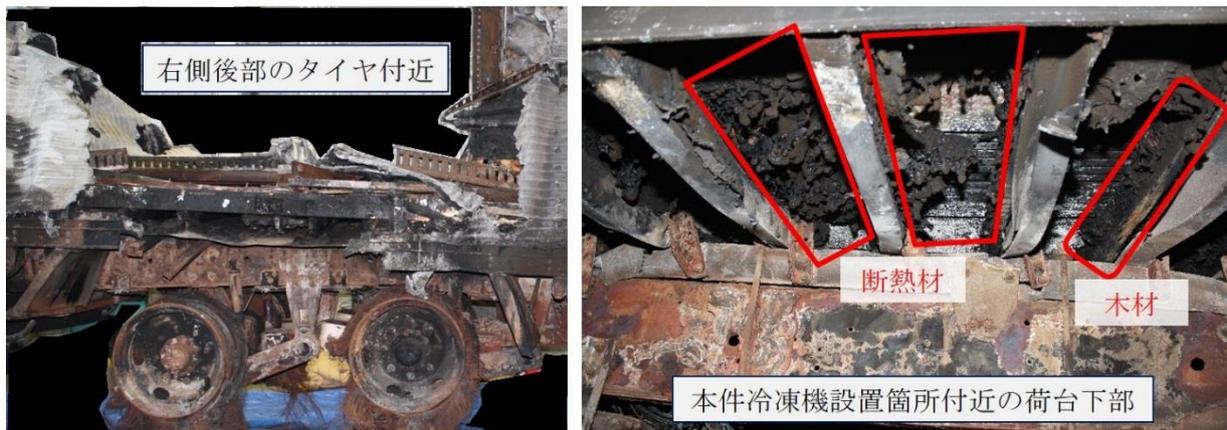


図 1.7 本件車両の焼損状況



図 1.8 本件車両の焼損状況

2.8.2 本件冷凍機の状況

本件冷凍機は、内部にディーゼルエンジン、三相交流モータ（以下「モータ」という。）、コンプレッサ等の機器を備えており、本件冷凍機を搭載した車両が走行することにより本件冷凍機が曝される風雨などから、これらの機器を保護するためのカバーに納められていた。

本件冷凍機メーカーの担当者及び乗組員の口述によれば、本件冷凍機は、車両が走行している時などには内部に備えた冷凍機用のディーゼルエンジンにより稼働されるものであるが、電源コードを接続することにより、旅客フェリー等外部から電力の供給を受けてモータによっても稼働できるものであり、本件車両を本船の第2甲板に積載した後は、本船から電力の供給を受け、モータにより稼働していた。

本件冷凍機のモータへの給電のための配線は、3本全てを切断した後に圧着端子を使用又はハンダ付けすることなく、銅線を擦ったのみで結線してあり、うち、1つの配線には短絡した痕跡が、また、他の配線には断線が認められた。なお、その

他の配線に擦って結線した箇所はなかった。

(図19及び図20 参照)



図19 本件冷凍機の設置状況

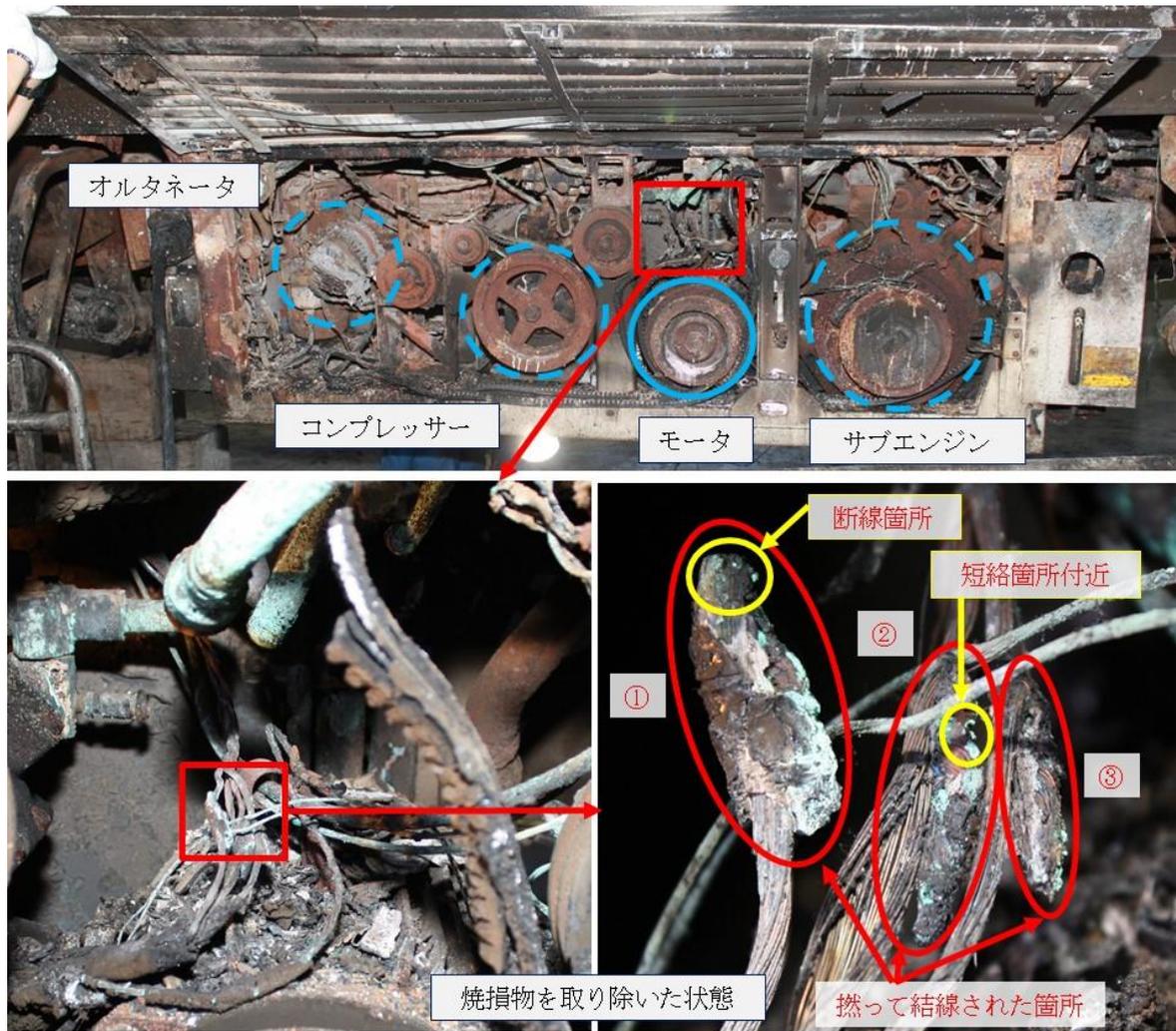


図 2 0 本件冷凍機内部の状況

2.8.3 本件冷凍機取扱説明書及びサービスマニュアル

本件冷凍機取扱説明書には、次の記述があった。

修理時の注意事項

警告

修理技術者・資格のある専門業者以外は、絶対に分解・修理を行わないでください。

分解・修理に不備があると異常動作してケガしたり、火災・感電の原因になります。

整備事業者等にのみ配布される本件冷凍機のサービスマニュアルには、電気配線について次の記述があった。

作業時の留意事項

配線の接続部は圧着端子、又はハンダ付けとする。

(圧着端子部のかしめ部にハンダ付けすること。手でねじってテープ巻きだけ

の処理は厳禁。)

予想される故障原因

接触抵抗の増大による発熱発火でユニット火災のおそれ。

処置 (備考)

電気配線工事の基本を守ること。

(横着は禁物。実際に火災発生のおそれもある。)

2.8.4 同型の車載冷凍機に関する情報

本件冷凍機と同型の車載冷凍機は、モータの保護のために過電流継電器を搭載しており、モータの配線に過電流が生じた場合、過電流継電器が作動して電源の供給が遮断される構造となっており、モータへの配線は、それぞれ被覆され、さらに3線がまとめて被覆されていた。

モータの周辺には、配線又は配管を覆うように難燃性材料の断熱材、干渉防止材等があった。(図2-1参照)



図 2 1 同型の車載冷凍機の状況

本件冷凍機のメーカー担当者の口述によれば、過電流継電器は、配線の短絡等により、モータの配線に過電流が生じた場合に作動するもので、今までに故障した事例は確認されていない。

2.8.5 電源ボックス、電源コード等の状況

本件冷凍機に電源を供給していた本船側の電源ボックス内に、焼損や配線の短絡等の痕跡は見られず、電源コードには、本件冷凍機側のプラグ付近の配線の被覆に焼損があるものの、配線に短絡等の痕跡は見られなかった。

第3甲板の電気室内にある車両甲板220V給電盤では、本件冷凍機に電源を供

給していた電源ボックスのブレーカーが作動しているのが確認でき、その他のブレーカーは、作動しているものと切られているものがあった。

(図2.2及び図2.3 参照)



図2.2 電源ボックス及び電源コードの状況

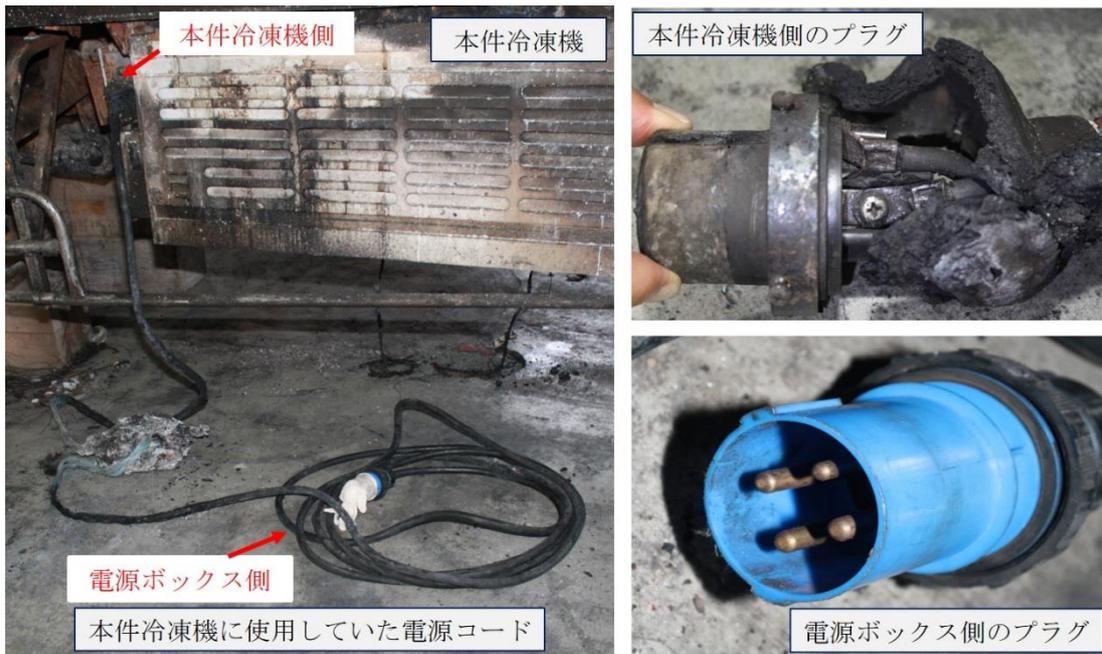


図2.3 電源コードの状況

2.8.6 車載冷凍機の整備に関する情報

車載冷凍機メーカー担当者、車載冷凍機専門の整備業者担当者及び一般貨物自動車運送事業2社の担当者の口述によれば、次のとおりであった。

- (1) 冷媒関係等、運送事業者が容易に整備できない不具合が生じた場合の車載冷凍機の整備は、メーカーのサービスセンターに依頼されることが多いが、容易にできる部品の交換等は、運送事業者で行っている場合もある。

- (2) 整備には、コストが掛かるが、不具合による事故等が起きた際に責任の所在を明らかにしておくため、点検をメーカーのサービスセンターに依頼している運送事業者がいる。
- (3) 車載冷凍機の整備及び点検に法的な義務はないので、3か月ごとに点検に出す運送事業者がいる一方で、1年に1回程度点検に出す運送事業者、故障がない限り点検をしない運送事業者もいる。
- (4) 車載冷凍機メーカーは、運送事業者に対して、少なくとも1年に1回は点検に出すように推奨している。

2.8.7 旅客フェリーにおける車載冷凍機の不具合事例等

(1) 本船での不具合事例等

安全統括管理者兼運航管理者の口述及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船では、車載冷凍機が稼働できない、航海中の船内巡視時に車載冷凍機が停止していた等の不具合事例が平成25年に29件、平成26年に20件あり、そのうち4件は、出火には至らなかったが、車載冷凍機内から発煙したものであった。こうしたことからA社は、不具合事例が多い車両については、車載冷凍機の整備完工書等の提出を求めている。

(2) 他社船での火災事例

平成28年10月、航行中に車両甲板に積載していたセミトレーラの車載冷凍機から出火した旅客フェリーの現場調査及び同旅客フェリーの船長ほか乗組員2人の口述によれば、次のとおりであった。

① 火災発生の経過

旅客フェリーは、原則として、航海中、車両の運転手の車両甲板への立入りを禁止しているが、トレーラの運転手より車載冷凍機から異音がするので運転席にいさせてほしい旨の申出があり、これを了承した。

トレーラの運転席にいた運転手は、後部から爆発音がしたので外に出たところ、車載冷凍機のメンテナンス用カバーが外れ、火元が露出した状態で火炎が上がっていることを認め、付近の火災報知機のボタンを押した。

航海当直中の乗組員は、火災警報を聞き、車両甲板に向かったところ、中央部に積載されていたトレーラの車載冷凍機から火炎が上がっているのを認め、トランシーバで火災発生及び初期消火する旨の連絡をした後、火元に対して消火器を2個使用して消火した。

旅客フェリーの船長は、防火部署を発令し、乗組員4人が現場に向かい、火炎は確認できなかったが、車載冷凍機から煙と火花が認められたので更

に消火器を使用した後に冷却放水を行った。

② 消火できた要因

- a 車載冷凍機の樹脂製のカバーが、火災により焼損して外れたことにより、火元が露出していたため、消火器の消火剤が火元に有効に作用した。
- b 車載冷凍機の周囲に、消火作業を行うために必要な空所があった。

2.9 電気火災の要因等に関する情報

2.9.1 文献等の情報

(1) 文献^{*9}によれば、次のとおりであった。

① 電気火災の原理

a ジュール熱

電流のために導体内に発生する熱をジュール熱という。発生する熱量についてはジュール熱の法則が成立する。

日常生活においてジュール熱により火災が発生する経過の大部分は、次のとおりである。

ア 家庭で使用する電源電圧は一定のため、オームの法則から使用している電気機器の抵抗値が減少すれば、電流が増加して、ジュールの法則により、電流の2乗に比例してジュール熱が増加して火災に至る。

イ 逆に、抵抗値が増加すると電流は減少し、電流の2乗に比例して回路全体のジュール熱は減少するが、回路の一部が他の部分に比べて著しく高い抵抗値をもった場合には、その部分が局部的に多量のジュール熱が発生して火災に至る。

(略)

b 火花放電

気体中の電極に高電圧をかけると、気体原子が電離し、発生した陽イオンと電子が電界の作用によって、それぞれ反対の方向に力を受けるため、気体中を電流が流れる。これが火花放電である。

このうち、タウンゼント放電とグロー放電は電流値が小さいが、アーク放電では数アンペア程度の電流が流れ、しかも非常に高温（数千度）になる。

火花放電が発生した箇所直近に可燃性ガスや蒸気が存在すると、着火

^{*9} 「火災原因調査要領（火災調査基礎知識の解説編）」（平成11年3月、財団法人消防科学総合センター発行）

して火災となる。

可燃性ガスが存在しない場合でも、直近に可燃材等があればアーク放電火花により劣化され、絶縁材の一部が絶縁破壊され、導電路が形成される。この導電路が徐々に拡大してゆくと発熱作用が著しくなり出火に至る。

② 電気火災の要因

a 短絡（ショート）

電気回路の2点間を極めて抵抗の小さい導線で接続すること。つまり、電灯配線やコード、コンセント内配線などの被覆が損傷し、絶縁が破壊して心線相互が直接接触し、負荷の少ない短い回路を電流が流れる。この状態を短絡（ショート又は層間短絡）という。このとき、電線に大電流が流れ、電気火花が飛んだり、接触箇所が溶断したりする。また、大電流が流れるためジュール熱が発生する。そして次のような場合に出火の可能性がある。

ア 短絡箇所付近に可燃性蒸気や綿ぼこりなどが存在した場合

イ 開閉器に許容電流以上のヒューズや針金などが挿入されていたため過大電流が流れてジュール熱を発生させる場合

短絡が生じると必ず短絡痕が発生する。また、短絡痕は電源側の通電状態の立証資料となり、一次痕と二次痕がある。

(ア) 一次痕 瞬時に高温（2000～3000℃）で熔融して発生するため、一般に小さく組織がち密で、光沢があり、表面は比較的球形に近い。

(イ) 二次痕 火災の熱によって絶縁被覆が焼失することによる二次的な短絡により発生した溶痕で、導線の熔融が局部的である。一般に大型で、組織が粗く、光沢がない。また、溶痕の中に炭化物を巻き込むことが多い。

(ウ) その他の溶痕 通電状態になっていない電線が、火災の熱で溶断した場合の溶痕などで短絡を伴わないため、表面の凹凸が著しく、熔融範囲も広範囲で、炭化物を巻き込み、赤味を帯びている。

以上のように、溶痕には3種類あるが一次痕でも、二次痕でも、溶痕発生後に、火災の熱で表面が再び熔融すれば、その他の溶痕と区別できなくなり、溶痕だけで通電の有無を判断せずに、差し込みプラグやコンセントの鑑識結果と併せて判断しなければならない。

b 過負荷

ア 電線、コード類には、絶縁低下などに対して安全に流すことのでき

る最大電流が定められている。これを許容電流といい、この許容電流を超える電流（過電流）が電線に流れることを電線の過負荷という。

負荷を並列回路で使用する等により電線やコードに過電流が流れ過負荷となると、過電流が流れた範囲の全域にわたり発熱して被覆が燃え出し火災に至る。

ビニール被覆は、通常の約3倍以上の電流を継続して流すと燃えだすと言われている。

イ モーターをはじめとする電気機器には指定された条件のもとにその機器が使用できる限度として定格が定められている。この定格以上の電流が流れると過負荷となる。例えば、モーターは、回転部のベアリングの摩耗変形やプーリー等への異物混入などで機械的負担がかかり回転が妨げられると、より大きな回転力を出すために多量の電流が流れる。

このように定格出力以上の力が必要となると余計な電流が流れて過負荷となり、通常は、モーターのコイルが発熱して層間短絡を生じたり、モーターを含む回路に過電流が流れて抵抗器が過熱する等により火災に至る。

c 半断線

電線やコードが絶縁被覆内で完全に断線したのち、断面が一部接触していたり、完全に断線しないまでも一部が切れている状態を半断線という。

通電を続けると、導体の抵抗値はその断面積に反比例するので、その箇所抵抗値が高くなり、局部的に発熱量が増加したり、スパークが発生して被覆等周囲の物が燃え出す。

半断線による火災では、断線側の素線の先に複数の小さな溶痕が生じ非断線側にも素線切れが進行していることが多い。

d トラッキング現象

電圧が印加された異極導体の間に絶縁物がある時、その絶縁物表面に水分を多く含んだほこりなど電解質の微小物質、電解質を含む液体や蒸気又は金属粉等の導体が付着すると、両極間に電流の通路を形成するとともに、絶縁物は絶縁性を失う。つまり絶縁破壊を生じる。この現象をトラッキング現象といい、発生する放電は「コロナ放電」であり、絶縁物表面で発生するので「沿面放電」ともいわれる。暗い環境中で発生すると、多数の小光点の輝き（シンチレーション）が認められる。

このように、絶縁物表面へ導体が付着して発生するトラッキング現象

を、電気学会では「固体絶縁物表面において、電界と電解質汚染物の複合作用により、徐々に炭化導電路（トラック）を形成する現象」（昭和58年発表）と定義している。

火災原因調査上、トラッキング現象とは「電気機械器具において充電電極間の絶縁物表面に水分付着等の原因で電気火花が発生して同表面に炭化導電路が生成され、遂には短絡等絶縁破壊を起こす現象」としてとらえられている。

e 亜酸化銅増殖発熱現象

銅製の導体が接触部分でスパークなどの高温を受けたとき銅の一部が酸化して亜酸化銅となり、その部分が異常に発熱し、徐々に周囲の銅を溶かし込みながら亜酸化銅が増殖（拡大）する現象をいい、火災の原因となる。

この現象は未解明な部分もあるが、高温を受けた銅の一部が大気中の酸素と結合して亜酸化銅になると、亜酸化銅は半導体の性質をもっていて、整流作用が働くとともに固有抵抗が大きいため、亜酸化銅の部分が局部発熱する。

また、そこに交流が流れた場合は亜酸化銅の両極間で、直流が流れた場合は電流が流れにくい陽極側で異常発熱し、その熱で周辺の銅を徐々に酸化して亜酸化銅が増殖していくと考えられている。

この現象では局部的にせよ 1000℃を越える発熱があると考えられ、接触箇所では相当加熱するため付近に可燃物があれば出火することがある。

f 接触抵抗

2つの導体の接触部に生ずる電気抵抗を接触抵抗といい、電流の流れが接触面の限られた部分でのみ行われるために生ずる電流の収縮による集中抵抗と接触子材料の酸化物・硫化物などの化合物や吸着ガス層などの皮膜によって生ずる境界抵抗の2つがある。

g 絶縁劣化

過負荷や半断線状態での長期使用、機械的な衝撃、振動による摩擦、経年劣化等により絶縁性が低下することで、絶縁劣化を起こせば、最終的に絶縁破壊から短絡へと進行して火災発生の要因となる。

(2) 独立行政法人製品評価技術基盤機構の News Release^{*10}及び注意喚起ミニ

^{*10} 「夏に多発！ 扇風機の経年劣化やエアコンの電源のねじり接続で火災のおそれ」（平成29年5月25日、独立行政法人製品評価技術基盤機構発行）

ポスター^{*11}によれば、次のとおりであった。

News Release

電源コードをねじり接続などによって他のコードと途中接続する、断線部分をビニールテープで補修する等、電気コードの改造や修理、接続は行わないで下さい。

接続不良によって、発煙・発火するおそれがあります。

注意喚起ミニポスター

電源コード類を改造、不適切な修理・加工しないで下さい。

ねじり接続によって他のコードと途中接続する等、改造や不適切な修理・加工等を行うと、接続不良が生じて、発煙・発火のおそれがあります。

- (3) 一般社団法人日本冷凍空調工業会のパンフレット^{*12}によれば、次のとおりであった。

家屋火災の事故原因

施工業者がエアコンを設置する際、電気コードを延長するため電源コードの途中を切断し、その間に電気容量の小さなコードをねじっただけで接続して、ビニールテープでテーピング処理をしていたために、その接続部分が過熱し、テーピング部に絶縁劣化が生じて、短絡したことにより出火したものと推定される。

2.9.2 検証実験

本件冷凍機のモータ配線には、3本全てを切断した後に撚って結線した箇所があり、うち、1つの配線には短絡した痕跡が、また、他の配線には断線が認められたことから、冷凍機のモータ配線の発熱状況に関する検証実験を行い、その結果は次のとおりであった。

- (1) モータ配線を切断した後に撚って結線した箇所に亜酸化銅が生成された場合は、撚って結線したのみの場合及び撚って結線した素線数が少ない場合（半断線が生じた場合）に比べ、出火に至る可能性が高いと考えられる。
- (2) モータ配線を切断した後に撚って結線したのみの場合、撚って結線した素線数が少ない場合（半断線が生じた場合）においても、ビニールテープなどによる絶縁被覆の結束力が低下し、その箇所の発熱により絶縁劣化が生じると、接触不良、半断線、短絡などの電氣的な要因によって出火に至る可能性もあると考えられる。

*11 「エアコンの火災事故に注意」（独立行政法人製品評価技術基盤機構発行）

*12 「家庭用エアコンの工事に携わる方々へ」（一般社団法人日本冷凍空調工業会発行）

- (3) 本件冷凍機からの出火については、モータ配線の擦った箇所では亜酸化銅が生成されていた場合、亜酸化銅の発熱によって生じた火炎の周囲に取り付けられていた部品の樹脂部等に燃焼が進展した可能性が高いと考えられる。また、擦って結線した箇所の発熱に伴ってビニルテープ及び熱収縮チューブの絶縁被覆の結束力が低下したことで、その箇所の発熱に伴って絶縁劣化が生じ、接触不良、半断線、短絡などの電氣的な要因によって絶縁被覆の燃焼が起きた場合には、その火炎によって、周囲に取り付けられていた部品の樹脂部等に燃焼が進展した可能性が考えられる。

(別添1「冷凍機のモータ配線の発熱状況に関する検証実験報告書」参照)

2.10 発火に関する情報

文献^{*13}によれば、次のとおりであった。

物質を空气中で加熱するとき、火源がなくとも発火する最低温度を発火点という。次に示す値は資料の形状、測定法によって大きく異なる。

古タイヤ	150～200℃
木材	250～260℃
新聞紙	291℃

2.11 危険物の積載に関する情報

- (1) 危険物船舶運送及び貯蔵規則は、荷送人が、旅客フェリーに危険物を積載する場合、危険物の品名、個数、質量等を記載した自動車等危険物明細書を船舶所有者又は船長に提出しなければならない旨規定している。
- (2) A社の標準内航運送約款、標準貨物自動車利用運送約款及び安全管理規程の作業手順によれば、次のとおりであった。

① 標準内航運送約款

第2条 (定義)

1. (略)

2. この約款において「荷送人」とは、貨物について当社と運送契約を締結する者をいう。

② 標準貨物自動車利用運送約款

第15条

荷送人は、爆発、発火その他運送上の危険を生ずるおそれのある貨物については、あらかじめ、その旨を当店に申告するとともに、その品名及び性質

^{*13} 「理科年表」(平成29年、国立天文台)

その他必要な事項を運送上に明記し、かつ、これらの事項を当該貨物の外部の見やすい箇所に明示しなければなりません。

③ 安全管理規程の作業基準

(危険物の取扱い)

第5条

1 危険物の取扱いは、危険物船舶運送及び貯蔵規則等関係法令に定めるところによるほか次によるものとする。

(1) 営業部は、危険物運送の申し込みがあったときは、当該危険物の分類、品目、荷姿及び数量等を運航管理者に報告すること。

(2) 運航管理者は、報告のあった当該危険物運送が法令等に適合するものか否かを確認し、法令等に適合しないときは運送の引き受けを拒絶しなければならない。

(3) 現場調査、安全統括管理者兼運航管理者の口述及びA社の回答書によれば、本事故当時、引火性高圧ガスが充填された小型のガスボンベ1,056本が積載されていたセミトレーラの本船への積載は、荷送人からA社に対して雑貨として申告されていた。

(4) 現場調査時、第3甲板右舷中央部には、小型のガスボンベが破裂した状態で多数散乱していた。

3 分析

3.1 事故発生の状況

3.1.1 事故発生に至る経過

2.1から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 本船は、本件船長ほか22人が乗り組み、旅客71人を乗せ、車両等160台を積載して平成27年7月31日01時45分ごろ苫小牧港に向けて大洗港を出港し、16時50分ごろ食事交代のため昇橋した一航士及び甲板手Aが船橋当直につき、苫小牧港南方沖約5.8Mを約2.4knの速力で北進していた。

(2) 本船は、17時10分ごろ船橋で本件火災探知装置が火災予備警報を発し、17時13分ごろ火災予備警報が火災警報に変わり、第2甲板へ向かった甲板手Aが第2甲板右舷中央部で本件車両の本件冷凍機付近がオレンジ色に明るくなっているのを認め、船橋に火災発生を報告した。

(3) 乗組員が、第2甲板において、消火器による消火、放水による消火及び噴

霧装置による消火を試みたが、消火することができず、本件車両の右舷側に隣接して積載されていた車両に延焼するなどして火勢が増し、第3甲板にも延焼した。

- (4) 一航士は、消火作業の継続を断念して、消火作業を行っていた乗組員にトランシーブで火災現場から退避するよう指示し、右舷中央階段室で点呼を行ったところ、二航士、甲板手C、甲板員B及び甲板員Cの所在が確認できなかった。その後、甲板手C、甲板員B及び甲板員Cの所在は確認でき、二航士の所在も一旦は確認できたものの、確認できなくなった。
- (5) 本件船長は、マネージャーに旅客全員を集合させ、救命胴衣を着用させた後、18時13分ごろ乗組員に総員退船の準備を指示した。
- (6) 本件船長は、18時30分ごろ総員退船を発令し、旅客全員、本件船長及び二航士を除く乗組員がシュータにより総員退船し、救命いかだに乗っていたところをフェリーA、フェリーB、貨物船A及び巡視艇に救助され、また、本件船長は、二航士の安否確認のため本船に残っていたが、海上保安庁の説得により21時13分ごろ巡視艇に救助された。
- (7) 二航士は、8月3日11時01分ごろ、海上保安庁の特殊救難隊により第2甲板の本件車両後方において、心肺停止状態で発見され、室蘭港に搬送された後、死亡が確認された。
- (8) 本船は、函館港にえい航された後、二酸化炭素ガス注入による消火作業が行われ、10日14時53分ごろ鎮火が確認された。

3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1.1及び2.1.2から、本事故の発生日時は、平成27年7月31日17時10分ごろであり、発生場所は、苫小牧港東外防波堤灯台から177°47.7M付近であったものと考えられる。

3.1.3 死傷者の状況

2.2から、二航士の死因は、一酸化炭素中毒であった。

3.1.4 損傷の状況

2.3から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 本船

- ① 第2甲板では、右舷中央部の甲板及び外板に焼損を生じ、右舷中央部の本件車両が積載されていた付近のエンジンケーシング壁面に確認できた箇所最大深さ約40mmの凹状の熱変形、天井部の部材及び噴霧装置の配管

に曲損、蛍光灯に割損等を生じた。

② 第3甲板では、右舷中央部の甲板及び外板に焼損を生じ、右舷中央部の甲板上に最大深さ約70mmの凹状の熱変形、天井部の部材及び噴霧装置の配管に曲損、蛍光灯に割損等を生じた。

③ 第4甲板では、熱により、右舷中央部の暴露甲板の塗装に剥離及び最大深さ約90mmの凹状の熱変形を生じた。

(2) 車両

第2甲板では右舷中央部に積載されていた車両12台、第3甲板では右舷中央部に積載されていた車両4台に焼損を生じた。

3.2 事故要因の解析

船舶の火災事故については、運輸安全委員会設置法第2条第5項における船舶事故の定義が、「船舶の運用に関連した船舶の損傷」及び「船舶の構造、設備又は運用に関連した人の死傷」と定められていることから、本報告書においては、本船に火災による損傷が生じ、本船の乗組員が死亡するに至った要因に主眼を置いて解析することとした。

3.2.1 乗組員の状況

2.4から、本件船長、一航士及び二航士は、適法で有効な海技免状を有していた。

本事故当時の本件船長及び一航士の健康状態は良好であり、また、二航士の健康状態は良好であったものと考えられる。

3.2.2 船舶の状況

2.1.2、2.1.3及び2.5.2(9)から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 点検、整備等の不良に起因すると考えられる次の不具合があったものと考えられるが、その他船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

① 左舷側のシュータ投下用ウインチの操作用ハンドルが錆により適切に差し込めなかったことから、ハンドルが甲板に接触して操作が円滑に行えなかった。

② 救命いかだの架台の作動部が固着して作動しないものがあった。

(2) 本件火災探知装置による警報の作動状況、及び乗組員が本船の出港直後、05時00分ごろ、10時30分ごろ及び15時45分ごろにそれぞれ複数名で船内巡視を行い、第2甲板に異常がないことを確認していたほか、16時30分ごろに機関部の乗組員が第2甲板を通行し、異臭等の異常を感じて

いなかったことから、本事故発生まで第2甲板に異常はなかった。

3.2.3 気象及び海象の状況

2.6から、本事故当時、天気は曇りで、風速約8～10m/sの南の風が吹き、波向が南東で周期約10秒のうねり及び波向が南西の風浪があり、波高は約1.5～2.0mであり、気温約25℃、水温約21℃、日没時刻は、18時54分ごろであったものと考えられる。

3.2.4 出火元に関する解析

次のことから、本件車両の本件冷凍機が出火元であったと推定される。

- (1) 2.1.3(2)から、火災発生の確認を行った甲板手Aが、本件車両の本件冷凍機付近がオレンジ色に明るくなっているのを認め、また、甲板長が本件冷凍機の下甲板がオレンジ色に照らされているのを認めていたこと。
- (2) 2.1.3(2)から、最初に消火器を使用した三航士Aが、本件冷凍機のカバーのフロントパネルの手前側（本件車両の運転席側）のスリットから火炎と煙が出ているのを認めたこと。

3.2.5 出火の要因に関する解析

2.1.3、2.5.2(5)、2.8.1～2.8.5及び2.9から、次のとおりであった。

(1) 本件冷凍機からの出火の要因

次のことから、本船から電力の供給を受け、モータにより稼働中であった本件冷凍機で、電気火災が発生したものと考えられる。

- ① 航海中、車両甲板は立ち入ることができないよう施錠等により措置されており、旅客による放火は考え難いこと。
 - ② 出火は、本件冷凍機の稼働が冷凍機用のディーゼルエンジンからモータに切り替えられてから約16時間経過した頃に発生しており、出火時には、冷凍機用のディーゼルエンジンの排気管等火災発生の原因となり得る箇所の温度は可燃物の発火温度以下であり、排気管等が火災原因とは考え難いこと。
 - ③ 三航士Aが、消火器を使用した際、電気のスパーク音のような音を聞いていること。
- (2) 本件冷凍機の電気火災による出火の要因

本件冷凍機内のモータ配線には、3本全てを切断した後に、本件冷凍機のサービスマニュアルにおいて火災のおそれがあることから禁じられている方法で結線された可能性のある箇所があり、その配線には短絡及び断線が認め

られたことから、モータ配線の当該結線部において電気火災が発生した可能性があると考えられる。

モータ配線の当該結線部において、亜酸化銅増殖発熱現象、接触不良、短絡など、電氣的な要因によって発火し、当該結線部周辺の断熱材、干渉防止材等に燃焼が拡大するなどした可能性があると考えられるが、出火の要因の特定には至らなかった。

3.2.6 延焼に関する解析

2.1.3、2.3、2.5.2、2.5.3、2.8.1～2.8.5、2.8.7、2.9及び3.2.5から、次のとおりであった。

- (1) 本件冷凍機のモータ配線の結線部において、亜酸化銅増殖発熱現象などの電氣的な要因により、当該結線部周辺の断熱材、干渉防止材等が燃焼した後、本件冷凍機内に延焼し本件車両のバンボディ下部の木材等に延焼するとともに、本件冷凍機の近傍にあった本件車両の燃料配管が焼損して燃料に引火し、火勢が強まり、本件車両全体に延焼した可能性があると考えられる。
- (2) 本件車両の右舷側に隣接して積載されていたトラック、更に周辺のトラック及びセミトレーラに延焼するとともに、第2甲板の天井、すなわち第3甲板の床面が熱せられる状況となったものと推定される。
- (3) 熱伝導率の高い鋼で構成されている第3甲板の床面が第2甲板で発生した火災により熱せられ、第3甲板に積載されており、同甲板に接していたセミトレーラのタイヤが発火温度に達して発火し、同セミトレーラ車体に延焼して同セミトレーラに積載されていた小型のガスボンベが熱せられたことから内圧が増して破裂し、同ガスボンベに充填されていた引火性高压ガスが噴出した後、同ガスにも引火し、延焼が広がったものと推定される。
- (4) 第3甲板で発生した火災により、第4甲板が熱せられたことから、右舷中央部の暴露甲板において熱による塗装の剥離が生じたものと推定される。

3.2.7 乗組員の非常配置及び装備に関する解析

2.1.3、2.5.2(7)、2.7.1及び2.7.3から、次のとおりであった。

- (1) 本件船長は、昇橋して一航士から火災の状況報告を受け、旅客が動揺することを避けるため、‘非常配置表の防火部署に定められた信号及び海員配置信号’（以下「防火部署信号」という。）によらず、使い慣れているトランシーバで防火部署につくよう乗組員に指示したものと推定される。

本件船長が行った防火部署の指示は、すでに第2甲板に向かっていたか、消火作業に当たっていた乗組員には電動通風装置の騒音などにより、確実に

伝わらなかったものと考えられる。

- (2) 甲板員Cが、一航士が消火作業の継続を断念した後に火災発生を認知したことは、防火部署信号が発せられなかったことが関与した可能性があると考えられる。
- (3) 甲板員Cが消火作業についていないことを現場指揮者である一航士等が把握していなかったことは、消火作業の実施に際して点呼が行われていなかったことが関与した可能性があると考えられる。
- (4) 乗組員の消火作業が組織的に行われず、各々の判断で行動する状況が生じていたことから、一航士が消火作業の継続を断念して火災現場から退避することとした後に点呼を行った際、甲板手C、甲板員B及び甲板員Cの所在が確認されず、また、二航士が単独で船尾側に退避する状況が生じた可能性があると考えられる。
- (5) ‘非常配置表の防火部署に定められたたがね、ハンマー、スパナ、電気ドリル、消防員装具、ガス検知器及び照明用ランプ’（以下「所定用具」という。）の準備等を行った乗組員がいなかったことは、次のことによる可能性があると考えられる。
 - ① 本件船長が防火部署信号を発しなかったことから、防火部署に基づき行動することに考えが至らない乗組員がいた。
 - ② 現場指揮者等から所定用具の準備等に関する具体的な指示がなかった。

3.2.8 乗組員による消火作業に関する解析

2.1.2、2.1.3、2.5.2(7)、2.7.3、2.8.1及び2.8.2から、次のとおりであった。

(1) 消火作業全般

乗組員に実践的な教育及び訓練が不足していたことにより、防火部署における総指揮者である本件船長から防火部署信号が発せられず、また、乗組員が火災現場において各々の判断で行動し、こうした乗組員の動向を現場指揮者である一航士が把握していなかったなど、本件船長及び一航士の適確な指揮の下で組織的な消火作業が行われなかった状況があったものと考えられる。

(2) 消火器による消火

- ① 第2甲板にいた乗組員は、17時13分ごろ本件火災探知装置が火災警報を発した後、17時27分ごろ消火ホースによる消火作業が開始されるまでの間、おのなどにより本件冷凍機のカバーを破壊することなどせず、火元を露出させなかったことから、本件冷凍機のカバーに阻まれて火元に有効に消火剤が届かず、消火できなかった可能性があると考えられる。また、速やかに消防員装具を装着した上で消火ホースによる消火作業に移行

することなく、複数の乗組員により約16個の消火器を使用した消火作業が行われていた間に火炎が本件車両の左側まで広がった可能性があると考えられる。

② 乗組員に火元が露出していない火災への対応方法に関する実践的な教育及び訓練が不足していたこと、また、一航士による指示が行われず、防火部署に定められたおのなどの消防員装具、ハンマーなどの準備が乗組員によって行われなかったことから、おのなどで本件冷凍機のカバーを破壊することにより、火元を露出させなかった可能性があると考えられる。

(3) 消火ホースによる消火作業

① 乗組員は、複数の消火ホースを連結しないで、1本の消火ホースを使って積載された車両間を迂回して展張したことから、消火ホースが本件車両の火元付近まで届かなかったものと考えられる。

② 次のことから、乗組員は、本件車両の火元に放水できる位置まで接近することができなかった可能性があると考えられる。

a 消火ホースを展張して放水による消火作業を行うために必要な空所が本件車両の周囲に確保できていなかったこと。

b 消防員装具を装着しなかったこと。

c 火炎の熱を軽減することができる水噴霧放射器を使用しなかったこと。

③ 上記①及び②から、火元への放水により火元を有効に冷却することができず、火勢を抑制し、又は消火することが困難であった可能性があると考えられる。

(4) 噴霧装置による消火作業

本件船長は、最大2区画までしか噴霧能力を有していない噴霧装置を三航士Aに指示して5区画に噴霧するよう船橋にある噴霧装置の遠隔制御盤を操作させており、また、一航士から噴霧が確認できない旨の報告を受けた後であっても、噴霧区画を変更していないことから、噴霧装置の噴霧能力を十分に理解していなかった可能性があると考えられる。

3.2.9 火災現場等からの退避に関する解析

2.1.3、2.5.2(6)及び3.2.7(4)から、次のとおりであった。

(1) 一航士がトランシーバで火災現場から退避するよう指示して右舷中央階段室で点呼を行った際、二航士、甲板手C、甲板員B及び甲板員Cは集合しておらず、二航士は船尾側に退避したことが確認できたが、甲板手C、甲板員B及び甲板員Cの所在が確認できなかったことから、一航士の退避の指示が明確に伝わらなかった、又は、徹底されなかった可能性があると考えられ

る。

- (2) 機関長は、機関室内に黒煙が充満して視界を確保できなくなったことから、機関室に留まるのは危険と判断し、本件船長に報告して機関室から退避したものと考えられる。車両甲板から船外に排出した黒煙を電動通風装置で吸入して機関室内に排出し続けていたことから、機関室に黒煙が充満して視界を確保できなくなったものと考えられるが、当該電動通風装置の運転を機関室への給気から排気に切り替える等の措置を行うことにより、機関室から退避せざるを得ない事態及びエスケープトランクを使用できない事態を避けることができた可能性があると考えられる。

3.2.10 二航士の死亡に至る状況の解析

2.1.3、2.2、3.2.7、3.2.8、3.1.3及び3.2.9から、次のとおりであった。

- (1) 一航士、三航士A及び甲板長が、消火作業中に第2甲板にいる二航士を認めていることから、二航士は火災発生後に第2甲板にいたものと考えられる。
- (2) 二航士は、現場退避の指示を受け、一旦、第2甲板の船尾側に退避したが、所在が確認できていなかった甲板員Cを探すなどの職責を果たす際に、火災発生場所の風下に立ち入り、煙により視界を遮られて方向が分からなくなり、退避が困難となった可能性があると考えられる。
- (3) 二航士は、一酸化炭素を吸い込んだことにより死亡したものと考えられる。
A社が火災発生時における有毒ガスの危険性に関する教育を行うことにより、乗組員が有毒ガスの危険性をより強く認識できた可能性があると考えられる。

3.2.11 被害の拡大に関する解析

2.3.1、2.3.2、2.5.3、2.1.1及び3.2.6から、第3甲板右舷中央部に積載されていた1台のセミトレーラに引火性高圧ガスが充填された小型のガスボンベ1,056本が積載されていたことは、第3甲板及び第4甲板の被害拡大に関与した可能性があると考えられる。

3.2.12 安全管理に関する解析

2.1.3、2.7.1～2.7.3、2.8、3.2.7、3.2.8及び3.2.9から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、乗組員に対し、非常配置表による防火部署、総員退船部署等の操練を実施し、消火設備及び救命設備の使用法並びに非常配置表に割り当てられた消火作業に関する船上教育及び訓練をそれぞれ行っていた。

しかし、本船は、次のことから、実践的な教育及び訓練が不足していた可能性があると考えられる。

- ① 本件船長により、防火部署信号が発せられなかったものと推定されること。
 - ② 消防員装具の装着、ガス検知、火災現場の風下への立入禁止、単独行動の禁止など、火災現場における安全対策が実施されず、また、火災現場において、これらの安全対策の実施に関する指示等が行われなかった可能性があると考えられること。
 - ③ 所定用具の準備が行われなかったこと。
 - ④ 本件冷凍機のカバーに阻まれ、火元に消火剤を放出できないなど、火元が露出していない火災に対して、有効な消火作業が実施されなかった可能性があると考えられること。
 - ⑤ 放射熱の伝搬を軽減することができ、狭隘な箇所における火災に対して有効な水噴霧放射器が使用されなかったこと。
 - ⑥ 噴霧能力に応じて噴霧装置が有効かつ適確に使用されなかった可能性があると考えられること。
 - ⑦ 一旦船外に排出した煙が機関室内に侵入、また、本船救助艇の右舷側通風筒からの排煙を継続したことで、本船救助艇に近づけず、使用することができなかったことから、状況に応じた通風装置の使用がなされなかった可能性があると考えられること。
- (2) A社は、車載冷凍機内からの発煙を経験していたことから、車載冷凍機のカバー内部で発火した際の対応を検討することにより、乗組員に対する実践的な教育及び訓練の実施につなげることができた可能性があると考えられる。
- (3) 本件車両の周囲には、安全かつ適確な消火作業の実施が可能な空所が確保されていなかったものと考えられる。

3.2.13 事故発生に関する解析

2.1.2～2.1.6、2.8、3.1.1及び3.2.4～3.2.9から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、苫小牧港に向けて北進中、第2甲板で本件車両の本件冷凍機から出火したものと推定される。
- (2) 本件冷凍機から出火したのは、本件冷凍機のサービスマニュアルにおいて火災のおそれがあることから禁じられている方法による結線が行われていたことにより、モーター配線の結線部において、亜酸化銅増殖発熱現象、接触不良、短絡など、電氣的な要因によって発火した可能性があると考えられるが、出火の要因の特定には至らなかった。

- (3) 本件冷凍機から出火した火災は、本件車両の下部に延焼した後、本件車両全体に延焼し、更に周辺の車両、上部の第3甲板等に延焼したものと推定される。
- (4) 本船は、防火部署信号が発せられず、乗組員が火災現場において各々の判断で行動するなど、一航士の指揮の下で組織的な消火作業が行われなかった状況があったものと考えられる。
- (5) 第2甲板にいた乗組員は、本件火災探知装置が火災警報を発した後、消火ホースによる消火作業が開始されるまでの間、おのなどにより本件冷凍機のカバーを破壊することなどせず、火元を露出させなかったことから、本件冷凍機のカバーに阻まれて火元に有効に消火剤が届かず、消火できなかった可能性があると考えられる。また、速やかに消防員装具を装着した上で、消火ホースによる消火作業に移行することなく、複数の乗組員により約16個の消火器を使用した消火作業が行われていた間に火炎が本件車両の左側まで広がった可能性があると考えられる。
- (6) 本船は、積載された車両間を迂回しても消火ホースが火元付近まで届くように、複数の消火ホースを連結して延長することなく、また、放水による消火作業を行うために必要な空所が確保されていなかったことから、本件車両の火元に接近することができず、火元に対して効果的な放水ができなかった可能性があると考えられる。
- (7) 本船は、噴霧装置を作動させたが、加圧水噴霧ポンプの送水能力を超えた3区画以上に噴霧したことから、噴霧ノズルから有効な噴霧が行えず、延焼の拡大を防止できなかった可能性があると考えられる。
- (8) 本船では、消防員装具、水噴霧放射器など状況に応じた消防設備が使用されなかったものと考えられる。
- (9) 本船は、定期的に消火等に関する教育及び訓練を実施していたが、上記(4)～(8)のことから、火元が露出していない火災の消火、車両甲板に車両が積載された状態でのホース接続展張、水噴霧放射器の使用などの訓練が行われておらず、実践的な教育及び訓練が不足していた可能性があると考えられる。
- (10) A社は、車載冷凍機のカバー内部からの発煙を経験していたことから、車載冷凍機のカバー内部で発火した際の対応を検討し、乗組員に対する実践的な教育及び訓練の実施につなげることができた可能性があると考えられる。
- (11) 二航士は、煙により方向が分からなくなり、一酸化炭素中毒により死亡したものと考えられ、海上保安庁の特殊救難隊により、第2甲板で発見された。
- (12) 本船は、二航士が発見された後、函館港までえい航され、二酸化炭素ガス

が注入されて鎮火したものと推定される。

3.3 救助及び被害の軽減措置に関する解析

3.3.1 火災による被害の拡大に関する解析

2.1.3、2.3.1、2.5.2、2.5.3 及び 3.2.11 から、引火性高圧ガスが充填された小型のトーチ専用ガスボンベ480本及び小型のカセットガスボンベ576本が、雑貨として第3甲板右舷中央部のセミトレーラに積載されていたことが、第3甲板における火災による被害を拡大させた可能性があると考えられる。

3.3.2 総員退船に関する解析

2.1.3、2.1.4、2.5.2(8)及び2.5.2(9)から、次のとおりであった。

- (1) 乗組員によるシュータ及び救命いかだの架台の点検、整備等が、適確に行われていなかったものと考えられる。
- (2) 乗組員は、次のことから、総員退船に関する実践的な訓練が不足していた可能性があると考えられる。
 - ① 本船は、乗組員が、両舷にあるシュータ及び救命いかだを投下しようとした際、シュータ投下用ウインチの操作用ハンドルが錆により適切に差し込めなかったことから、ハンドルが甲板に接触して操作が円滑に行えなかったものと考えられること。
 - ② 救命いかだの架台の作動部が固着して作動せず、救命いかだを数人で抱え上げて投下したものがあつたと考えられること。
 - ③ 本船には、30分間で合計700人を退船させることが可能なシュータが備えられていたが、92人の退船に約55分を要しており、状況によってはより迅速な退船が必要となる可能性があると考えられること。
- (3) 本船は、シュータと救命いかだとの設置の間隔が近い状況下、乗組員の救命いかだ投下前の海面の状況確認が十分でなかったことから、救命いかだシュータのプラットフォーム上に落下した可能性があると考えられる。このことは、プラットフォームの破損等により、シュータの使用を困難にするなど、総員退船に重大な影響を与えた可能性があると考えられる。
- (4) 本船に備え付けられていたシュータの取扱説明書及び標示には、当該シュータで旅客等を降下させる方法についての具体的な記載がなかったものと推定される。
- (5) 救命いかだの取扱説明書及び標示には、救命いかだの膨張方法が明確に記載されていなかったものと推定される。
- (6) 本船は、本事故時、要介助の旅客はなく、旅客が定員の約半分と少なかつ

たこと、気象及び海象が穏やかであったこと、及び本件船長が日没時刻を考慮して総員退船を決断したことから、負傷者を生じることなく総員退船ができた可能性があると考えられる。

3.3.3 本船の近傍を航行していた船舶による救助に関する解析

2.1.3 及び 2.1.4 から、次のとおりであった可能性があると考えられる。

- (1) 本事故当時、本船の近傍を航行していたフェリーA、フェリーB及び貨物船Aが自主的に又は救助要請に対応し、本船救助艇が使用できない状況において、フェリーA及びフェリーBが救助艇を降下させて本船の救命いかだをえい航するなどして救助に当たったことは、本船の旅客及び乗組員の救助に寄与した。
- (2) 来援したフェリーA、フェリーB及び貨物船Aが、負傷者を出さずに旅客及び乗組員を救助できたのは、総員退船が行われたのが日没前であり、本事故当時の気象及び海象が穏やかであったことが寄与した。

4 結 論

4.1 分析の要約

- (1) 本船は、苫小牧港に向けて北進中、第2甲板で本件車両の本件冷凍機から出火したものと推定される。(3.1.1 及び 3.2.4) ^{*14}
- (2) 本件冷凍機からの出火は、本件冷凍機のサービスマニュアルにおいて禁じられている方法によるモーター配線の結線が行われていたことにより、亜酸化銅増殖発熱現象、接触不良、短絡など、電気的な要因によって発火した可能性があると考えられるが、出火の要因の特定には至らなかった。(3.2.5)
- (3) 本件冷凍機から出火した火災は、乗組員による消火作業が行われたにもかかわらず、本件車両の下部に延焼した後、本件車両全体に延焼し、更に周辺の車両、上部の第3甲板等に延焼したものと推定される。(3.2.6)
- (4) 火災発見時、火元が本件冷凍機のカバー内部であったことから、乗組員が火元に効果的に消火剤を放射できず、消火できなかった可能性があると考えられる。また、速やかに消防員装具を装着した上で消火ホースによる消火作業に移行することなく、複数の乗組員により約16個の消火器を使用した消火作業が

^{*14} 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

行われていた間に火炎が本件車両の左側まで広がった可能性があると考えられる。(3.1.1、3.2.4及び3.2.8)

(5) 乗組員による組織的な消火活動が行われなかったこと、乗組員の噴霧装置の使用方法についての理解が不足し、加圧水噴霧ポンプの能力を超えた5区画に噴霧させたことなどから、本件車両から隣接車両等への放水による消火及び延焼の拡大を防止できなかった可能性があると考えられる。(3.2.8)

(6) A社が、乗組員に対して、車載冷凍機内部から発火した火災に対応した実践的な教育及び訓練が不足していたことから、上記(4)及び(5)のように乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかった可能性があると考えられる。(3.2.7及び3.2.8)

(7) 安全かつ適確な消火作業を行うために必要な空所を確保していなかったことが、乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかったことに関与した可能性があると考えられる。(3.2.8)

(8) 二航士は、煙により視界を遮られて方向が分からなくなり、一酸化炭素中毒により死亡したものと考えられ、海上保安庁の特殊救難隊により、第2甲板で発見された。(3.1.1、3.1.3及び3.2.10)

二航士は、大きな危険を伴う火災現場において、甲板員Cを探すなどの職責を果たす際に、火災発生場所の風下に立ち入り、一酸化炭素を吸い込んだことにより死亡したものと考えられる。

A社が火災発生時における有毒ガスの危険性に関する教育を行うことにより、乗組員が有毒ガスの危険性をより強く認識できた可能性があると考えられる。(3.2.10)

(9) 引火性高圧ガスが充填されたカセットガスボンベ等が、雑貨として第3甲板右舷中央部のセミトレーラに積載されていたことが、第3甲板における火災による被害を拡大させた可能性があると考えられる。(3.3.1)

4.2 原因

本船舶事故は、本船が、苫小牧港南方沖において苫小牧港に向けて北進中、第2甲板に積載されていた本件車両の本件冷凍機から出火し、乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかったため、発生した可能性があると考えられる。

本件冷凍機からの出火については、本件冷凍機のサービスマニュアルにおいて禁じられている方法により結線した箇所から電気火災が発生した可能性があると考えられるが、出火の要因の特定には至らなかった。

火災発見時に乗組員が消火器による消火を適確に行えなかったのは、火元が本件冷凍機のカバー内部であったことから、火元に効果的に消火剤を放射できなかったこと

による可能性があると考えられる。

乗組員が消火ホースからの放水による消火及び延焼の拡大を防止できなかったのは、消防員装具を装着した上で組織的な消火作業が行われなかったこと、乗組員の噴霧装置の使用方法についての理解が不足し、加圧水噴霧ポンプの能力を超えた5区画に噴霧させたこと、及び安全かつ適確な消火作業を行うために必要な空所が確保されていなかったことによる可能性があると考えられる。

乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかったのは、A社の乗組員に対する実践的な教育及び訓練が不足していたことによる可能性があると考えられる。

本件火災により二航士が死亡したのは、大きな危険を伴う火災現場において、甲板員Cを探すなどの職責を果たす際に、火災発生場所の風下に立ち入り、一酸化炭素を吸い込んだことによるものと考えられる。

A社が火災発生時における有毒ガスの危険性に関する教育を行うことにより、二航士が有毒ガスの危険性をより強く認識できた可能性があると考えられる。

4.3 その他判明した安全に関する事項

本船は、総員退船は実施できたが、次のことが、これを迅速に実施できなかったことに影響を与えた可能性があると考えられる。

- (1) 次のことから、乗組員は、総員退船に関する実践的な訓練が不足していた可能性があると考えられること。
 - ① 本船のシュータ及び救命いかだの架台には、点検及び整備不良に起因すると考えられる不具合があったこと。
 - ② 92人の退船に約55分を要したこと。
- (2) シュータと救命いかだの設置の間隔が近い状況下、乗組員の救命いかだ投下前の海面の状況確認が十分でなかったことから、救命いかだがシュータのプラットフォーム上に落下した可能性があること。
- (3) 本船に備え付けられていたシュータの取扱説明書及び標示には、当該シュータで旅客等を降下させる方法についての具体的な記載がなかったものと推定されること。
- (4) 救命いかだの取扱説明書及び標示には、救命いかだの膨張方法が明確に記載されていなかったものと推定されること。

また、引火性高圧ガスが充填されたカセットガスボンベ等が、雑貨として第3甲板右舷中央部のセミトレーラに積載されていたことが、第3甲板における火災による被害を拡大させた可能性があると考えられる。

5 再発防止策

5.1 火災事故に対する再発防止策

本船舶事故は、火災発見時に火元に効果的に消火剤を放射できなかった可能性があること、組織的な消火作業が行われず、噴霧装置の使用方法の理解不足から加圧水噴霧ポンプの能力を超える3区画以上に噴霧が行われたことにより消火及び延焼防止ができなかった可能性があること、及び安全かつ適確な消火作業を行うために必要な空所が確保されていなかった可能性があることから、乗組員による消火及び延焼防止が適確に行われなかったため、発生した可能性があると考えられる。

したがって、同種事故の再発防止のため、A社は、次の事項について検討し、対策を講じるとともに、国土交通省はこれらの対策が確実に講じられたことを確認する必要がある。

- (1) 非常配置表の防火部署に定められた信号を発し、組織的な消火作業を行うこと
- (2) 本船に装備されている消防設備及び所定用具の使用方法に習熟し、火元や延焼の状況に応じて適切に使用すること。
- (3) 車両が積載された車両甲板において、安全かつ適確な消火作業の実施が可能な空所を確保すること。
- (4) 消火作業に従事している乗組員の動向等を常に把握し、火災現場の安全を確保すること。
- (5) 上記(1)～(4)に関する実践的な教育及び訓練の実施

また、本事故においては、本件冷凍機の取扱説明書に基づき、専門的な知識と技能を有する修理技術者・資格のある専門業者により、サービスマニュアルに従った結線が行われていれば出火しなかった可能性があると考えられることから、車載冷凍機を装備する車両を運用する運送事業者は、車載冷凍機の定期的な点検を行い、その整備に当たっては、資格のある修理技術者に依頼すること。また、車載冷凍機のメーカーは、取扱説明書及びサービスマニュアルを遵守して車載冷凍機の保守、点検、整備等を行うことの重要性について、車載冷凍機を備え付けた車両の所有者、車載冷凍機の整備を行う者等に対して、より一層の周知を行うことが望ましい。

さらに、引火性高圧ガスが充填されたカセットガスボンベ等が、危険物としての申告がなされずに雑貨として第3甲板右舷中央部のセミトレーラに積載されていたことが、第3甲板における火災による被害を拡大させた可能性があると考えられることから、荷送人は、法令を遵守し、旅客フェリーに危険物を積載する場合、危険物の品名、個数、質量等を記載した自動車等危険物明細書を船舶所有者又は船長に提出する

こと。また、運航管理者は、申告がなされた危険物の運送が法令等に適合するか否かを適切に確認すること。

以上の再発防止策を実現するため、関係する各社は、実効的な対策を講じることが望ましい。

5.2 その他判明した安全に関する事項に対する対応策

A社は、次の事項について検討し、対策を講じることが望まれる。

- (1) シュータ及び救命いかだの適切な設置並びにその整備・点検の確実な実施
- (2) シュータ及び救命いかだの取扱いに関する乗組員への実践的な教育及び訓練の実施

また、シュータ及び救命いかだのメーカーは、シュータ及び救命いかだの取扱説明書及び標示の見直しを行い、これら进行操作する乗組員等に対して、適確な情報提供を行うことが望まれる。

5.3 事故後に講じられた事故等防止策

5.3.1 国土交通省海事局が講じた措置

国土交通省海事局安全政策課は、本事故発生日から特別監査を開始した結果、消火作業における課題が判明したことから、平成27年9月にフェリー火災対策検討委員会を設置して検討を開始し、事業者があらかじめ消火作業の手順を検討するとともに、乗組員1人1人が実践的な訓練を積んでおくことが重要であると結論づけ、平成28年3月に旅客フェリー会社が火災に備えて消火プランの作成及び実践的な消火訓練を行うための手引書を作成し、次の対策を講じるべく指導を行った。

フェリー火災対策検討委員会は、車両甲板における車両及び車載冷凍機のカバー内部で発生した火災の消火方法の検証を行うため、保冷のためのバンボディを有する車両、本件冷凍機と同型の車載冷凍機等を周囲に60cmの空隙を設けた状態で設置して消火実験を行った。実験の結果、防火服を着用して適確な消火作業を行えば、水噴霧放射器及び消火器で消火することが可能であることが確認された。

(1) 火災対策

- ① フェリーの防火構造、消防設備の種類、能力、数及び設置場所等を把握すること。
- ② 発火源など危険箇所を洗い出すこと。
- ③ 上記①及び②を踏まえ、火災を認知した時点から鎮火を確認又は消火を断念して退避するまでの乗組員の対応手順の詳細を検討すること。その際、発火源の種類、発火場所等により異なった対応手順が必要となる場合、その対応手順の詳細についても検討すること。

④ 上記③で検討した消火作業の手順をまとめた計画書を「消火プラン」として作成すること。なお、上記③で複数の対応手順を検討した場合、複数の対応手順について「消火プラン」を作成すること。

⑤ 消火プランに基づく実践的な教育及び消火訓練を行うこと。

(2) 指導対象等

① 多数の乗客が乗船することに加え、船内の構造が複雑である大型の旅客フェリー（沿海区域以遠を航行する総トン数5,000トン以上で複数の甲板を有する船）を運航する事業者に対して、消火プランの作成、教育及び実践的な訓練を行うよう指導を行った。

② その他の旅客フェリー会社に対しても火災対策の周知及び情報提供に努め、同様の火災対策を推進するよう指導を行った。

③ さらに、旅客フェリーの乗員に対して消火の手引きとして、水噴霧放射器の使用方法等を紹介したリーフレットを配布し、消火作業の主な手順を周知した。

5.3.2 国土交通省関東運輸局が講じた措置

国土交通省関東運輸局は、A社に対して特別監査を実施した結果、適切な消火作業ができていなかったこと等が認められたことから、火災対策を実施させて事故の再発防止を図るため、海上運送法第10条の3第3項及び第19条第2項の規定に基づく輸送の安全確保等に関する命令を平成27年12月16日に発出した。

A社は、平成28年1月13日に、同命令に基づいて講じた措置の報告を行い、報告の内容を精査した国土交通省関東運輸局は、車両甲板で火災が発生した際に、適切な消火設備を選択して、消火作業を行うための具体的な手順が定められるとともに、これに基づく訓練の実施体制が整備されているなど、措置の内容が適切であることを確認し、措置の内容が盛り込まれた安全管理規程の変更の届出を平成28年2月2日に受理した。

また、関東運輸局は、車両甲板に消火作業等を行うために空所を設ける旨を定めた安全管理規程の変更の届出を平成27年12月24日及び平成28年2月16日に受理した。

5.3.3 経過報告に対して国土交通省が講じた措置

(1) 国土交通省海事局安全政策課及び検査測度課が講じた措置

平成28年9月29日に次のとおり文書を発出した。

① 一般社団法人日本旅客船協会、一般社団法人日本外航客船協会及び一般社団法人日本長距離フェリー協会の各会長に対し、傘下の旅客フェリー会

社に対して経過報告を周知するとともに、下記の事項に留意して引き続き適切な火災対策を行うよう周知すること。

- a 乗組員に対し、車両が積載された状態における車両甲板で発生した火災を想定して消火設備の具体的な使用方法を検討し、教育及び訓練を強化することが望ましい。
- b シュータ及び救命いかだを円滑に投下することができるよう、点検及び整備をすることが望ましい。
- c 救命いかだを投下した際、膨張したシュータのプラットフォーム上に救命いかだが落下することがないように、シュータと救命いかだの設置の間隔について、メーカーが推奨する間隔を設けるよう検討することが望ましい。
- d 荷送人は、危険物を船舶により運送する場合は、危険物船舶運送及び貯蔵規則の規定に基づき、危険物の品名、個数、質量などを記載した危険物明細書を船長又は船舶所有者に提出すること。

- ② 産業関係及び海事関係の15団体に対し、危険物を船舶により運送する場合、危険物の荷送人は、危険物船舶運送及び貯蔵規則の規定に基づき、危険物の国連番号、品名、個数、質量などを記載した書類を船舶所有者又は船長に提出しなければならないことを、傘下の事業者に対し、リーフレット等を利用し、法令遵守の徹底を図るよう周知すること。

(2) 国土交通省自動車局安全政策課及び整備課が講じた措置

冷蔵冷凍車の車載冷凍機からの出火防止に万全を期すため、平成28年9月29日に次のとおり文書を発出した。

- ① 公益社団法人全日本トラック協会会長に対して下記a～cを、一般社団法人日本自動車整備振興会連合会会長に対し、下記c及びdを傘下会員に周知すること。

- a 保有する冷蔵冷凍車の車載冷凍機について、適切な結線方法により配線されていることを点検すること。点検の結果、適切な結線方法により配線されていないことが確認された場合は、専門業者に依頼する等して適切に配線すること。
- b 車載冷凍機メーカーが推奨する点検（日常、定期、一定距離毎など）を、必要に応じて専門業者に依頼する等して適切に実施すること。
- c 車載冷凍機に関する電気配線の補修等を行う際には、専門業者に依頼する等して、適切な施工を確保すること。
- d 車載冷凍機を点検した際に、適切な結線方法により配線されていないことが確認された場合は、専門業者に依頼する等して適切に配線するこ

と。

- ② 全国自動車電装品設備商工組合連合会会長、各地方運輸局自動車技術安全全部長及び沖縄総合事務局運輸部長に対し、上記①のとおり関係団体宛て通知したので了知するとともに、傘下会員への周知及び関係事業者を指導することを通知した。

5.3.4 A社等により講じられた事故等防止策

A社を含む長距離（沿海区域以遠）の‘航路’で旅客フェリーを運航する会社（13社）は、国土交通省海事局安全政策課の指導を受け、自社の船舶に実行可能な「消火プラン」を作成し、消火プランに基づく実践的な消火訓練として一般財団法人海上災害防止センター防災訓練所等において、消火訓練を実施している。

また、その中で必要に応じ、冷凍機積載車両等の上に噴霧装置を設置する等の改善措置を実施した。

（図25 参照）



図 2 5 防護服を着用し、水噴霧放射器及び消火器を使用して消火する訓練の様子
(一般財団法人海上災害防止センター提供)

A社は、平成27年8月7日に、「社内事故調査委員会」を発足させ、再発防止策をとりまとめた。主な再発防止策は次のとおりである。

- (1) 車両甲板における火災等に対する具体的な消火方法等を含めた消火プランの作成
- (2) 消火プランに基づいた実践的な車両火災訓練の実施
- (3) 一般財団法人海上災害防止センター防災訓練所における訓練の受講
- (4) 消火ホース接続金具の備置
- (5) 水噴霧放射器の増備
- (6) 活動性の高い消防員装具（防火服）の増備
- (7) 出力の大きなトランシーバの備置
- (8) 消火器及び消火ホースの増備並びに消火栓の移設

(9) 第2甲板天井（ランプウェイ下面）への噴霧装置の噴霧ノズルの設置

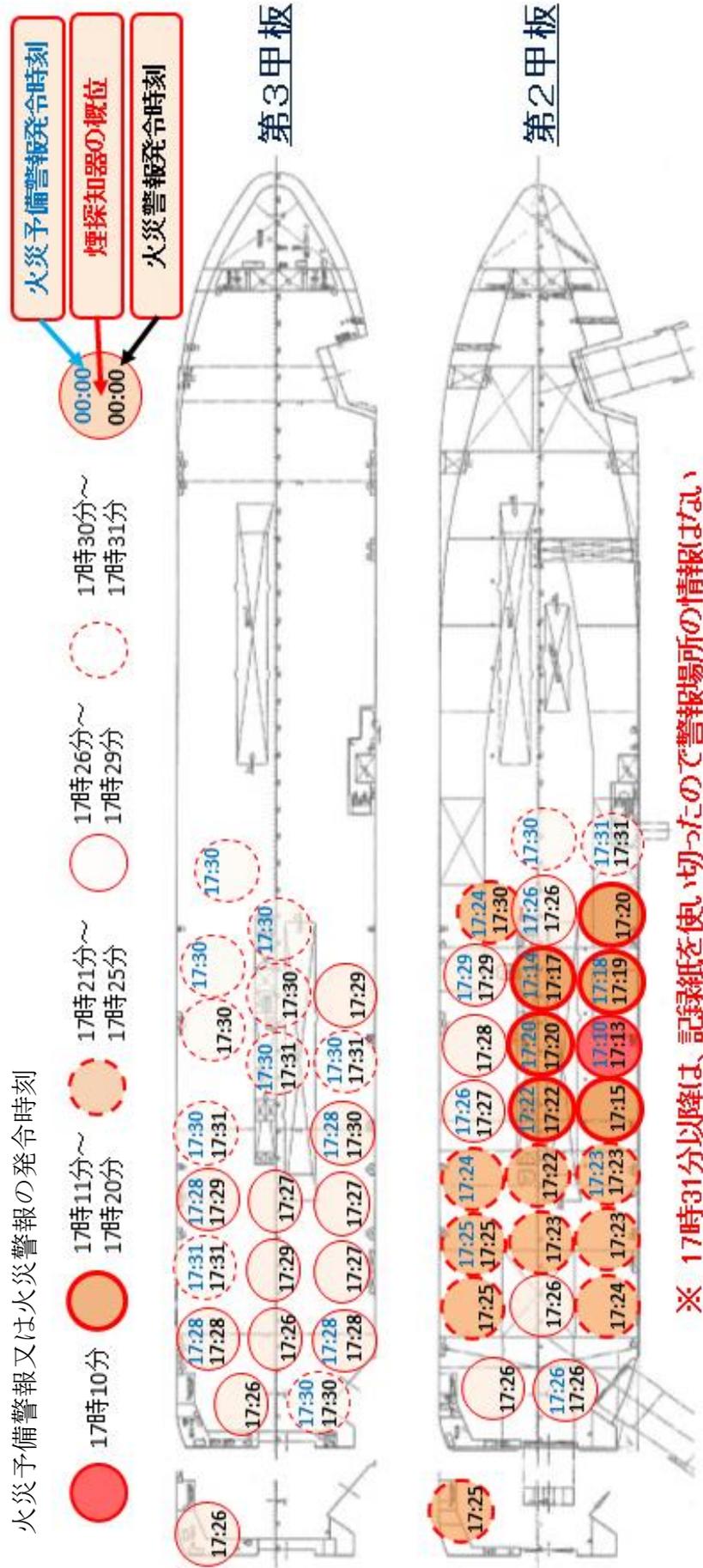
(10) シュータ及び救命いかだの取り扱いに関する教育

また、A社は、平成27年12月24日に、車両甲板に消火作業等を行うために空所を設ける旨を定めるための安全管理規程の変更の届出を行い、平成28年2月16日には、空所の確保をより確実にするための安全管理規程の変更の届出を行った。

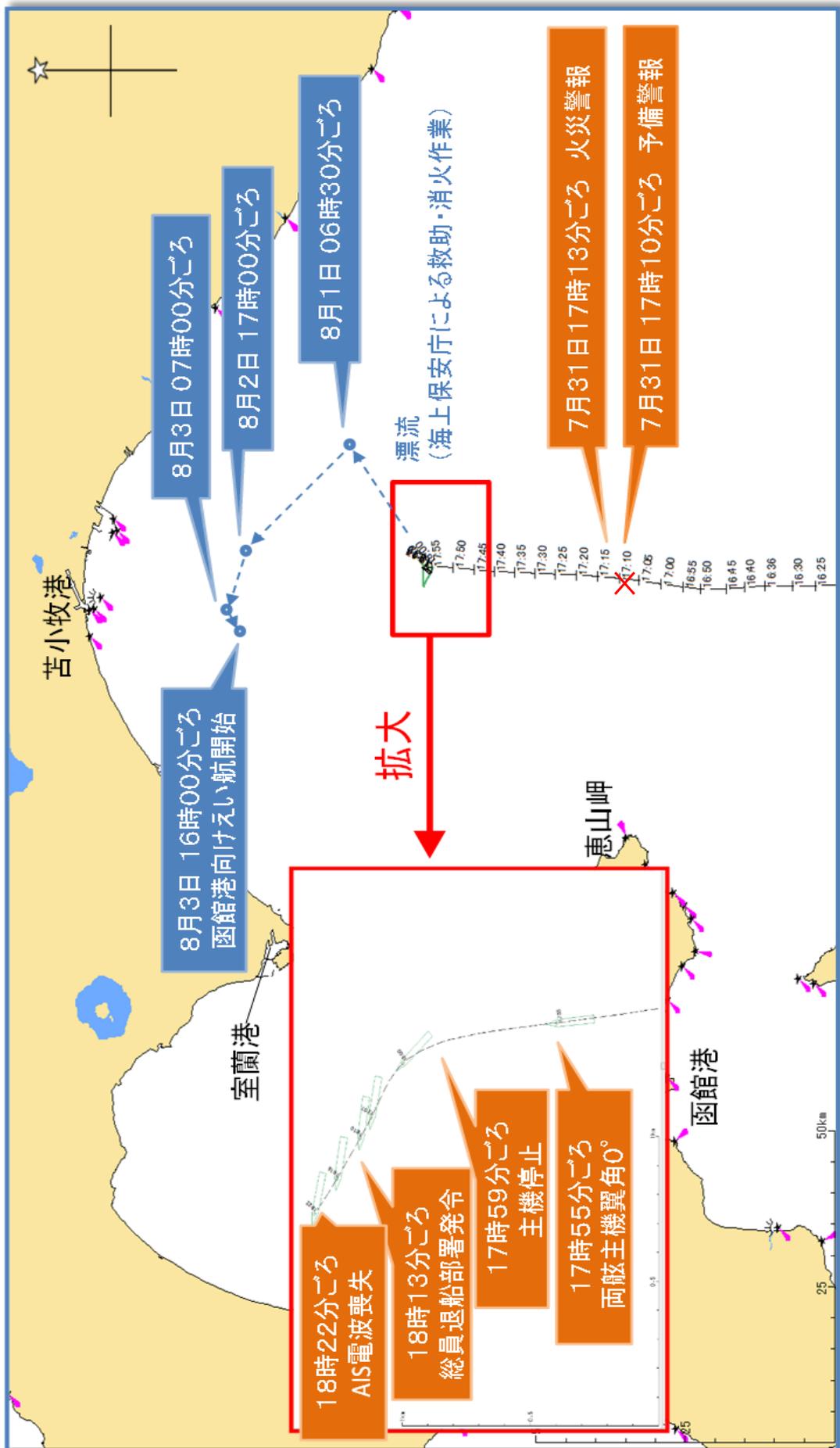
5.3.5 シュータ及び救命いかだのメーカーにより講じられた措置

シュータ及び救命いかだのメーカーは、シュータ及び救命いかだを操作する乗組員等に対して適確な情報提供を行うために、救命いかだの膨張方法を赤字で記したラベルを救命いかだのコンテナに貼り付けて標示することとし、また、シュータ及び救命いかだの取扱説明書及びシュータの標示の見直しを行っている。

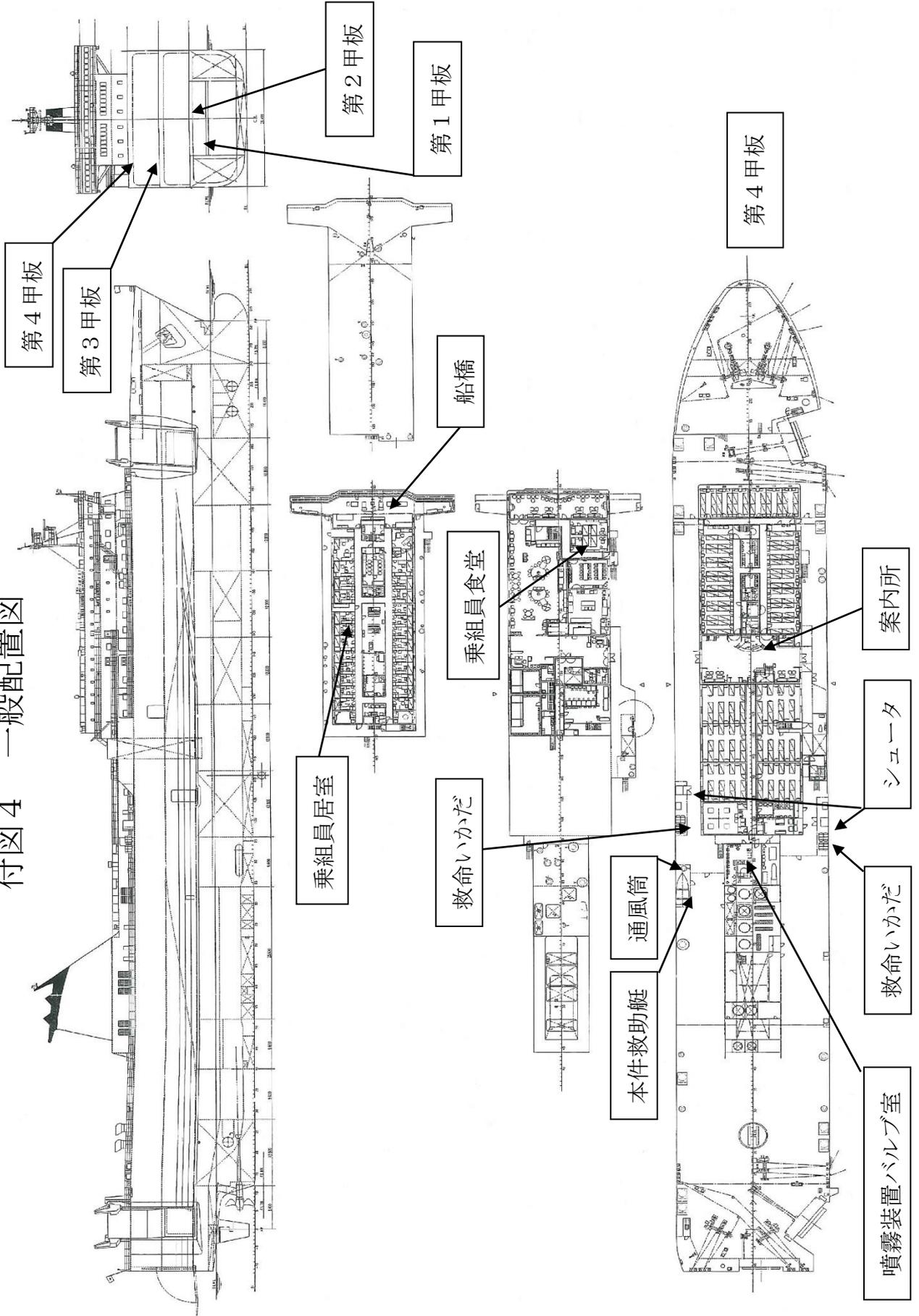
付図1 本件火災探知装置の作動状況図

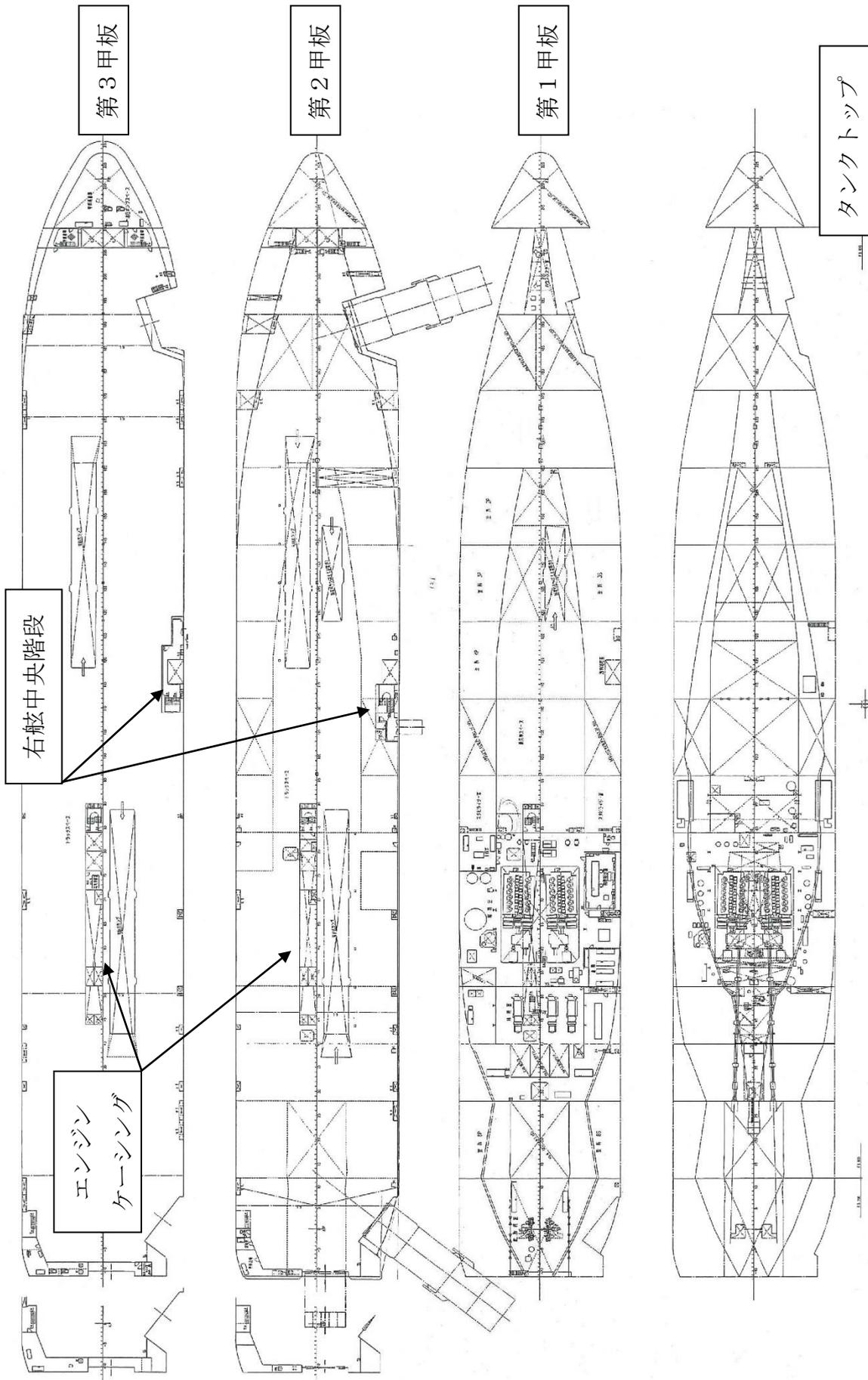


付図3 本事故現場概略図

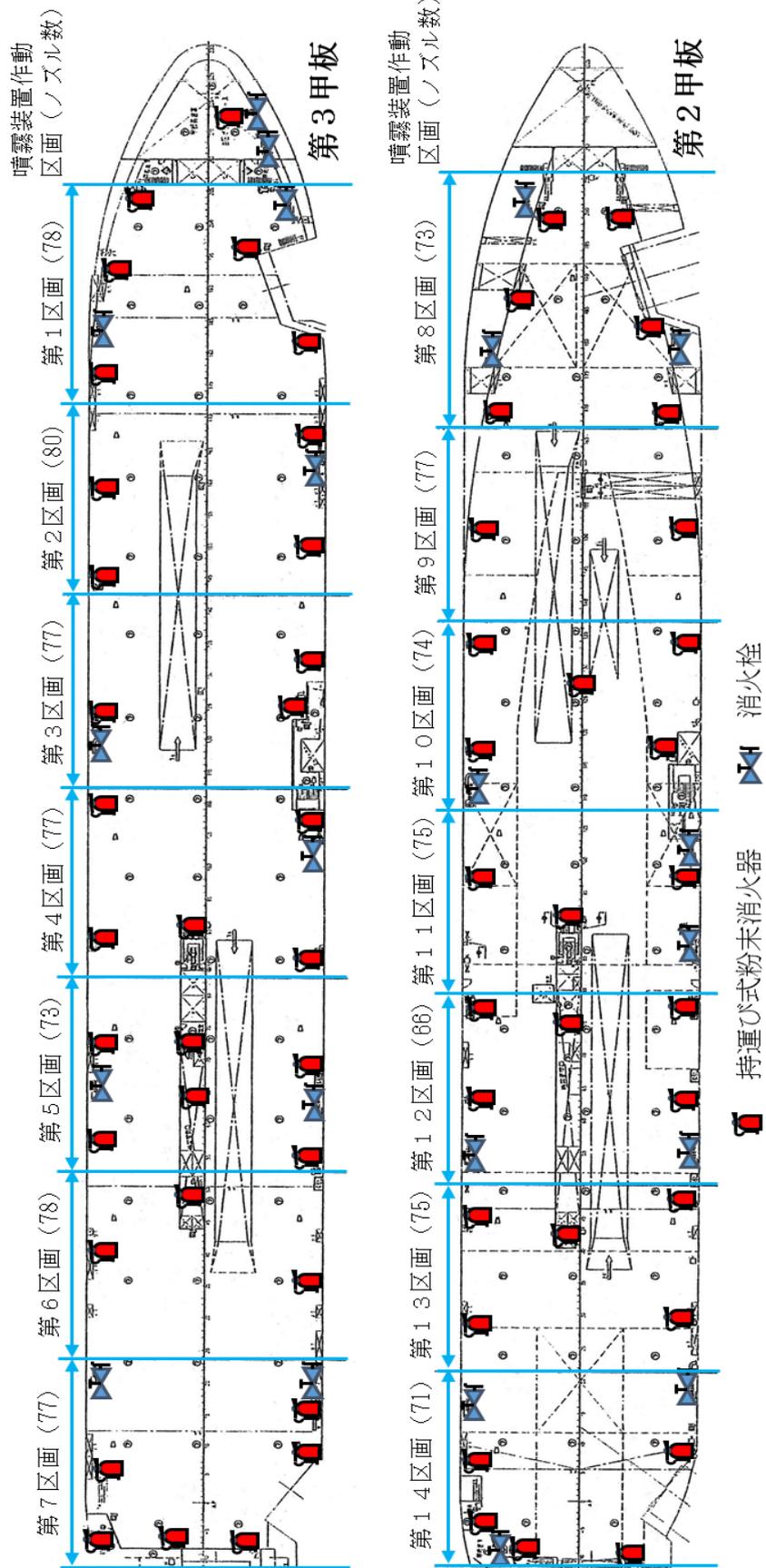


付図4 一般配置図





付図5 消防設備



冷凍機のモータ配線の発熱状況に関する
検証実験報告書

平成29年12月

運輸安全委員会

1. 本件における出火原因の調査及び実験の目的

現場調査及び本船の乗組員の口述から、出火元になった可能性があると考えられる本件冷凍機の調査を行ったところ、モータの配線（3線）には、切断した後に撚って結線された箇所があり、うち1つの配線には短絡した痕跡が、また、他の配線には断線が認められた。冷凍機内の他の配線には、撚って結線された箇所は認められなかった。また、冷凍機内の他の箇所には、出火原因になるような痕跡は認められなかった。

これらの本事故の調査結果から、一般的な電気火災の要因として短絡（ショート）、過負荷、半断線、亜酸化銅増殖発熱現象、接触抵抗及び絶縁劣化が挙げられる。

専門委員によれば、撚って結線した配線は、撚って結線した箇所の抵抗が大きくなり、電流が流れると発熱するために、火災の原因となる可能性がある。撚って結線した箇所のない配線においては、発熱は少なく、放熱により温度はあまり上昇しない。一般的に、撚って結線された場合の出火機序として、撚って結線された箇所における抵抗の増加に基づく発熱、撚って結線された箇所に形成された素線切れ（半断線）による抵抗の増加に基づく発熱によって、配線被覆材が劣化して発火すると、付近の可燃物に延焼する可能性がある。また、これらの箇所の緩みや半断線に起因して生じた発熱・放電によって亜酸化銅が生成された場合があり、亜酸化銅の発熱によって、配線被覆材が燃焼し、付近の可燃物に延焼する可能性がある。

そこで、冷凍機が船舶の外部電源を供給された状態で運転されていた場合において、撚って結線された箇所からの出火の可能性を検討するために、検証実験を行った。

1.1 実験方法

(1) 冷凍機の概要

実験に用いた冷凍機は、本件冷凍機とほぼ同型である。実験に用いた冷凍機と本件冷凍機では仕様が若干異なっているが、モータの配線に流れる電流値や冷凍機の動作に影響を及ぼすことはない。

冷凍機に使われているモータの仕様は次のとおりであった。

種 類：三相かご形誘導電動機
形 式：全閉外扇形

定格出力：6.3 kW（電圧 200 V、周波数 50 Hz）

7 kW（電圧 200 / 220 V、周波数 60 Hz）

極 数：4 極

絶縁種別：F 種

配 線：2 P N C T（JIS C 3327、3 心、公称断面積 3.5 mm、
許容電流 28 A、使用温度 60 °C）

モータの配線は 2 P N C T であり、そのシースはクロロプレンゴム製、絶縁体はエチレン・プロピレンゴム製である（写真 4）。一般に、クロロプレンゴム及びエチレン・プロピレンゴムの耐熱性は、130 °C 及び 150 °C である。また、クロロプレンゴムは難燃性である。

(2) 実験を行った環境等

冷凍機及び冷凍機を稼働させるための 20 ft 冷凍コンテナ（以下「コンテナ」という）は、冷凍車試験室内に設置した（写真 1～3）。冷凍機を稼働させる際の電源周波数は、船舶の外部電源と同じ 60 Hz とした。本件車両のボディ内には、冷凍食品を積載していたことから、ボディ内の温度を低く保つよう設定され、モータは稼働していたと考えられる。

そこで、モータが同様の状況で稼働するように、コンテナ内部に 2 台の簡易式のヒーターを設置し、さらにコンテナの扉を開放させて実験を行った（写真 3）。冷凍車試験室内の温度及び湿度は、それぞれ約 31 °C、約 60 %RH に設定した。これらの値は、本船の運航管理会社の情報及び気象庁の観測データを基に、本事故当時の車両甲板内に近い環境としたものである。

(3) 実験に使用した測定機器

モータの配線に流れる電流は、クランプオンパワーロガーを用いて測定した。冷凍機内のモータの配線（写真 4）の温度は、K 型の熱電対（写真 5）を用いて測定した。電流及び温度の測定は、サンプリング周期を 1 秒とした。

熱電対による温度測定は、配線被覆の溶融・焼損により、配線の導体を介して熱電対に電流が流れた場合、測定機器類に破損が生じる可能性がある。そ

のため、このような可能性が想定される場合の実験は、その箇所への熱電対の設置を避け、若干離れた箇所の配線表面に設置し、燃って結線した箇所の表面温度は、赤外線サーモグラフィ(以下「サーモグラフィ」という。)を用いて測定した。サーモグラフィの計測温度範囲は、 $-40^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ である。また、測定において、サーモグラフィの放射率(ε)は0.96とした。

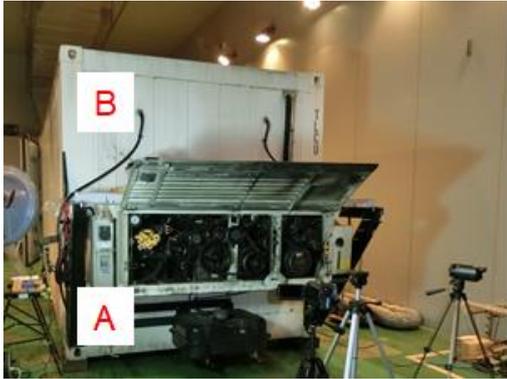


写真1 冷凍機及びコンテナ
(A: 冷凍機 B: コンテナ)



写真2 冷凍機
(矢印: モータ)



写真3 コンテナ内部

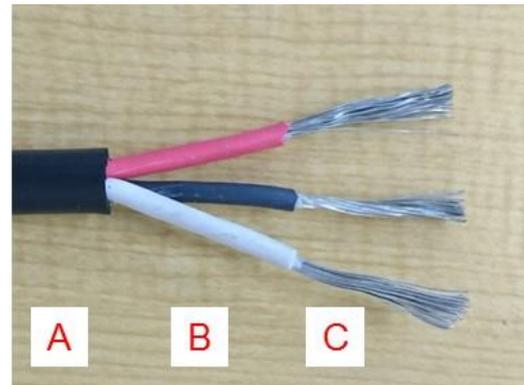


写真4 モータの配線
(A: クロロブレンゴムシース
B: エチレン・プロピレンゴム
絶縁体
C: 導体)

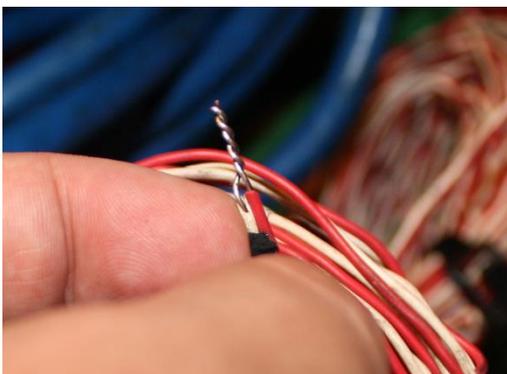


写真5 熱電対 (K型)

1.2 実験条件

実験は、以下に示す(1)、(2)及び(3)の場合について、温度変化及び温度分布を測定した。実験(1)は、撚って結線した箇所がない一般的なモータの結線であり、撚って結線した箇所のある実験(2)～(3)の配線の表面温度と比較するために行った。

本件冷凍機における撚って結線された箇所の配線は、焼損が顕著であり、その結線方法(撚り方)、絶縁被覆の手法を明確にすることは困難であった。

そのため、本実験における結線及び絶縁被覆は、外観検査の結果から想定される方法により行った。撚って結線したことによる火災の危険性は、これまでに多くの報告で指摘されている。

このことから、本実験では、撚って結線した場合の発熱時間に着目、すなわち直ちに火災の危険性が生じるのかについて着目して実験を行った。また、撚って結線した箇所に亜酸化銅を生成させるには時間を要するため、亜酸化銅の生成にかかる時間を短縮させることを目的として、実験(3)では、事前に電気炉で生成させた亜酸化銅を撚って結線した配線の導体間に差し入れて実験を行った。

亜酸化銅の抵抗は大きく、電流が流れ難いため、導回路の形成に時間を要する。そこで、導回路の形成時間を短縮させるため、トラッキング試験法(JIS C 2134、IEC 60112)を参考にし、実験は亜酸化銅の付着箇所に水道水約0.05mlを1回滴下して行った。また、亜酸化銅を付着させた箇所については、被覆の燃焼にともなって配線に短絡が起きる可能性が想定されることから、熱電対は亜酸化銅を付着させた箇所に近い箇所の配線表面に設置し、亜酸化銅を付着させた箇所の温度分布は、サーモグラフィによって観察を行った。なお、電流及び温度の計測は、モータを始動させる2分前から行った。

- (1) モータの配線を撚って結線していない場合(一般的なモータの結線)の配線の温度変化、温度分布の測定及び発熱挙動の観察
- (2) モータの配線を撚って結線した場合を想定し、撚って結線した箇所付近の温度変化、温度分布の測定及び発熱挙動の観察
- ア) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線の導体をそれぞれ2

回撚った後、それぞれビニルテープで被覆し、さらに被覆した3つの導体及び熱電対を1つにまとめてビニルテープ(3巻き)で被覆したものをモータ配線とした。

- イ) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線の導体をそれぞれ1回撚った後、それぞれビニルテープで被覆し、さらに被覆した3つの導体及び熱電対を1つにまとめてビニルテープ(3巻き)で被覆したものをモータ配線とした。
- (3) モータの配線を撚って結線した箇所に亜酸化銅が生成された場合を想定し、亜酸化銅を差し入れて撚って結線した箇所付近の温度変化及び温度分布の測定を行った。さらに、撚って結線した素線数が少ない場合を想定し、撚って結線した箇所付近における温度変化、温度分布の測定及び発熱挙動の観察を行った。
- ア) モータの配線を切断し、黒色配線の導体間に亜酸化銅を差し入れて結線した後、熱収縮チューブで被覆した。赤色及び白色配線の導体同士は圧着端子で結線した後、それぞれ熱収縮チューブで被覆した。熱収縮チューブは亜酸化銅を導体に確実に接触させるため、かつ実験中に配線同士の接触による短絡を起こさせないようにするために用いた。また、圧着端子は結線箇所で生じた接触抵抗によって発熱させないようにするために用いた。
- イ) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線のそれぞれの導体間に亜酸化銅を差し入れて結線し、熱収縮チューブで被覆した後、それぞれビニルテープで被覆した。実験開始前に亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線の導通を確認したところ、いずれも導通が認められた。
- ウ) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線のそれぞれの導体間に亜酸化銅を差し入れて結線し、熱収縮チューブで被覆した後、それぞれビニルテープで被覆し、さらに3つの配線をまとめてビニルテープで被覆した。実験開始前に亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線の導通を確認したところ、いずれも導通が認められた。

エ) モータの配線を切断し、黒色配線は、導体45本のうち15本のみを撚って結線（残りの30本は切断したまま）した後、ビニルテープで被覆した。これは、撚って結線した箇所での素線切れによる素線数が少ない状況を模擬したものである。また、赤色及び白色配線のそれぞれの導体間に亜酸化銅を差し入れて結線し、熱収縮チューブで被覆した後、それぞれビニルテープで被覆した。

1.3 実験結果

(1) モータの配線を撚って結線していない場合（一般的なモータの結線）の配線の温度変化、温度分布の測定及び発熱挙動の観察

モータの配線のシース表面に熱電対を設置（写真6及び7）し、その温度を測定した。実験は、前面パネルを開いた状態で行った。



写真6 冷凍機内のモータ

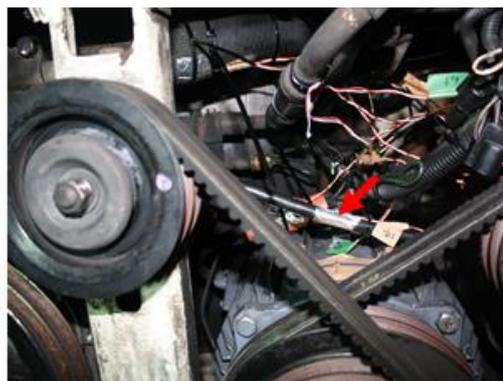


写真7 熱電対を設置したモータ配線
(矢印：熱電対の設置箇所)

図1はモータ配線の電流の変化を示している。モータの始動電流の値は、赤色、黒色及び白色配線とも、約72A、定常運転時の電流の値は約26Aであった。

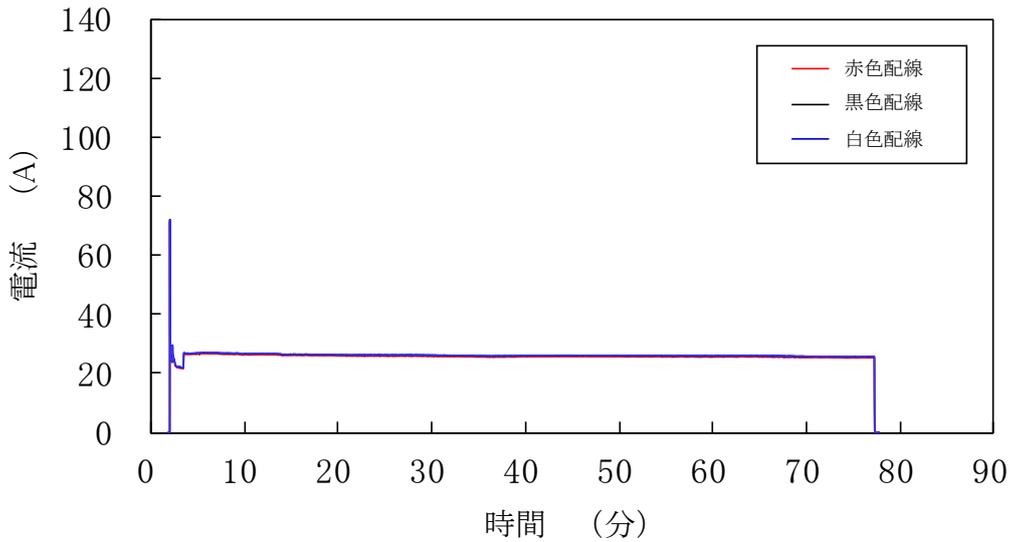


図1 モータ配線の電流

図2は、熱電対を用いて測定したモータ配線のシース表面の温度変化を示している。シース表面温度は、実験開始から約25分後まで緩やかに温度が上昇し、その後、発熱と放熱とがほぼ一定となり、平衡状態に達した。シース表面の温度は、実験開始前において30.4℃、実験開始から約30分後は42.4℃であり、最大は約63分後の45.5℃であった。この温度上昇は、配線の導体に電流が流れることで発生した熱がシースに伝達、かつシースから外部空間に熱が伝達されたことにより生じている。

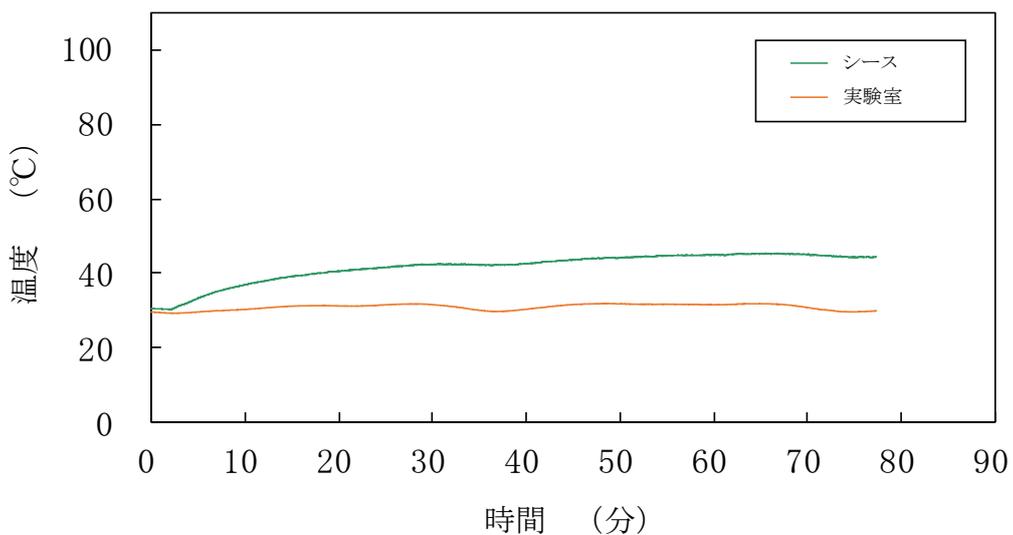


図2 モータ配線の温度変化

写真8は、サーモグラフィの観測範囲を示している。サーモグラフィによるモータの配線表面（熱電対の設置箇所付近）の温度分布より、実験中、モータ配線の表面に局所的な発熱箇所は認められず、熱電対の結果と同様に、実験開始とともに緩やかに温度上昇した後、約25分後過ぎに平衡状態に達している（写真9～11）。

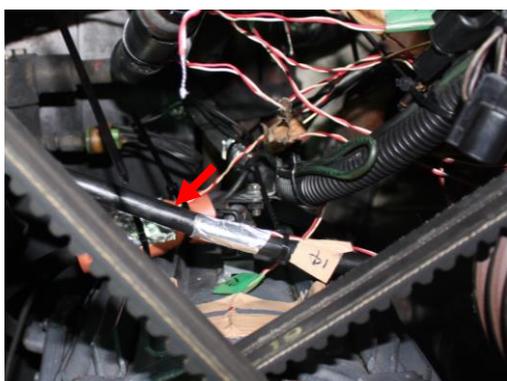


写真8 サーモグラフィの測定領域
(矢印：モータ配線)

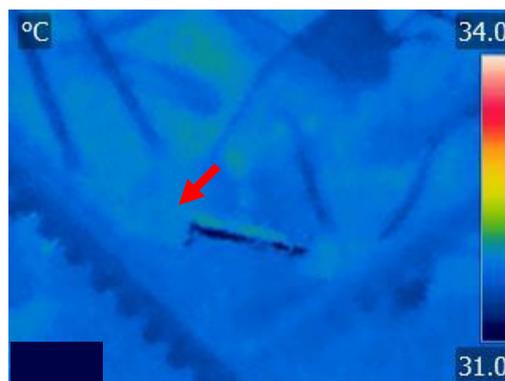


写真9 モータ配線の温度分布
(実験開始前、矢印：モータ配線)



写真10 モータ配線の温度分布
(約30分後、矢印：モータ配線)

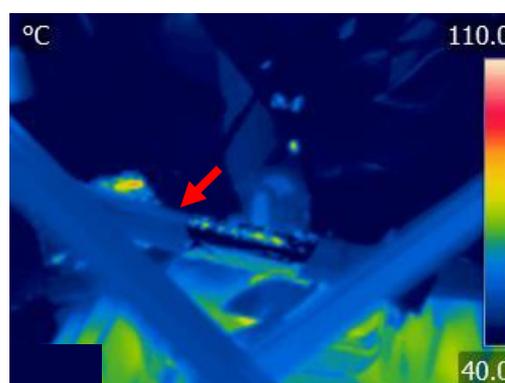


写真11 モータ配線の温度分布
(約60分後、矢印：モータ配線)

実験(2)及び実験(3)は、モータの配線からの発煙及び発炎することが想定されたため、冷凍機内における延焼の防止を目的として、前面パネルを開いた状態で実験を行った。そこで、前面パネルを閉じた場合について、(1)と同じ条件で実験を行い、熱電対によってモータの配線のシース表面温度を測定したところ、シース表面の温度は前面パネルを開いた場合と同程度であり、パネルの開閉がシース表面の温度に大きく影響しないことがわかった。これは、前面パネルを開いた場合による冷却は、

前面パネルを閉じた場合の冷却ファンの動作にともなう前面パネルのスリットを介した気流の流れによる冷却と同じ程度の効果があることを示している。この結果に基づいて、(2)及び(3)の実験は、前面カバーを開いた状態(実験条件によっては、冷凍機の外部に配線を設置)で行った。

(2) モータの配線を撚って結線した場合を想定し、撚って結線した箇所付近の温度変化、温度分布の測定及び発熱挙動の観察

ア) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線の導体をそれぞれ2回撚った後、それぞれビニルテープで被覆した(写真12、13)。さらに、被覆した3つの導体及び熱電対を1つにまとめてビニルテープ(3巻き)で被覆した後(写真14)、モータの配線とした(写真15)。また、ビニルテープで被覆した表面及びモータ配線にシース表面に熱電対を設置した。



写真12 撚った導体



写真13 ビニルテープで巻いた
3つの導体

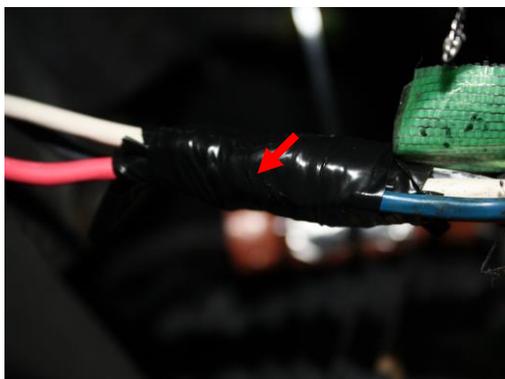


写真14 ビニルテープ被覆内部の
熱電対の設置箇所



写真15 撚って結線した配線の位置

図3はモータ配線の電流の変化を示している。モータの始動電流の値は、赤色、黒色及び白色配線とも、約75A、定常運転時の電流の値は約25Aであった。

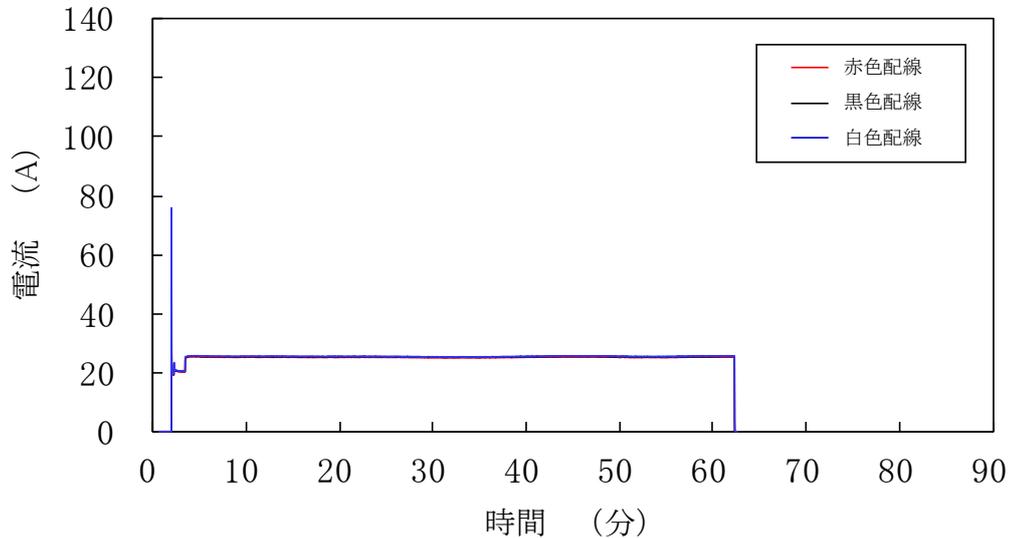


図3 モータ配線の電流

図4は、熱電対を用いて測定したシース表面、ビニルテープ被覆内部及び表面の温度変化を示している。

シース表面、ビニルテープ被覆内部及び表面の温度については、実験開始から約10分後まで緩やかに温度が上昇し、その後、発熱と放熱がほぼ一定となり、平衡状態に達した。熱電対によるビニルテープ被覆内部及び表面の温度は、実験開始から約10分後に48.9℃、42.2℃であり、最大は約59分後の50.6℃及び約59分後の43.7℃であった。

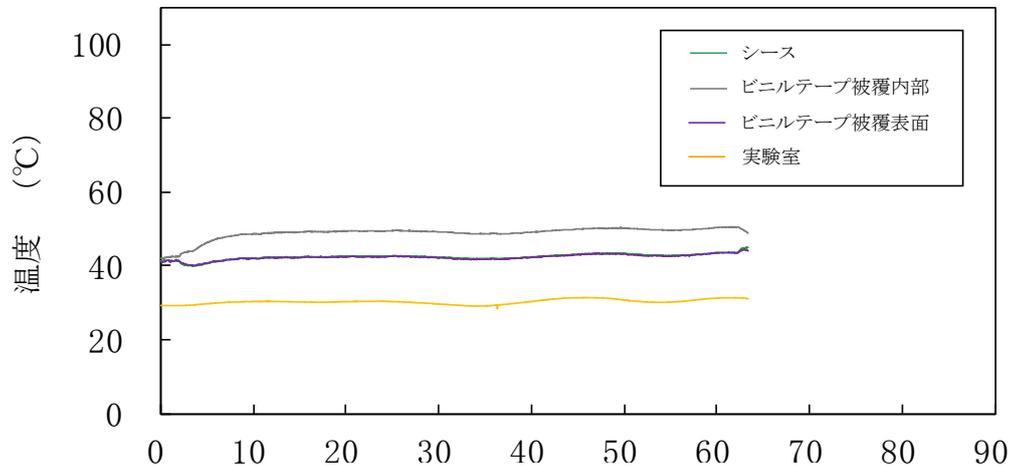


図4 モータ配線の温度変化

シース表面の温度変化は、ビニルテープ被覆表面とほぼ同じであった。この温度の結果は、(1)及び(2)ア)の結果とほぼ同じであることがわかる。なお、実験開始前の温度が、いずれの測定箇所においても実験室温度より7℃程度大きいのは、これは、実験前にモータの始動テストを行っていたことで、実験開始前には既にモータ配線が暖まっていたことに起因している。

サーモグラフィの観察範囲を写真16に示す。サーモグラフィによるモータの配線表面（熱電対の設置箇所付近）の発熱挙動から見て、実験中、モータ配線の表面に局所的な発熱箇所は認められなかった。熱電対の結果と同様に、実験開始とともに緩やかに温度上昇した後、約10分過ぎに平衡状態に達している。なお、実験後、導体の結線部を観察したところ、放電や溶融が生じた痕跡は認められなかった。

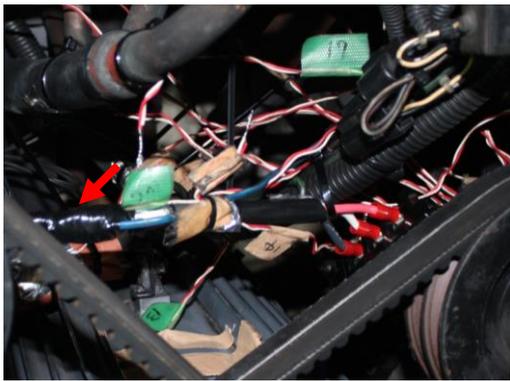


写真16 サーモグラフィの測定領域
(矢印：モータ配線)

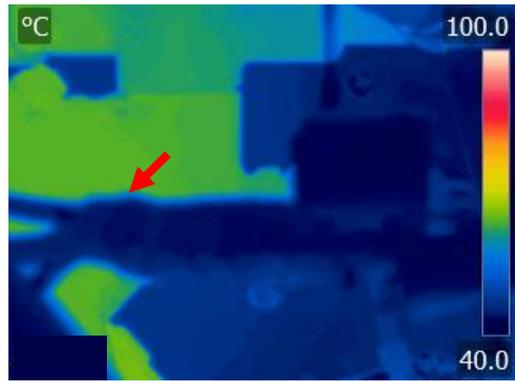


写真17 モータ配線の温度分布
(実験開始前、矢印：モータ配線)

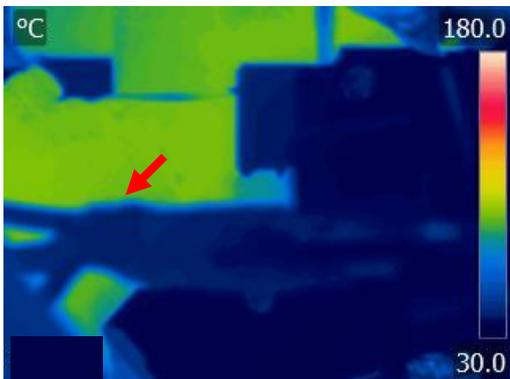


写真18 モータ配線の温度分布
(約10分後、矢印：モータ配線)

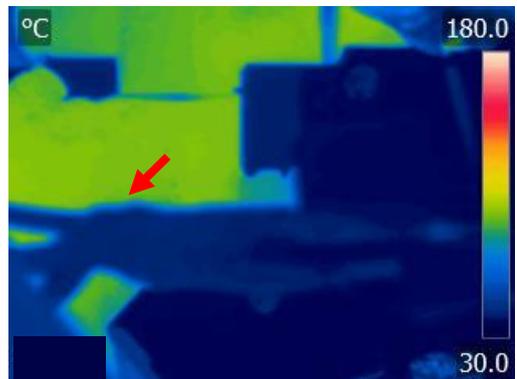


写真19 モータ配線の温度分布
(約60分後、矢印：モータ配線)

イ) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線の導体をそれぞれ1

回燃った後（写真20）、それぞれビニルテープで被覆した。さらに、実験(2)ア)と同様に被覆した3つの導体及び熱電対を1つにまとめてビニルテープ(3巻き)で被覆した後、モータの配線とした(写真21)。また、ビニルテープで被覆した表面及びモータ配線にシース表面に熱電対を設置した。

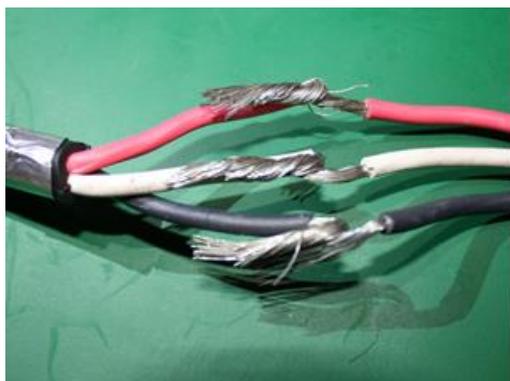


写真20 燃った導体



写真21 燃って結線した配線の位置

図5はモータ配線の電流の変化を示している。モータの始動電流の値は、赤色、黒色及び白色配線とも、約69A、定常運転時の電流の値は約25Aであった。

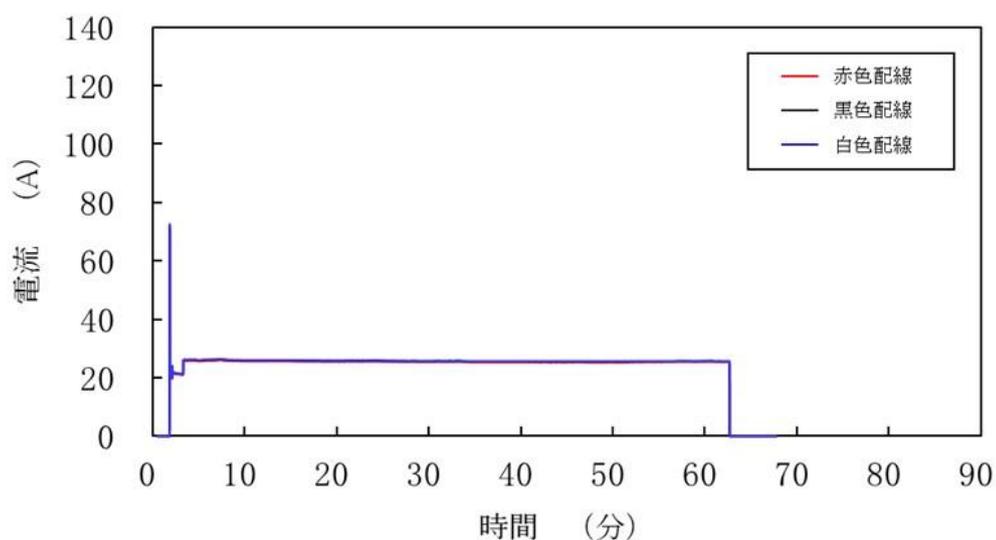


図5 モータ配線の電流

図6は、熱電対を用いて測定したシース表面、ビニルテープ被覆内

部及び表面の温度変化を示している。シース表面、ビニルテープ被覆内部及び表面の温度には、実験開始から約25分頃まで緩やかに温度が上昇し、その後、発熱と放熱がほぼ一定となり、平衡状態に達した。熱電対によるビニルテープ被覆内部及び表面の温度は、実験開始から約25分後に48.1℃、41.3℃であり、最大は約58分後の50.4℃及び約59分後の43.6℃であった。シース表面の温度は、ビニルテープ被覆表面に比べて、少し低い温度となった。この温度の結果は、(1)及び(2)アの結果とほぼ同じであることがわかる。

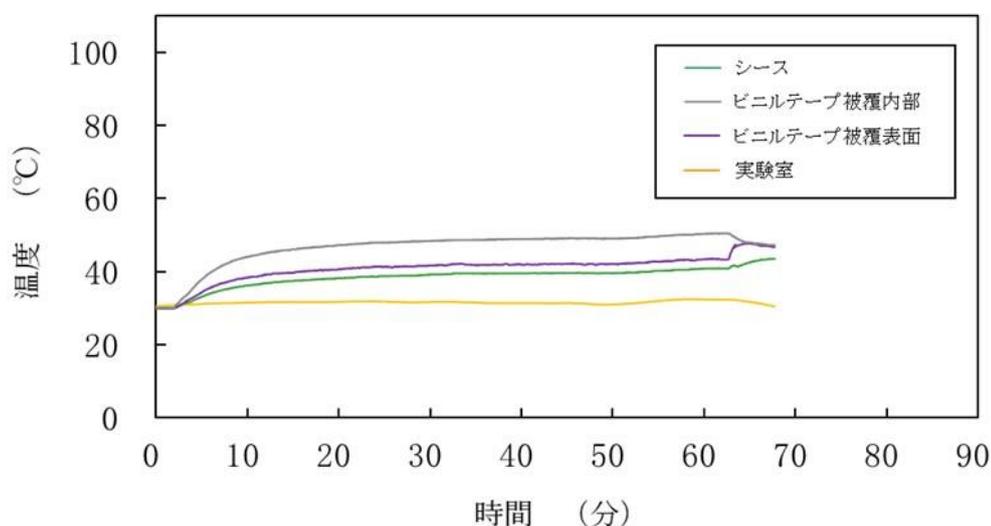


図6 モータ配線の温度変化

写真22は、サーモグラフィの観察範囲を示している。サーモグラフィによるモータの配線表面（熱電対の設置箇所付近）の温度分布より、実験中、モータ配線の表面に局所的な発熱箇所は認められず、熱電対の結果と同様に、実験開始とともに緩やかに温度上昇した後、約25分過ぎに平衡状態に達している（写真22～25）。なお、実験後、導体の結線部を観察したところ、放電や溶融が生じた痕跡は認められなかった。

実験(2)ア)及びイ)に示すようにビニルテープ被覆内部及び表面の温度は、燃って結線してビニルテープで被覆した場合、ビニルテープ被覆表面及び内部の温度は、実験時間の範囲において、ビニルテープの主成分である塩化ビニルの熱分解温度（約200℃～250℃）や塩

化ビニルの軟化する温度（65℃～85℃）に至るような温度に達しなかった。

これは、ビニルテープで被覆された直後においては、ビニルテープによる結束が強いため、緩みが生じ難く、ある程度強い接触が導体同士に形成されたことで、接触抵抗が小さくなり、顕著な温度上昇が生じなかったことに起因したものと考えられる。撚り数の異なる実験(2)ア)及びイ)において、ビニルテープ被覆の内部及び表面の温度にあまり差異が生じなかったことは、この結束力の影響によるものと考えられる。しかしながら、実験(2)ア)、イ) で得られたような被覆内部の温度がビニルテープに度重なり加えられると、ビニルテープ自体の脆化や粘着剤の劣化が進み、その結果、結束力が減衰する可能性が考えられる。結束力の減衰は、撚って結線した導体において、接触抵抗の増加や導体同士のギャップが生じ、それによって発熱や放電が生じるものと考えられる。このような発熱が生じた場合には、ビニルテープの燃焼、放電が生じた場合には、短絡や亜酸化銅が発生することが考えられる。

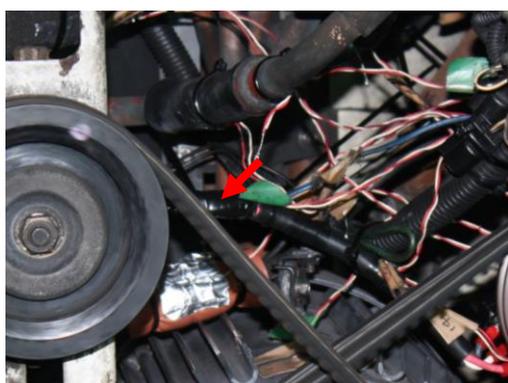


写真 2 2 サーマグラフィの測定領域
(矢印：モータ配線)

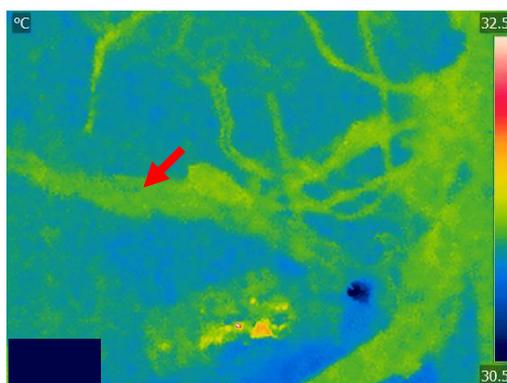


写真 2 3 モータ配線の温度分布
(実験開始前、矢印：モータ配線)

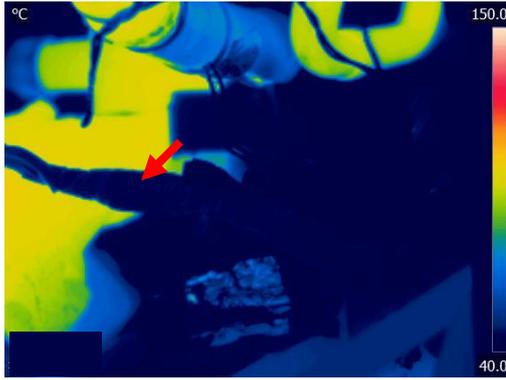


写真 2 4 モータ配線の温度分布
(約 1 0 分後、矢印：モータ配線)

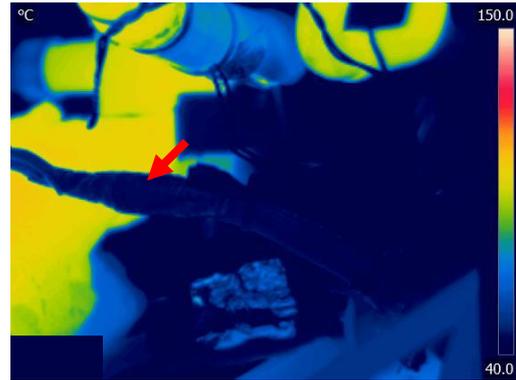


写真 2 5 モータ配線の温度分布
(約 6 0 分後、矢印：モータ配線)

(3) モータの配線を撚って結線した箇所に亜酸化銅が生成された場合を想定し、亜酸化銅を差し入れて撚って結線した箇所付近の温度変化及び温度分布の測定及び撚って結線した素線数が少ない場合を想定し、撚って結線した箇所付近における温度変化、温度分布の測定及び発熱挙動の観察

ア) モータの配線を切断し、黒色配線の導体間に亜酸化銅を差し入れて結線した後、熱収縮チューブで被覆した。赤色及び白色配線の導体同士は圧着端子で結線した後、それぞれ熱収縮チューブで被覆した。実験開始前に亜酸化銅を差し入れた黒色配線の導通を確認したところ、導通が認められた。熱電対は、亜酸化銅を差し入れた黒色配線の表面（モータ側及び過電流継電器（以下「OCR」という。）側）、白色配線表面及びシース表面に設置した（写真 2 6、2 7）。

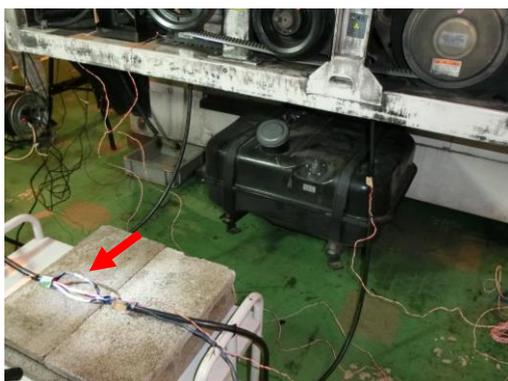


写真 2 6 亜酸化銅を差し入れた
黒色配線

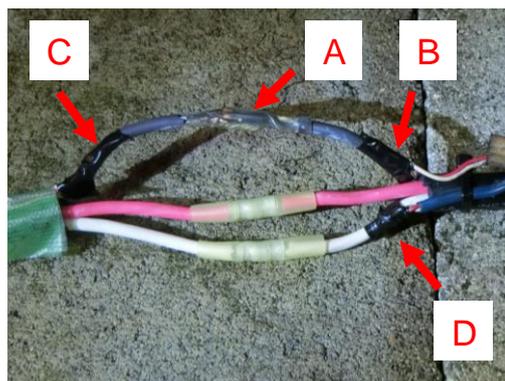


写真 2 7 モーター配線

(A : 亜酸化銅を差し入れた箇所

B : 熱電対の設置箇所 (黒色配線
モーター側)

C : 熱電対の設置箇所 (黒色配線
O C R 側)

D : 熱電対の設置箇所 (白色配線
モーター側)

図 7 はモーター配線の電流の変化を示している。赤色、黒色及び白色配線のモーターの始動電流の値は、それぞれ、約 7 5 A、約 4 2 A 及び約 7 7 A であった。定常運転時の電流の値は、いずれも約 2 6 A であり、亜酸化銅を差し入れた場合においても、モーターの定常運転が可能であることが分かった。この結果は、亜酸化銅が生成された場合であっても、モーターの定常運転が可能であることを示している。

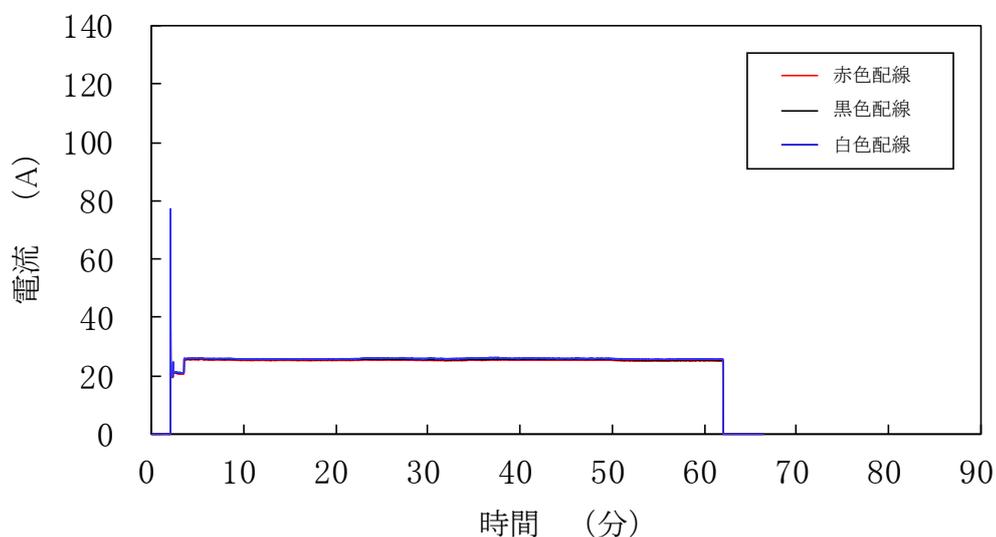


図7 モータ配線の電流

図8は、熱電対を用いて測定した黒色配線のモータ側及びOCR側、白色配線のモータ側、シース表面の温度変化を示している。黒色配線のモータ側及びOCR側の表面の温度は、実験開始直後から上昇した。それぞれの温度の最大値は実験開始から約29分後に100.1℃及び約38分後に86.8℃であった。白色配線のモータ側及びシースの表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約41分後に51.6℃及び約46分後に43.0℃を示した。亜酸化銅を差し入れた黒色配線の温度は、赤色及び白色配線と比較して、温度が高いことがわかる。

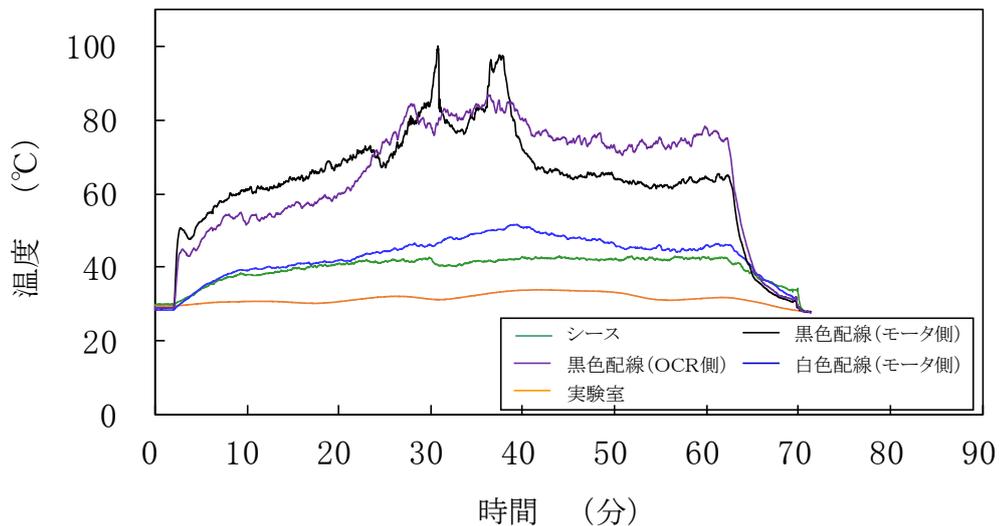


図8 モータ配線の温度変化

黒色配線からは、モータの始動とともに、火花が発生した（写真28）。この火花の発生に際して、熱電対の設置箇所の温度はほとんど変化していない。その後、黒色配線の亜酸化銅を差し入れた箇所において、実験開始から約22分後に断続的に白煙が生じ始めた。この白煙は一旦収まった後、約25分後～約37分後まで継続的に白煙が生じた（写真29、30）。モータの電流は、変動がほとんど認められなかった。



写真 2 8 亜酸化銅を差し入れた箇所から発生した火花（実験開直後）



写真 2 9 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙（約 2 5 分後）



写真 3 0 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙（約 3 3 分後）

サーモグラフィの観測範囲を写真 3 1 に示す。サーモグラフィによるモータの配線表面（熱電対の設置箇所付近）の発熱挙動について見ると、黒色配線の亜酸化銅を差し入れた箇所において、局所的に発熱した箇所が認められた。この発熱箇所は、実験開始から 2 2 分後には約 2 0 0 °C を超え、3 4 分後には約 2 8 0 °C に達している（写真 3 2 ~ 3 6）。実験後、黒色配線の亜酸化銅を差し入れた箇所を観察したところ、被覆に溶融及び焼損が認められた（写真 3 7、3 8）。



写真 3 1 サーマグラフィの測定範囲

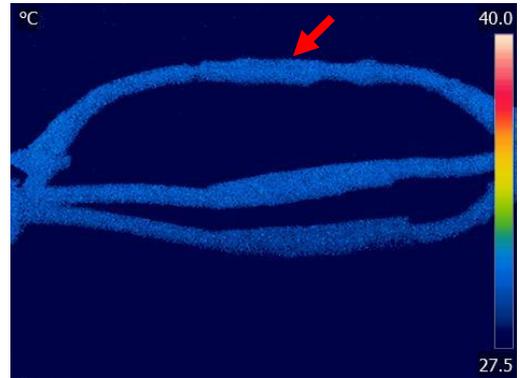


写真 3 2 モータ配線の温度分布
(実験開始前)

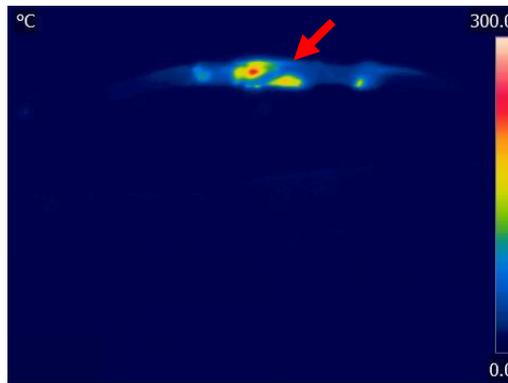


写真 3 3 モータ配線の温度分布
(約 3 秒後)

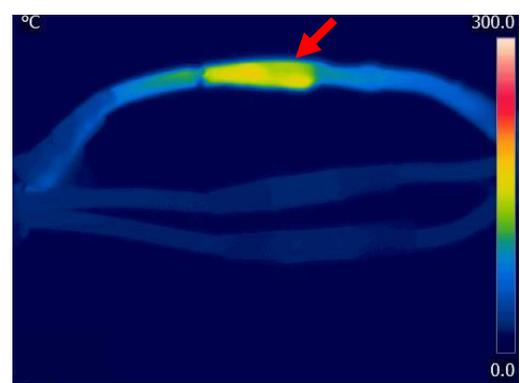


写真 3 4 モータ配線の温度分布
(約 2 2 分後)

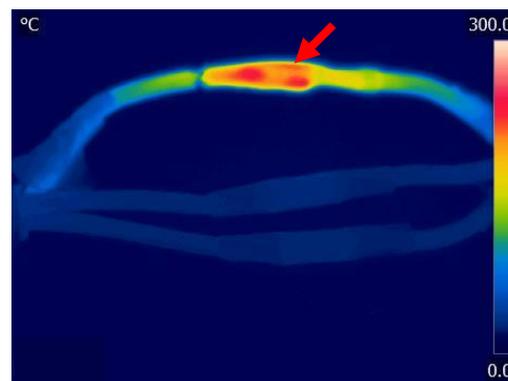


写真 3 5 モータ配線の温度分布 (約
2 9 分後)

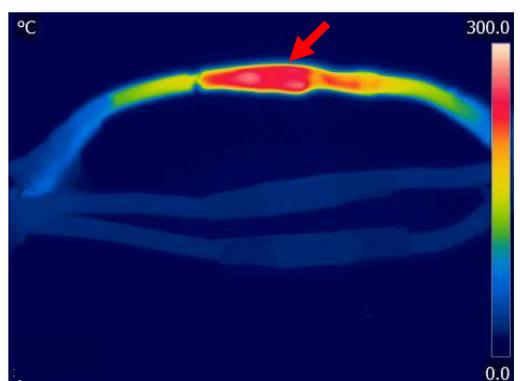


写真 3 6 モータ配線の温度分布 (約
3 4 分後)



写真 3 7 亜酸化銅を差し入れた箇所の溶融の状況

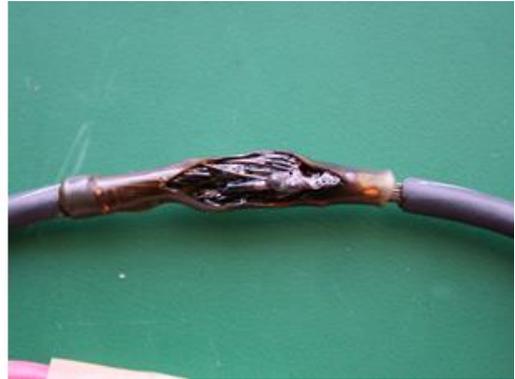


写真 3 8 亜酸化銅を差し入れた箇所の溶融の状況（拡大）

イ) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線のそれぞれの導体間に亜酸化銅を差し入れて結線し、熱収縮チューブで被覆した後、それぞれビニルテープで被覆した（写真 3 9）。実験開始前に亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線の導通を確認したところ、いずれも導通が認められた。熱電対は、亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線の表面（モータ側及び O C R 側）、シース表面に設置した（写真 4 0）。



写真 3 9 亜酸化銅を差し入れた箇所

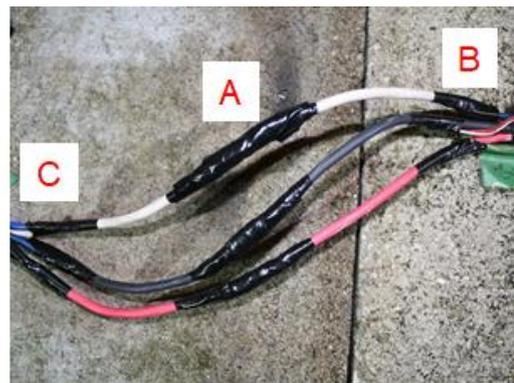


写真 4 0 熱電対の設置箇所

(A : 亜酸化銅を差し入れた箇所

B : 熱電対の設置箇所（モータ側）

C : 熱電対の設置箇所（O C R 側）

図 9 はモータ配線の電流の変化を示している。赤色、黒色及び白色

配線のモータの始動電流の値は、それぞれ、約 47.7 A、約 135.5 A 及び約 134.6 A であった。定常運転時の電流の値は、いずれも約 25 A であり、亜酸化銅をそれぞれの配線に差し入れた場合においても、モータの定常運転が可能であることがわかった。この結果は、亜酸化銅が生成された場合においても、モータの定常運転が可能であることを示している。

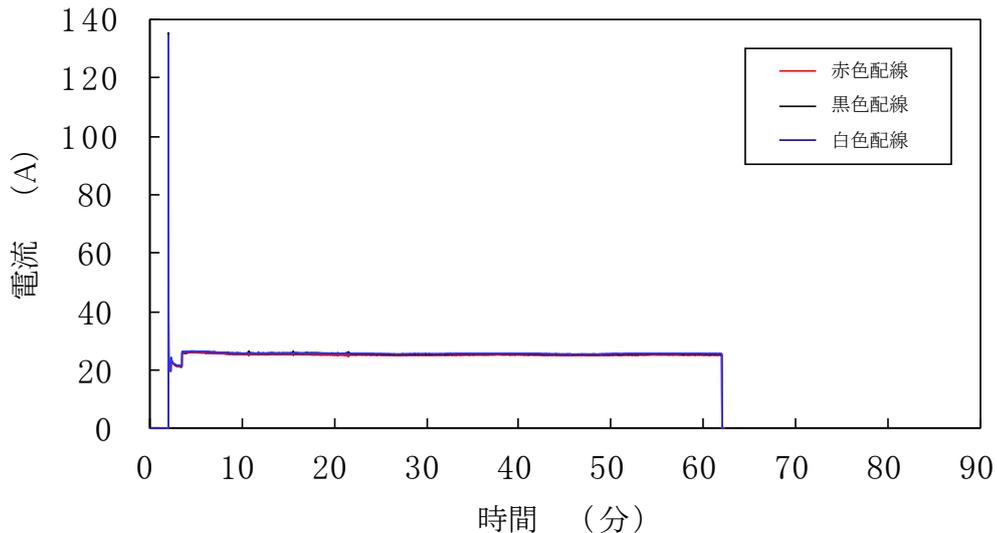


図 9 モータ配線の電流

図 10 は、熱電対を用いて測定した赤色、黒色及び白色配線のモータ側及び O C R 側、シースの表面の温度変化を示している。赤色、黒色及び白色配線のいずれの測定箇所においても、配線の表面の温度は、実験開始とともに上昇した。赤色配線のモータ側及び O C R 側の表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約 21 分後に 59.2℃及び約 20 分後に 74.4℃であった。この温度上昇は、後述する亜酸化銅を差し入れた箇所における局所的な発熱に基づくものと考えられる。また、黒色配線のモータ側及び O C R 側の表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約 23 分後に 64.0℃及び約 24 分後に 67.5℃であった。白色配線のモータ側及び O C R 側の表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約 23 分後に 45.8℃及び約 22 分後に 45.2℃であった。加えて、シースの表面の温度の最大値は、実験開始から約 46 分後の 43.0℃であった。局所的な発熱があった

場合においても、本実験の結果から、少し離れた箇所におけるシースの温度は、実験(1)のように撚って結線した箇所のないシースと同じ程度であることがわかる。発熱点が存在しても、発熱点から少し離れた箇所の温度がそれほど上昇しないため、サーモグラフィを用いた点検に際しては、発熱点を捉える必要がある。

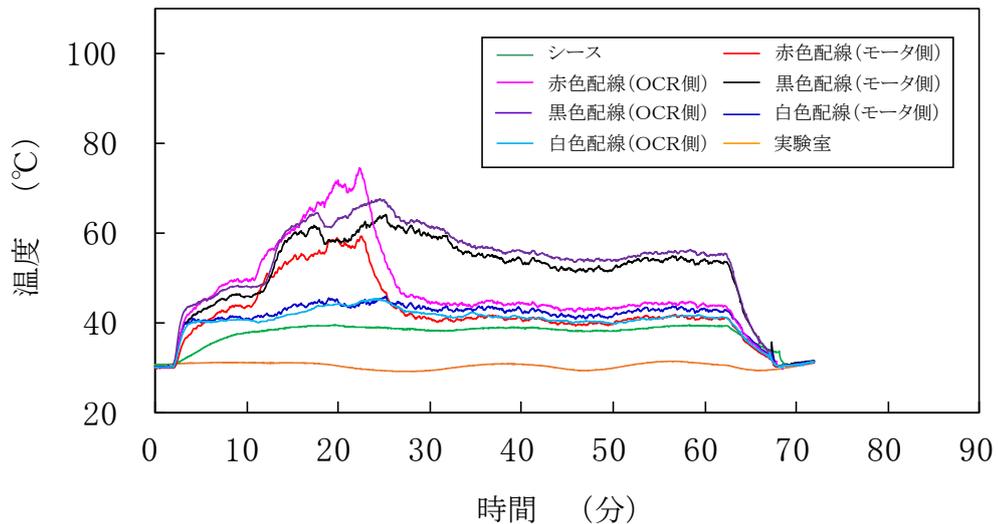


図 10 モータ配線の温度変化

赤色配線の亜酸化銅を差し入れた箇所は、実験開始直後から断続的に白煙が生じ始め（写真 4 1）、約 9 分後から約 20 分後の間、亜酸化銅や導体の赤熱した箇所が認められた。この間、モータの電流値は、通常運転の場合と同様の値であった。熱電対による測定では、黒色配線においても温度上昇が認められたが、赤熱した箇所は認められなかった。また、白色配線は、赤熱した箇所及び温度上昇が認められなかった。これらの結果は、亜酸化銅の生成によって火災の危険性は高くなるが、黒色及び白色配線の発熱状況から、亜酸化銅が生成されても、直ちに火災に至るとは限らないケースもあることを示している。



写真 4 1 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙
(実験開始直後)



写真 4 2 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙
(約 9 分後、矢印：赤熱箇所)



写真 4 3 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙
(約 1 8 分後、矢印：赤熱箇所)



写真 4 3 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙
(約 1 9 分後、矢印：赤熱箇所)

サーモグラフィの観測範囲を写真 4 5 に示す。サーモグラフィによるモータの配線表面（熱電対の設置箇所付近）の温度分布を見ると、赤色配線の亜酸化銅を差し入れた箇所において、局所的に発熱した箇所が認められた（写真 4 6 ～ 4 8）。この発熱箇所は、実験開始から 1 0 分後には約 2 6 0 °C を超え、1 8 分後には約 5 7 0 °C に達している。実験後、赤色配線の赤熱した箇所を観察したところ、被覆に熔融・焼損が認められた（写真 4 9、5 0）。また、黒色配線の被覆に熔融が認められた（写真 5 0）。



写真 4 5 サーマグラフィの測定範囲

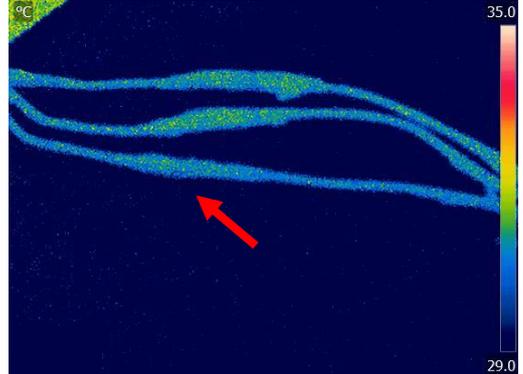


写真 4 6 モータ配線の温度分布
(実験開始前、矢印：赤色配線)

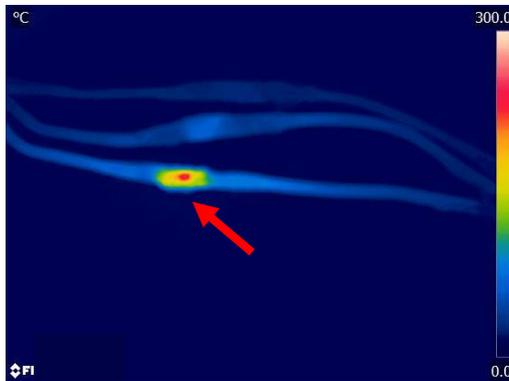


写真 4 7 モータ配線の温度分布
(約 1 0 分後、矢印：赤色配線)

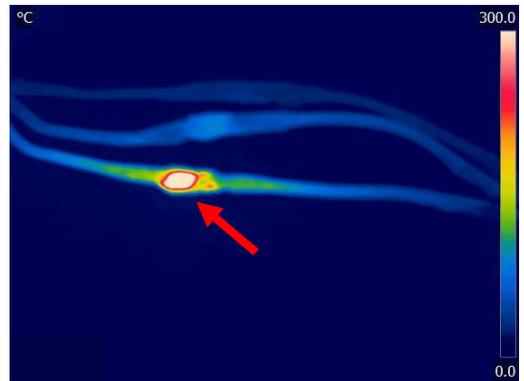


写真 4 8 モータ配線の温度分布
(約 1 8 分後、矢印：赤色配線)



写真 4 9 亜酸化銅を差し入れた配線の
の熔融及び焼損の状況



写真 5 0 亜酸化銅を差し入れた配線の
の熔融の状況（裏側）

り) モータの配線を切断し、赤色、黒色及び白色配線のそれぞれの導体間に亜酸化銅を差し入れて結線し、熱収縮チューブで被覆した後、それぞれビニルテープで被覆し、さらに3つの配線をまとめてビニルテ

ープで被覆した(写真5 1)。実験開始前に亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線の導通を確認したところ、いずれも導通が認められた。熱電対は、亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線の表面(モータ側及びOCR側、写真5 2)、シース表面に設置した。

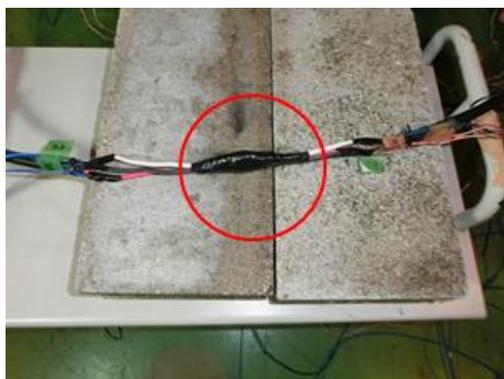


写真5 1 亜酸化銅を差し入れた赤色、黒色及び白色配線



写真5 2 熱電対の設置箇所
(A：亜酸化銅を差し入れた箇所
B：熱電対の設置箇所(モータ側)
C：熱電対の設置箇所(OCR側))

図1 1は、モータ配線の電流の変化を示している。実験開始直後に、黒色配線において欠相が起きて単相運転となった後(赤色及び白色配線の始動電流は、それぞれ123.2A及び123.3A)、約5秒後に黒色配線に電流が流れた(123.3A)ことで欠相から復帰しかけたが、ほぼ同時に白色配線において欠相が起き、約10秒後にOCRが作動したことで、モータの運転が停止した。

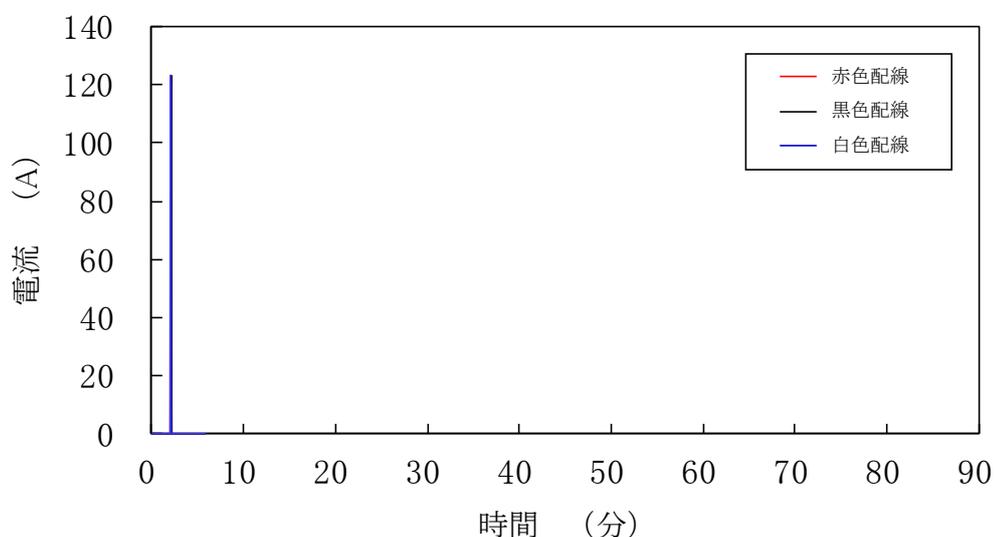


図1 1 モータ配線の電流

図 1 2 は、熱電対を用いて測定した赤色、黒色及び白色配線のモータ側及びOCR側、シースの表面の温度変化を示している。

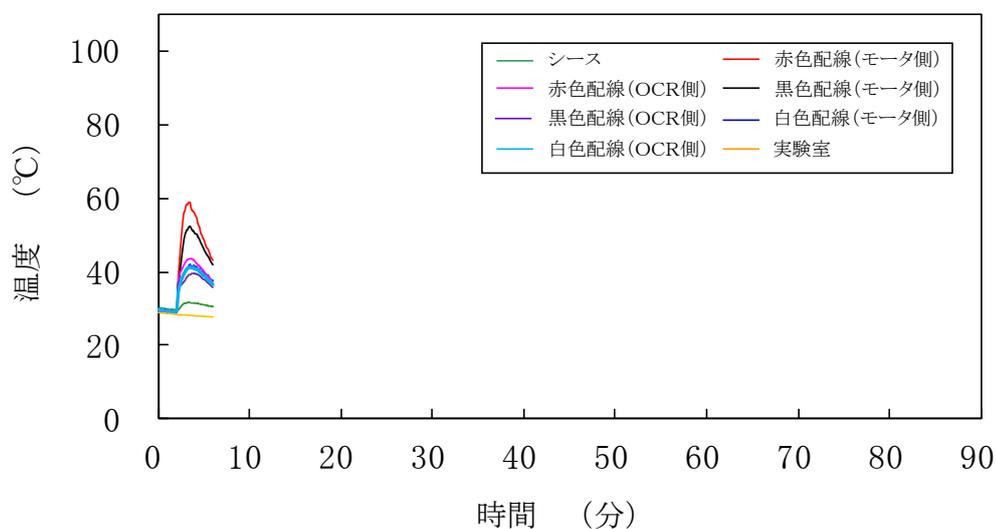


図 1 2 モータ配線の温度変化

赤色、黒色及び白色配線のいずれの測定箇所においても、配線の表面の温度は、実験開始とともに上昇した。また、実験開始とともに配線から発煙ならびに火炎が観察された（写真 5 4）。配線及びシースの表面温度の測定は、計測器の短絡保護の観点から、火炎が観察された時点で中断した。



写真 5 3 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙及び火炎
(実験開始直後)



写真 5 4 亜酸化銅を差し入れた箇所からの発煙及び火炎
(約 1 0 秒後)

サーモグラフィの観測範囲を写真 5 5 に示す。サーモグラフィによるモータの配線を被覆したビニルテープ表面の温度分布を見ると、表面上は、ほとんど温度上昇が生じていないように見えるが、極めて短

時間で火炎が吹き出した（写真 5 6 ～ 5 8）。また、その火炎は、ビニル被覆周辺に拡がった（写真 5 9、6 0）。実験後、ビニルテープで被覆した箇所を観察したところ、被覆に溶融・焼損が認められた（写真 6 1、6 2）。

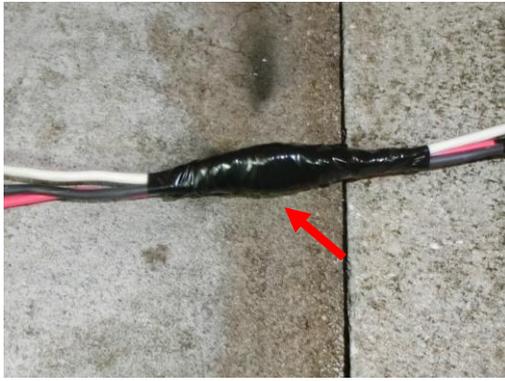


写真 5 5 サーマグラフィの測定範囲

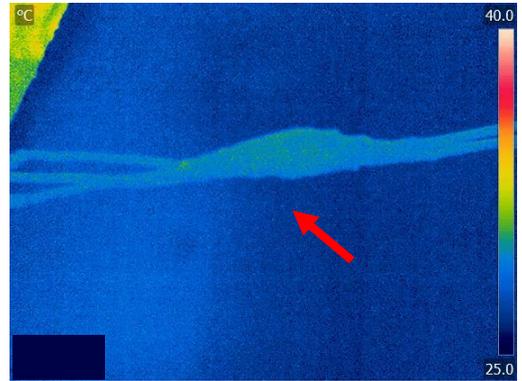


写真 5 6 モータ配線の温度分布
（実験開始前、矢印：被覆箇所）



写真 5 7 モータ配線の温度分布
（約 4 秒後、矢印：被覆箇所）

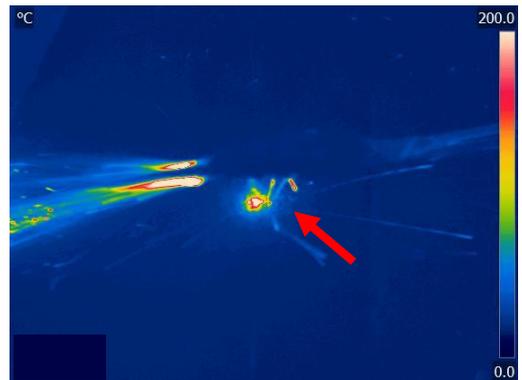


写真 5 8 モータ配線の温度分布
（約 7 秒後、矢印：被覆箇所）

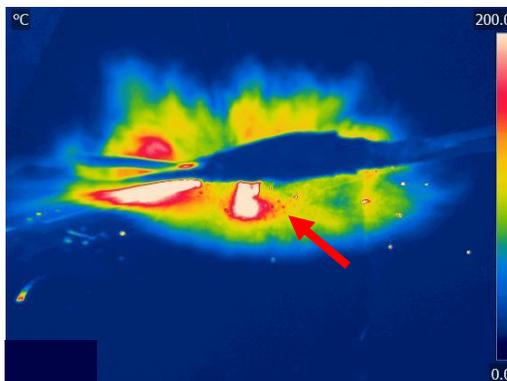


写真 5 9 モータ配線の温度分布
（約 8 秒後、矢印：被覆箇所）

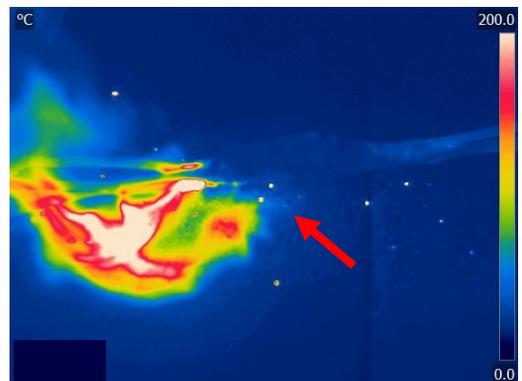


写真 6 0 モータ配線の温度分布
（約 9 秒後、矢印：被覆箇所）



写真 6 1 ビニルテープ被覆の
溶融及び焼損箇所



写真 6 2 ビニルテープ被覆の
溶融及び焼損箇所

- エ) モータの配線を切断し、黒色配線は、導体 45 本のうち 15 本のみを撚って結線（残りの 30 本は切断したまま）した後、ビニルテープで被覆した。これは、撚って結線した素線数が少ない状況を模擬したものである。また、赤色及び白色配線のそれぞれの導体間に亜酸化銅を差し入れて結線し、熱収縮チューブで被覆した後、それぞれビニルテープで被覆した（写真 6 3～6 6）。

実験開始前に亜酸化銅を差し入れた赤色及び白色配線の導通を確認したところ、いずれも導通が認められた。熱電対は、赤色、黒色及び白色配線の表面（モータ側及びOCR側、写真 6 6）、シースの表面に設置した。



写真 6 3 素線を切断した黒色配線

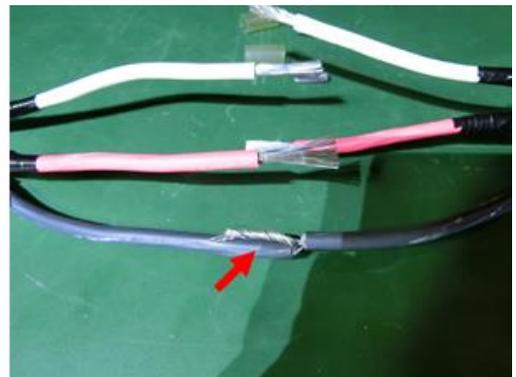


写真 6 4 黒色配線の結線の状況

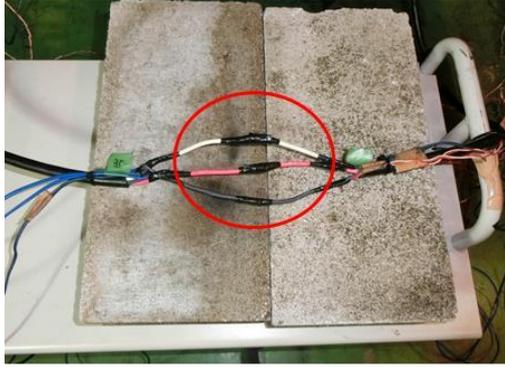


写真 6 5 赤色、黒色及び白色配線の状況

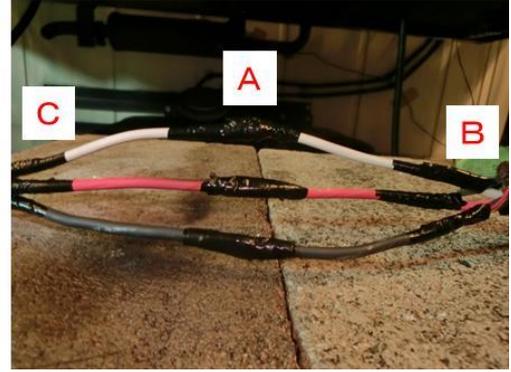


写真 6 6 熱電対の設置箇所
 (A : 亜酸化銅を差し入れた箇所
 B : 熱電対の設置箇所 (モータ側)
 C : 熱電対の設置箇所 (O C R側))

図 1 3 はモータ配線の電流の変化を示している。赤色、黒色及び白色配線のモータの始動電流の値は、それぞれ、約 86.8 A、約 86.4 A 及び約 72.2 A であった。定常運転時の電流の値は、いずれも約 25 A であり、亜酸化銅をそれぞれの配線に差し入れた場合及び撚って結線した素線数が少ない場合においても、モータの定常運転が可能であることがわかった。

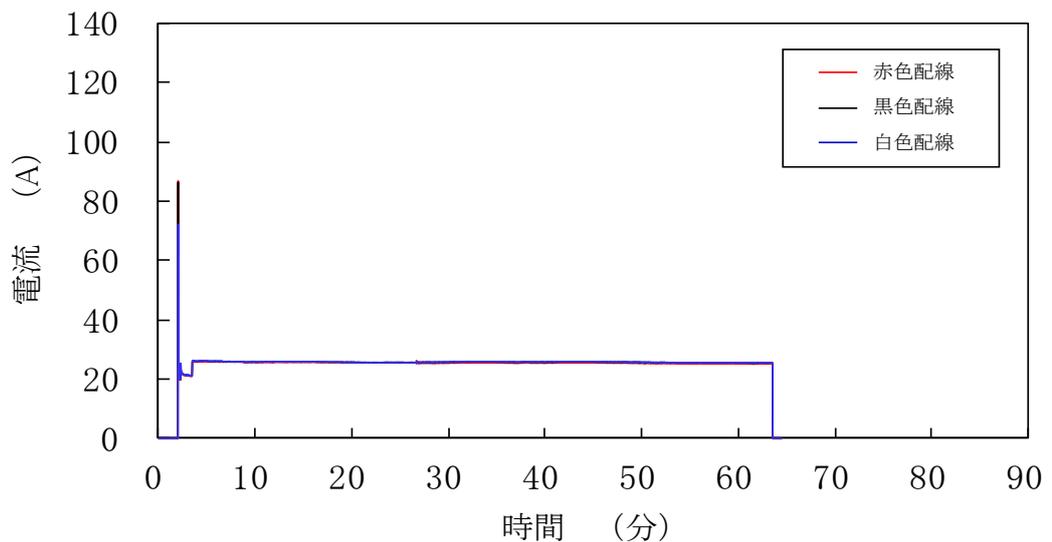


図 1 3 モータ配線の電流

図14は、熱電対を用いて測定した赤色、黒色及び白色配線のモータ側及びOCR側、シースの表面の温度変化を示している。赤色配線のいずれの測定箇所においても、配線の表面の温度は、実験開始とともに急激に上昇した。これは、後述するように実験開始とともに生じた火炎の発生に基づくものである。

赤色配線のモータ側及びOCR側の表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約1分後に44.9℃及び約1分後に44.7℃であった。火炎が発生したにもかかわらず、熱電対を設置した箇所においては、それほど温度の上昇が認められない。白色配線のモータ側及びOCR側の表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約25分後に78.0℃及び約25分後に63.1℃であった。なお、シースの表面の温度の最大値は、実験開始から約34分後に41.3℃であった。

黒色配線のモータ側及びOCR側の表面の温度の最大値は、それぞれ実験開始から約14分後に45.9℃及び約16分後に43.2℃であった。これらの最大値は、実験(1)のシース表面の温度と同じ程度である。これは、燃って結線した素線数が少なくても、被覆によって結束力が保たれている場合には、顕著な温度上昇が生じないことを示している。また、この結果は、経年劣化によって配線に半断線が生じたとしても、1/3程度の素線が残存している場合には、発熱は小さいことを示している。

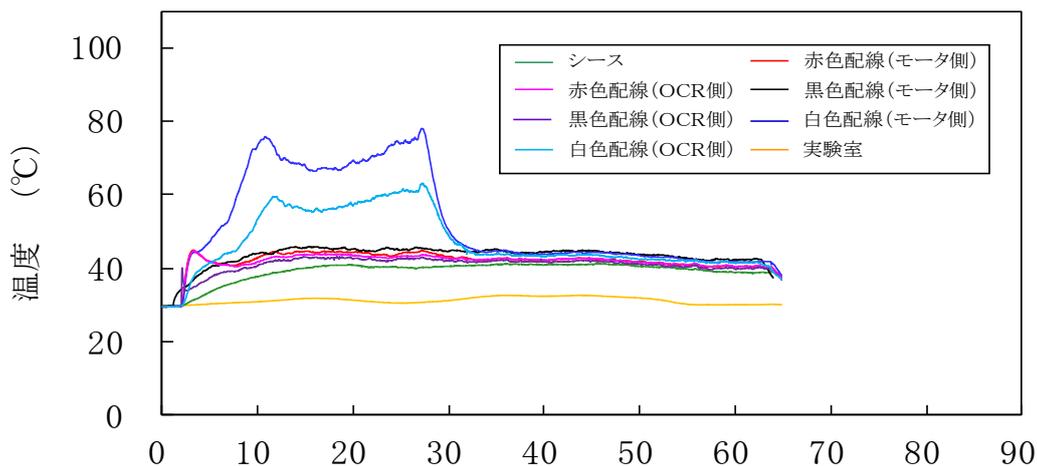


図 1 4 モータ配線の温度変化

亜酸化銅を差し入れた赤色配線においては、実験開始直後に火炎が吹き出した（写真 6 7）。また、白色配線においては、実験開始の約 6 分後から約 2 6 分後の間、断続的に発煙が生じた（写真 6 8）。これらの間、モータの電流値は、通常運転の場合と同様の値であった。亜酸化銅を差し入れた赤色配線からも発煙が認められたが、白色配線に比べて少なかった。黒色配線からは、発煙及び火炎は起きなかった。



写真 6 7 亜酸化銅を差し入れた赤色配線からの発煙及び火炎（実験開始直後）



写真 6 8 亜酸化銅を差し入れた白色配線からの発煙（約 2 5 分後）

サーモグラフィの観測範囲を写真 6 9 に示す。サーモグラフィによるモータの配線を被覆したビニルテープ表面の発熱挙動について見ると、実験開始とともに、赤色配線から火炎が吹き出したことがわかる（写真 7 0、7 1）。その後、赤色配線に局所的な発熱点が観測され

た(写真72)。また、白色配線においては、約7分～約25分にかけて、発熱点が観測された(写真73、74)。実験後、ビニルテープで被覆した箇所を観察したところ、赤色配線及び白色配線の被覆に溶融・焼損が認められた(写真75、76)。黒色配線には、溶融及び焼損は認められなかった。

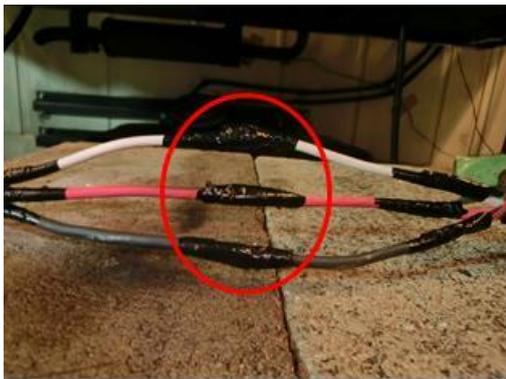


写真69 サーモグラフィの測定範囲

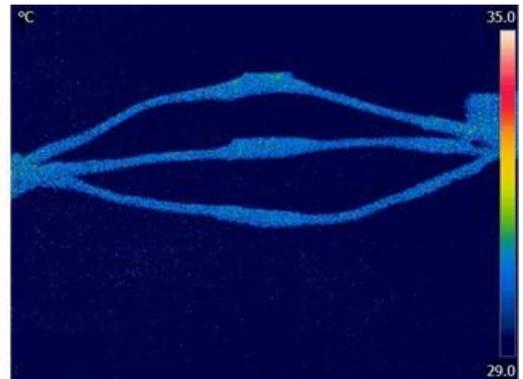


写真70 モータ配線の温度分布
(実験開始前)

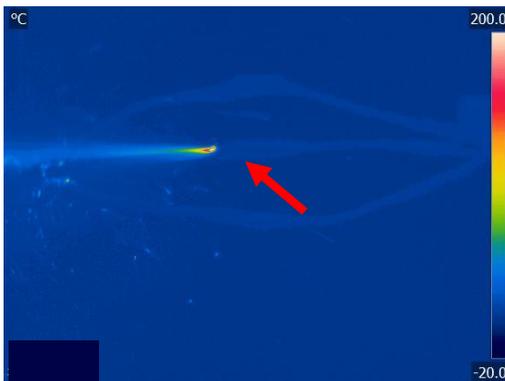


写真71 モータ配線の温度分布
(実験開始直後、矢印: 赤色配線)

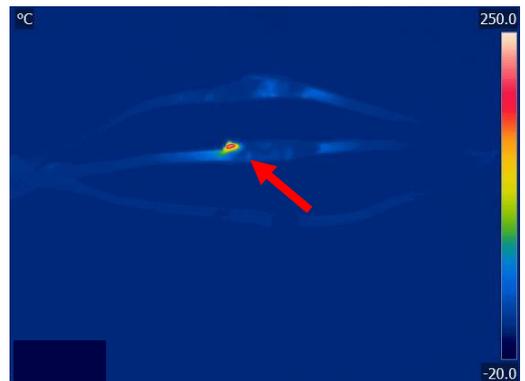


写真72 モータ配線の温度分布
(約6秒後、矢印: 赤色配線)

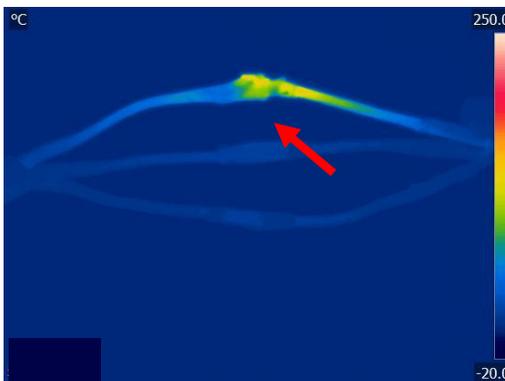


写真73 モータ配線の温度分布
(約7分後、矢印: 白色配線)

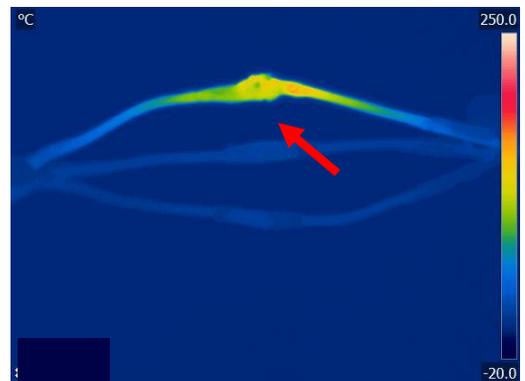


写真74 モータ配線の温度分布
(約25分後、矢印: 白色配線)

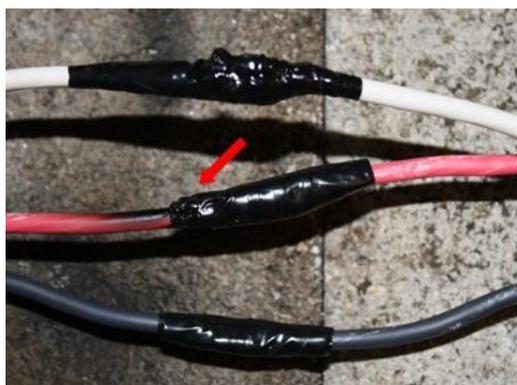


写真 7 5 ビニルテープ被覆の
溶融及び焼損箇所
(赤色配線)

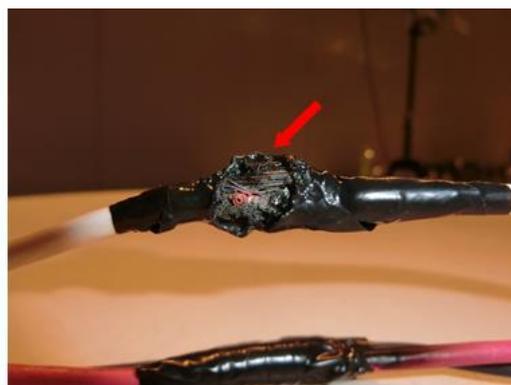


写真 7 6 ビニルテープ被覆の溶融
(白色配線)

これらの結果は、亜酸化銅が生成されただけでは大きな発熱及び発火に至らず、亜酸化銅を介した導回路が形成された場合に、大きな発熱や発火に至ることを示している。また、急激な温度上昇は亜酸化銅の赤熱化に影響され、被覆の方法（ビニルテープなどの絶縁被覆の結束力）にはあまり影響されない。しかし、被覆の方法は、亜酸化銅と導体との接触状態、燃焼に際しての可燃物の量に影響するものと考えられる。

一般的に、撚って結線した素線数が少なくなるほど、発熱は大きくなるが、撚って結線した素線数（半断線した素線数）が $1/3$ 程度であれば、大きな発熱に至らない。絶縁被覆の結束力が強い場合には、より発熱し難くなる。

1.4 まとめ

本実験の結果から、モータ配線を切断した後に撚って結線した箇所に亜酸化銅が生成された場合は、撚って結線したのみの場合及び撚って結線した素線数が少ない場合（半断線が生じた場合）に比べ、出火に至る可能性が高いと考えられる。また、亜酸化銅の発熱に伴った火炎の発生は、モータの始動時及び定常運転時のいずれの場合においても起きる可能性がある。

しかしながら、モータ配線を切断した後に撚って結線したのみの場合、撚って結線した素線数が少ない場合（半断線が生じた場合）においても、ビニ

ルテープなどによる絶縁被覆の結束力が低下し、その箇所の発熱により絶縁劣化が生じると、接触不良、半断線、短絡などの電氣的な要因によって出火に至る可能性もあると考えられる。

以上のことから、本件冷凍機からの出火については、モータの配線の燃った箇所で亜酸化銅が生成されていた場合、亜酸化銅の発熱によって生じた火炎の周囲に取り付けられていた部品の樹脂部等に燃焼が進展した可能性が高いと考えられる。また、燃って結線した箇所の発熱に伴ってビニルテープ及び熱収縮チューブの絶縁被覆の結束力が低下したことで、その箇所の発熱に伴って絶縁劣化が生じ、接触不良、半断線、短絡などの電氣的な要因によって絶縁被覆の燃焼が起きた場合には、その火炎によって、周囲に取り付けられていた部品の樹脂部等に燃焼が進展した可能性が考えられる。