

船舶事故調査報告書

船種 船名 貨物船 江和丸
船舶番号 132120
総トン数 2,473トン

船種 船名 漁船 長福丸
漁船登録番号 IK2-5608
総トン数 19トン

事故種類 衝突
発生日時 平成30年10月3日 23時11分ごろ
発生場所 石川県金沢港西北西方沖
金沢港西防波堤灯台から真方位299° 17海里付近
(概位 北緯36° 46.9' 東経136° 17.5')

令和元年10月9日

運輸安全委員会(海事専門部会)議決

委員 佐藤 雄二(部会長)
委員 田村 兼吉
委員 岡本 満喜子

要 旨

<概要>

貨物船江和丸は、船長ほか9人が乗り組み、石川県金沢港西南西方沖を南西進中、また、漁船長福丸は、船長ほか5人が乗り組み、漁場に向けて北西進中、平成30年10月3日23時11分ごろ両船が衝突した。

江和丸は、左舷船側外板に擦過傷を生じ、また、長福丸は、船首部等に圧壊を生じた。両船共に死傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、夜間、金沢港西北西方沖において、江和丸が南西進中、長福丸が北西進中、江和丸が針路及び速力を保持して航行し、また、単独で船橋当直についていた長福丸の船長が居眠りに陥ったため、両船が衝突したものと考えられる。

江和丸が針路及び速力を保持して航行したのは、江和丸の船長が、江和丸は保持船の立場であり、私物のレーザポインタを照射して注意喚起を行うことで、長福丸がいずれ江和丸の存在に気づき避航動作をとると思ったことによるものと考えられる。

長福丸の船長が居眠りに陥ったのは、腰を掛けて当直に当たっていたこと、周囲に船舶がいなかったこと及び睡眠時間が不足していたことから、覚醒水準が低下していたことによるものと考えられる。

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

貨物船^{こうわ}江和丸は、船長ほか9人が乗り組み、石川県金沢港西南西方沖を南西進中、また、漁船^{ちようふく}長福丸は、船長ほか5人が乗り組み、漁場に向けて北西進中、平成30年10月3日23時11分ごろ両船が衝突した。

江和丸は、左舷船側外板に擦過傷を生じ、また、長福丸は、船首部等に圧壊を生じた。両船共に死傷者はいなかった。

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30年10月11日、本事故の調査を担当する主管調査官（神戸事務所）ほか1人の地方事故調査官を指名した。

1.2.2 調査の実施時期

平成30年10月17日、30日、11月12日、平成31年2月11日、21日、3月1日、5日、11日、15日、16日、18日、25日、28日、4月3日、令和元年7月5日 回答書受領

平成30年10月26日 現場調査及び口述聴取

平成30年11月9日、平成31年4月11日、令和元年7月22日 口述聴取

1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所に対し、レーザ製品の性能等に関する解析調査を委託した。

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 船舶自動識別装置の情報記録による運航の経過

‘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30年10月3日22時45分ごろ～23時15分ごろの間の江和丸（以下「A船」という。）及び長福丸（以下「B船」という。）の運航の経過は、それぞれ表1及び表2のとおりであった。

A船及びB船の船位は、操舵室上方に取り付けられた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。

表1 A船のA I S記録（抜粋）

時刻 (時:分:秒)	船位		対地針路 (°)	船首方位 (°)	対地速力*2 (ノット(kn))
	北緯 (° -' -")	東経 (° -' -")			
22:45:02	36-52-12.6	136-20-18.7	202.8	204	13.0
22:47:02	36-51-48.9	136-20-06.1	202.7	205	13.2
22:49:02	36-51-25.2	136-19-53.3	203.4	205	13.1
22:51:01	36-51-01.9	136-19-40.6	201.8	205	12.9
22:53:01	36-50-38.4	136-19-27.6	203.6	205	13.0
22:55:01	36-50-14.9	136-19-14.9	203.1	204	12.9
22:57:01	36-49-51.0	136-19-02.4	203.4	204	12.8
22:59:02	36-49-27.0	136-18-49.8	203.0	204	12.9
23:00:02	36-49-15.1	136-18-43.4	203.0	204	13.0
23:01:02	36-49-03.1	136-18-37.2	201.6	205	13.1
23:02:02	36-48-51.1	136-18-30.7	205.3	204	13.1
23:03:02	36-48-39.2	136-18-24.3	204.0	204	12.9
23:04:02	36-48-27.2	136-18-18.0	202.8	204	13.2
23:05:02	36-48-15.2	136-18-11.8	201.3	204	13.0
23:06:02	36-48-03.3	136-18-05.4	202.5	205	13.4

*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。

*2 「対地速力」とは、地球表面の1点を基準に測った船の速度をいい、船が浮かんでいる水を基準に測った船の速度を「対水速力」という。

23:07:02	36-47-51.3	136-17-59.0	206.0	204	13.0
23:08:02	36-47-39.3	136-17-52.8	201.8	205	13.2
23:09:02	36-47-27.2	136-17-46.3	201.1	204	13.1
23:10:02	36-47-15.2	136-17-40.0	203.8	203	13.3
23:10:32	36-47-09.3	136-17-37.0	203.0	205	13.2
23:11:02	36-47-03.1	136-17-33.6	205.9	205	13.1
23:11:32	36-46-57.3	136-17-30.4	202.1	205	13.2
23:11:49	36-46-53.9	136-17-28.7	198.8	220	13.3
23:11:56	36-46-52.6	136-17-27.8	210.7	232	12.2
23:12:02	36-46-51.6	136-17-26.9	224.4	246	11.6
23:12:15	36-46-50.4	136-17-24.2	254.9	258	10.7
23:12:29	36-46-50.0	136-17-21.4	258.4	244	10.3
23:13:02	36-46-47.2	136-17-16.0	222.3	220	9.8
23:14:02	36-46-39.5	136-17-08.7	217.2	216	9.7
23:15:02	36-46-31.5	136-17-02.8	198.5	196	9.1

表2 B船のAIS記録(抜粋)

時刻 (時:分:秒)	船位		対地針路 (°)	対地速力 (kn)
	北緯 (° ' ")	東経 (° ' ")		
22:45:12	36-44-13.3	136-23-33.1	291.8	12.5
22:47:13	36-44-25.2	136-23-05.4	300.6	12.8
22:49:12	36-44-37.0	136-22-38.1	300.2	12.8
22:51:12	36-44-48.7	136-22-10.6	292.9	12.5
22:53:13	36-45-00.8	136-21-42.9	293.5	12.6
22:55:12	36-45-12.8	136-21-15.7	299.4	12.1
22:57:12	36-45-24.5	136-20-48.3	290.4	12.6
22:59:12	36-45-36.5	136-20-20.9	297.1	12.2
23:01:12	36-45-48.3	136-19-53.6	302.5	12.9
23:02:13	36-45-54.3	136-19-39.7	297.7	12.2
23:03:12	36-46-00.2	136-19-26.0	302.1	12.8
23:04:12	36-46-06.4	136-19-12.6	296.5	12.4
23:05:12	36-46-12.1	136-18-58.8	295.2	12.9
23:06:13	36-46-18.2	136-18-44.8	300.7	12.4

23:07:13	36-46-24.1	136-18-31.1	297.6	12.4
23:08:12	36-46-29.8	136-18-17.6	296.4	12.5
23:09:14	36-46-36.0	136-18-03.3	290.2	12.1
23:10:13	36-46-41.9	136-17-49.9	302.6	11.1
23:10:42	36-46-44.9	136-17-43.5	299.2	12.4
23:11:43	36-46-50.9	136-17-29.6	297.0	13.2
23:12:12	36-46-50.3	136-17-24.8	247.0	7.8
23:12:43	36-46-50.9	136-17-21.5	330.4	7.1
23:13:12	36-46-53.8	136-17-18.0	308.4	7.6
23:14:14	36-46-51.1	136-17-12.8	135.0	7.6
23:15:13	36-46-45.3	136-17-17.1	225.7	7.3

※ なお、B船のAIS記録には、船首方位が記録されていなかった。

2.1.2 乗組員の口述等による事故の経過

A船の船長（以下「船長A」という。）、甲板手及び後任船長並びにB船の船長（以下「船長B」という。）の口述並びに船長Aの回答書によれば、次のとおりであった。

(1) A船

A船は、船長Aほか9人が乗り組み、平成30年10月3日14時00分ごろ広島県福山港に向けて新潟県^{ひめかわ}姫川港を出港した。

船長Aは、19時30分ごろ、前直者から、船橋当直を引き継ぎ、甲板手を見張りにつけ、20時00分ごろ、石川県輪島市^{さるやま}猿山岬付近を通過し、針路を約205°とした。

船長Aは、金沢港沖に差し掛かったところで、レーダー画面に^{ちょうじょう}重畳されたAIS情報で左舷前方約4海里（M）に金沢港の方向から北西進するB船を認め、目視でもB船の灯火を確認した。

船長Aは、B船の方位変化が少なかったので、注意を促そうとして操舵室前面左舷側に立ち「私物のレーザポインタ」（以下「本件レーザポインタ」という。）を短く3回、B船の操舵室付近に向けて照射した。

船長Aは、B船を目視及びレーダーで監視し、距離が約2Mになった際、依然としてB船が針路を変えないことに疑問を感じ、B船がA船の存在に気付いていないと思い、B船に向かって本件レーザポインタを円を描くように回しながら照射し続けるとともに、いつでも手動操舵に切り替えられるように甲板手を操舵スタンドにつかせた。

船長Aは、B船との距離が約1Mとなり、衝突する危険を感じたが、これまで本件レーザポインタを使用して注意喚起を行うことで相手船が避けてくれていたので、B船に向かって連続して照射し、また、A船は保持船の立場なので、針路及び速力を保持して航行した。

A船は、B船との距離が約500mとなり、船長Aが甲板手に手動操舵への切り替えを指示したものの、既にB船が至近に迫っていたので、この状態で転舵するとB船を転覆させてしまうと考え、針路を保持した状態で航行し、23時11分ごろA船の左舷中央部とB船の船首部とが衝突した。

船長Aは、反転してB船が転覆していないかどうかを確認したのち、海上保安庁に本事故の発生を通報した。

船長Aは、本事故後、船長Bから居眠りをしていただかない旨の連絡を受けた。

(2) B船

B船は、船長Bほか5人（日本国籍4人、インドネシア共和国籍1人）が乗り組み、10月3日21時40分ごろ金沢港を出港し、あまえび漁を行う目的で、能登半島西方沖の漁場に向かった。

船長Bは、出港後、甲板員1人を操舵室に配置して見張りにつけていたが、22時00分ごろ、金沢港西防波堤（以下「西防波堤」という。）を通過したのち、連続した操業であったので同甲板員を休ませようと思って降橋させ、単独での船橋当直について。

船長Bは、レーダー及び目視で周囲を確認すると、船首方約5Mに漁場へ向かう他の漁船を認めたがB船より速力が速く、同漁船以外に船舶を見掛けなかったため、当日は風が強いこともあって漁船等の船舶が少ないと思った。

B船は、目的地の漁場が、距離約29M、方位約300°の場所になるので、船長Bがその地点に自動操舵の目的地を設定し、約12knの速力で航行を続けた。

船長Bは、万が一、居眠りに陥ったときに備えて底引き網時間計測用のタイマー（以下「本件タイマー」という。）を30分ごとにアラームが鳴るよう設定し、操舵室中央の操舵スタンド後方の渡し板に腰を掛け、右舷側の戸棚に設置しているテレビを視聴する一方で目視等で船首方の見張りを交互に繰り返しながら航行を続けた。

船長Bは、23時00分ごろ、渡し板に腰を掛けて船橋当直を続けているうち、周囲に船舶がおらず、気が緩んで、ぼーっとする状態になった。

船長Bは、その後、ふと顔を上げて本件タイマーを確認したところ残り2分の表示であることを認め、本件タイマーをリセットする前に周囲の状況を

確認しようとレーダー画面を見たところ、至近に衝突するような針路でB船に接近するA船の映像を認めた。

船長Bは、慌てて船首方を目視で確認したが、船舶の灯火等を認めることができなかつたので、船尾方を確認しようとした瞬間の23時11分ごろ、船体に大きな衝撃を感じた。

船長Bは、衝撃を感じた直後に本件タイマーが作動したことを確認し、周囲に船舶を認めることができなかつたので漂流物に接触したと思ったが、その後、船首上方にA船の舷窓の明かりを認め、B船の船首部とA船の左舷中央部とが衝突したことを知った。

本事故の発生日時は、平成30年10月3日23時11分ごろで、発生場所は、金沢港西防波堤灯台から299°17M付近であった。

(付図1 航行経路図 参照)

2.2 人の死亡及び負傷に関する情報

A船及びB船共に死傷者はいなかつた。

2.3 船舶の損傷に関する情報

(1) A船

A船は、左舷中央部船側外板に擦過傷を生じた。(写真1参照)



写真1 A船の損傷状況

(2) B船

B船は、船首部及びバルバスバウに圧壊を生じた。(写真2参照)



写真2 B船の損傷状況

2.4 乗組員に関する情報

2.4.1 A船

(1) 性別、年齢、海技免状

船長 男性 73歳

一級海技士（航海）

免許年月日 昭和60年12月10日

免状交付年月日 平成26年12月10日

免状有効期間満了日 令和元年12月9日

(2) 主な乗船履歴等

船長Aの口述によれば、次のとおりであった。

船長Aは、学校を卒業後、外航の貨物船等に乗船し、昭和54年ごろからコンテナ船等で船長職をとるようになり、平成28年8月に海運会社を退職して一旦は海上職から離れていたが、平成30年8月27日からA船に船長として乗り組んでいた。

本事故当時、健康状態は良好であったが、頻繁に入出港するA船の離接岸作業に気を遣っていたので少しの疲労を感じていた。

2.4.2 B船

(1) 性別、年齢、操縦免許証

船長B 男性 70歳

一級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士・特定

免許登録日 昭和50年6月6日

免許証交付日 平成30年8月9日

(令和6年8月8日まで有効)

(2) 主な乗船履歴等

船長Bの口述によれば、次のとおりであった。

船長Bは、学校を卒業後、巻き網漁船に乗船して平成元年ごろから船長職をとるようになり、B船が竣工した平成12年8月からB船に船長として乗り組んでいた。

本事故当時、健康状態は良好であった。

船長Bは、B船が本事故当日である10月3日01時45分ごろ、金沢港を出港し、能登半島西方沖の漁場で操業を行ったのち、19時00分ごろに帰港し、再び21時40分ごろに漁場に向けて出港するスケジュールであったが、本事故当時、特に疲労を感じていなかった。

船長Bの3日01時45分の金沢港出港以降の睡眠時間は、操業中の約2時間であった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

(1) A船

船舶番号	132120
船籍港	高知県須崎市
船舶所有者	有限会社鍋島回漕店
船舶借入人	株式会社萬周海運
運航者	NSユナイテッド内航海運株式会社
総トン数	2,473トン
L×B×D	91.93m×15.00m×7.80m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	2,648kW
推進器	4翼固定ピッチプロペラ1個
進水年月	平成3年11月

(写真3 参照)



写真3 A船

(2) B船

漁船登録番号	IK2-5608
船舶検査済票の番号	第220-17520号
主たる根拠地	石川県金沢市
船舶所有者	有限会社大二漁業部
総トン数	19トン
L r × B × D	19.49m × 4.39m × 2.00m
船質	FRP
機関	ディーゼル機関1基
出力	670kW
推進器	3翼固定ピッチプロペラ1個
進水年月	平成12年8月

(写真4 参照)



写真4 B船

2.5.2 船体構造等に関する情報

(1) A船

一般配置図によれば、A船は、船首尾楼付船尾機関型の一般貨物船で、船首側から順に1つの船倉、船橋甲板室とその下に機関室等、操舵機室が配置されていた。

(2) B船

一般配置図によれば、B船は、船首尾楼付平甲板型の沖合底引き網漁船で、船首側から順に船首デリック、操舵室、漁労設備であるロープリール及び船尾デリックがあり、船首部には魚倉、操舵室の下に機関室が配置されていた。

2.5.3 船舶の設備等及び積載状態に関する情報

(1) A船

現場調査及び船長Aの口述によれば、本事故時、積荷はなく、喫水は、船首約2.95m、船尾約4.00mであり、船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

(2) B船

現場調査及び船長Bの口述によれば、本事故時、積荷はなく、船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

2.6 気象及び海象に関する情報

2.6.1 気象及び海象観測値等

(1) 本事故発生場所の南東方約20Mに位置する金沢地方気象台における本事故当日の観測値は、次のとおりであった。

23時00分 気温 17.4℃、風速 3.6m/s、風向 北東

(2) 国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）によれば、本事故発生場所の南東方約18Mに位置する金沢港における本事故当日の観測値は、次のとおりであった。

23時00分 有義波（波高0.88m、波周期6.6秒）、波向 北北西

2.6.2 乗組員の観測

(1) A船

船長Aの口述及びA船の航海日誌によれば、23時00分ごろ、天気は晴れ、風力2の東風が吹き、波高約1.0m、視界は良好であった。

(2) B船

船長Bの口述によれば、23時00分ごろ、天気は晴れ、風力2の北東風

が吹き、波高約1.0m、視界は良好であった。

2.7 当直体制等に関する情報

2.7.1 A船

船長Aの口述によれば、次のとおりであった。

(1) 航海当直体制

本事故当時、操舵室に船長A及び甲板手1人、機関室に機関長をそれぞれ配置していた。

(2) 操舵室の配置等

操舵室には、前面に探照灯ボタン、汽笛ボタン2個、ジャイロ・レピータ及びGPSプロッター、中央部にレーダー2台、操舵スタンド及び主機等操縦盤がそれぞれ配置されていた。

(図1 参照)

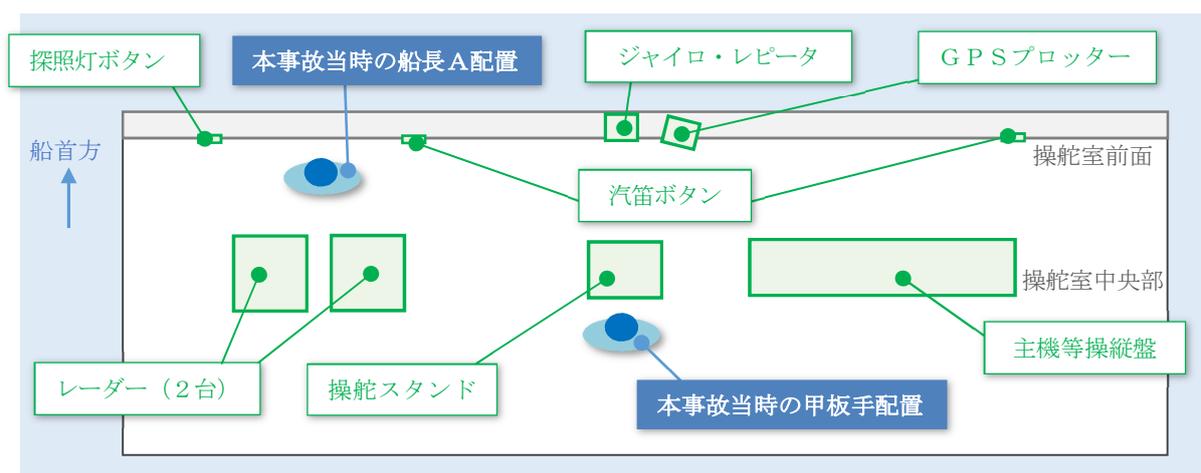


図1 A船の操舵室機器配置及び本事故時の乗組員配置

2.7.2 B船

船長Bの口述によれば、次のとおりであった。

(1) 航海当直体制

B船は、到着するまで7時間以上かかる遠方の漁場に向かうときを除き、船橋当直を船長Bが単独で行っていた。

(2) 本事故当時の船長Bの姿勢

船長Bは、西防波堤を通過後、周囲に船舶がないことを確認し、海図台と配電盤との間に設置している渡し板の上に腰を掛けて横向きの姿勢で当直を行っていた。

船長Bは、渡し板の上に腰を掛けた状態で、各航海計器の操作が可能なの

で、ふだんから腰を掛けた姿勢で当直を行っていた。

(3) 操舵室の配置等

操舵室には、前面に主機等操縦盤、操舵スタンド、レーダー、GPSプロッター及び魚群探知機、後面に配電盤、海図台、本件タイマーがそれぞれ配置され、海図台の上にはテレビが置かれていた。

(4) 居眠り防止

船長Bは、居眠りに陥らないように、ふだんからテレビをつけた状態で船橋当直を行っており、また、万が一、居眠りに陥っても警報で気付くことができるように、本件タイマーを設定して当直に当たっていた。

船長Bは、レーダーの受信範囲を船首方5～6Mとしていたため、本件タイマーの設定をその移動距離となる30分としていた。

(図2、写真5 参照)

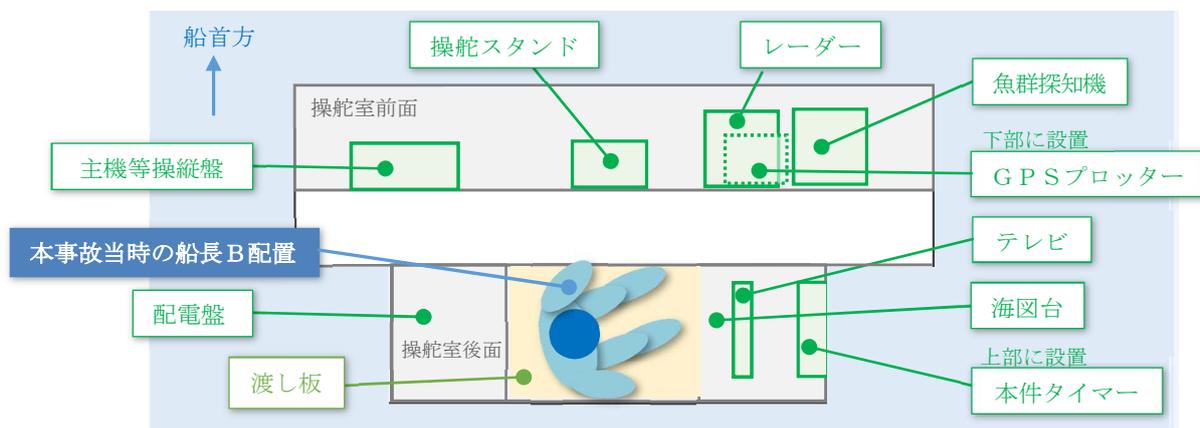


図2 B船の操舵室配置及び本事故時の船長B配置



写真5 本事故当時の船長Bの姿勢

2.8 本件レーザポインタ使用等に関する情報

現場調査並びに船長A及び甲板手の口述によれば、次のとおりであった。

2.8.1 本事故時の使用状況

船長Aは、方位変化のない状態で左舷側から接近するB船に対し、注意を促す目的で、約4Mの距離から衝突の直前までB船の操舵室に向けてレーザ光の照射を繰り返した。

船長Aは、B船の当直者が船首方を向いていれば、いずれはレーザ光に気付くと思っていた。

(図3 参照)

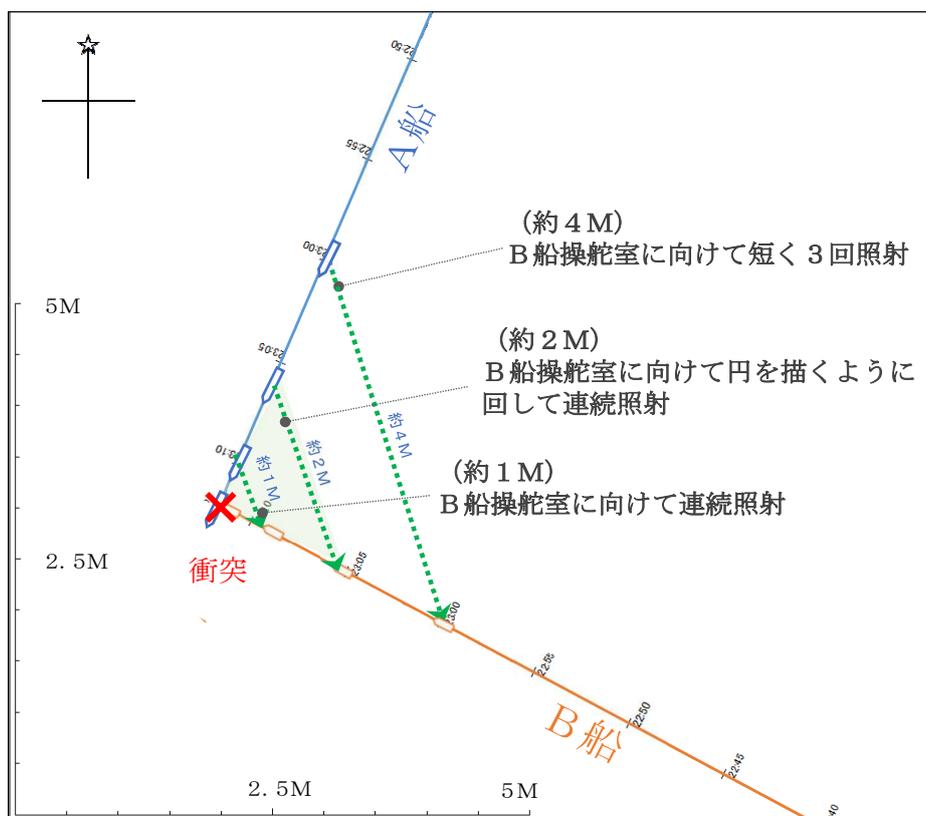


図3 A船のレーザポインタ照射状況

2.8.2 汽笛等の使用

船長Aは、A船の操舵室には、汽笛（2種類）及び探照灯が備えられていたが、本事故時、汽笛を夜間に使用することに躊躇し、また、探照灯よりも本件レーザポインタを使用する方が、光が遠方まで届き、指向性も高いと感じていたため汽笛及び探照灯を使用しなかった。(表3参照)

表3 A船に備えられていた汽笛及び探照灯

	種類	仕様
汽笛	ピストンホーン	音圧レベル 138 dB 以上 基本周波数 135 Hz
	エアホーン	音圧レベル 138 dB 以上 基本周波数 200 Hz
探照灯	室内操作型探照灯	最大光柱光度 100 V電球 3,000,000 cd 光柱角 = 8°

2.8.3 本件レーザポインタの情報

(1) 表示等

本件レーザポインタには、リチウムイオン充電電池1個が内蔵されており、本件レーザポインタのラベル（以下「本体ラベル」という。）には次の表示があった。

本体ラベルの表示	(仮約)
MAX OUTPUT POWER<1,000mW	最大出力<1,000mW
WAVELENGTH 532nm±10	波長532nm±10
CLASS II LASER PRODUCT	レーザクラス2製品
This product complies with 21CFR	この製品は21CFRに準拠している

(写真6、写真7 参照)



写真6 本件レーザポインタ

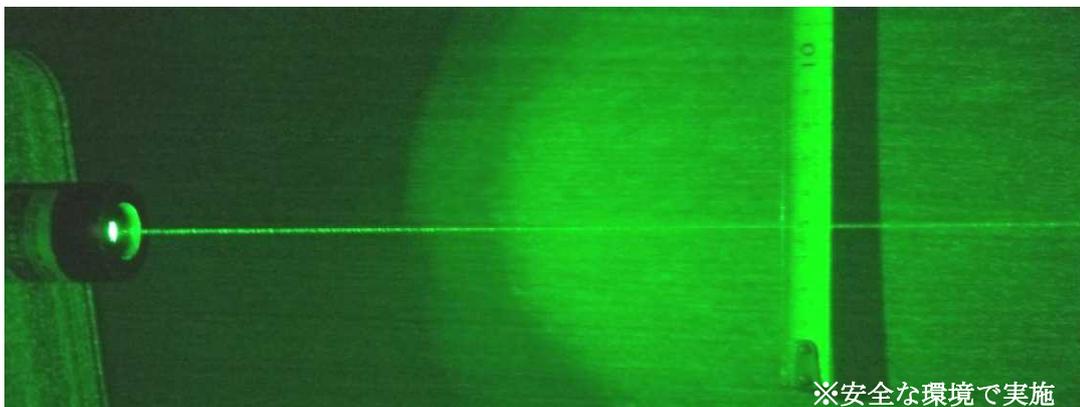


写真7 レーザ光を照射した状態

(2) 船長Aの入手方法等

船長Aは、平成25年ごろ外国籍のコンテナ船乗船時に寄港した中華人民共和国上海港^{シヤンハイ}で購入し、これまでに複数回、他船に向けて操船信号や漁船等に向けて警告信号の代わりとして使用し、相手船が避けてくれたことがあったので船橋当直時には必ず持参して当直に当たっていた。

2.9 レーザポインタ照射に関するその他の情報

2.9.1 海上におけるレーザポインタの照射事例

(1) 事件事例

運輸安全委員会が令和元年7月までに公表した船舶事故調査報告書によれば、衝突事故において船舶がレーザポインタを使用した事例は2件であった。

(2) 旅客フェリー等へのアンケート調査

夜間航海を行う旅客フェリー等44隻（日本海航路、太平洋航路及び瀬戸内海航路）に対し、他の船舶からレーザポインタの照射を受けた等のアンケート調査を実施した結果、22件の照射事例が報告された。

(3) 水先人へのアンケート調査

内海水先区水先人会に所属する水先人に対し、水先要請船でのレーザポインタの使用状況についてのアンケート調査を実施した結果、複数の水先要請船の操舵室にレーザポインタが置かれていたことが報告された。

(付図2 海上におけるレーザポインタの照射事例 (図)、付表1 海上におけるレーザポインタの照射事例 参照)

2.9.2 レーザポインタの使用に関する法令等の規定

日本産業規格JIS6802（レーザ製品の安全基準）、独立行政法人国民生活センターのウェブサイト^{*3}並びに国土交通省航空局及び経済産業省製品安全課の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) レーザ製品の規格等

レーザ製品の安全に関する国際的な規格は、IEC60825-1で定められ、日本においては、同IEC規格をもとにJIS6082が定められている。

レーザ製品のクラス分類は、JIS6082付属書Cにおいて、次のとおりとなっている。

^{*3} 独立行政法人国民生活センター「法律に適合していないと思われるレーザーポインターに注意」
http://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20110324_2.pdf

クラス 1	合理的に予測できる条件下で安全である
クラス 1M	使用者が光学器具を使用した場合に危険になることがあるという点を除いて、クラス 1 に同じ
クラス 2	可視光（波長 400～700nm）で低出力（1mW以下）通常、まばたきなどの嫌悪反応によって目は保護される。
クラス 2M	使用者が光学器具を使用した場合に危険になることがあるという点を除いて、クラス 2 に同じ
クラス 3R	クラス 2M よりも低い波長範囲（波長 302.5～10 ⁶ nm）直接ビーム内観察は危険になることがある
クラス 3B	500mW以下の出力 直接ビーム内を観察すると危険である
クラス 4	高出力。拡散反射も危険になることがある

(2) 消費生活用製品安全法^{*4}での規制

経済産業省は、平成13年1月にレーザポインタを消費生活用製品安全法（昭和48年法律第31号）施行令の規制対象製品として指定し、製造、輸入及び販売を行う事業者は、PSC（特別特定製品）マークが付されている製品でなければ、販売又は販売の目的で陳列してはならないとした。

現在、製造又は輸入を行う事業者は、レーザ光が放出状態にあることを確認できる機能を有するもの（外形上玩具として使用されることが明らかなものを除く）であれば、日本産業規格 C6802(2014)レーザ製品の安全基準で定めるクラス2以下（おおむね出力1mW以下）、出力安定化回路を有すること及びレーザ光の放出状態を維持する機能を有さないこと等の技術基準に適合させるとともに、経済産業大臣の登録を受けた機関による検査を受け、当該技術基準に適合した旨の証明書を保存することなどが規定されている。

また、経済産業省は、平成28年1月に技術基準に適合しない可能性のある高出力の製品が販売されていたことを踏まえて、製造団体及び販売団体等に対し、技術基準に適合している製品でなければ販売してはならない旨の周知を行った。

(3) 航空法における規制

国土交通省航空局は、航空機に向かってレーザ光を照射するなどの飛行に影響を及ぼすおそれのある行為が増加していたことを踏まえ、平成28年に関連省令等の一部改正を行い、航空法（昭和27年法律第231号）第99条の2第1項に規定されている「航空機の飛行に影響を及ぼすおそれのある

^{*4} 「消費生活用製品安全法」とは、一般消費者の生命又は身体に対する危害の防止を図るため、特定製品の製造及び販売を規制するとともに、特定保守製品の適切な保守を促進する等、一般消費者の利益を保護することを目的として制定された法律をいう。

行為で国土交通省令で定めるもの」に、次の行為が追加された。

- ・可視光線であるレーザー光を第一号の空域^{*5}を飛行する航空機に向かつて照射すること。（航空法施行規則（昭和27年運輸省令第56号）209条の3）

2.10 レーザ製品の性能等に関する解析調査

海上におけるレーザー製品の性能等に関する調査を国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所に委託した結果、別添のとおりであった。

2.10.1 レーザ製品の解析クラスの特定

(1) レーザ光の拡散状況及びレーザー強度

本件レーザーポインタのレーザー光の波長スペクトル等を取得した結果、次のとおりであった。

波長スペクトル	ピーク波長533.3nm・波長幅1.6nm（分光器の波長分解能程度）（図4参照）
レーザー強度	約50～60mW安定（照射直後約10mW）（図5参照）

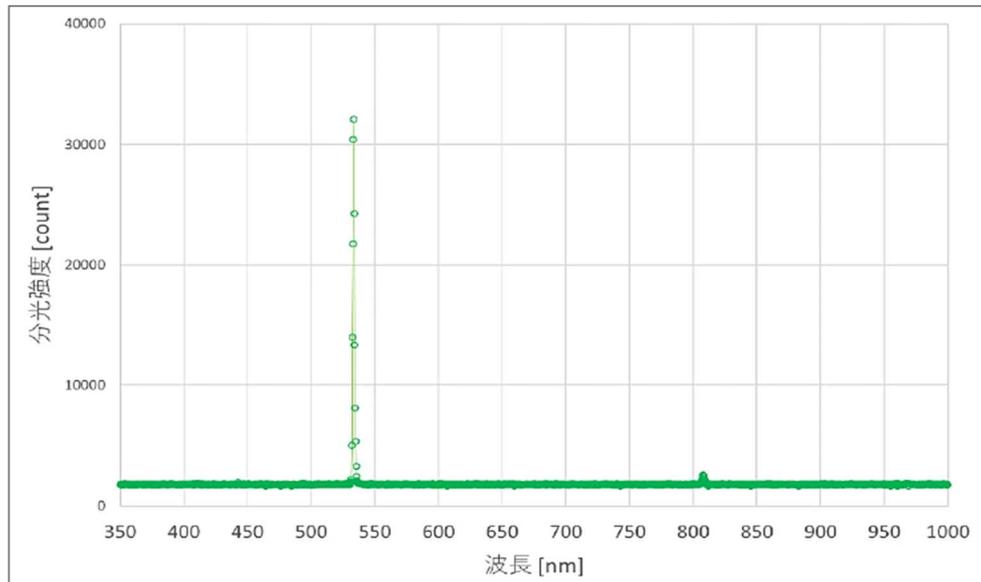


図4 波長スペクトル

^{*5} 「第一号の空域」とは、航空交通管制圏、航空交通情報圏、高度変更禁止空域又は航空交通管制区内の特別管制空域（当該空域が管制圏又は情報圏である場合にあつては、進入表面等の上空の空域に限る。）をいう。

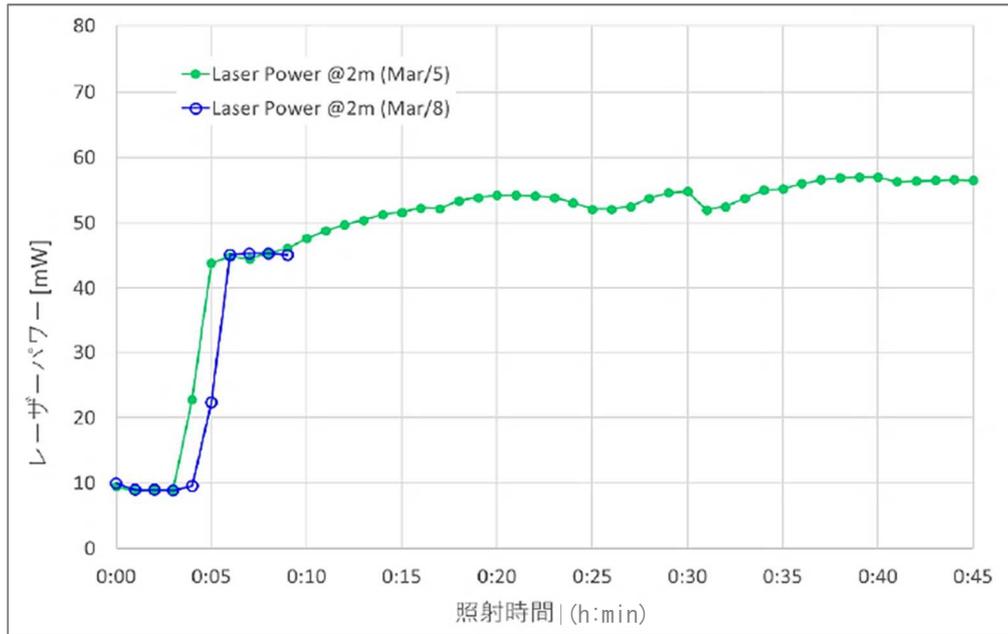


図5 レーザ強度

(2) 長距離レーザー照射

本件レーザーポインタのレーザー光を、距離2～120mの間において、ビーム中心におけるレーザー受光強度を計測した結果、次のとおりであった。

強度減少	(距離20m) レーザ強度約7割 (距離40m) レーザ強度約3割 (図6参照)
------	---

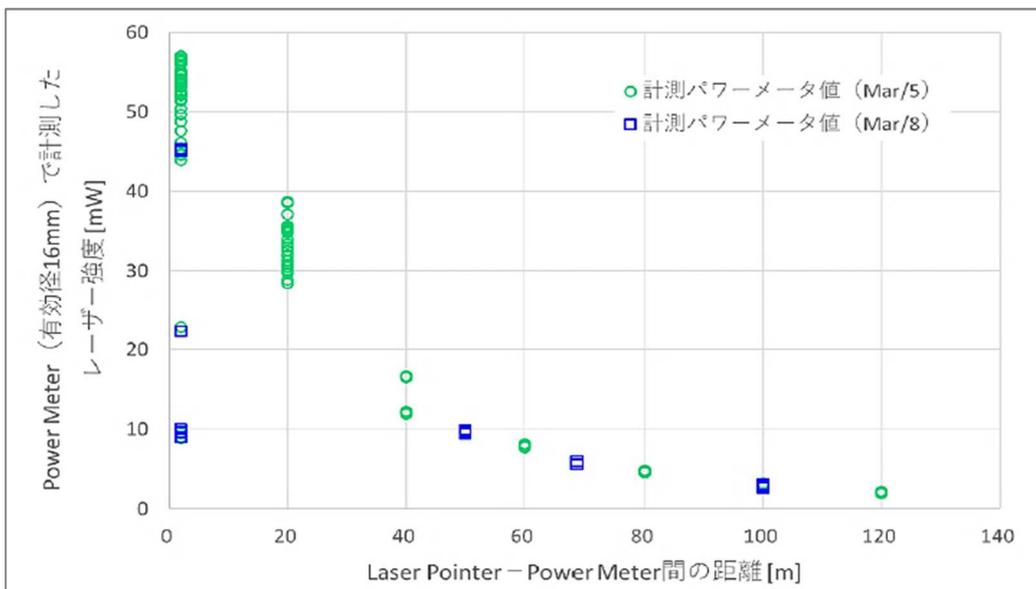


図6 レーザ強度の減少

(3) 本件レーザーポインタのクラス特定

① 波長

本体ラベルに表示されている周波数 $532\text{nm} \pm 10$ と、矛盾はなくクラス2の条件は満たされている。

② レーザ強度

クラス2の条件である、レーザー強度 1mW 以下の条件が満たされておらず、強度が 5mW 以上 500mW であることから、IEC 60825-1の基準により、クラス3Bが相当である。

2.10.2 安全性評価

(1) 公称眼障害距離

レーザーポインタから照射されたレーザー光が人の目に有害かどうかを最大許容露光量^{*6}（以下「MPE」という。）で判断した結果、本件レーザーポインタの公称眼障害距離^{*7}（以下「NOHD」という。）は、約 7.7m であった。

(2) 双眼鏡の使用等

双眼鏡を使用中の当直者がレーザー光の照射を受けた場合、双眼鏡の集光径を 35mm ϕ と仮定すると、その集光面積は裸眼の約2.5倍になり、レーザー光強度が距離の2乗に比例して減衰すると仮定すれば、NOHDは裸眼時の5倍となる距離約 38.2m となる。

なお、本件レーザーポインタの出力は約 50mW であったが、ウェブサイト等で販売が確認できる高出力のレーザーポインタをカタログどおりの出力を照射したと仮定し、NOHD等を検討した結果、次のとおりであった。

		本件レーザーポインタ	高出力A	高出力B
出力		約 50mW	$1,000\text{mW}$	$5,000\text{mW}$
クラス		3B	4	4
NOHD	裸眼	約 7.7m	約 3.43m	約 7.66m
	双眼鏡使用	約 38.3m	約 1.710m	約 3.830m

^{*6} 「最大許容露光量 (MPE: Maximum Permissible Exposure)」とは、通常環境の元で、人体に照射しても有害な影響を与えないレーザー放射レベルの最大値で、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP: International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) によって公表された値をいう。

^{*7} 「公称眼障害距離 (NOHD: Nominal Ocular Hazard Distance)」とは、ビーム放射照度が目に対する最大許容露光量 (MPE) 以下になるところのレーザー光源からの距離をいう。

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。

(1) A船

- ① A船は、平成30年10月3日14時00分ごろ、福山港に向けて姫川港を出港したものと考えられる。
- ② A船は、23時00分02秒～11分02秒ごろ、平均針路 203° 、平均速力13.1knで航行していたものと推定される。
- ③ A船は、23時11分ごろB船と衝突し、その後11分32秒～56秒ごろの針路が、 198° ～ 211° となったものと考えられる。

(2) B船

- ① B船は、10月3日21時40分ごろ、能登半島西方沖の漁場に向けて金沢港を出港したものと考えられる。
- ② B船は、23時01分12秒～10分42秒ごろ、平均針路 298° 、平均速力12.4knで航行していたものと推定される。
- ③ B船は、23時11分ごろA船と衝突したことで、11分43秒～12分12秒ごろの速力が13.2～7.8knとなったものと考えられる。

3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1及び3.1.1から、本事故の発生日時は、平成30年10月3日23時11分ごろであり、発生場所は、同時刻ごろにおけるA船及びB船の位置である金沢港西防波堤灯台から 299° 17M付近であったものと考えられる。

3.1.3 衝突時の状況

2.1、2.3及び3.1.1から、A船は、船首方位約 205° 、速力約13.1kn、B船は、対地針路約 297° 、速力約13.2knで、A船の左舷中央部とB船の船首部とが衝突したものと考えられる。

3.1.4 損傷の状況

2.3及び3.1.3から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A船は、左舷中央部船側外板に擦過傷を生じた。
- (2) B船は、船首部及びバルバスバウに圧壊を生じた。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員及び船舶の状況

(1) 乗組員

2.4から、次のとおりであった。

① A船

船長Aは、適法で有効な海技免状を有していた。

船長Aの健康状態は良好であったが、離接岸作業に気を遣っていたので少しの疲労を感じていたものと考えられる。

② B船

船長Bは、適法で有効な操縦免許証を有していた。

船長Bの健康状態は良好であったが、3日01時45分の金沢港出港以降の睡眠時間は、約2時間であったものと考えられる。

(2) 船舶

2.5.3から、A船及びB船は、共に船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかったものと考えられる。

3.2.2 気象及び海象の状況

2.6から、本事故時、天気は晴れで、北東の風、風力2～3、視界は良好であり、本事故発生場所付近には、約1.0mの波高があったものと考えられる。

3.2.3 見張り及び操船に関する解析

2.1、2.4.2、2.7、2.8及び3.1.1から、次のとおりであった。

(1) A船

① A船は、金沢港沖を南西進中、船長Aが左舷船首方約4Mに北西進するB船を認め、注意を促そうとして本件レーザポインタをB船に向けて照射したものと考えられる。

② 船長Aは、B船との距離が約2Mになった際、針路を変えないことに疑問を感じ、本件レーザポインタをB船に向けて円を描くように回しながら照射し続けるとともに、いつでも手動操舵ができるように甲板手を操舵スタンドにつかせたものと考えられる。

③ 船長Aは、B船との距離が約1Mとなり、衝突する危険を感じたが、これまで本件レーザポインタを使用して注意喚起を行うことで相手船が避けてくれたことがあったので、B船に向かって本件レーザポインタを連続して照射し、また、A船は保持船の立場なので、針路及び速力を保持して航行したものと考えられる。

④ 船長Aは、B船との距離が約500mとなり、手動操舵としたものの、既にB船が至近に迫っていたので、この状態で転舵するとB船を転覆させてしまうと考え、針路を保持した状態で航行したものと考えられる。

⑤ A船は、23時11分ごろ、B船の船首部と衝突したものと考えられる。

(2) B船

① B船は、金沢港出港後、船長Bが操船指揮をとり、甲板員が見張りについていたが、船長Bが、連続した操業であったので甲板員を休ませようと思って甲板員を降橋させ、単独での船橋当直を行っていたものと考えられる。

② 船長Bは、周囲に船舶を見掛けなかったため、漁場に自動操舵の目的地を設定し、渡し板の上に腰を掛け、テレビを視聴する一方で目視等で船首方の見張りを交互に繰り返しながら航行を続けたものと考えられる。

③ 船長Bは、居眠りに陥らないように、ふだんから当直中にテレビをつけた状態としており、また、万が一、居眠りに陥ったときに備えて本件タイマーを設定していたものと考えられる。

④ 船長Bは、レーダーの受信範囲を船首方5～6Mとしていたため、本件タイマーの設定をその移動距離となる30分としていたものと考えられる。

⑤ 船長Bは、渡し板の上に腰を掛けて当直に当たっていたこと、周囲に船舶がいなかったこと及び前日の睡眠時間が約2時間であり、睡眠時間が不足した状態であったことから、覚醒水準が低下して居眠りに陥ったものと考えられる。

⑥ 船長Bは、23時09分ごろ、顔を上げて本件タイマーを確認したのち、レーダー画面で至近に接近するA船の映像を認めて慌てて船首方を確認したものの、船舶の灯火等を認めることができず、船尾方を確認しようとした瞬間の23時11分ごろ、船体に大きな衝撃を感じたものと考えられる。

⑦ 船長Bは、衝突後、A船の舷窓の明かりを認め、A船の左舷中央部と衝突したことを知ったものと考えられる。

⑧ 船長Bは、操舵室内でテレビをつけた状態であったことから、目が暗闇に順応できず、レーダー画面で至近に認めたA船を認めることができなかつた可能性があると考えられる。

3.2.4 本件レーザポインタ使用に関する解析

2.1及び2.8～2.10から、次のとおりであった。

(1) 船長Aは、汽笛を夜間に使用することに躊躇し、また、探照灯よりも本件レーザポインタを使用する方が、光が遠方まで届き、指向性も高いと思っていたことから、B船に対し、注意を促す目的で約4Mの距離から衝突直前ま

で照射を繰り返していたものと考えられる。

- (2) 船長Aは、平成25年ごろ上海港寄港時に本件レーザポインタを購入し、これまでに複数回、操船信号等の代わりとして他船に向けて照射していたものと考えられる。
- (3) 本件レーザポインタは、レーザ製品のクラス分類がクラス2であることが本体ラベルに表示されていたが、波長スペクトル等を取得した結果、レーザ強度が約50～60mWであり、クラス3Bが相当であったものと推定される。
- (4) 本件レーザポインタのNOHDは、裸眼において約77m（双眼鏡を使用していた場合約383m）であり、両船が衝突するまでの間、船長AがB船に向けて照射を続けていたことから、B船の乗組員が衝突直前でレーザ光を視認していれば、目に損傷を生じさせる危険性があったものと考えられる。

3.2.5 事故発生に関する解析

2.1、2.7、2.8、3.1.1、3.2.3及び3.2.4から、次のとおりであった。

(1) A船

- ① A船は、金沢港沖を南西進中、船長Aが左舷船首方約4Mに北西進するB船を認め、注意を促そうとして本件レーザポインタをB船に向けて照射したものと考えられる。
- ② 船長Aは、B船との距離が約2Mになった際、針路を変えないことに疑問を感じ、本件レーザポインタをB船に向けて円を描くように回しながら照射し続けるとともに、いつでも手動操舵ができるように甲板手を操舵スタンドにつかせたものと考えられる。
- ③ 船長Aは、23時10分ごろ、B船との距離が約1Mとなり、衝突する危険を感じたが、A船は保持船の立場であり、B船が本件レーザポインタのレーザ光に気付き避航動作をとることを期待し、B船に向けて本件レーザポインタを照射し続け、針路及び速力を保持して航行したのと考えられる。
- ④ 船長Aは、B船との距離が約500mとなり、手動操舵としたものの、既にB船との距離が至近であったので、転舵するとB船を転覆させてしまうおそれがあると考え、針路を保持して航行し、23時11分ごろA船とB船とが衝突したのと考えられる。

(2) B船

- ① B船は、金沢港出港後、船長Bが操船指揮をとり、甲板員が見張りについていたが、船長Bが、連続した操業であったので甲板員を休ませようと思って甲板員を降橋させ、単独での船橋当直を行っていたものと考えられ

る。

- ② 船長Bは、居眠りに陥らないように、ふだんから当直中にテレビをつけた状態としており、また、万が一、居眠りに陥っても、30分ごとに設定した本件タイマーの警報音によって起きるであろうと思っていたものと考えられる。
- ③ 船長Bは、周囲に船舶がいなかったため、漁場に向けて自動操舵の目的地を設定し、渡し板の上に腰を掛け横向きの姿勢でテレビの視聴と目視等での見張り交互に繰り返しながら当直を行っていたことから、見張りを適切に行っていなかったものと考えられる。
- ④ 船長Bは、渡し板の上に腰を掛けて当直に当たっていたこと、周囲に船舶がいなかったこと及び睡眠時間が不足していたことから、覚醒水準が低下して居眠りに陥ったものと考えられる。
- ⑤ 船長Bは、23時09分ごろ、レーダー画面で至近に接近するA船の映像を認め、慌てて船首方を確認したものの目が暗闇に順応できず、目視でA船を認めることができなかった可能性があると考えられる。
- ⑥ B船は、23時11分ごろA船の左舷中央部と衝突したのと考えられる。

3.3 海上におけるレーザポインタ使用に関する解析

2.9及び2.10から、次のとおりであった。

- (1) 運輸安全委員会が調査した船舶事故においてレーザポインタを使用した事例及び旅客フェリー等へのアンケート調査の結果、海上において船舶がレーザポインタを照射された、レーザポインタ使用事例が計24件あり、以下の特徴があるものと考えられる。
 - ① 平成30年ごろから、発光信号^{*8}等の代わりとして照射される事例が増加している傾向がある。
 - ② 照射を行った船舶の船種は、主に外国籍の貨物船及び漁船である。
 - ③ 照射があった海域は、太平洋沿岸（主に関東～四国沖にかけて）及び瀬戸内海の船舶交通が輻輳する海域である。
 - ④ 照射を受けて船橋当直者の目が眩んだ事例があり、さらに双眼鏡を使用中にレーザ光の照射を受けて船橋当直業務に支障を来した事例もあった。
- (2) ウェブサイト等で販売が確認できる出力1,000mWを超えるレーザポインタ（以下「高出力レーザポインタ」という。）を使用した場合のNOHDは、

^{*8} 「発光信号」とは、離れた場所にいる他船等へ意思の伝達を図る手段とし、無方向性または方向性の光源を点滅させる信号をいう。

出力1,000mWのもので約343m、出力5,000mWのもので約766mであるものと推定される。

- (3) 船橋当直者が双眼鏡を使用中にレーザー光の照射を受けた場合のNOHDは、裸眼時の約5倍となり、高出力レーザーポインタを使用した場合、出力1,000mWのもので約1M、出力5,000mWのもので約2Mであるものと推定される。(図7参照)

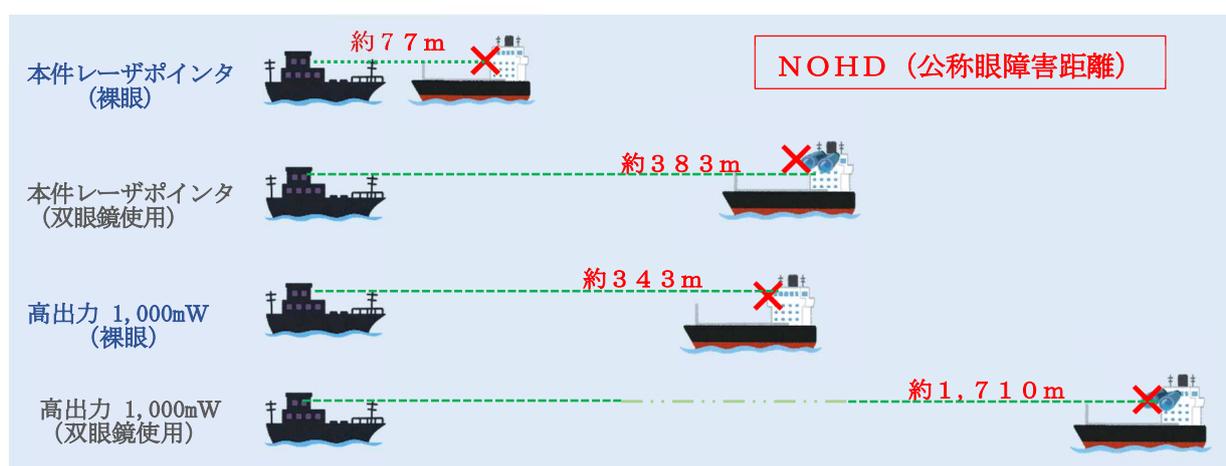


図7 NOHDの比較（双眼鏡を使用した場合等）

- (4) 上記(1)～(3)から、近年、海上において発光信号等の代わりとして船舶からレーザーポインタを照射している実態があり、照射を受けた船舶の船橋当直者の目が眩むなど当直業務に支障を来し、さらに照射距離によっては目に損傷を生じさせる危険性があるものと考えられる。

4 結 論

4.1 原因

本事故は、夜間、金沢港西北西方沖において、A船が南西進中、B船が北西進中、A船が針路及び速力を保持して航行し、また、単独で船橋当直についていた船長Bが居眠りに陥ったため、両船が衝突したものと考えられる。

A船が針路及び速力を保持して航行したのは、船長Aが、A船は保持船の立場であり、本件レーザーポインタを照射して注意喚起を行うことで、B船がいずれA船の存在に気づき避航動作をとると思ったことによるものと考えられる。

船長Bが居眠りに陥ったのは、腰を掛けて当直に当たっていたこと、周囲に船舶がいなかったこと及び睡眠時間が不足していたことから、覚醒水準が低下していたことによるものと考えられる。

4.2 その他判明した安全に関する事項

近年、海上において発光信号等の代わりとして船舶からレーザポインタを照射している実態があり、照射を受けた船舶の船橋当直者の目が眩むなど当直業務に支障を来し、さらに照射距離によっては目に損傷を生じさせる危険性があるものと考えられる。

海上においてレーザポインタの照射を受けた場合は、照射した船舶の船名等を海上保安庁等に情報提供することが望ましい。

5 再発防止策

本事故は、夜間、金沢港西北西方沖において、A船が南西進中、B船が北西進中、A船が針路及び速力を保持して航行し、また、船長Bが居眠りに陥ったため、両船が衝突したものと考えられる。

A船が針路及び速力を保持して航行したのは、船長Aが、A船は保持船の立場であり、本件レーザポインタを照射して注意喚起を行うことで、B船がいずれA船の存在に気付き避航動作をとると思ったことによるものと考えられる。

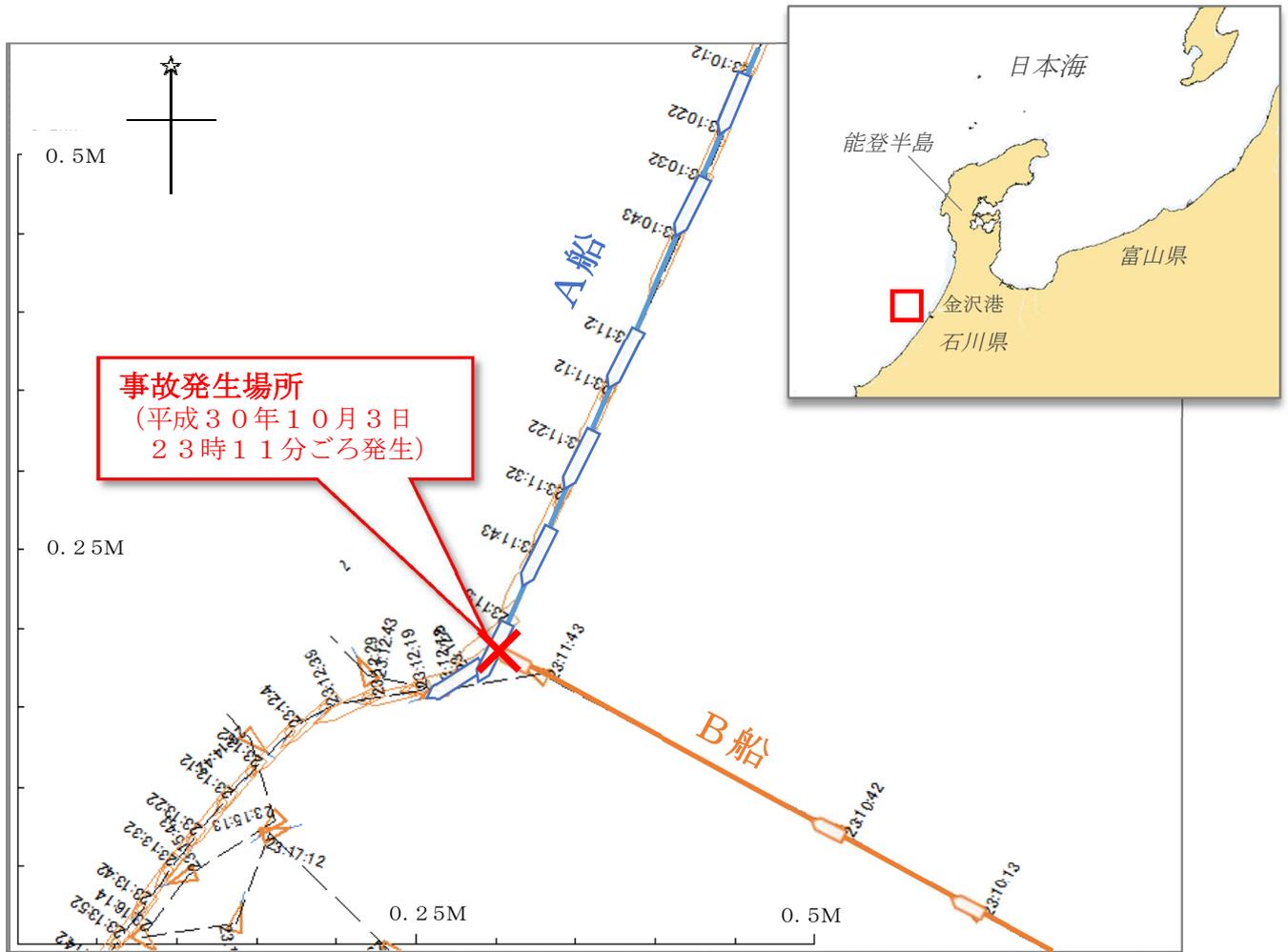
船長Bが居眠りに陥ったのは、腰を掛けて当直に当たっていたこと、周囲に船舶がいなかったこと及び睡眠時間が不足していたことから、覚醒水準が低下していたことによるものと考えられる。

近年、海上において発光信号等の代わりとして船舶からレーザポインタを照射している実態があり、照射を受けた船舶の船橋当直者の当直業務に支障を来し、さらに照射距離によっては目に損傷を生じさせる危険性があるものと考えられる。

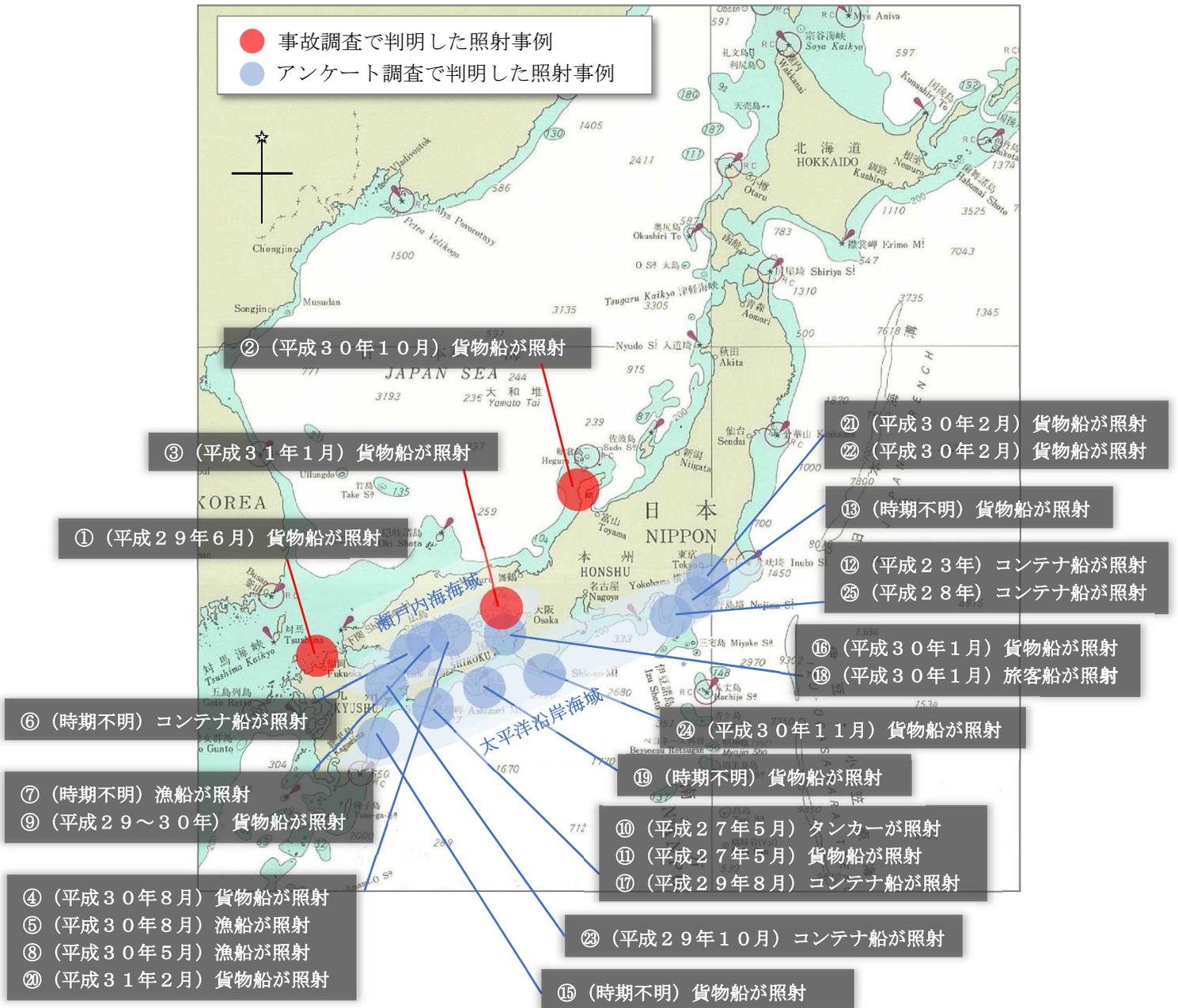
したがって、同種事故の再発防止のため、船橋当直者は、次の措置を講じる必要がある。

- (1) 自船が保持船であっても相手船の動静が不明瞭な場合は、余裕のある時機に衝突を避けるための協力動作をとること。
- (2) 他の船舶に注意を喚起する必要がある場合は、早期に汽笛や探照灯を用いて行うこと。
- (3) 発光信号等の代わりとしてレーザポインタを使用することは、照射を受けた船舶の船橋当直者の目が眩むなど当直業務に支障を来す等の危険性があることから厳に慎むこと。
- (4) 船橋当直業務を遂行できるように、適切な間隔で休養するとともに、当直中に眠気を催した場合には、立ち上がって外気に当たるなどし、眠気を払拭すること。

付図1 航行経路図



付図2 海上におけるレーザポインタの照射事例（図）



付表1 海上におけるレーザポインタの照射事例

1. 衝突事故においてレーザポインタを使用した事例

	事故種類	照射した船舶 (船種等)	海域・年月日	状況	その他
①	衝突事故（貨物船と漁船）	貨物船（外国船籍）	福岡県北九州市白島西方沖 平成29年6月8日	貨物船の航海士が接近する漁船に注意を促そうと、漁船の操舵室に向けて照射したものの両船が衝突（緑色、最大出力5,000mW）	
②	衝突事故（貨物船と漁船）	貨物船	石川県金沢港西北西方沖 平成30年10月3日	貨物船の船長が接近する漁船に注意を促そうと、漁船の操舵室に向けて照射したものの両船が衝突（緑色、最大出力1,000mW）	※本件
③	衝突事故（貨物船と引船）	貨物船（外国船籍） ※錨泊中	兵庫県東播磨港南西方沖平 成31年1月18日	錨泊中の貨物船の航海士が接近する引船に向けて照射したものの衝突	

2. レーザポインタ照射に関するアンケート調査

	船名	照射した船舶（船種等）	海域・時期	状況	その他
④	旅客フェリーA	コンテナ船（外国船籍）	備讃瀬戸東航路 （平成30年8～9月）	後方から本船の操舵室に向けて照射 （緑色）	平成30年の夏頃から、照射を目撃するようになった
⑤		漁船	備讃瀬戸東航路 （平成30年8～9月）	前方から本船の操舵室に向けて照射	
⑥		コンテナ船（外国船籍）	備後灘 （時期不明）	反航する外国船が他船に向けて照射 （緑色）	
⑦		漁船	備讃瀬戸南航路 （時期不明）	追い越し中、複数回照射を受けた （緑色）	照射を受けて目が眩んだ
⑧	旅客フェリーB	漁船	備讃瀬戸東航路 （平成30年5月19日）	漁網の入っている方向と本船の操舵室に向けて照射	双眼鏡で確認しているところに照射されたので、照射を受けた後、しばらくの間、目に違和感があり、当直に支障を来した
⑨	旅客フェリーC	貨物船（外国船籍）	備讃瀬戸南航路 （平成29～30年）	本船が追い越し信号を行った後、本船の操舵室に向けて照射	
⑩	旅客フェリーD	タンカー（外国籍船）	土佐湾沖 （平成27年5～7月）	反航する外国籍船から照射を受けた	避航動作等ではなく、単に本船を狙って照射された
⑪		コンテナ船（外国船籍）			
⑫	旅客フェリーE	コンテナ船（外国船籍）	石廊崎付近 （平成30年夏）	追い越し中、照射を受けた（緑色）	
⑬	旅客フェリーF	貨物船	相模灘沖 （時期不明）	複数回照射を受けた	
⑭	旅客フェリーG	貨物船（外国船籍）	周防灘、足摺岬付近、石廊崎付近 （時期不明）	反航する外国籍船から、本船の操舵室に向けて照射された	
⑮	旅客フェリーH	貨物船（外国船籍）	日向灘 （時期不明）	追い越し中、照射を受けた	十分な距離があったにもかかわらず、操舵室めがけて照射された
⑯		貨物船（外国船籍）	友ヶ島水道 （平成30年1月）	反航する外国籍船から、本船の船橋に向けて照射された（緑色）	十分な距離があったにもかかわらず、操舵室めがけて照射された
⑰	旅客フェリーI	コンテナ船（外国船籍）	足摺岬沖 （平成29年8月）	追い越し後、照射を受けた（緑色）	
⑱		旅客船（外国船籍）	友ヶ島水道 （平成30年1月）	追い越し中、照射を受けた（緑色）	距離が近かったせいか、左舷後方から照射を受けた
⑲	旅客フェリーJ	貨物船（外国船籍）	室戸岬沖 （時期不明）	追い越し中、照射を受けた（緑色）	十分な距離があったにもかかわらず、追い越す前から、追い越した後まで照射され続けた

⑳	ロールオン・ロールオフ貨物船A	貨物船（外国船籍）	備讃瀬戸東航路 （平成31年2月）	追いつき中、照射を受けた	照射をまともに受け、一瞬、目が見えなくなった
㉑		貨物船（外国船籍）	浦賀水道航路 （平成30年2月）	反航する外国籍船から照射を受けた	強い緑色のレーザー光だった
㉒		貨物船（外国船籍）	中ノ瀬航路 （平成30年2月）	同航する外国籍船から照射を受けた	
㉓		コンテナ船（外国船籍）	佐田岬付近 （平成29年10月）	反航する外国籍船から照射を受けた（緑色）	双眼鏡で使用していたので、かなりの眩しさを感じた
㉔		貨物船（外国船籍）	潮岬付近 （平成30年11月）	追いつき中、照射を受けた（緑色）	十分な距離があったのにかわらず、相手船の乗組員はウィングに出て照射をしていた
㉕	ロールオン・ロールオフ貨物船B	コンテナ船（外国船籍）	石廊崎付近 （平成28年12月）	行き会い関係で、右転したところ、照射を受けた（緑色）	照射を受けて目が眩み、操舵及び操船に支障を来した

3. 水先人へのアンケート調査

		乗船していた船舶（水先要請船）	海域・時期	状況
⑳	水先人A	貨物船（外国船籍）	備讃瀬戸航路付近 （平成30年秋期）	本船の船長が漁船に向けて照射していたので使用しないように伝えた
㉑	水先人B	貨物船（外国船籍）	（詳細不明） （平成31年1月）	昼間信号灯を使用していたところ、本船の船長からレーザーポインタの使用を勧められた
㉒	水先人C	コンテナ船（外国船籍）	備讃瀬戸東航路付近 （平成28年）	本船の船長が追いつき中の船舶に向けて、レーザーポインタを照射していたので直ちにやめさせた
㉓	水先人D	コンテナ船（外国船籍）	播磨灘付近 （平成30年）	本船の船長が使用していた
㉔	水先人E	—	（平成27年～）	平成27年ごろから、本船の操舵室に置いてあるのを見掛けるようになった
㉕	水先人F	—	—	年に数回、本船の操舵室に置いてあるのを見掛ける
㉖	水先人G	貨物船（外国船籍）	東播磨港 （平成31年3月24日）	本船の操舵室に置いてあるのを確認した。

NMRI

National Maritime Research Institute, MPAT

運輸安全委員会 請負研究

船舶衝突事故に係る レーザ製品の性能等 に関する解析調査報告書

平成31年3月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

目 次

はしがき.....	1
1. 解析の背景.....	2
2. 解析の目的.....	2
3. 解析の方法.....	2
3.1 本レーザー製品の該当クラス特定方法.....	2
3.1.1 レーザ波長.....	3
3.1.2 レーザ強度.....	4
3.2 長距離レーザー照射試験方法.....	4
3.2.1 試験水槽と距離調整.....	4
3.2.2 レーザ強度.....	5
4. 解析結果.....	6
4.1 本レーザー製品の該当クラス.....	6
4.2 長距離レーザー照射試験.....	8
4.3 本レーザー製品の安全性評価.....	8
4.4 他レーザー製品の安全性の検討.....	10
参考試験.....	12
参考文献.....	14

はしがき

本報告書は運輸安全委員会から海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所（以下「当所」と記す.）が請負った「船舶衝突事故に係るレーザー製品の性能等に関する解析調査」の成果をとりまとめたものである。

請負内容は以下の通り.

(1) レーザ製品の該当クラス特定

船舶衝突事故で使用されたレーザー製品（高出力グリーンレーザーポインタ、以下「本レーザー製品」と記す.）について波長と強度を計測し、International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議、以下「IEC」と記す.）の国際規格「IEC 60825-1」に基づき該当クラスを特定した。

(2) 長距離レーザー照射試験

海上を模した水面上約2mの試験水槽施設内において、本レーザー製品を水平方向に照射し、レーザー光の拡散状況とレーザー強度を確認した。

(3) レーザ製品の安全性評価

(1)及び(2)の結果から、海上で船舶に対して本レーザー製品のレーザー光を照射した場合において、“IEC 60825-1”に基づき人体への許容露光基準を満たしているか推定した。

(4) 報告書の作成

1. 解析の背景

近年、半導体レーザー素子の高出力化に伴い、高出力の携帯型可視光レーザー製品（高出力レーザーポインタ）が安価に市販されるようになった。海上交通においても、これらのレーザー製品を夜間の発光信号替わりに使用するケースが散見されている。しかし、レーザー光は長距離に渡ってエネルギー密度が維持されるという特徴があり、他船に対してレーザー照射する行為が、他船の操船者、乗船者、本船乗組員等の身体の安全性を脅かしている可能性がある。このため、海上を模した環境でレーザー照射の状況を実測し、安全性を確認する。

2. 解析の目的

本研究は、平成30年10月3日、石川県金沢港沖で発生した船舶衝突事故等の調査に資するため、次の解析を行うことを目的とする。

- (1) 本事故において使用されたレーザー製品（以下、本レーザー製品と記す）の性能調査
- (2) 海上で他船に対して本レーザー製品のレーザー光を照射した場合における人体への危険性の推定
- (3) 現在確認されている高出力レーザーポインタのレーザー光を照射した場合における人体又は船舶への危険性の推定

3. 解析の方法

3.1 本レーザー製品の該当クラス特定方法

本レーザー製品は、図1左のような外観であり、本体に図1右のような製品説明ラベルが貼られている。記載内容をまとめたものが表1である。本レーザー製品には、図2のようなリチウムイオン二次電池18650型1本（作動電圧 約3.7V）が内蔵されていた。この説明ラベル、およびレーザー製品のクラス分けに関する国際規格「IEC 60825-1:2014」によれば、本レーザー製品は表2の諸元でなければならない。この点について、下記の3.1.1及び3.1.2の方法により、確認作業を行った。



図1 本レーザー製品（左：外観，右：説明ラベル）



図2 本レーザー製品内蔵のリチウムイオン二次乾電池（18650）

表1 本レーザー製品の説明ラベル記載内容

項目	説明ラベル表記	日本語訳
警告	LASER RADIATION AVOID DIRECT EYE EXPOSURE	レーザー光 目への直接照射を避けること
強度	MAX OUTPUT POWER < 1000 mW	最大出力 1000 mW 未満
波長	WAVELENGTH 532 nm ± 10	波長 532 ± 10 nm
製品分類	CLASS II LASER PRODUCT	クラス2 レーザ製品

表2 本レーザー製品が説明ラベル通りのレーザー製品クラス分け（クラス2）であるための必要条件
(IEC 60825-1:2014, 表5より)

項目	必要諸元
強度	1 mW 以下
波長	400~700 nm (可視光)

3.1.1 レーザ波長

本レーザー製品からの出力レーザー光が、説明ラベル通り可視光（波長 400~700 nm の範囲）であるのか確認するため、目視及び光学カメラで観測した。使用した分光器の外観を図3に、諸元を表3に示す。また、本レーザー製品のレーザー光をガラス板で散乱させた後、光ファイバを経て分光器に入光し、波長スペクトルの計測を行った。計測試験の様子を図4に示す。



図3 本試験で使用した分光器（Ocean Optics 社 Jaz）の外観

表3 本試験で使用した分光器（Ocean Optics 社 Jaz）の諸元

Ocean Optics Jaz + Optical Fiber	
タイプ	スリット + 2次元 CCD アレイ
計測波長範囲	200 nm ~ 1100 nm (紫外~近赤外)
波長分解能	2 nm 以下
光導入	シングルコア光ファイバ



図4 本レーザー製品からのレーザー光の波長スペクトル計測実験の様子
(レーザー光のガラス面反射光を光ファイバに導入し、分光器でスペクトル計測した。)

3.1.2 レーザ強度

本レーザー製品からの出力レーザー光が，説明ラベル通り 1 mW 以下の強度であるのか，パワーメータを用いて測定した．使用したパワーメータの外観を図5に，諸元を表4に示す．



図5 本試験で使用したパワーメータ（Ophir 社 12A-V1）の外観

表4 本試験で使用したパワーメータ（Ophir 社 12A-V1）の諸元

Ophir 12A-V1 + VEGA	
タイプ	サーモパイル
強度範囲	2 mW ~ 12 W
波長範囲	190 nm ~ 20 μm (紫外~遠赤外)
有効口径	Φ16 mm

3.2 長距離レーザー照射試験方法

本レーザー製品からの出力レーザー光が，海上で水平に照射された場合を想定し，どのように受光強度が低下するのか，距離毎にパワーメータを置いてレーザーパワーを実測した．

3.2.1 試験水槽と距離調整

海上でのレーザー照射を模擬するため，海技研の 400 m 水槽を用い，本レーザー装置及びパワーメータを水面上約 2 m の位置に設置して，水平にレーザー照射試験を行った．本レーザー装置を 400m 水槽の副台車上に設置し，パ

ワーメータを主台車上に設置して、主台車を400m水槽のレール上で南北に移動させることで、距離2m～330mの間の任意の水面上直線距離を実現した。主台車、副台車の様子を図6に示す。



図6 400m水槽でのレーザー照射距離調整（上：2m、中：20m、下：100m）

3.2.2 レーザ強度

本レーザー製品のビーム中心の受光強度を、図5のレーザーパワーメータを用いて有効口径内の面積に関して計測した。距離2m～120mの範囲において、水平照射されたレーザー光のビーム中心にパワーメータを設置し、その計測強度を1分間隔以下で10分間以上の計測を実施した。パワーメータの有効口径は16mmである。一般的に、レーザービームは中心の強度が最も高く、ビーム中心から横方向に離れるほど強度は低下する。レーザーがシングルモードの場合、そのビームパターンはガウス分布となり、レーザー径の端は中心の強度の $1/e^2$ (0.135倍)と

定義される³⁾。一方、安価なレーザー製品はマルチビームとなっていることが多く、ビーム径内の強度分布は、より平坦となる。本試験では、パワーメータをビーム中心に設置したことにより、本レーザー製品がシングル/マルチのどちらのモードであったとしても、設定した距離において最も危険性の高い位置でのレーザー受光強度計測を行ったことに相当する。距離 20 m でのパワーメータへのレーザー照射の様子を図 7 に示す。

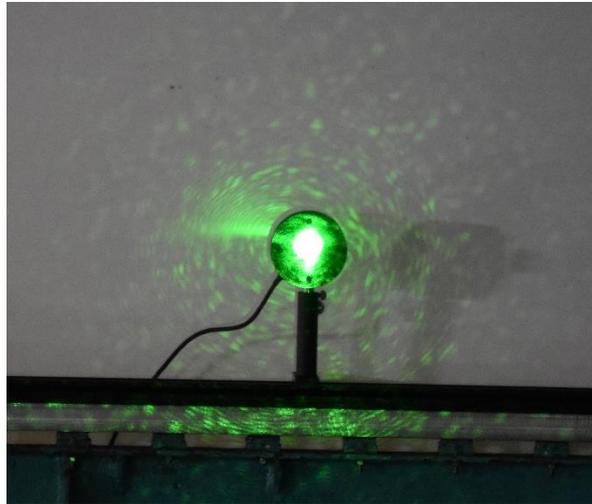


図 7 20m 先のパワーメータに本レーザー製品のレーザー光を照射した様子

4. 解析結果

4.1 本レーザー製品の該当クラス

本レーザー製品からのレーザー光出力の目視確認及び写真撮影では、図 8 のように、緑色であった。また、本レーザー製品の出力レーザー光を、図 4 に示すようにガラス板で散乱させ、光ファイバで分光器に導入して、波長スペクトルを取得した。計測結果は、図 9 と図 10 に示すように、ピーク波長 533.3 nm (緑色)、波長幅 1.6 nm (分光器の波長分解能程度) であった。これ以外に、波長 807.7 nm (近赤外線) にわずかな出力が認められたが、全体の受光強度に対して 4% 程度であったため、無視してもよいと考えられる。このため、説明ラベルに記載の波長 532 nm ± 10 と矛盾はなく、波長に関して、説明ラベルの「クラス 2」の条件は満たされている。

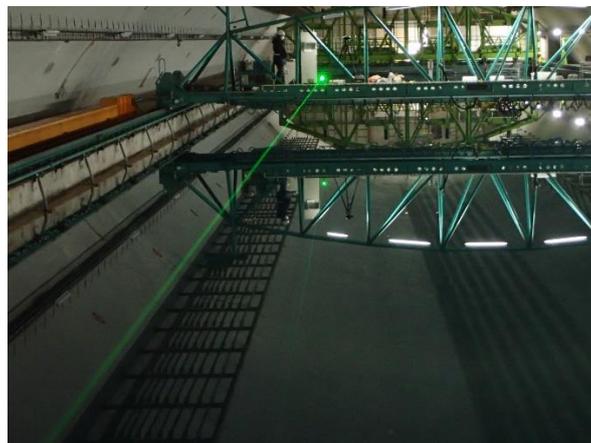


図 8 本レーザー製品からのレーザー光の波長（色）の目視及び写真確認

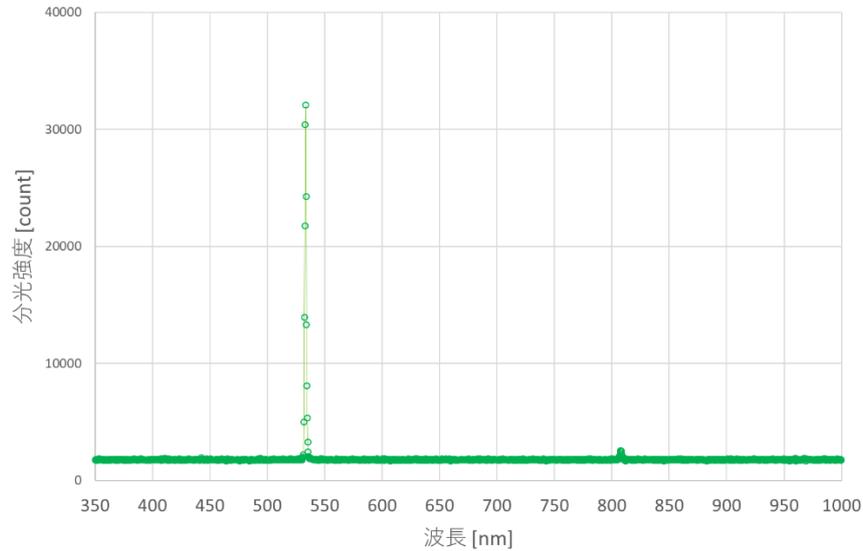


図9 本レーザー製品からのレーザー光の波長スペクトル計測結果

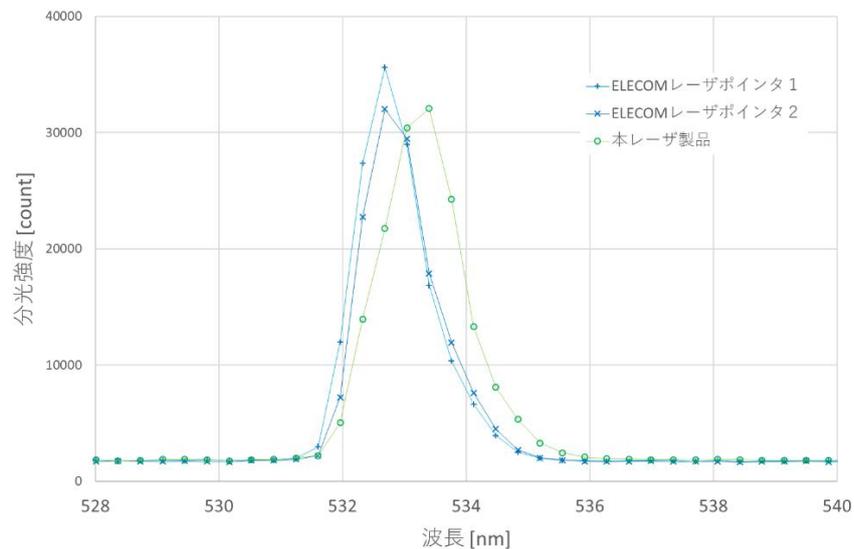


図10 本レーザー製品と、他社製グリーンレーザーポイントの波長スペクトル比較
(波長 532nm 周辺, 分光器分解能 \sim 2 nm)

本レーザー製品からのレーザー強度計測は、図6の上の写真のように、2 mの距離でパワーメータに全ビームを受光させ、その強度値を記録した。レーザー強度の連続記録については、1分間隔で最長45分間実施した。図11に示すように、照射開始直後からレーザー強度約10mWが記録されており、説明ラベルに記載のクラス2の条件である、レーザー強度1mW以下という条件が満たされていないことが確認できた。また、連続照射で5～6分後にレーザー強度が上昇し、50mW程度で安定することが確認できた。波長が可視光(400～700nm)で、強度が5mW以上500mW以下であるため、IEC 60825-1:2014の基準により、クラス分けは**クラス3B**が適当であると考えられる。

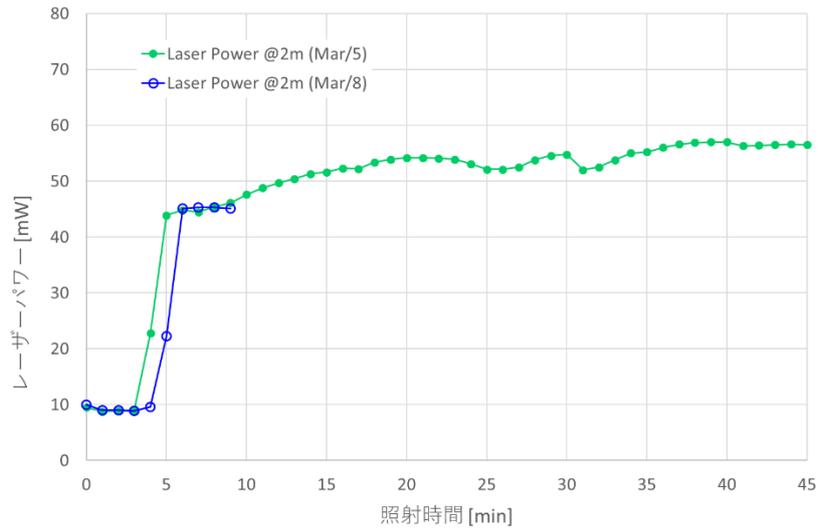


図 1.1 本レーザ製品からのレーザ強度の計測結果
(照射開始後 45 分間連続計測 (3/5), 照射開始後 10 分間連続計測 (3/8))

4.2 長距離レーザ照射試験

海上で他船に対して本レーザ製品のレーザ光を照射した場合における人体への危険性を推定するため、距離 2m ~ 120m の間の距離において、主に 20m 毎の距離間隔で、ビーム中心におけるレーザ受光強度の計測を行った。本レーザ製品の出力強度に関して、距離と計測強度値の関係を図 1.2 に示す。距離と共に計測強度が減少するのは、主にビーム径がパワーメータの有効口径 (16 mm φ) よりも広がることに起因する。距離 2 m では、本レーザ製品のレーザ光の全ビーム (約 2 mm φ) をパワーメータで捉えている。図 1.2 より、距離 20 m ではレーザ強度が約 6 割、距離 40 m では約 2 割となっていることがわかる。レーザ強度の減少分については、レーザビームがパワーメータの有効口径の外側に拡散したものと推定される。

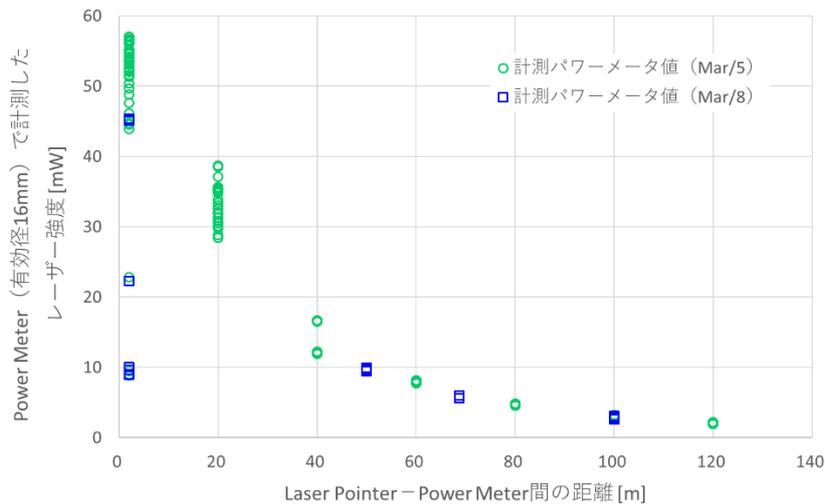


図 1.2 本レーザ製品の距離とレーザ強度のパワーメータ計測値 (有効径 16mm)

4.3 本レーザ製品の安全性評価

照射された本レーザ製品のレーザ光が、他船上の人にとって危険かどうかは、照射された人の目に有害かどうかで判断する。その判断基準は、IEC 60825-1:2014 に定められた最大許容露光量 (Maximum Permissible Exposure : MPE) である¹⁾。MPE は、国際非電離放射線防護委員会 (International Commission of Non-Ionizing

Radiation Protection: ICNIRP) によって公表された値であり¹⁾、人体に障害を与える可能性が 50%であるレーザーの放射レベルに対し、安全係数として 1/10 を掛け合わせた数値とされる²⁾。可視光（波長 400～700nm）のレーザー光の場合、被照射者が嫌悪反応を示すため、目への露光時間は 0.25 秒間程度を想定すれば良い。可視光 CW レーザーの MPE は 0.25 秒間で 6.364 J/m²である（IEC 60825-1:2014 附属書 A）¹⁾。このエネルギー密度基準値は 25.46 W/m²に相当し、前述の有効口径 16mm φのパワーメータに対しては、5.12mW に相当する。この基準値を書き込んだグラフを図 1 3 に示す。ここから、本レーザー製品のエネルギー密度が最大許容露光量（MPE）以下になる距離（公称眼障害距離，NOHD: Nominal Ocular Hazard Distance）は、約 77 m であることがわかる。

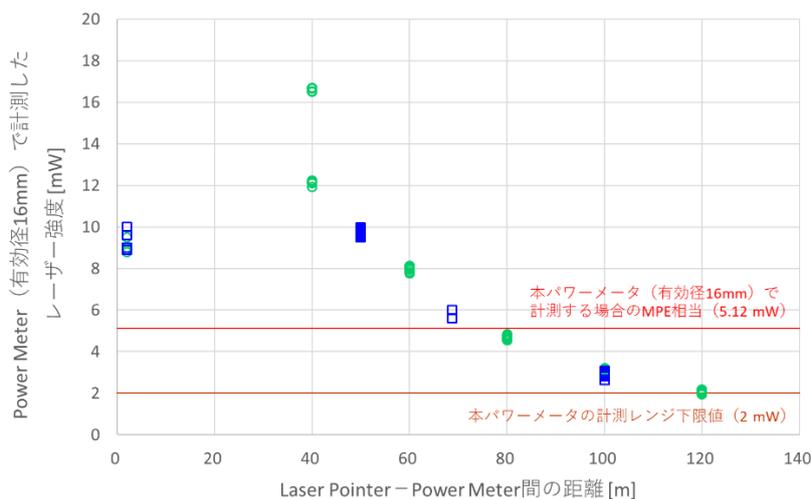


図 1 3 本レーザー製品の距離とレーザー強度のパワーメータ計測値（有効径 16mm）

より詳細には、レーザー計測強度にレーザー計測距離の 2 乗をかけた値が一定になる距離範囲について、幾何因子のみで説明できる範囲として、データ解析をより厳密に取扱うことができる。

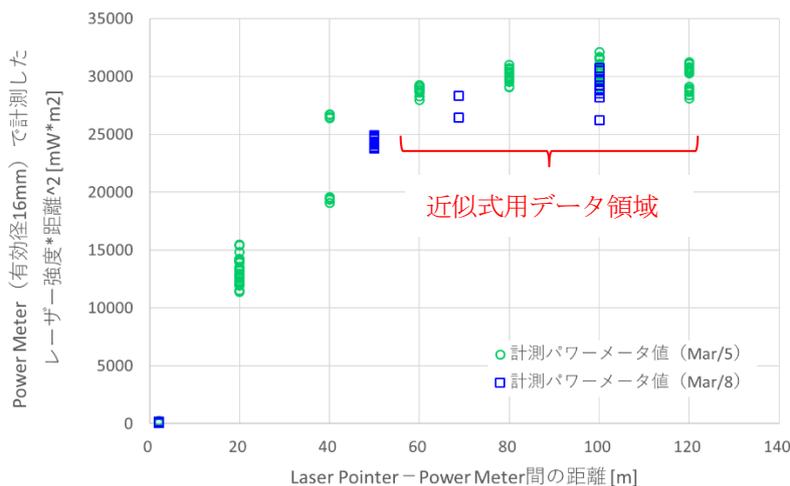


図 1 4 距離とレーザー強度計測値*距離²のプロット

図 1 4 から、距離 60～120m の範囲のレーザー強度計測データを利用し、距離の-2 乗に比例する形の近似式を作成して、MPE との交点（NOHD）を求めると、図 1 5 に示すように、距離 76.6 m となる。

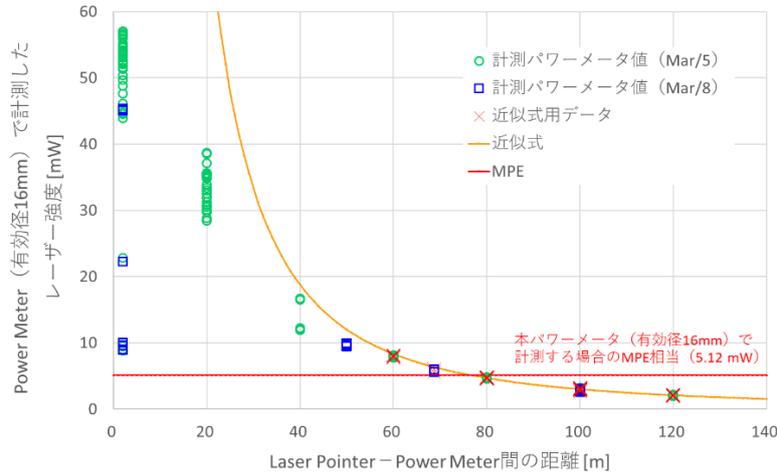


図 1 5 距離とレーザ強度計測値のプロット及び近似曲線

ただし、上記の NOHD 計算は裸眼を前提としている。レーザ製品の安全基準上、裸眼での集光径は 7mm φ の値が用いられる。レーザ照射された船舶の操船者が、双眼鏡でレーザ光源方向を確認していた場合、双眼鏡の集光径を 35mm φ と仮定すると、その集光面積は裸眼の 25 倍となる。この場合、MPE は裸眼の 1/25 としなければならない。レーザ光強度が距離の 2 乗に比例して減衰する最も単純な場合を仮定すると、NOHD は裸眼のときの 5 倍の距離で、383 m となる。

また、レーザ被照射者が双眼鏡を使用している場合や、他船の船橋内にいる場合は、レーザ光はガラスを通して照射されることになる。ガラス板を透過する際のレーザ光の透過率は、レーザ波長、ガラス板の素材、ガラス表面の汚れ、及びレーザ光の入射角によって変化する。緑色のレーザが一般的な素材のガラス板 (BK7 等) に垂直に入射した場合、その透過率は約 90% である⁴⁾。このため、安全性を検討する際には、ガラス透過によるレーザ強度の減衰は無視できるものと仮定することが妥当である。

一方、自船の船橋内で本レーザ製品を操作する者の安全性に関しては、本レーザ製品がクラス 3B に相当するため、周囲の安全確認、レーザ標識の掲示、及びレーザ操作者のレーザ保護メガネ着用が義務付けられる。

4.4 他レーザ製品の安全性の検討

本レーザ製品は出力が約 50 mW であったが、近年、高出力をうたったインターネット販売のレーザポインタは数多く存在する。仮にこれらのレーザポインタがカタログ通りの高出力を照射した場合について、その他の諸元は本レーザ製品と全く同じと仮定して、安全性の検討を進めた。検討する仮想の高出力レーザポインタの出力値について、

- 5 W
- 1 W

の 2 種類を仮定する。本レーザ製品の出力が約 50 mW であったので、それぞれ、約 100 倍、約 20 倍の強度を想定すればよい。図 1 5 のレーザ計測強度の近似曲線について、それぞれ 100 倍、20 倍した強度曲線を示したものを図 1 6 に示す。裸眼に対する MPE 相当値と、有効径 35mm の双眼鏡使用時における MPE 相当値も合わせて示す。この強度曲線と MPE 相当値から NOHD を求めた検討結果を表 5 に示す。出力が 5 W のレーザポインタを他船に対して照射する場合、他船の操船者が直径 35 mm の双眼鏡を使用していることを想定すると、安全性確保のために約 3.8 km の距離を確保する必要があることがわかる。

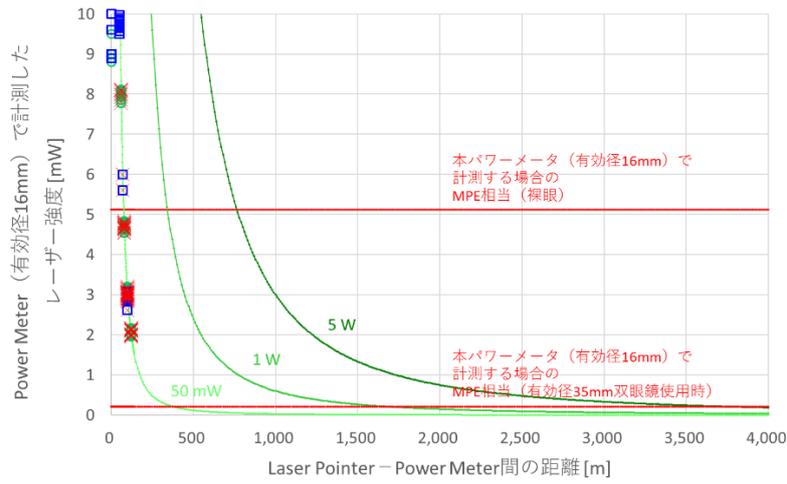


図 1 6 レーザ出力強度 50mW/1W/5W のレーザーポインタに関する計測強度推定曲線

表 5 本試験を元に推定したレーザーポインタの NOHD

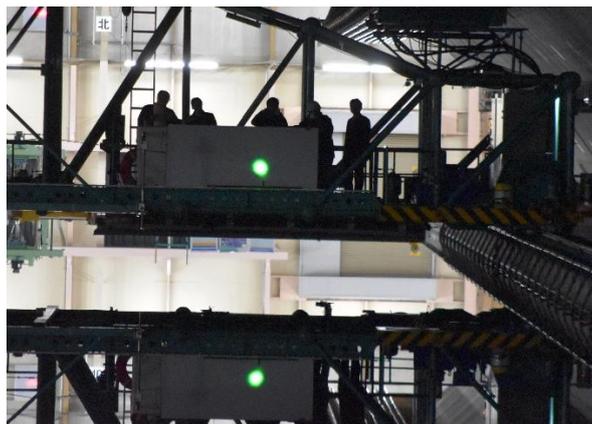
出力	本レーザー製品 (約 50 mW)	1 W	5 W
クラス	3B	4	4
NOHD (裸眼)	76.6 m	343 m	766 m
NOHD (双眼鏡)	383 m	1,710 m	3,830 m

参考試験

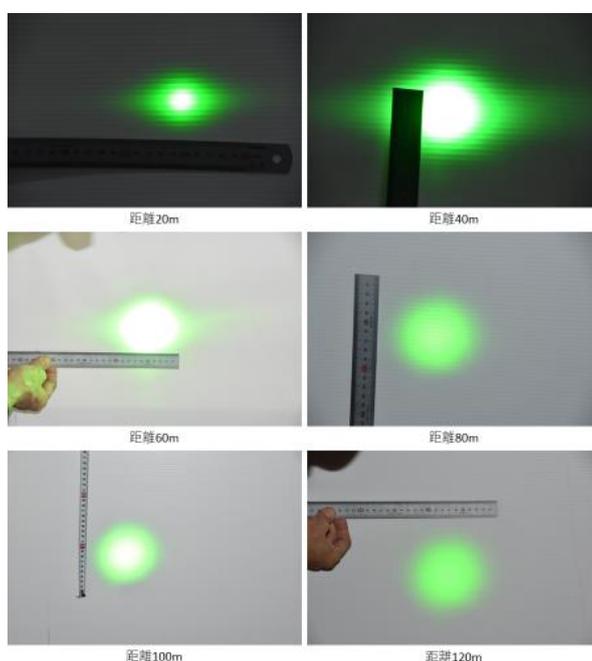
参考1 レーザ拡がり角の確認試験

本レーザ製品からの出力レーザ光が、海上で水平に照射された場合を想定し、どのように拡散しながら減衰するのか、距離毎に拡散板に移ったレーザ径を実測し、レーザパターンを写真撮影した。

本レーザ製品の拡がり角を計測した。距離 20m ~ 200 m の範囲において、水平照射されたレーザ光を散乱板で止め、その裏面でビーム直径をメジャー及び写真で計測した。レーザ照射の様子を参考図 1 に示す。また、散乱板でのビームの様子を参考図 2 に示す。

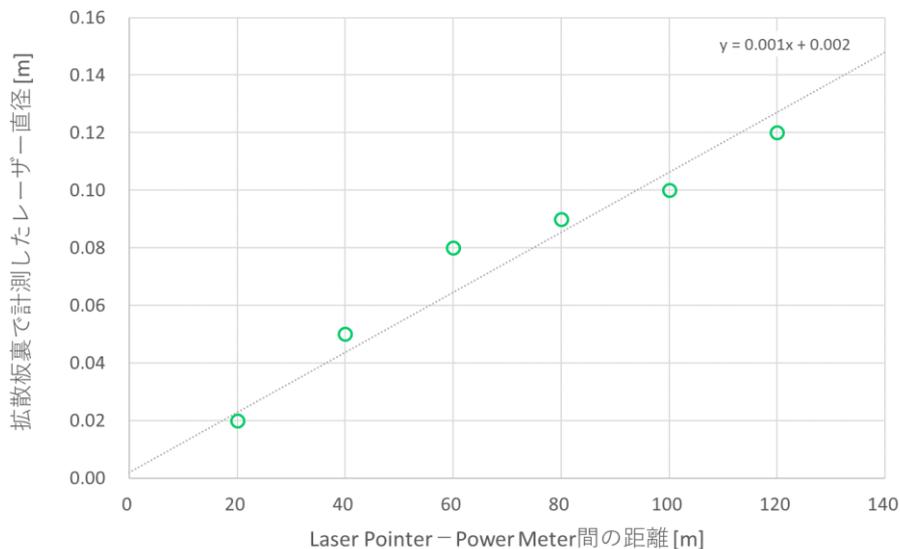


参考図 1 200m 先の拡散板に本レーザ製品のレーザ光を照射した様子



参考図 2 距離 20m から 120m の範囲で拡散板に照射されたレーザ光のビーム幅

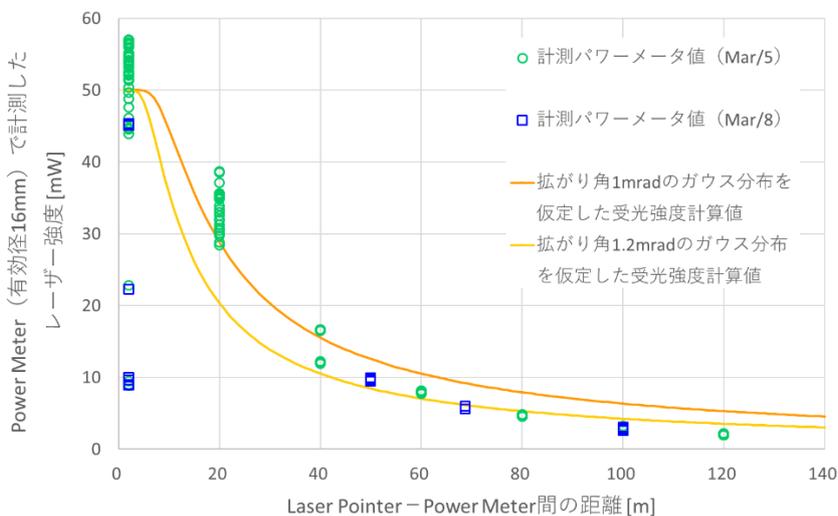
距離 2m ~ 120m の間の距離において、主に 20m 毎の距離間隔で、距離別にビーム径を計測したものを参考図 3 に示す。この計測データ及び直線近似により、射出直後のビーム径は約 2 mm、レーザ拡がり角は約 1 mrad と推定される。



参考図3 本レーザー製品の距離とビーム径の計測値

参考2 レーザ受光強度の確認試験

距離 2m ~ 120m の間の距離において、主に 20m 毎の距離間隔で、ビーム中心におけるレーザー受光強度の計測を行った。本レーザー製品の出力強度に関して、距離と計測強度値の関係を参考図4に示す。距離と共に計測強度が減少するのは、主にビーム径がパワーメータの有効口径 (16 mm φ) よりも拡がることに起因する。また参考に、レーザー射出口でのレーザー強度を 50mW と仮定し、レーザー強度分布をガウス分布と仮定し、レーザー拡がり角について 1.0 mrad 及び 1.2 mrad の2種類を仮定した場合の受光強度予測ラインも合わせて示す。



参考図4 本レーザー製品の距離とレーザー強度のパワーメータ計測値 (有効径 16mm) 及びレーザーパターンをガウス分布と仮定した場合の計算値

参考文献

- 1) IEC 60825-1:2014 (JIS C 6802: 2014) 「レーザー製品の安全基準」
<http://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISNumberNameSearchList?toGnrJISStandardDetailList>
<https://webdesk.jisa.or.jp/books/W11M0070/index>
- 2) 老門泰三, 「レーザーの安全基準」, Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan Vol.65 No.6 (1981) 273-275.
- 3) 大竹祐吉, 「市販レーザー装置活用のためのレーザーの使い方と留意点」 増補改訂版, オプトロニクス社 (1998) pp.54.
- 4) シグマ光機株式会社, OPB-100C10-10-5 透過率波長特性 (参考データ)
<https://www.global-optosigma.com/jp/Catalogs/gno/?from=page&pname=OPB-C&cocode=W3135&dcode=W3135-4&gname=OPB-100C10-10-5>