関門海峡における衝突海難と気象との関係

神 鳥 昭*

The Collision in the Kanmon Strait —its relation to the meteorological conditions

A. Kandori

Abstract

The recent abrupt increase in the sea accidents was due to the increasing marine traffic congestion for the purpose of supporting our rapidly developed economic activities. It is of urgent necessity to establish a countermove for the accidents, especially for the collision.

The causality of the accidents is complicated and differs case by case. Respective cases of accidents were examined in detail with much effort and time. But there lacks a consideration in broad aspects. And this report dealt, statistically, with the influence of the meteorological conditions on the frequencies of the collisions occurred in the Kanmon Strait during the period from 1962 to 1969. And the results obtained were summarized as follows:

1. The collision inclined to occur under the wind from SE or from NW, and that of weaker than 1.6 m/s (especially, for the ships smaller than 3,000 G.T. in the eastern half) or stronger than 10.8 m/s (especially, in winter and spring, in the central area, for the ships smaller than 1,000 G.T.)
2. More than 70% of the collisions occurred under the good visibility (better than 4 km). When the different time length according to the visibility was taken into account, the poorer visibility than 4 km inclined to induce the collisions (especially, in winter and spring, in the Hayatomo Seto, the western and the eastern areas, for the ships of the 100 to 1,000 G.T. class).
3. The number of collisions per unit time under the poor visibility (poorer than 2 km) was about 8 times as large as that under the good visibility (better than 2 km).
4. The ships of the 100 to 1,000 G.T. class were concerned with about 80 % of the collisions under the poor visibility; and about 55 % of the collision under the poor visibility were those by the pair of the ships of this class.
5. The collision rate per ship passed (P_{PV}) under the poor visibility increased in accordance with the size of ship (x in gross tons) keeping the following relation:

$$P_{PV} = 0.10 x^{0.79} \times 10^{-4}$$
6. The size of the ship had a clear relation to the influence of the visibility. Namely, the value of P_{PV} was $2.17 x^{0.20}$ times as high as that under the good visibility.

* 水産大学校 (下関市吉見永田本町1944)

1. はじめに

関門海峡における海上交通は、近年臨海工業用地の造成およびバースの増設と、通峡船舶の船型・運動性能の多様化に伴い、ますます複雑化する傾向にある。このような海上交通の趨勢は、交通事故的海難の危険性を一層高め、特に衝突海難は逐年増加の傾向をたどっている〔1〕。

一般に海難は、多くの要因が複合して作用した結果発生するものであるから、単一要素と海難との関係を明確にすることは容易でない。しかし、効果的な海難防止対策をたてるためには、事故の発生原因と考えられる個々の因子と、海難発生との関係を逐一解明していくことが必要であろう。

本報告では、関門海峡における衝突海難と気象との関係について統計的解析を試み、各気象要素の衝突海難へ及ぼす影響について考察した。

2. 対象区域・資料および分析の方法

対象とした関門海峡の区域を図1に示した。ただし下関漁港は除いた。衝突海難と気象との関係分析には、1962年から'69年までの8年間に関門海峡で発生した161件の衝突事故（不要救助海難を含む）の海難調査票と、1962年、'66年、'69年の下関地方気象台*の気象観測原簿から、毎

Fig. 1. The chart of the Kanmon Strait and its divisions used in the present report.

Note: The collisions occurred in the area enclosed by the chain lines and the shore line were chosen as the subject of the present work. The definitions of the divisions used are as follows: The eastern area is east of the line A, the Hayatomo Seto area being between the lines A and B, the central area being between the lines B and C, the Ō Seto area being between the lines C and D, and the western area being west of the line D. The line A is between the Chaus Yama peak and the west end of the Tanoura quay the line B between the Simonoseki leading light (rear light) and the breakwater light of the Moji No. 2 camber, the line C between the Desimatu Hana and the breakwater light to the Moji No. 4 camber, and the line D between the Ōyama-no-Hana light and the breakwater light of the Sunatu.

* 下関地方気象台は関門海峡のほぼ中央部（33°—57'N, 130°—56'E）に位し、対象水域はすべてここから6浬の圏内にある。したがって、下関地方気象台の観測資料で関門海峡の気象を代表させて差支えないと考えた。

日3時間おきの観測記録(資料数:8760)を用いた。ただし、狭視界に関しては、1962年から'69年までの8年間の資料を使用した。分析の方法は主として、気象要素・条件ごとの気象出現率と、その気象条件下の衝突発生率を比較した。そして「各気象条件下において発生した衝突海難の比率は、その気象条件の出現率と同じである」との帰無仮説をたて、実際に発生した衝突海難がこれより多い(または少ない)とみなせるかを検定し、衝突の危険度を判定した〔2〕〔3〕。

3. 結果とその考察

3.1 衝突海難と風との関係

一般に航行中の船舶が風をうけるときは、船の操縦性が変わってくるが、広い海域においては風が衝突事故の原因となることはほとんどないであろう。しかし、関門海峡では可航水域が制限され、多くの大小船舶が交錯・接近して航行する交通環境にあるため、風の影響が衝突事故の因子となる可能性について検討した。

3.1.1 風向別衝突発生率と風の出現率

風向観測資料を9クラスに分け、各クラスにおける風の出現率と衝突発生率との関係を図2お

Fig. 2. The directional distributions of the collisions (solid) and the winds (hatched).

よび表1に示す。衝突事故はNW方向の風のとときに最も多く、W・EおよびNE方向の風のとときにも多発している。しかし、これらの風向では風の出現率もかなり高い。したがって、W~NNWの西寄りの風とNE~ESEの東寄りの風の場合に、衝突事故が発生しやすい(衝突危険度が高い)と即断することはできない。衝突の危険度を判定するため、クラス別の気象および衝突事故の発生率について比較検討してみると、衝突発生率が風の出現率を上回ると判定される風向クラスは、SEおよびNW方向とcalmの場合である。したがって、これらの気

Table 1. The significance test on the differences among the relative frequencies of the collisions occurred under the wind from respective directions.

Wind Direction		N NNE	NE ENE	E ESE	SE SSE	S SSW	SW WSW	W WNW	NW NNW	Calm	Total
Frequency occurred	Wind	490	2117	1960	153	187	608	1762	1383	100	8760
	Collision	14	17	26	16	2	11	24	39	12	161
F_0		1.60	2.55**	1.44*	6.17**	116	0.93	1.38	1.69**	6.93**	
n_1		296	36	54	292	6	24	50	246	300	
n_2		28	288	270	32	318	300	274	78	24	

Note: F_0 is the Snedecor's F value under the null hypothesis that the frequencies of the collisions occurred under the wind from respective directions were in proportion to those of the wind, with n_1 and n_2 degrees of freedom.

* significant at 0.05 level ** significant at 0.01 level

象条件下では衝突危険度が高いと考えられる。SE および NW 方向の風の場合に発生した衝突事故について海難調査票を吟味してみると、その71%の事故が早瀬瀬戸から大瀬戸までの水域で発生している。そしてこれらの水域は関門海峡で最も船舶密度の高いところであり、さらにこの水域を航行する船舶にとっては、SE および NW 方向の風は横風である。したがって、これらの風向が衝突の直接的因子となるのではないかと推測し、この条件下で発生した個々の衝突海難について検討した結果、風向と衝突海難との間には明確な因果関係を見出すことはできなかった。そして NW 方向の風は冬季の季節風が主たるものであり、比較的風力も強く、かつ寒冷であるため、見張りの物理的条件を悪化させ、また操船者の人間的機能をも低下させるなどの潜在的因子が衝突海難の誘因になるものと推察される。このことは冬季に衝突海難が多発する傾向〔4〕とも符合するように思われる。SE 方向の風は関門地方に西から低気圧が接近する場合に多く、この場合の気象現象として、次第に雲が多くなり、温度・湿度が上昇して雨を伴うこともあり、一般的には天候は悪化する傾向がある。また、このような気象現象の変化は、操船者の肉体的・精神的機能の低下をもたらすのではないかと推察したが、気象環境と人間の心身の機能との関連については、さらに人間工学的な検討が必要であろう。無風時には視界不良の現象を伴いやすいので、これが衝突の危険度を高める原因になるものと考察される。

Fig. 3. The seasonal, areal, and size difference of the frequency of the collisions (solid) occurred under respective classes of wind force.

Note: 1) The seasonal change of the wind force composition (hatched) is added, for reference' sake. For f) to o), the composition observed throughout the season examined is added, for the purpose of comparing with that of the collisions occurred under respective conditions.

2) Class of wind force (in the wind velocity)
 1: Under 1.6m/s, 2: 1.6—5.5m/s, 3: 5.5—10.8m/s,
 4: 10.8—17.2m/s, 5: Over 17.2m/s

Table 2. The result of the significance test on the differences among the relative frequencies of the collisions occurred under respective wind force classes, by seasons, areas, and ship sizes.

Class of Wind Force		1			2			3			4			5		
		F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂
Total		4.53**	210	114	1.50**	150	174	3.29**	38	286	2.41*	306	18	18.35**	318	6
Season	Spring	6.32**	52	36	1.78*	34	54	5.04**	8	80	1.97	82	6	32.24**	82	6
	Summer	2.13	46	14	1.28	22	38	3.40**	6	54	1.30	58	2	0.03	2	58
	Autumn	9.80**	30	42	2.82**	26	46	5.57**	4	68	2.20	70	2	0.02	2	70
	Winter	2.91**	88	22	1.12	56	54	1.83*	26	84	3.69*	102	8	0.03	2	108
Area	Eastern Area	8.98**	26	28	2.20*	20	34	3.50**	6	48	1.57	52	2	0.03	2	52
	Hayatomo Seto	11.67**	30	42	2.03*	28	44	15.30**	2	70	1.17	70	2	0.04	2	70
	Central Area	3.10**	70	26	1.53	44	52	3.06**	12	84	4.76**	86	10	64.80**	90	6
	Ō Seto Area	2.22	30	8	1.68	12	26	3.72*	4	34	0.44	2	36	0.02	2	36
	Western Area	1.35	62	10	1.16	38	34	1.00	22	50	2.41	68	4	0.04	2	70
Ship Size	Under 100G. T.	6.84**	100	82	1.65**	80	102	6.19**	12	170	1.39	176	6	21.85**	178	4
	100—1,000G. T.	5.45**	150	98	1.73**	106	142	3.18**	30	218	2.82**	232	16	0.13	2	246
	1,000—3,000G. T.	3.65**	32	14	0.99	26	20	2.08	8	38	0.54	2	44	0.02	2	44
	3,000—10,000G. T.	1.90	88	20	1.20	56	52	1.71*	22	86	4.17**	98	10	18.35	106	2
	Over 10,000G. T.	2.08	24	6	0.88	14	6	1.20	8	22	0.34	2	28	0.01	2	28

Note: F₀ is the Snedecor's F value under the null hypothesis that the frequencies of the collisions occurred under respective wind forces were in proportion to those of the wind, with n₁ and n₂ degrees of freedom.

* significant at 0.05 level ** significant at 0.01 level

3.1.2 風力別衝突発生率と風の出現率

風力を5クラスに分け、各クラスの衝突発生率と風の出現率との関係を図3および表2に示す。総括的にみると、衝突発生率は風力クラス1および2の場合に高く、風力クラス3以上では低い。したがって、衝突事故の大部分(81%)は風速 5.5m/s 未満の風の弱いときに発生しているといえる。一方衝突の危険度は、風力クラス1・4および5の場合に高く、風力クラス2および3の場合は低いと判定される。風力クラス1の条件下で発生した57件の衝突事故について吟味してみると、その23%は視程が 2km 未満に制限された環境下に発生したものである。弱風時は航行の条件としては最適であり、風の弱いことが直接衝突の原因となることは考えられない。この場合衝突の誘因となるものは、むしろ風の弱いときに発生しがちな視界不良の現象であると考えられる。また、風力クラス4以上の場合に発生した12件の衝突事故について検討すると「気象・海象不注意」特に強風に圧流されたことが、衝突の直接原因となつた事故が67%ある。したがって、強風は航行船の操縦性能を低下させ、関門海峡のような船舶密度の高い交通環境においては、衝突の主因になることがあると判断される。

1) 季節別

春季(3・4・5月)、夏季(6・7・8月)、秋季(9・10・11月)および冬季(12・1・2月)のいずれの季節においても、風力クラス2以下の条件下で発生した衝突事故が非常に多い

(70~94%)。衝突の危険度は、夏季以外の季節では風力クラス1の場合に高いと判定される。春季における風力クラス2以下の場合に発生した衝突海難は18件であるが、そのうち10件の事故は、視程が2km未満に制限された状況下で発生している。また春季および冬季では、風力クラス5または4の強風時に衝突事故がおこりやすいと判断される。これは冬から春にかけてW~N方向の寒気を含んだ風が強く、かつ風の息が大きいため衝突回避の操船が一層困難になるためであろうと推察される。

2) 水域別

各水域とも風力クラス2以下の場合に衝突事故が多発している。衝突の危険度は、中部以東の水域では風力クラス1の場合に高いと判定され、この条件下で発生した衝突海難48件のうち、25%が視程2km未満の視界不良時の事故である。また中部水域では、風力クラス4以上の強風時にも衝突の危険度が高いと判断される。この条件下で発生した衝突事故のうち、「強風」および気象・海象不注意が直接原因となつた事故が50%を占め、その大部分がバース付近の衝突海難である。門司および下関港内には停泊船も多く、港内のみを航行する雑種船も入り乱れて航行しているので、船舶密度が非常に高く、強風による圧流や操縦性能の低下が、直接衝突事故につながる可能性は大きいと推察される。

3) 船型別

各船型とも風力クラス2以下の比較的風の弱いときに衝突事故が多発している。3,000G.T.未満の各クラスでは、風力クラス1の場合に衝突危険度が高いと判定され、この条件下で発生した衝突海難の23%が、視程2km未満の気象状況のもとでおこっている。さらに、100G.T.未満のクラスでは風力クラス5、100~1,000G.T.クラスでは風力クラス4の場合に衝突危険度が高いと判定される。そして、この条件下で発生した事故の46%が「強風」と「突風」に起因するものであり、事故の発生地点は、門司港内・六連島泊地および早鞆瀬戸の各水域内で、いずれも船舶の過密水域である。また3,000~10,000G.T.クラスでは、風力クラス4の場合に衝突危険度が高いと判定され、この場合の事故は、中部水域(69%)と西部水域(33%)で発生している。

3.2 衝突海難と天気および視程との関係

天気と視程とは密接な関係があり[5]、気象的に視界が狭くなると、衝突の危険性が高くなることは経験的にもよく知られているが、次に主として衝突の危険度と視程との関係について定量的な解析を試みた。

3.2.1 衝突海難発生時の天気および視程

Table 3. The frequencies of the collisions occurred under respective conditions of weather and visibility.

Class of Visibility \ Weather	Blue Sky	Cloudy	Rain & Snow	Fog	Total
1	0	0	1	5	6
2	1	1	0	2	4
3	0	5	8	0	13
4	12	8	2	0	22
5	60	48	8	0	116
Total	73	62	19	7	161

Note : Class of visibility (in the visible distance) 1 : Under 0.2km, 2 : 0.2—1.0km
3 : 1.0—2.0km, 4 : 2.0—4.0km, 5 : Over 4.0km

関門海峡で発生した衝突海難を事故発生当時の天気および視程別に分類すると表3のとおりである。晴および曇のときに発生した衝突海難は、全衝突海難の84%を占めている。また、視程クラス5の比較的視程のよいときに72%の衝突事故が発生しており、視界の狭いときに発生した事故はきわめて少ない。しかし、このことから、視界の制限された状況下では衝突の危険性が低いと判断することはできないので、気象の出現率と衝突発生率から、各視程条件下における衝突の危険度を検討した。

3.2.2 視程別衝突発生率と視程出現率 (図4・表4)

総括的にみると、視程クラス4以下の視界の制限された気象条件のもとで発生した衝突海難は28%にすぎない。しかし、衝突の危険度は視程クラス4以下では高く、視程クラス5の場合は低いと判定される。特に視程クラス1の濃霧の場合は、衝突発生率が濃霧発生率の約19倍であるから、この場合の衝突危険度は非常に高いと推測される。

Fig. 4. The seasonal, areal, and size difference of the frequency of the collisions (solid) occurred under respective classes of visibility. Note: The seasonal change of the visibility composition (hatched) is added, for reference' sake. For f) to o), the composition observed throughout the season examined is added, for the purpose of comparing with that of the collisions occurred under respective conditions.

1) 季節別

それぞれの季節の中で視程クラス4以下の場合に発生した衝突海難の占める比率は、春季37.2%, 夏季20.7%, 秋季5.7%, 冬季38.9%と低率である。一方、衝突の危険度は、春季の視程クラス1~3, 夏季の視程クラス4, 冬季の視程クラス3および4の場合に高いと判定される。特に春季における視程クラス3以下の場合の衝突発生率は、その視程現象の出現率の約8倍であり、

Table 4. The result of the significance test on the differences among the relative frequencies of the collisions occurred under respective visibility classes, by seasons, areas, and ship sizes.

Class of Visibility		1			2			3			4			5		
		F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂
Total		21.02**	312	12	3.49*	316	8	5.53**	298	26	3.49**	280	44	5.31**	234	90
Season	Spring	23.46**	78	10	6.80**	80	8	5.53**	78	10	0.71	6	82	5.64**	56	32
	Summer	—	—	—	0.08	2	58	1.82	58	2	3.78*	50	10	3.24*	48	12
	Autumn	—	—	—	—	—	—	4.77	70	2	1.24	70	2	2.01	68	4
	Winter	9.98	108	2	0.63	2	108	8.14**	98	12	6.49**	82	28	7.28**	68	42
Area	Eastern Area	21.02*	52	2	5.31	52	2	5.07	50	4	3.87*	46	8	5.81**	38	16
	Hayatomo Seto	49.68**	66	6	8.12*	68	4	5.76*	66	6	2.78	68	4	6.90**	48	24
	Central Area	11.63	94	2	2.94	94	2	5.76**	88	8	2.02	88	8	3.63**	76	20
	Ō Seto Area	30.36*	36	2	0.13	2	36	0.28	2	36	4.17*	32	6	3.68*	30	8
	Western Area	0.06	2	70	0.25	2	70	7.93**	64	8	5.37**	58	14	6.07**	50	22
Ship Size	Under 100G. T.	6.07	180	2	4.71*	176	6	3.69*	172	10	3.38**	158	24	4.14**	140	42
	100—1,000G. T.	32.70**	234	14	5.80**	238	10	6.17**	226	22	4.28**	208	40	7.32**	162	86
	1,000—3,000G. T.	24.84*	44	2	0.16	2	44	6.04*	42	4	3.34	40	6	4.87*	34	12
	3,000—10,000G. T.	32.15**	102	6	0.38	2	106	2.44	104	4	3.31**	94	14	3.94**	84	24
	Over 10,000G. T.	0.03	2	28	0.10	2	28	9.76*	26	4	1.59	28	2	3.45	24	6

Note: F₀ is the Snedecor's F value under the null hypothesis that the frequencies of the collisions occurred under respective visibility classes were in proportion to those of the visibility with n₁ and n₂ degrees of freedom.

* significant at 0.05 level. ** significant at 0.01 level

衝突の危険性はかなり高いと推察される。

2) 水 域 別

衝突の危険度は、東部水域における視程クラス1および4、早瀬瀬戸水域では視程クラス1～3、中部水域では視程クラス3、大瀬戸水域では視程クラス1および4、西部水域においては視程クラス3および4の視程条件の場合に高いと判定される。特に視程クラス1の濃霧の場合、衝突発生率と濃霧発生率の比が早瀬瀬戸水域では43:1、大瀬戸水域においては28:1、東部水域では19:1であるから、これらの水域における濃霧中の衝突危険性は著しく高いと考えられる。これは早瀬瀬戸および大瀬戸水域では航路が大きく屈曲しており、可航水域幅も狭く、かつ潮流が速いという航路の悪条件が素因であることは勿論であるが、加えて濃霧中における交通情報の不足と、低速航行に起因する操縦性の低下が緊急の衝突回避を著しく困難にし、衝突の危険度を一層高めているものと思われる。東部水域は他の水域にくらべると、かなり広い可航水面があるものの、中ノ州、飛ヶ州、釜床ノ瀬などの浅州が散在し、部崎および田野浦沖には停泊船も多い。さらに大部分の通航船舶が中央水道および瀬ノ辻南方水道に集中する傾向があり、濃霧中においては周囲の交通状況を確実に把握できないまま、無秩序に航行するところに衝突事故の発生しやすい背景があるものと推察される。

3) 船 型 別

衝突の発生率は各船型とも視程クラス5の場合65~80%を示しており、比較の見通しのきく状況下での衝突事故がきわめて多い。しかし、衝突の危険度は概して、視程クラス5の場合低く、視程クラス4以下の場合に高いと判断される。視程クラス1の濃霧のときの衝突発生率と濃霧発生率との比は、100~1,000G.T. クラスの場合29:1, 1,000~3,000G.T. クラスの場合23:1, 3,000~10,000G.T. クラスの場合29:1であるから、これらの船型では濃霧中の衝突危険性が非常に高いと考えられる。一方、10,000G.T. 以上のクラスでは濃霧中における衝突事故は皆無である。また100G.T. 未満のクラスでは、濃霧中の衝突発生率と濃霧発生率との間には有意の差は認められない。このことは濃霧となった場合、100G.T. 未満の船はほとんどレーダが装備されていないため、全くの盲目状態となり、また、10,000G.T. 以上の船では操縦性の面から緊急の衝突回避が非常に困難であるなどのため、停泊して霧のはれるのを待つなど慎重な措置をとる船が他のクラスの船よりも多いためと思われる。

3.2.3 狭視界時における衝突海難

視程クラス4以下になれば概して衝突の危険度が高くなることがわかったが、さらに視界が2km 未満に制限された状態を狭視界として、狭視界と衝突海難との関係について定量的な考察を加えた。

1) 狭視界時の衝突危険度

Fig. 5. Frequency of the collisions and visibilities.

Note: solid...collision, hatched...visibility.

1962年から'69年までの8年間における、毎日3時間おきの気象観測(資料数:23,376)で、視程が2km 未満と観測されたのは475回である。したがって、関門海峡における狭視界の出現率は約2%である。一方、この8年間に発生した衝突海難は161件で、そのうち狭視界時の衝突事故は23件である。これらの相互関係を比率で示すと図5のとおりである。

狭視界時および狭視界時以外について、それぞれの衝突発生率と視程現象の出現率を比較し、両比率間の差について F 分布で有意性を検定すると、 $F_0=7,978(n_1=278, n_2=46)$ できわめて高い水準で差が認められる。また、単位時間当りの衝突発生件数は、狭視界時には0.39件/日、一方狭視界以外の場合には0.05件/日である。したがって、単位時間当りの衝突発生件数は、狭視界時には狭視界時以外の約8倍であるから、狭視界時の関門海峡の通航はかなり高い衝突の危険性をはらんでいるといえる。

2) 狭視界時に発生した衝突海難の水域別・船型別分布(表5)

狭視界時に発生した23件の衝突海難の水域別発生比率は、早瀬瀬戸水域で35.0%、中部水域で26.1%、東部および西部水域でそれぞれ17.4%、大瀬戸水域で4.3%である。また、狭視界時衝突事故船の船型別隻数比率は、100~1,000G.T. 型船が54.8%で最も高く、次いで100G.T. 未満型船が21.4%を占めている。したがって関門海峡における狭視界時の衝突事故は、その大部分が1,000G.T. 未満の小型船であるといえる。このように狭視界時には水域別では早瀬瀬戸、船型別では100~1,000G.T. クラスの衝突発生率が非常に高いが、狭視界時以外のそれぞれの衝突発生率は早瀬瀬戸で20%、100~1,000G.T. クラスが39%である。したがって、狭視界現象下における早瀬瀬戸および100~1,000G.T. クラスの船の衝突危険性は視界のよいときにくらべ異常に高

Table 5. The size and areal distribution of the ships collided under the poor visibility ($<2\text{km}$).

Area \ Ship Size	Under 100G. T.	100—1,000G. T.	1,000—3,000G. T.	3,000—10,000G. T.	Over 10,000G. T.	Total
Eastern Area	1	6	0	0	1	8
Hayatomo Seto	2	11	0	3	0	16
Central Area	5	2	0	1	0	8
Ō Seto	0	1	1	0	0	2
Western Area	1	3	2	1	1	8
Total	9	23	3	5	2	42

くなると推察される。狭視界時に 100~1,000G.T. クラスの船の衝突発生率が異常に高くなるのは、このクラスの船の大部分が小型鋼船であり、小型鋼船乗組員の外界の情勢に対応した行船上の安全措置が不十分であることに起因するものと考えられる。

3) 狭視界時衝突事故船相互の船型別組合わせ (表 6)

狭視界時の衝突事故で最も多い船型の組合わせは、100~1,000G.T. 型船同志の衝突で 32% を占めている。次いで 100~1,000G.T. 型船を一方とし、100G.T. 未満型船、1,000~3,000G.T. 型船または 3,000~10,000G.T. 型船を相手船とする衝突事故が、それぞれ 16% である。したがって、関門海峡における狭視界時衝突事故の 80% に 100~1,000G.T. 型船が関与していることになる。

Table 6. Number of combinations by size of the ship collided with each other under the poor visibility ($<2\text{km}$).

Ship Size	Under 100G. T.	100—1,000G. T.	1,000—3,000G. T.	3,000—10,000G. T.	Over 10,000G. T.	Total
Under 100G. T.	1	—	—	—	—	—
100—1,000G. T.	3	6	—	—	—	—
1,000—3,000G. T.	0	3	0	—	—	—
3,000—10,000G. T.	1	3	0	0	—	—
Over 10,000G. T.	0	1	0	1	0	—
Obscurity	3	1	0	0	0	—
Total	8	14	0	1	0	23

4) 狭視界時の船型別通航船 1 隻当りの衝突事故率についての考察

狭視界時には 100~1,000G.T. クラスの船が関係した衝突事故が非常に多いが、このクラスの船舶は通航隻数そのものが比較的多いので、1 隻当りの衝突事故率についてはさらに検討する必要がある。

関門海峡における通常時（主として視界良好時）の船型別通航隻数は、これまでの調査〔6〕〔7〕〔8〕〔9〕によつてほぼ把握されている。一方、狭視界時の通航隻数は、門司中央信号所の観測によれば通常時の 20~30% 減と推定される。しかしレーダを使用した狭視界時通航隻数の計画的調査は、これまで行なわれていないので実態の把握は完全でない。それで視程ごとの通航隻数について、詳細な調査結果がでている明石海峡の場合〔10〕を参考にして、狭視界時の関門

海峡通航船減少率を30%*とし、一方関門海峡における狭視界現象の出現率を2%として、船型(総トン数)と通航船1隻当りの衝突事故率との関係を考察すると、図6のとおりである。総トン数(x)と通航船1隻当りの衝突事故率(P_{PV})との関係は、次の回帰式で表わすことができる。

$$P_{PV} = 0.10x^{0.79} \times 10^{-4} \dots\dots\dots(1)$$

Fig. 6. The relation between the gross tonnage and collision rate per ship passed through the Kanmon Strait in the poor visibility (<2km).

式(1)から、狭視界時の関門海峡通航船1隻当りの衝突事故率は、船型が大きくなるにしたがって飛躍的に高くなることわかる。また衝突事故率の増加する割合は、総トン数の増加率に比例する傾向を認めることができる。このような船型による衝突特性は、大型船ほど緊急時の衝突回避が困難であることに起因するものと推察される。

通常の視程状況下における船型(総トン数: x)と衝突事故率(P)との間の回帰式は、次式で示されることを既に報告した[11]。

$$P = 0.46x^{0.59} \times 10^{-5} \dots\dots\dots(2)$$

式(1)および式(2)から、①総トン数の増加率に対する衝突事故率の増加する割合は、通常時よりも狭視界時の方が大きい。② P_{PV} と P との関係は、 $P_{PV} = 2.17Px^{0.20}$ で表わすことができる。したがって、狭視界時の衝突事故率は通常時衝突事故率の $2.17x^{0.20}$ 倍と推定され、船型が大きくなるほど、衝突危険度の増加する割合は大きくなることが推察できる。

4. 要 約

1962年から'69年までの8年間に関門海峡で発生した衝突海難と気象との関係を統計的に分析した結果を要約すれば次のとおりである。

1) 衝突海難は風向がSEおよびNWのとき、風速が1.6m/sより弱いとき(特に中部以東の水域, 3,000G.T.未満の船)および10.8m/sより強い風のとき(特に冬季および春季, 中部水域, 1,000G.T.未満の船)に発生しやすい。

2) 視程が4km以上の比較の見通しのきく気象条件下で発生した衝突海難は、全衝突海難の72%を占めている。しかし、衝突の危険度は視程が4km未満に制限された場合に高い(特に冬季および春季, 早瀬瀬戸・東部および西部水域, 100~1,000G.T.クラスの船)。

3) 単位時間当りの衝突発生件数は、狭視界時(視程2km未満)においては、狭視界時以外の約8倍である。

4) 100~1,000G.T.クラスの船は、狭視界時衝突海難の80%に関与している。そして狭視界時衝突海難の55%がこのクラスの船同志の衝突である。

5) 狭視界時通航船1隻当りの衝突事故率(P_{PV})と、総トン数(x)との間には次のような関係が考察され、船型が大きくなるにしたがって、衝突の危険度は飛躍的に増大する傾向がみられる。

* 明石海峡の船舶交通の実態調査によれば、狭視界時(視程2km未満)の船舶通過隻数は、視程2km以上の場合の通過隻数の31.2%減となっている。

$$P_{PV}=0.10x^{0.79}\times 10^{-4}$$

6) 通航船1隻当りの衝突事故率は、狭視界時では視界良好時の $2.17x^{0.20}$ 倍と推定され、大型船ほど狭視界となつた場合の衝突危険度の増加率は大きいといえる。

5. む す び

関門海峡における衝突海難に大きな影響を及ぼす気象要素は、視界不良と強風であると考えられる。また、気温（特に寒気）も衝突事故の潜在的因子であると推察される。

気象は自然現象であり、事故防止のために人為的に制御することは困難である。かつ、衝突海難は気象の影響だけでなく、操船者の安全運航上の知識・技能や、航路の条件、船舶の交通条件などと複合的に作用した結果発生している。したがって、衝突事故をさらに多角的に解析した上で、これらとの関連において総合的な事故防止策を考究しなければならない。

関門海峡における衝突事故を防止するため、一般的には、1) 船舶運航者の安全航行のための教育、2) 衝突防止の見地から、現行航法規則の再検討、3) 事故防止のための行政指導、4) 航路および航路標識の整備・改善などが当面の問題として考えられるが、具体的な改善策については今後の研究にゆずりたい。

しかし、これらの改善策にも限度があり、さらに通航船が大型化し、交通の混雑度が増せば、運航者の自主的判断だけに頼つては航行の安全は期待できなくなる。したがって、終局的には関門海峡全域の交通状況を一元的に収集・解析し、船舶の通航の流れとして捉えた安全・能率的な広域航行管制システムの開発を推進すべきであると考ええる。

終りに本研究の統計的処理についてご指導下さった水産大学校前田弘教授、種々の資料を提供下さった第七管区海上保安本部警備救難部救難課、門司中央信号所および下関地方気象台防災業務課の関係各位に厚くお礼を申しあげる。

参 考 文 献

- [1] 神鳥昭：関門海峡における衝突海難の分析，日本航海学会誌45（1971）P.117
- [2] 鳥井・高橋・土井：医学・生物学のための推計学，（1963）P.22～P.25，東京大学出版会
- [3] 統計科学研究会：新編統計数値表（1952），河出書房
- [4] [1]に同じ P.123
- [5] 高橋浩一郎：動気候学，（1957）P.242，岩波書店
- [6] 日本航海学会：関門航路における海難防止対策＜シンポジウム＞，（1963）
- [7] 福山コンサルタント：関門海峡の船舶航跡調査報告書，（1966）
- [8] 運輸省第四港湾建設局：関門航路における通航船舶調査報告書—早瀬瀬戸地区—，（1967）
- [9] 運輸省第四港湾建設局：関門航路における通航船舶調査報告書—大瀬戸地区—，（1968）
- [10] 神戸商船大学港湾運航技術研究会：明石海峡船舶交通実態調査報告書，（1964）P.124
- [11] [1]に同じ P.121

〔質問〕

通航船1隻当りの衝突発生率を求めておられますが、過去8年間の衝突事件と船舶の交通量との関係などのように処理されたでしょうか。例えば視程別、年別、季節別などについて交通量を示して下さい。
(寺尾 進)

〔解答〕

船型別通航船1隻当りの衝突事故率は、8年間の資料に基づいて考察したもので、

① 視界良好時の1日当り船型別通航隻数を参考文献〔6〕～〔9〕から求めました（これをまとめたものが参考文献〔1〕P.121にあります）。さらに狭視界時の通航隻数は、視界良好時の30%減としました（推定根拠については本文3.2.3—4に記述してあります）。

② 狭視界の出現率を2%（本文3.2.3—1参照）とし、8年間（2,922日）のうち狭視界となった日数を求めました。また8年間の狭視界時における船型別衝突事故船の隻数は、海難調査票から求めました。これから、狭視界時の1日当り船型別衝突事故船の隻数を出しました。

③ ①と②から狭視界時における船型別通航船1隻当りの衝突事故率を求めました。

なお、年別・季節別に細分した船型別通航船1隻当りの衝突事故率については、検討しておりません。