

# 水島港 航行安全に係る基礎調査

## 錨泊基準の緩和に関する検討

平成 25 年 3 月

株式会社 日本海洋科学



# 目 次

1	調査の概要	1
1.1	目的	1
1.2	調査対象海域	1
2	基礎調査（資料の収集整理）	2
2.1	水島港における錨泊基準	2
2.2	自然環境	7
2.2.1	風況	7
2.2.2	潮流	15
2.2.3	水深及び底質	17
2.2.4	潮汐	17
3	錨泊基準に係る検討	18
3.1	検討対象	18
3.1.1	錨地	18
3.1.2	船舶	18
3.2	検討方法	20
3.2.1	基本的な考え方	20
3.2.2	船体に作用する水平外力	20
3.2.3	単錨泊中の船の係駐力	22
3.2.4	振れ回り範囲	24
3.3	検討条件	24
3.3.1	錨地	24
3.3.2	船舶	25
3.4	検討結果	31
3.4.1	錨重量及び錨鎖の単位重量	31
3.4.2	水平外力と係駐力の算出	34
3.4.3	係駐限界風速	53



# 1 調査の概要

## 1.1 目的

水島港における錨地 C、D、E における錨泊基準の緩和の可能性について検討することを目的とする。

## 1.2 調査対象海域

図 1.2.1 に示す、水島港及び付近海域を調査対象とする。

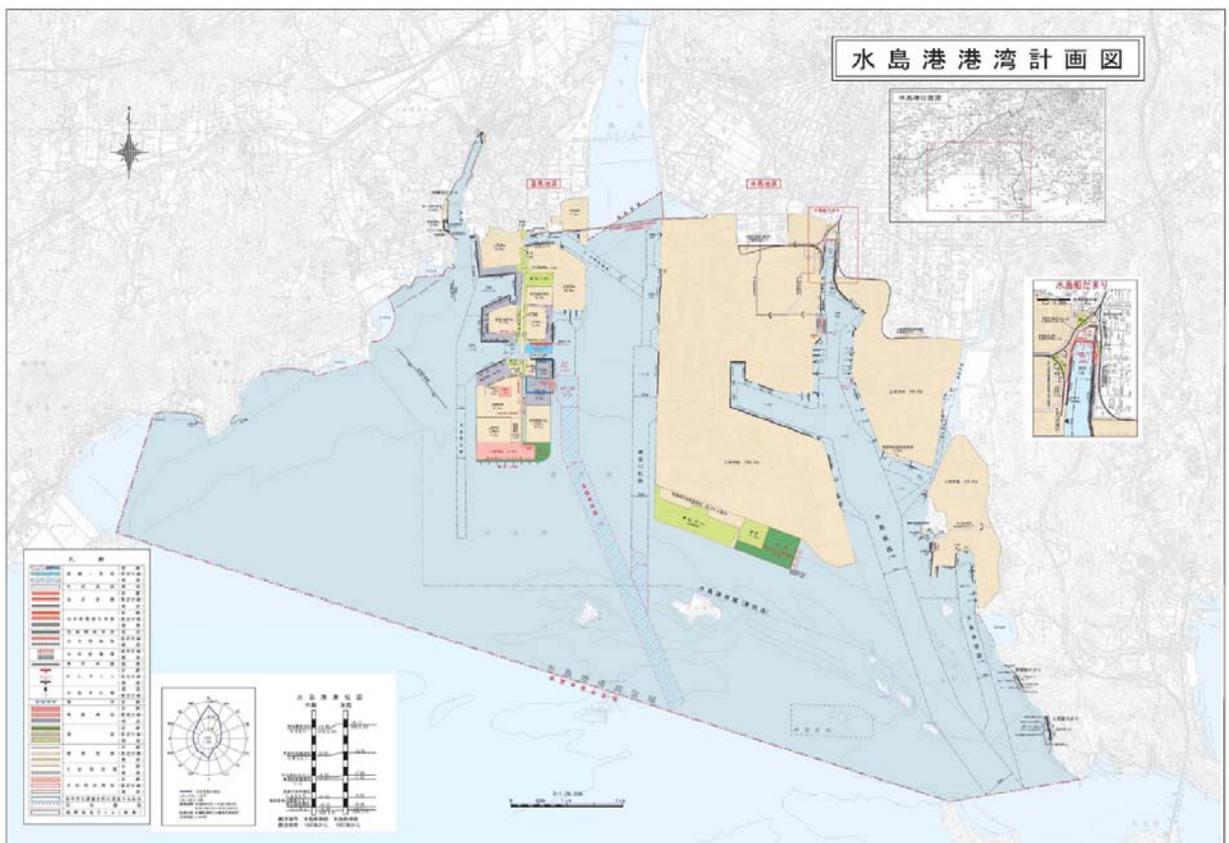


図 1.2.1 調査対象海域

## 2 基礎調査（資料の収集整理）

### 2.1 水島港における錨泊基準

水島港においては、以下の錨泊基準が定められている。また、錨地毎の対象船舶及び錨泊時間は、表 2.1.1に示すとおり定められている。

なお、水島港内における錨地の位置は、図 2.1.1及び表 2.1.2に示すとおりである。

### 水島港における錨泊基準

船舶交通の安全を確保するため、水島港内における錨泊基準を下記のとおり設ける。

#### 記

#### 1 水島港入出港の際の原則

水島港入出港船舶は、「入港即着岸、離岸即出港」を原則とする。

#### 2 港内錨泊の原則

水島港入出港船舶の内、次の各号に適合する船舶が錨泊する場合に限り、水島港港域内での錨泊を認めることを原則とする。

(1) 全長 120m 以下

(2) 喫水 8.0m 以下

#### 3 定義

この錨泊基準において、錨泊対象船舶の意味は、次のとおりとする。

##### (1) 油送船

貨物積載のためのタンク構造を有する船舶であって、引火性の液体及びガス、石油類等を運搬する船舶

##### (2) 危険物積載船

油送船の内、港則法上の危険物を積載している船舶

##### (3) 油送船以外の船舶

(1)以外の船舶

##### (4) 港長の指定した船舶

港則法第 5 条第 3 項の規定により、水島港長が錨地を指定した船舶

##### (5) AIS 搭載船

船舶設備規程（昭和 9 年逓信省令第 6 号）第 146 条の 29 に規定する船舶自動識別装置を備え、同装置を正常に作動させている船舶をいう。

##### (6) AIS 搭載船等

AIS 搭載船及び港長が許可した船舶をいう。

4 錨地の位置及び区域

水島港内における錨地の位置及び区域は水島港内錨泊場所全体図のとおりとする。

5 対象船舶及び錨泊時間

前記錨地における対象船舶及び錨泊時間については水島港内錨泊場所全体図のとおりとする。

6 事前の申請

前記2に適合する船舶が水島港内において錨泊しようとする場合は、次に掲げる船種毎に、停泊場所について、事前に水島港長の指定を受けるものとする。

(1) 油送船

水島港内錨泊場所全体図に掲げる錨地の内、次の錨地に錨泊しようとする場合

イ JFE 南側海域の A～E 錨地

ロ 玉島人工島南側海域の F～P 錨地

(2) 危険物積載船

水島港内錨泊場所全体図に掲げる錨地

(3) 油送船以外の船舶

水島港内錨泊場所全体図に掲げる錨地の内、次の錨地に錨泊しようとする場合

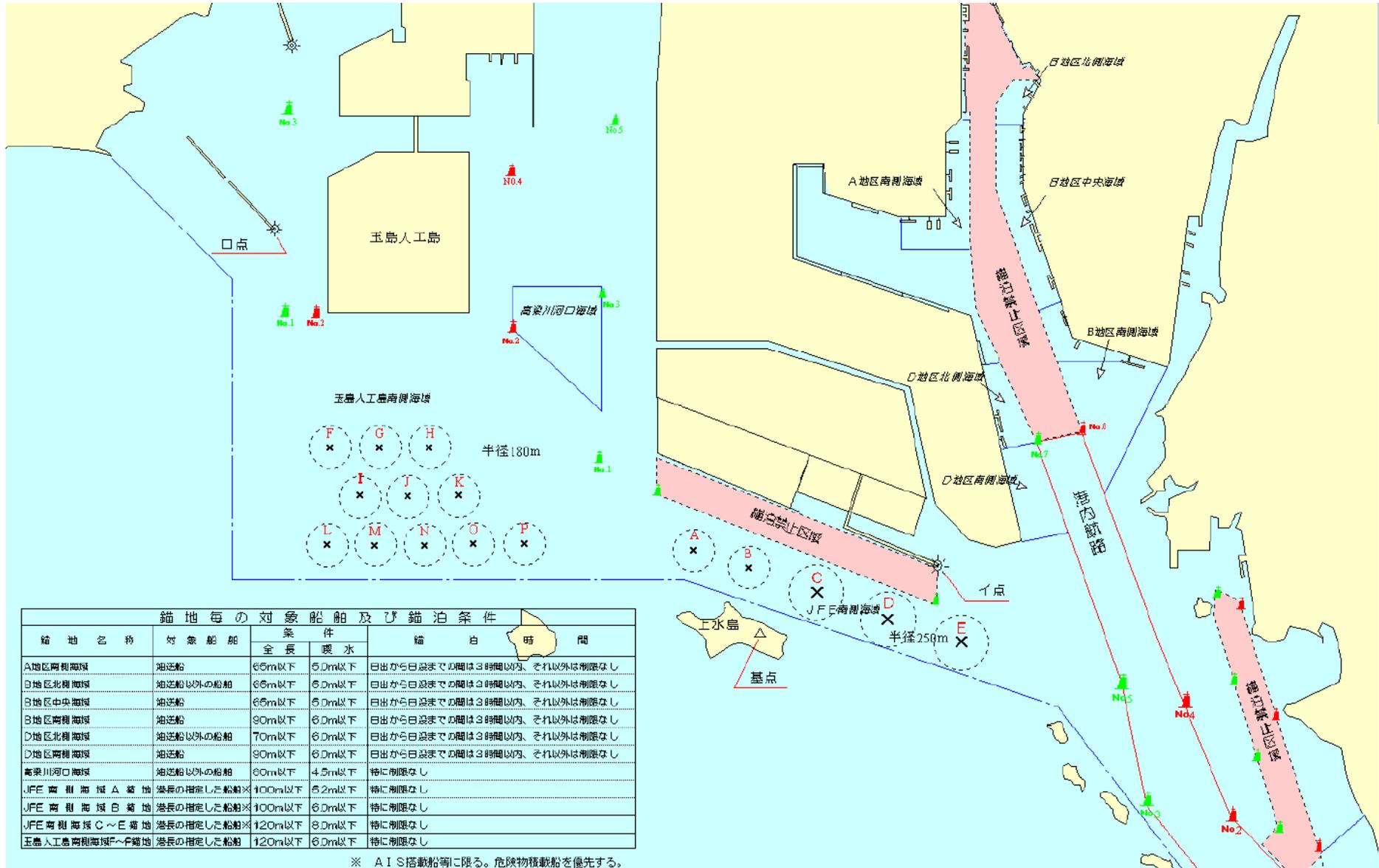
イ JFE 南側海域の A～E 錨地

ロ 玉島人工島南側海域の F～P 錨地

表 2.1.1 錨地毎の対象船舶及び錨泊時間

錨地名称	対象船舶	条件		錨泊時間
		全長	喫水	
A 地区南側海域	油送船	65m 以下	5.0m 以下	日出から日没までの間は3時間以内 日没から日出までの間は制限なし
B 地区北側海域	油送船以外の船舶	65m 以下	5.0m 以下	日出から日没までの間は3時間以内 日没から日出までの間は制限なし
B 地区中央海域	油送船	65m 以下	5.0m 以下	日出から日没までの間は3時間以内 日没から日出までの間は制限なし
B 地区南側海域	油送船	90m 以下	6.0m 以下	日出から日没までの間は3時間以内 日没から日出までの間は制限なし
D 地区北側海域	油送船以外の船舶	70m 以下	6.0m 以下	日出から日没までの間は3時間以内 日没から日出までの間は制限なし
D 地区南側海域	油送船	90m 以下	6.0m 以下	日出から日没までの間は3時間以内 日没から日出までの間は制限なし
高梁川河口海域	油送船以外の船舶	80m 以下	4.5m 以下	特に制限なし
JFE 南側海域	港長の指定した船舶	100m 以下	5.2m 以下	特に制限なし
A 錨地	(AIS 搭載船等に限る。 危険物積載船を優先する)			
JFE 南側海域	港長の指定した船舶	100m 以下	6.0m 以下	特に制限なし
B 錨地	(AIS 搭載船等に限る。 危険物積載船を優先する)			
JFE 南側海域	港長の指定した船舶	120m 以下	8.0m 以下	特に制限なし
C～E 錨地	(AIS 搭載船等に限る。 危険物積載船を優先する)			
玉島人工島 南側海域	港長の指定した船舶	120m 以下	6.0m 以下	特に制限なし
F～P 錨地				

出典：水島海上保安部 Web サイト



出典：水島海上保安部 Web サイト

図 2.1.1 水島港内錨地位置図

表 2.1.2 水島港内錨地の位置（基点からの方位・距離）

	基点からの方位・距離			参考			緯度・経度 (世界測地系)	
	基点：上水島山頂 (△点 51)			イ点：水島港西一号防波堤灯台 ロ点：水島港玉島防波堤灯台			N34-27.814 N34-28.120 N34-29.772	E133-42.890 E133-44.015 E133-39.797
A	基点から	321 度	950m	イ点から	274 度	2340m	N34-28.213	E133-42.500
B	基点から	356 度	550m	イ点から	269.5 度	1760m	N34-28.112	E133-42.865
C	基点から	64.5 度	700m	イ点から	256 度	1130m	N34-27.977	E133-43.303
D	基点から	88 度	1320m	イ点から	218 度	660m	N34-27.840	E133-43.752
E	基点から	95 度	2000m	イ点から	161 度	800m	N34-27.720	E133-44.192
F	基点から	292 度	4540m	ロ点から	164.5 度	2000m	N34-28.733	E133-40.140
G	基点から	294.5 度	4070m	ロ点から	151.5 度	2200m	N34-28.727	E133-40.472
H	基点から	298 度	3600m	ロ点から	141 度	2500m	N34-28.728	E133-40.813
I	基点から	287 度	4130m	ロ点から	162 度	2550m	N34-28.467	E133-40.310
J	基点から	290 度	3670m	ロ点から	151 度	2700m	N34-28.493	E133-40.638
K	基点から	293 度	3180m	ロ点から	143 度	3000m	N34-28.487	E133-40.978
L	基点から	280 度	4320m	ロ点から	170.5 度	2910m	N34-28.220	E133-40.112
M	基点から	281 度	3820m	ロ点から	161 度	3080m	N34-28.208	E133-40.442
N	基点から	283 度	3330m	ロ点から	152.5 度	3250m	N34-28.218	E133-40.772
O	基点から	285 度	2840m	ロ点から	145 度	3540m	N34-28.212	E133-41.098
P	基点から	288 度	2350m	ロ点から	139 度	3840m	N34-28.207	E133-41.430

出典：水島海上保安部 Web サイト



これらの図表から、水島港においては年間を通じて東西方向（NE～East、West～WNW）の風が卓越し、四季を通じておおむね同じような特徴が見られるが、冬季は西寄りの風が多い。

平均風速 10m/sec以上もしくは平均風速 15m/sec以上の風が出現した日数は表 2.2.1のとおりであり、平均風速 15m/secを超える日数は年 25 日程である。

表 2.2.1 10 年間における強風出現日数（2001～2010 年、下津井）

(単位：日)

年	平均風速 15m/sec 以上の出現日数	平均風速 10m/sec 以上の出現日数
2001	21	108
2002	34	108
2003	29	103
2004	32	109
2005	24	118
2006	24	93
2007	22	83
2008	15	92
2009	19	91
2010	25	103
計	245	1008

日本海洋データセンターの記録値より作成

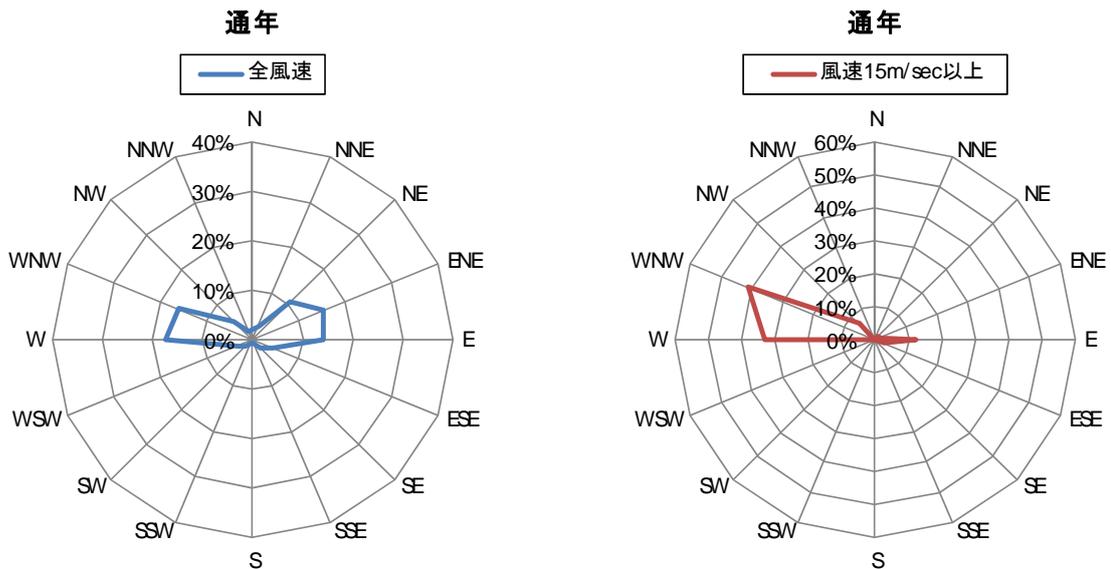
一般的に風速は観測計の設置位置が高いほど観測される風速は強くなる。本調査においても「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（以下、「技術基準」という。）に示されている高さに対する風速の補正を検討したが、水島港内の状況をよく知る海事関係者等へのヒアリング結果からは現場感覚から乖離しているため、ここでは高さ 130m の観測記録を補正することなく用いるものとした。

表 2.2.2 風向別・風速別出現回数 (2001~2010 年、下津井、通年)

(単位:回)

風速	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	総計	
0	9784																	9784	11.2%
1		199	334	844	1186	1041	993	850	582	289	388	677	1014	1917	1167	499	251	12231	14.0%
2		790	911	3703	4659	3766	1710	798	223	113	186	671	1150	4128	2715	1062	689	27274	31.1%
3		385	401	1920	2250	1866	371	54	20	27	15	99	145	1484	1071	408	297	10813	12.3%
4		218	420	1645	2449	2556	241	15	23	20	17	51	106	2380	2259	694	177	13271	15.2%
5		16	50	143	580	674	46		2	5	3	9	13	977	1011	285	33	3847	4.4%
6		8	43	66	512	628	50	3	4	5	1	7	12	1285	1854	539	16	5033	5.7%
7			1	3	101	160	10	1	2	2		1	1	350	703	168	2	1505	1.7%
8			3	1	57	120	7	1				1	1	324	560	137	2	1214	1.4%
9			2	2	30	147	15							2	403	770	167	1538	1.8%
10				2	6	45	8						1	111	193	32		398	0.5%
11			3	4	3	43	10							134	184	31		412	0.5%
12				1	6	17	4							44	42	4		118	0.1%
13				1	5	11	2							45	20	4		88	0.1%
14			1	2		4	1						1	11	3	1		24	0.0%
15			1	2		10	6					2	4					25	0.0%
16						1								3				4	0.0%
17																			0.0%
18						1								2				3	0.0%
19																			0.0%
20						1												1	0.0%
計	9784	1616	2170	8339	11844	11091	3474	1722	856	461	611	1516	2447	13602	12552	4031	1467	87583	

観測記録間隔: 60分 風速: 10分間平均風速



日本海洋データセンターの記録値より作成

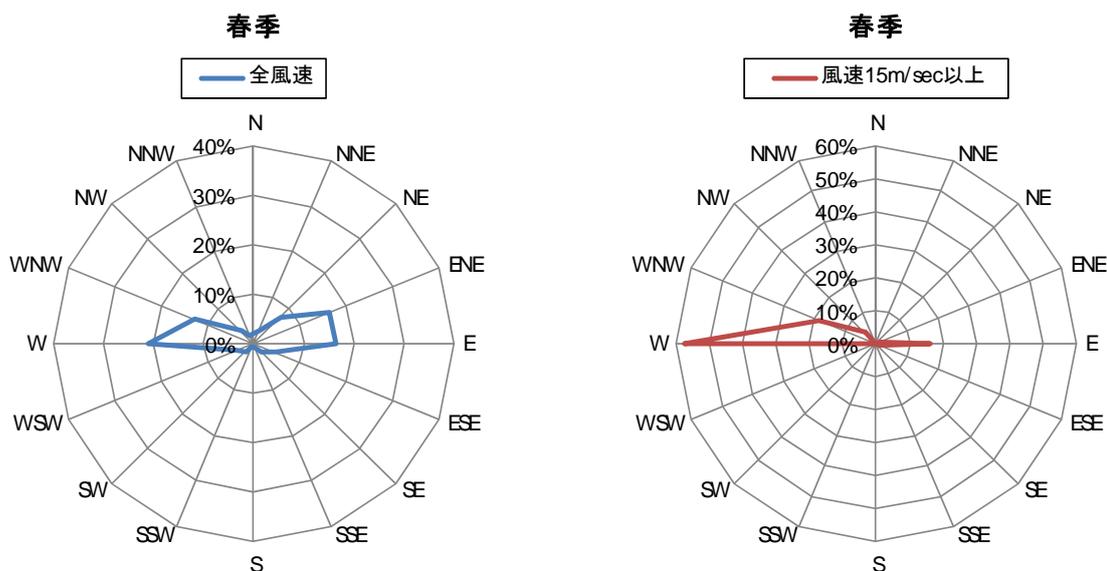
図 2.2.2 風配図 (2001~2010 年、下津井、通年)

表 2.2.3 風向別・風速別出現回数 (2001~2010年、下津井、春季：3月、4月、5月)

(単位：回)

風速	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	総計	
0	2501																	2501	11.3%
1		46	76	184	302	282	273	225	136	82	100	164	261	471	319	116	63	3100	14.0%
2		212	200	718	1219	982	511	177	53	38	50	190	358	1214	819	230	180	7151	32.4%
3		78	95	272	536	523	82	12	1	10	10	47	50	463	275	62	65	2581	11.7%
4		55	133	255	633	767	46	3	8	6	9	26	48	722	375	99	50	3235	14.7%
5		10	13	35	219	234	5			1	1	5	3	295	153	30	8	1012	4.6%
6		4	17	18	225	237	4	1				3	5	478	263	77	2	1334	6.0%
7				1	45	58						1		112	103	33		353	1.6%
8					25	39								93	78	23		258	1.2%
9					12	59								120	101	35		327	1.5%
10						14								42	22	2		80	0.4%
11					1	14	1							43	16	8		83	0.4%
12					2	5	1							14	2			24	0.1%
13						3	1							24	1	1		30	0.1%
14						1								6	1			8	0.0%
15														1				1	0.0%
16														1				1	0.0%
17																			0.0%
18																			0.0%
19																			0.0%
20																			0.0%
計	2501	405	534	1483	3219	3218	924	418	198	137	170	436	725	4099	2528	716	368	22079	

観測記録間隔：60分 風速：10分間平均風速



日本海洋データセンターの記録値より作成

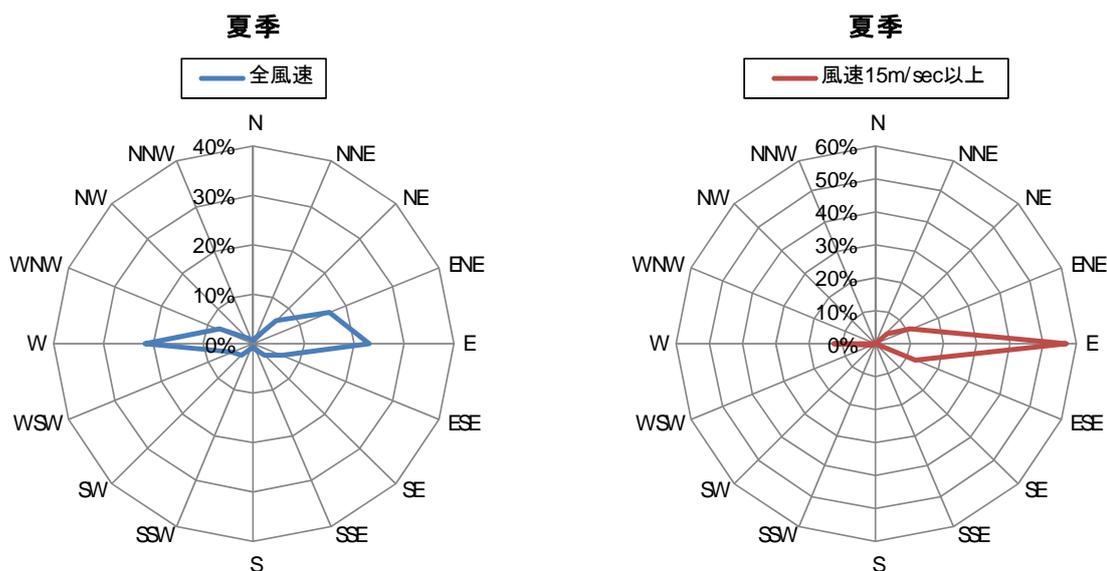
図 2.2.3 風配図 (2001~2010年、下津井、春季：3月、4月、5月)

表 2.2.4 風向別・風速別出現回数 (2001~2010年、下津井、夏季:6月、7月、8月)

(単位:回)

風速	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	総計	
0	3379																	3379	15.3%
1		28	67	186	361	404	382	315	202	86	126	292	399	777	368	80	21	4094	18.6%
2		61	108	651	1208	1341	572	250	61	34	73	281	411	1582	734	92	54	7513	34.1%
3		27	42	218	507	677	117	22	9	14	3	27	37	472	124	13	13	2322	10.5%
4		13	33	127	630	1046	51	7	6	9	5	16	19	683	106	26	6	2783	12.6%
5		2	4	11	147	300	13		2	1		2	4	214	19	8	4	731	3.3%
6		1	6	12	123	247	15		2	2		2	1	201	36	4		652	3.0%
7			1	1	26	68	5		1	1				62	4	2		171	0.8%
8				3	1	15	57	4				1		41	9	1		132	0.6%
9				1	2	8	69	14					2	41	1			138	0.6%
10					1	5	26	7					1	4		1		45	0.2%
11					4	1	23	7						4				39	0.2%
12					1	4	9	2						3				19	0.1%
13						5	6							1				12	0.1%
14							3	1						1				5	0.0%
15							8						1	1				10	0.0%
16														1				1	0.0%
17																			0.0%
18							1							2				3	0.0%
19																			0.0%
20																		1	0.0%
計	3379	132	265	1215	3040	4286	1190	594	283	147	207	621	875	4090	1401	227	98	22050	

観測記録間隔:60分 風速:10分間平均風速



日本海洋データセンターの記録値より作成

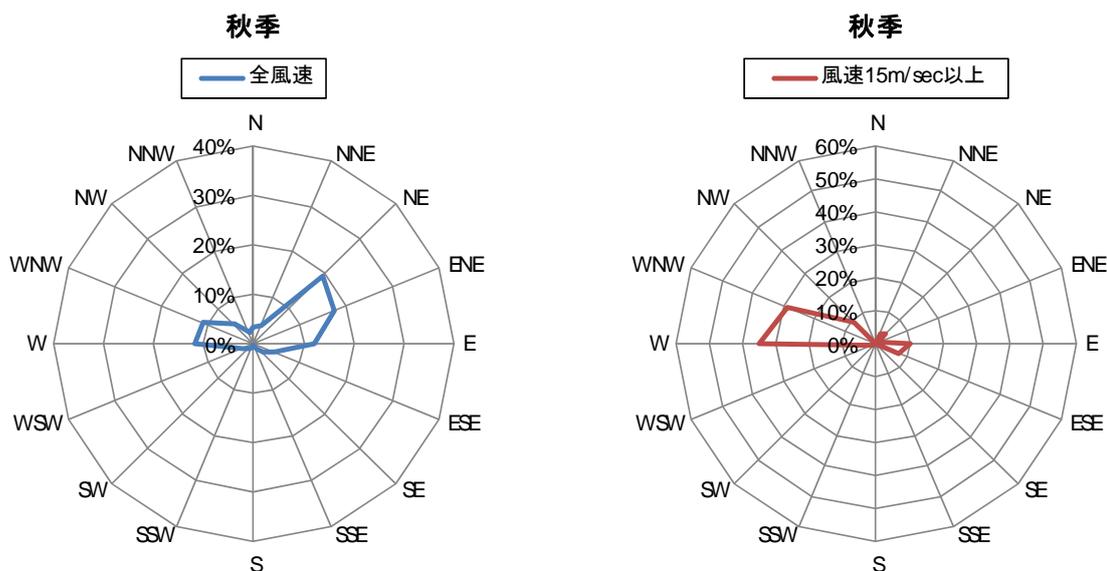
図 2.2.4 風配図 (2001~2010年、下津井、夏季:6月、7月、8月)

表 2.2.5 風向別・風速別出現回数 (2001~2010年、下津井、秋季：9月、10月、11月)

(単位：回)

風速	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	総計	
0	2133																	2133	9.8%
1		72	108	286	314	202	177	191	156	67	93	143	207	398	239	150	88	2891	13.2%
2		300	356	1462	1367	917	426	279	71	15	27	90	194	718	489	310	222	7243	33.2%
3		170	157	987	763	472	121	17	7	1		10	27	236	201	119	101	3389	15.5%
4		84	144	985	782	523	92	3	7	2		2	18	355	461	182	45	3685	16.9%
5		2	20	68	128	107	20			3	2	1	1	159	198	84	10	803	3.7%
6		2	16	25	88	116	23	2	2	3	1	2	1	201	293	139	3	917	4.2%
7				1	14	25	5	1	1	1				55	83	38		224	1.0%
8					9	17	3	1				1		51	81	29		192	0.9%
9			1		1	11								70	108	21		212	1.0%
10				1		3	1							12	27	10		54	0.2%
11			3		1	4	2							23	12	4		49	0.2%
12						3	1							7	3			14	0.1%
13				1		2	1							9	1			14	0.1%
14			1	2									1	2				6	0.0%
15			1	2		2	6						1					12	0.1%
16						1												1	0.0%
17																			0.0%
18																			0.0%
19																			0.0%
20																			0.0%
計	2133	630	807	3820	3467	2405	878	494	244	92	124	248	450	2296	2196	1086	469	21839	

観測記録間隔：60分 風速：10分間平均風速



日本海洋データセンターの記録値より作成

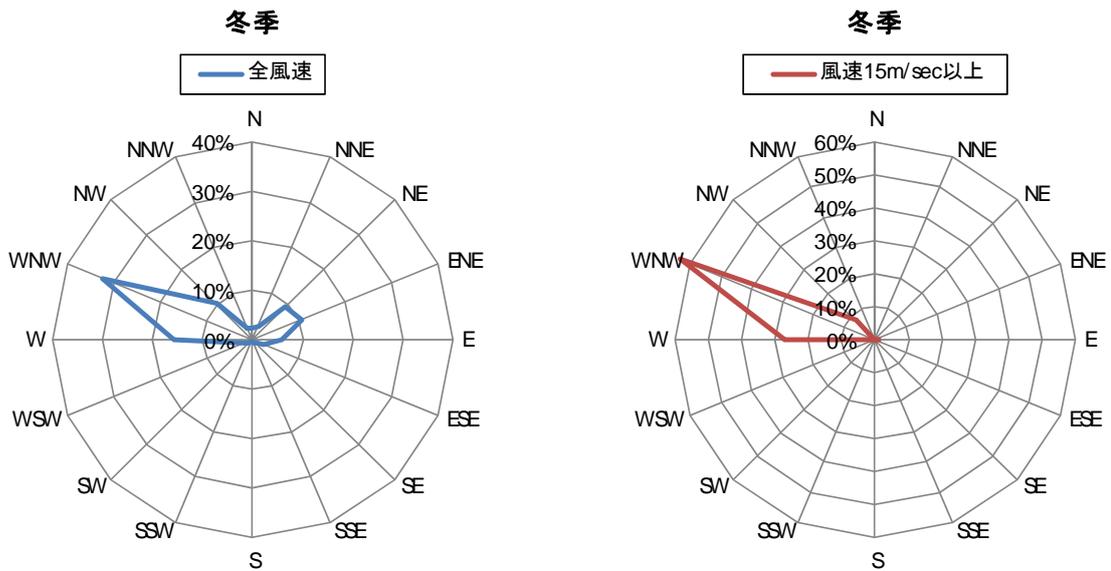
図 2.2.5 風配図 (2001~2010年、下津井、秋季：9月、10月、11月)

表 2.2.6 風向別・風速別出現回数 (2001~2010年、下津井、冬季:1月、2月、12月)

(単位:回)

風速	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	総計	
0	1771																	1771	8.2%
1		53	83	188	209	153	161	119	88	54	69	78	147	271	241	153	79	2146	9.9%
2		217	247	872	865	526	201	92	38	26	36	110	187	614	673	430	233	5367	24.8%
3		110	107	443	444	194	51	3	3	2	2	15	31	313	471	214	118	2521	11.7%
4		66	110	278	404	220	52	2	2	3	3	7	21	620	1317	387	76	3568	16.5%
5		2	13	29	86	33	8					1	5	309	641	163	11	1301	6.0%
6		1	4	11	76	28	8					5	405	1262	319	11		2130	9.9%
7					16	9						1	121	513	95	2		757	3.5%
8					8	7							139	392	84	2		632	2.9%
9					9	8	1						172	560	111			861	4.0%
10					1	2								53	144	19		219	1.0%
11						2								64	156	19		241	1.1%
12														20	37	4		61	0.3%
13														11	18	3		32	0.1%
14														2	2	1		5	0.0%
15														2				2	0.0%
16														1				1	0.0%
17																			0.0%
18																			0.0%
19																			0.0%
20																			0.0%
計	1771	449	564	1821	2118	1182	482	216	131	85	110	211	397	3117	6427	2002	532	21615	

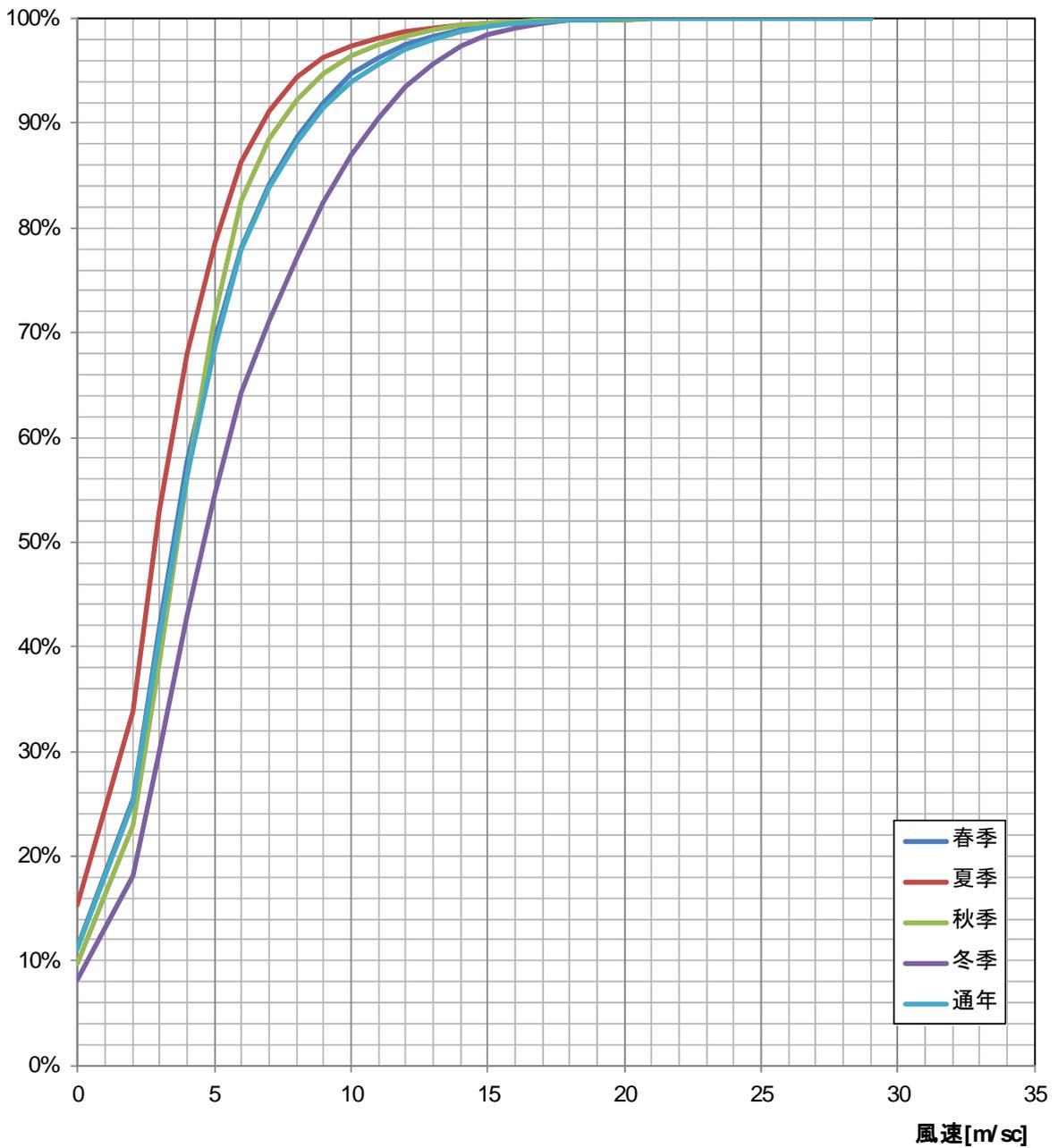
観測記録間隔: 60分 風速: 10分間平均風速



日本海洋データセンターの記録値より作成

図 2.2.6 風配図 (2001~2010年、下津井、冬季:1月、2月、12月)

### 累積頻度



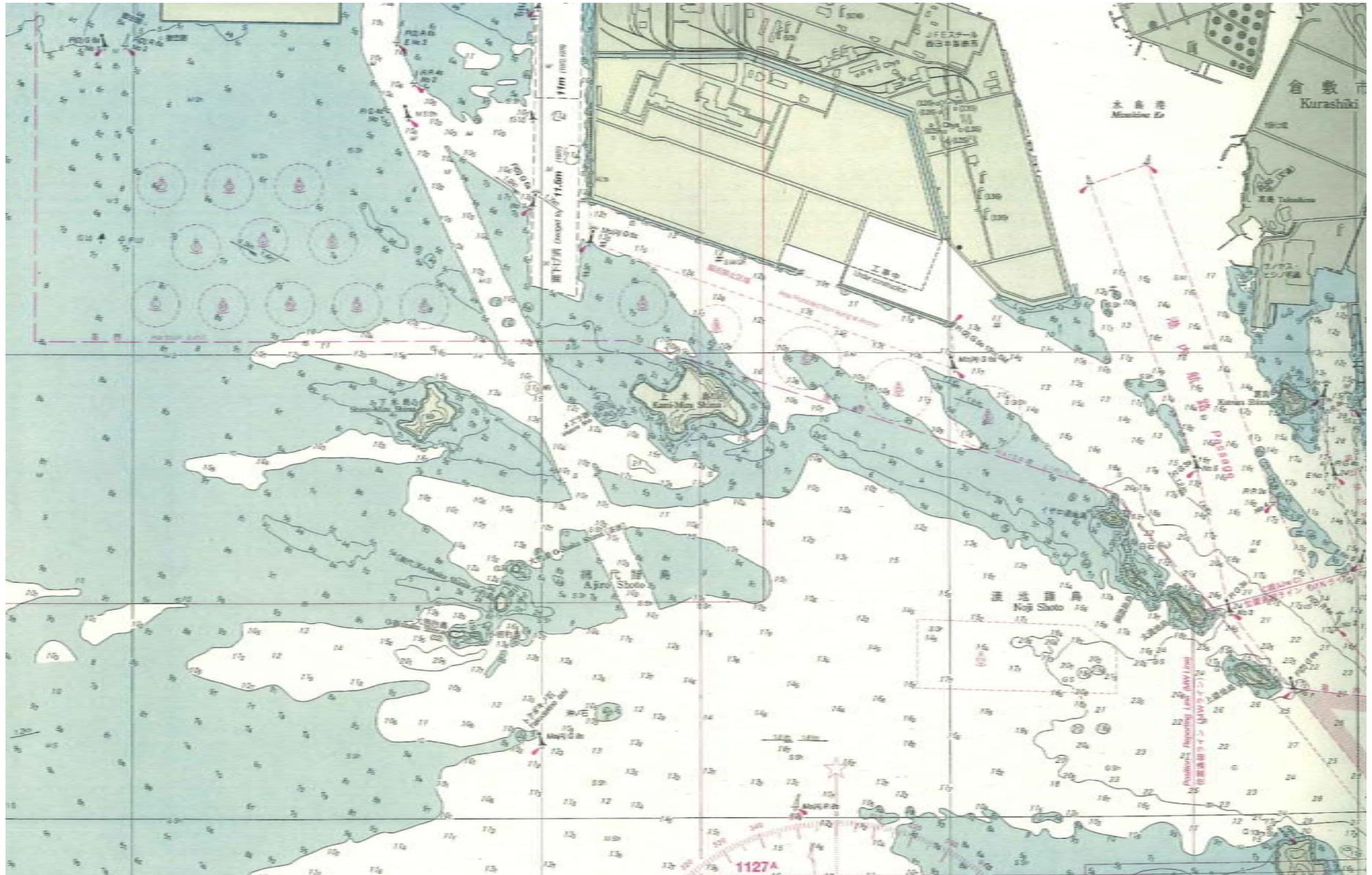
日本海洋データセンターの記録値より作成

図 2.2.7 風速の累積相対頻度 (2001~2010 年)

## 2.2.2 潮流

水島港の海図（図 2.2.8参照）によると、錨地DとEの間では、下げ潮流（大潮期の最強潮流）が 1.8 ノット（East～ESE流）、上げ潮流（大潮期の最強潮流）が 1.9 ノット（West～WNW流）であり、錨地J付近では、下げ潮流が 1.4 ノット（ESE流）、上げ潮流が 1.3 ノット（WNW流）である。

このように水島港内においては東西方向の流れみられ、錨地 A～E 付近では最大で 1.8～1.9 ノット、玉島人工島南側の錨地 F～P 付近では最大で 1.3～1.4 ノットの潮流が発生する。



海上保安庁刊行 海図複製

図 2.2.8 水島港の海図

### 2.2.3 水深及び底質

水島港の海図（図 2.2.8参照）より、各錨地の水深及び底質を整理すると表 2.2.7のとおりである。

水深は、各錨地の円内の最小値と最大値及び平均値（=(最小+最大)/2）を示し、底質は各錨地の円内もしくは最も近くポイントの底質を示している。

表 2.2.7 各錨地の水深と底質

錨地名称	半径 [m]	水深 [m]			底質
		最小	最大	平均	
A 錨地	180 m	6.8 m	9.1 m	8.0 m	砂
B 錨地	180 m	6.2 m	13.9 m	10.1 m	岩
C 錨地	250 m	8.6 m	13.8 m	11.2 m	砂
D 錨地	250 m	9.3 m	11.2 m	10.3 m	砂 礫 貝殻
E 錨地	250 m	9.0 m	11.4 m	10.2 m	砂 礫 貝殻
F 錨地	180 m	6.4 m	6.5 m	6.5 m	泥 貝殻
G 錨地	180 m	6.6 m	6.8 m	6.7 m	泥 貝殻
H 錨地	180 m	6.4 m	6.6 m	6.5 m	泥 貝殻
I 錨地	180 m	7.5 m	7.8 m	7.7 m	泥 貝殻
J 錨地	180 m	7.4 m	7.4 m	7.4 m	泥
K 錨地	180 m	6.9 m	7.4 m	7.2 m	細かい砂 貝殻
L 錨地	180 m	8.1 m	8.5 m	8.3 m	泥 砂
M 錨地	180 m	8.0 m	8.5 m	8.3 m	泥 砂
N 錨地	180 m	7.6 m	8.1 m	7.9 m	細かい砂
O 錨地	180 m	6.9 m	7.9 m	7.4 m	細かい砂
P 錨地	180 m	6.9 m	10.2 m	8.6 m	細かい砂

### 2.2.4 潮汐

「書誌第 781 号 平成 23 年潮汐表第 1 表 日本及び付近(海上保安庁刊行)」によると、水島港周辺における潮汐は表 2.2.8のとおりである。

平均水面は 2.0m であり、最大潮位差（略最高高潮面 NHHWL）は 4.0m である。

表 2.2.8 水島港の潮汐（平成 23 年）

	(単位 : m)				
	平均高 高潮 MHHW	平均低い 高潮 MLHW	平均高い 低潮 MHLW	平均低 低潮 MLLW	平均水面 MSL
水島 (34-32N,133-44E)	3.1	2.8	1.2	0.6	1.90
玉島 (34-31N,133-40E)	3.2	2.9	1.2	0.6	2.00

出典：潮汐表第 1 表、海上保安庁刊行

### 3 錨泊基準に係る検討

種々の外力条件のもと、錨泊中の船体に作用する水平外力と当該錨泊船の係駐力を比較することにより、与えられた錨泊環境（水深、底質、広さ）において安全に係駐できる外力条件を求め、現行の錨泊基準の緩和の可能性について検討する。

#### 3.1 検討対象

##### 3.1.1 錨地

半径 250m の錨地 C、D、E を検討対象とする。

##### 3.1.2 船舶

###### (1) 船種

主に利用が想定されるタンカーおよび貨物船を検討対象とし、参考として自動車専用船についても検討とする。

###### (2) 諸元

対象船舶は全長 120m～200m の範囲とし、諸元は「技術基準」の標準値もしくは World Shipping Encyclopedia より代表的な船舶の諸元を用いる。

設定した諸元は、各船種それぞれで表 3.1.1～表 3.1.3に示すとおりである。

表 3.1.1 対象船舶（タンカー）の諸元

対象船型	全長	垂線間長	幅	深*	満載喫水
8,000DWT*	120 m	112 m	18.0 m	9.4 m	6.6 m
12,000DWT*	141 m	133 m	21.2 m	10.7 m	7.3 m
15,000DWT	154 m	146 m	23.4 m	12.2 m	8.6 m
20,000DWT	166 m	157 m	25.6 m	12.5 m	9.3 m
30,000DWT	184 m	175 m	29.1 m	15.2 m	10.4 m
49,000DWT*	200 m	191 m	32.3 m	18.0 m	11.7 m

\* World Shipping Encyclopedia より設定。12,000DWT については、全長 140m 以上で「技術基準」の諸元の標準値に近い実在船の値を設定

表 3.1.2 対象船舶（貨物船）の諸元

対象船型	全長	垂線間長	幅	深*	満載喫水
8,900DWT*	120 m	113 m	20.0 m	8.4 m	7.9 m
10,000DWT	132 m	123 m	20.7 m	10.9 m	8.1 m
12,000DWT*	140 m	126 m	23.0 m	10.8 m	8.3 m
18,000DWT	156 m	147 m	24.4 m	13.5 m	9.8 m
30,000DWT	182 m	171 m	28.3 m	14.4 m	10.5 m
40,000DWT	198 m	187 m	30.7 m	15.3 m	11.5 m

\* World Shipping Encyclopedia より設定。12,000DWT については、全長 140m 以上で「技術基準」の諸元の標準値に近い実在船の値を設定

表 3.1.3 対象船舶（自動車専用船）の諸元

対象船型	全長	垂線間長	幅	深	満載喫水
3,559DWT*	120 m	110 m	20.0 m	14.0 m	6.4 m
3,325DWT*	132 m	118 m	21.6 m	15.4 m	5.5 m
4,659DWT*	141 m	132 m	21.0 m	20.7 m	6.0 m
12,499DWT*	164 m	155 m	28.0 m	34.4 m	8.4 m
15,553DWT*	180 m	170 m	32.2 m	32.0 m	9.5 m
21,514DWT*	200 m	190 m	32.2 m	34.5 m	10.1 m

\* World Shipping Encyclopedia より設定

## 3.2 検討方法

### 3.2.1 基本的な考え方

以下の手順で検討する。

- (1) 錨泊中に船体に作用する水平外力を算出する。
- (2) 錨鎖の伸出量に応じた船舶の係駐力を算出する。
- (3) 水平外力と係駐力を比較して錨泊可能な限界条件を求める。

船体に作用する水平外力よりも係駐力が上回るときは錨泊可能と判断でき、係駐力と等しくなるときの水平外力は錨鎖の伸出量に対して走錨せずに対抗できる最大外力であり、そのときの係駐力が限界係駐力となる。

ここでは、船の大きさ毎に最大外力と限界係駐力を求め、錨地の広さや水深に応じて錨泊することができる錨鎖伸出量や外力条件について検討する。

### 3.2.2 船体に作用する水平外力

船体に作用する水平外力については、風圧力と流圧力が支配的であるものと考えられる。風圧力と流圧力は以下の方法によって算出する。

#### (1) 風圧力

正面風圧力  $R_{Xa}$  は以下の式で算出する。（参考「操船通論」）

$$R_{Xa} = \frac{1}{2} \rho_a \cdot C_{Xa} \cdot A_x \cdot v_a^2$$

ここで、 $R_{Xa}$ ：正面風圧力 [kgf]

$l$ ：係駐部の長さ [m]

$\rho_a$ ：空気密度 0.125 [kg・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]

$C_{Xa}$ ：正面風圧抵抗係数

$A_x$ ：水面上の正面投影面積 [m<sup>2</sup>]

※計算上、風の影響が大きいバラスト時の値を使用する。

$v_a$ ：風速 [m/sec]

なお、正面風圧抵抗係数  $C_{Xa}$  は、表 3.2.1 に示すとおりである。

表 3.2.1 正面風圧抵抗係数 ( $C_{Xa}$ )

船 種	正面風圧抵抗係数： $C_{Xa}$
在来貨物船	0.7
PCC	0.7
コンテナ船	0.8
LPG 船	0.8
LNG 船	0.8
タンカー	1.0

出典：操船通論

錨泊中の船体は風を受けると周期的に振れ回り、水中に垂れた錨鎖のカテナリ一部がばねの働きをして風上、風下への前後振れを起こすために、錨鎖に加わる張力は振れ回り運動とともに変化する。

「操船通論」によると「錨鎖に加わる最大張力は、船が一方に振れて風に立ち、次第に落とされながら錨鎖と船首尾線が一致する少し後で現れ、錨鎖に加わる衝撃力の大きさは、小型船で正面風圧抵抗の 3～5 倍、大型タンカーで 1.5～3 倍、概して空船では 3 倍、満船で 2 倍と見られている」とあり、ここでは、上式で求めた正面風圧力の 3 倍の値を最大水平外力とする。

## (2) 流圧力

船首方向からの流れによる流圧力は以下の式で算出する。（参考「技術基準」）

$$R_{Xw} = 0.0014 \times S_w \times v_w^2$$

ここで、 $R_{Xw}$ ：正面流圧力[kN]

$S_w$ ：浸水面積[m<sup>2</sup>]

$v_a$ ：流速 [m/sec]

### 3.2.3 単錨泊中の船の係駐力

単錨泊中の船の係駐力  $P$  は、錨の把駐力と海底に横たわる錨鎖の底質に対する摩擦抵抗の和であり、以下の式によって算出する。（参考「操船通論」）

$$P = w_a \lambda_a + w_c \lambda_c l$$

$$= w_a \lambda_a + w_c \lambda_c \left\{ L_c - \sqrt{y^2 + 2 \left( \frac{T_x}{w_c'} \right) y} \right\}$$

ここで、 $P$ ：錨及び錨鎖の係駐力[kgf]

$l$ ：係駐部の長さ [m]

$w_a$ ：錨の空中重量[kg]

$\lambda_a$ ：錨の把駐係数

$w_c$ ：単位長さあたりの錨鎖の空中重量 [kg/m]

$w_c'$ ：単位長さあたりの錨鎖の水中重量 [kg/m]

$\lambda_c$ ：錨鎖の摩擦係数

$y$ ：海底からベルマウスまでの高さ[m]

※海図水深+潮位+水面からベルマウスまでの高さ

$T_x$ ：船体に作用する最大水平外力[kgf]

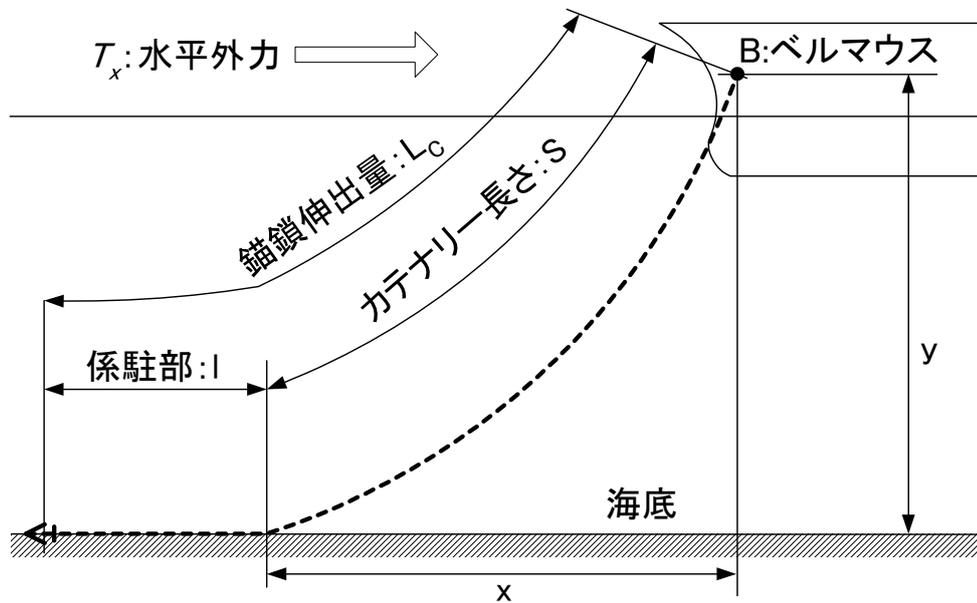
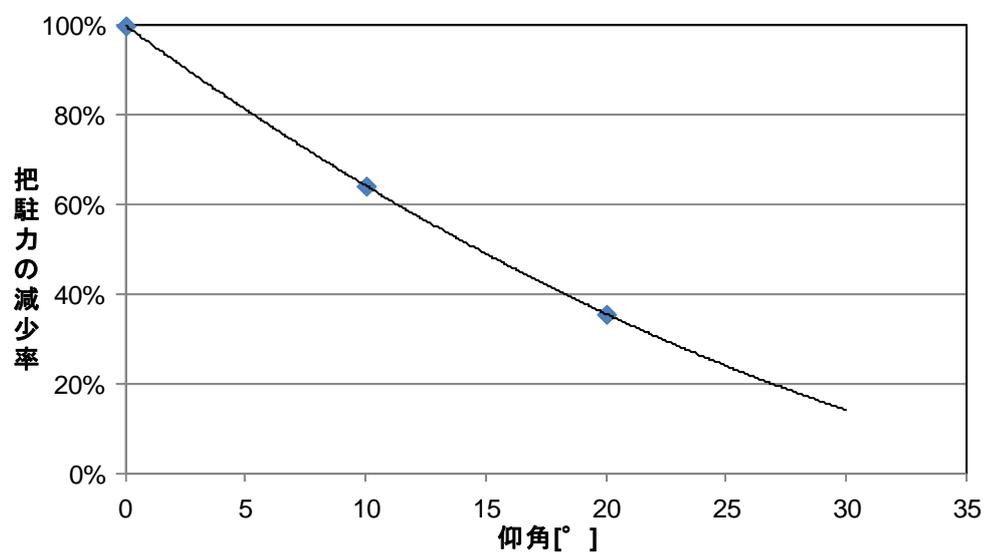


図 3.2.1 単錨泊時の係駐状態

水平外力が大きくなって錨鎖の係駐部がゼロとなった場合は錨の把駐力のみとなるが、海底面に対して錨を引くときの仰角が大きくなるため、図 3.2.2に示すとおり把駐力は減少する。



操船通論の図より作成

図 3.2.2 錨を引く仰角による把駐力係数の減少率

### 3.2.4 振れ回り範囲

錨鎖伸出量は  $L_C=l+S$  であり、半径  $D_a$  [m] の錨地に錨泊するときの錨鎖伸出量  $L_C$  は、船の全長を  $L_{oa}$  [m] とすると、以下の不等式を満たす必要がある。

$$\begin{aligned} L_C &= l + S \\ &= l + \sqrt{y^2 + 2\left(\frac{T_x}{w_c'}\right)y} \geq D_a - L_{oa} \end{aligned}$$

ここで、  $L_C$  : 錨鎖伸出量 [m]

$l$  : 係駐部の長さ [m]

$S$  : カテナリー長さ [m]

$y$  : 海底からベルマウスまでの高さ [m]

※海図水深+潮位+水面からベルマウスまでの高さ

$T_x$  : 船体に作用する最大水平外力[kgf]

$w_c'$  : 単位長さあたりの錨鎖の水中重量 [kg/m]

$D_a$  : 錨地の半径 [m]

$L_{oa}$  : 全長 [m]

$T_x$  : 船体に作用する最大水平外力[kgf]

## 3.3 検討条件

### 3.3.1 錨地

#### (1) 水深

水深は、表 2.2.7より、錨地C、D、Eの平均的な水深 11.0mとする。

#### (2) 底質

表 2.2.7より、錨地C、D、Eの底質は“砂”とする。

#### (3) 潮汐

潮汐は、略最高高潮面N.H.H.W.L.=D.L.+4.0mとする。

#### (4) 外力

風速は0~20m/sとし、潮流は最強時の1.9ノットとする。

### 3.3.2 船舶

#### (1) 満載排水量：W

満載排水量 W は以下の式で算出する。

$$W = L_{PP} \times B \times d_{\max} \times C_b \times \rho_w$$

ここで、W：満載排水量 [MT]

$L_{PP}$ ：垂線間長 [m]

B：船幅 [m]

$d_{\max}$ ：満載喫水[m]

$C_b$ ：ブロック係数

$\rho_w$ ：海水比重 =1.03

なお、ブロック係数は、「技術基準」に参考値として示されている表 3.3.1の値を使用する。

表 3.3.1 ブロック係数  $C_b$

船種	50%値	標準偏差
貨物船	0.804	0.0712
コンテナ船	0.668	0.0472
タンカー	0.824	0.0381
RORO 船	0.667	0.0939
自動車専用船	0.594	0.0665
LPG 船	0.737	0.0620
LNG 船	0.716	0.0399
旅客船	0.591	0.0595
中短距離フェリー	0.548	0.0452
長距離フェリー	0.516	0.0295

出典：港湾の施設の技術上の基準・同解説

#### (2) 喫水

対象船舶の喫水は、現行の錨泊基準の最大値である 8.0 m を上限とする。

(3) 艀装数 :  $Ne$

艀装数  $Ne$  は以下の式で算出する。

$$Ne = W^{2/3} + 2hB + 0.1A_Y$$

ここで、 $Ne$  : 艀装数

$B$  : 船幅 [m]

$h$  : 夏季満載喫水線から最上層甲板室構造頂部までの有効高さ[m]

※ここでは、 $hB=A_X$ とする。

$A_X$  : 水面上における船体の正面投影面積[m<sup>2</sup>] ※満載時

$A_Y$  : 水面上における船体の側面投影面積[m<sup>2</sup>] ※満載時

(4) ベルマウスの高さ

水面からベルマウスの高さは、船の型深さ  $D$  と喫水  $d$  から、 $D-d$  と仮定する。

(5) 水面上における船体の投影面積 :  $A_X$ 、 $A_Y$

水面上における船体の投影面積は以下の式で算出する。(参考「技術基準」)

$$\log_{10}(A_X) = \alpha_X + \beta_X \times \log_{10} DWT$$

$$\log_{10}(A_Y) = \alpha_Y + \beta_Y \times \log_{10} DWT$$

ここで、 $A_X$  : 水面上における船体の正面投影面積[m<sup>2</sup>]

$A_Y$  : 水面上における船体の側面投影面積[m<sup>2</sup>]

$\alpha$ 、 $\beta$  :  $A_X$ 、 $A_Y$ を推計するための係数

$DWT$  : 船の載貨重量トン[MT]

なお、 $A_X$ 、 $A_Y$ を推計するための係数 $\alpha$ 、 $\beta$ は、「技術基準」より、表 3.3.2の値を使用する。

表 3.3.2  $A_X$ 、 $A_Y$ を推計するための係数 $\alpha$ 、 $\beta$

満載状態

	対象 単位	$A_X$ の場合の係数				$A_Y$ の場合の係数			
		$\alpha_w$	$\beta_w$	$R^2$	$\sigma$	$\alpha_w$	$\beta_w$	$R^2$	$\sigma$
一般貨物船	DWT	-0.228	0.666	0.929	0.0451	0.507	0.616	0.824	0.1302
バルク船	DWT	0.944	0.370	0.823	0.0497	1.218	0.425	0.841	0.0729
コンテナ船	DWT	0.136	0.609	0.812	0.0598	0.417	0.703	0.949	0.0675
タンカー	DWT	0.469	0.474	0.901	0.0625	0.556	0.558	0.931	0.0708
RORO 船	DWT	1.029	0.435	0.901	0.0469	1.453	0.464	0.719	0.1453
旅客船	GT	0.947	0.426	0.956	0.0715	0.059	0.680	0.998	0.0552
フェリー	GT	0.728	0.473	0.891	0.0578	0.564	0.674	0.974	0.0391
ガス運搬船	GT	0.423	0.553	0.960	0.0593	0.705	0.613	0.939	0.0706

バラスト状態

	対象 単位	Ax の場合の係数				Ay の場合の係数			
		$\alpha_w$	$\beta_w$	$R^2$	$\sigma$	$\alpha_w$	$\beta_w$	$R^2$	$\sigma$
一般貨物船	DWT	0.099	0.615	0.935	0.0365	0.479	0.662	0.906	0.1007
バルク船	DWT	0.629	0.469	0.935	0.0376	0.970	0.530	0.956	0.0460
コンテナ船	DWT	0.574	0.526	0.696	0.0741	0.731	0.625	0.819	0.1016
タンカー	DWT	0.251	0.551	0.962	0.0408	0.650	0.592	0.984	0.0333
RORO 船	DWT	0.917	0.473	0.910	0.0453	1.541	0.456	0.792	0.1123
旅客船	GT	0.986	0.419	0.953	0.0746	0.656	0.666	0.996	0.0466
フェリー	GT	0.710	0.484	0.901	0.0557	0.569	0.679	0.976	0.0377
ガス運搬船	GT	0.503	0.547	0.980	0.0468	0.828	0.604	0.976	0.0420

(6) 浸水面積 :  $S_w$

浸水面積  $S_w$  は以下の式で算出する。

$$S_w = (1.7d + C_b \times B) \times L_{PP}$$

ここで、 $S_w$  : 浸水面積 [m<sup>2</sup>]

$C_b$  : ブロック係数

$B$  : 船幅 [m]

$L_{PP}$  : 垂線間長 [m]

(7) 錨の把駐力係数と錨鎖の摩擦係数

錨の標準把駐係数  $\lambda_a$  を表 3.3.3 に、錨鎖の摩擦抵抗係数  $\lambda_c$  を表 3.3.4 に示す。

前述の表 2.2.7 より、錨地 C、D、E の底質は“砂”であることから、錨の把駐係数は、AC14 型アンカーは  $\lambda_a = 7.0$ 、JIS 型ストックレスアンカーは  $\lambda_a = 3.5$  とし、錨鎖の摩擦抵抗係数は  $\lambda_c = 3/4$  とする。

表 3.3.3 錨の標準把駐係数 ( $\lambda_a$ )

底質 \ 形	JIS 型ストックレス アンカー	AC14 型 アンカー
砂	3.5	7
泥	3.0	10
走錨中	1.5	2

出典：操船通論

表 3.3.4 錨鎖の摩擦抵抗係数 ( $\lambda_c$ )

状態 \ 底質	泥	砂
係止中	1.0	3/4
走錨中	0.6	3/4

出典：操船通論

(8) 錨と錨鎖の重量

錨の重量及びアンカーチェーンの呼び径は、表 3.3.5に示すNK鋼規則C27.1 より艀装数に応じて求め、アンカーチェーンの単位長さ重量は、チェーン規格 (JIS F3303) に基づく以下の算出式より求める。

$$W_c = 0.0219 \times d_c^2$$

ここで、 $W_c$  : 錨鎖の単位重量 [kg/m]

$d_c$  : 錨鎖の呼び径[mm]

なお、AC14 型については高把駐力アンカーとして規定値の 75%の重量とする。

表 3.3.5 NK 錨船規則 C27.1

艀装記号	艀装数		アンカー		アンカーチェーン			引綱		係留索				
					(スタッド付チェーン)									
	超	以下	数 (個)	質量 (kg)	長さ (m)	径(mm)			長さ (m)	切断荷重 (kN)	数 (個)	長さ (m)	切断荷重 (kN)	
					第 1 種	第 2 種	第 3 種							
A1	50	70	2	180	220	14	12.5		180	98	3	80	34	
A2	70	90	2	240	220	16	14		180	98	3	100	37	
A3	90	110	2	300	247.5	17.5	16		180	98	3	110	39	
A4	110	130	2	360	247.5	19	17.5		180	98	3	110	44	
A5	130	150	2	420	275	20.5	17.5		180	98	3	120	49	
B1	150	175	2	480	275	22	19		180	98	3	120	54	
B2	175	205	2	570	302.5	24	20.5		180	112	3	120	59	
B3	205	240	2	660	302.5	26	22	20.5	180	129	4	120	64	
B4	240	280	2	780	330	28	24	22	180	150	4	120	69	
B5	280	320	2	900	357.5	30	26	24	180	174	4	140	74	
C1	320	360	2	1020	357.5	32	28	24	180	207	4	140	78	
C2	360	400	2	1140	385	34	30	26	180	224	4	140	88	
C3	400	450	2	1290	385	36	32	28	180	250	4	140	98	
C4	450	500	2	1440	412.5	38	34	30	180	277	4	140	108	
C5	500	550	2	1590	412.5	40	34	30	190	306	4	160	123	
D1	550	600	2	1740	440	42	36	32	190	338	4	160	132	
D2	600	660	2	1920	440	44	38	34	190	371	4	160	147	
D3	660	720	2	2100	440	46	40	36	190	406	4	160	157	
D4	720	780	2	2280	467.5	48	42	36	190	441	4	170	172	
D5	780	840	2	2480	467.5	50	44	38	190	480	4	170	186	
E1	840	910	2	2640	467.5	52	46	40	190	518	4	170	201	
E2	910	980	2	2850	495	54	48	42	190	559	4	170	216	
E3	980	1060	2	3060	495	56	50	44	200	603	4	180	230	
E4	1060	1140	2	3300	495	58	50	46	200	647	4	180	250	
E5	1140	1220	2	3540	522.5	60	52	46	200	691	4	180	270	
F1	1220	1300	2	3780	522.5	62	54	48	200	738	4	180	284	
F2	1300	1390	2	4050	522.5	64	56	50	200	786	4	180	309	
F3	1390	1480	2	4320	550	66	58	50	200	836	4	180	324	
F4	1480	1570	2	4590	550	68	60	52	220	888	5	190	324	
F5	1570	1670	2	4890	550	70	62	54	220	941	5	190	333	
G1	1670	1790	2	5250	577.5	73	64	56	220	1024	5	190	353	
G2	1790	1930	2	5610	577.5	76	66	58	220	1109	5	190	378	
G3	1930	2080	2	6000	577.5	78	68	60	220	1168	5	190	402	
G4	2080	2230	2	6450	605	81	70	62	240	1259	5	200	422	
G5	2230	2380	2	6900	605	84	73	64	240	1356	5	200	451	

艀装 記号	艀装数		アンカー		アンカーチェーン (スタッド付チェーン)			引綱		係留索			
			数 (個)	質量 (kg)	長さ (m)	径(mm)		長さ (m)	切断 荷重 (kN)	数 (個)	長さ (m)	切断 荷重 (kN)	
H1	2380	2530	2	7350	605	87	76	66	240	1453	5	200	480
H2	2530	2700	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471	6	200	480
H3	2700	2870	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471	6	200	490
H4	2870	3040	2	8700	632.5	95	84	73	260	1471	6	200	500
H5	3040	3210	2	9300	660	97	84	76	280	1471	6	200	520
J1	3210	3400	2	9900	660	100	87	78	280	1471	6	200	554
J2	3400	3600	2	10500	660	102	90	78	280	1471	6	200	588
J3	3600	3800	2	11100	687.5	105	92	81	300	1471	6	200	618
J4	3800	4000	2	11700	687.5	107	95	84	300	1471	6	200	647
J5	4000	4200	2	12300	687.5	111	97	87	300	1471	7	200	647
K1	4200	4400	2	12900	715	114	100	87	300	1471	7	200	657
K2	4400	4600	2	13500	715	117	102	90	300	1471	7	200	667
K3	4600	4800	2	14100	715	120	105	92	300	1471	7	200	677
K4	4800	5000	2	14700	742.5	122	107	95	300	1471	7	200	686
K5	5000	5200	2	15400	742.5	124	111	97	300	1471	8	200	686
L1	5200	5500	2	16100	742.5	127	111	97	300	1471	8	200	696
L2	5500	5800	2	16900	742.5	130	114	100	300	1471	8	200	706
L3	5800	6100	2	17800	742.5	132	117	102	300	1471	9	200	706
L4	6100	6500	2	18800	742.5		120	107			9	200	716
L5	6500	6900	2	20000	770		124	111			9	200	726
M1	6900	7400	2	21500	770		127	114			10	200	726
M2	7400	7900	2	23000	770		132	117			11	200	726
M3	7900	8400	2	24500	770		137	122			11	200	735
M4	8400	8900	2	26000	770		142	127			12	200	735
M5	8900	9400	2	27500	770		147	132			13	200	735
N1	9400	10000	2	29000	770		152	132			14	200	735
N2	10000	10700	2	31000	770			137			15	200	735
N3	10700	11500	2	33000	770			142			16	200	735
N4	11500	12400	2	35500	770			147			17	200	735
N5	12400	13400	2	38500	770			152			18	200	735
O1	13400	14600	2	42000	770			157			19	200	735
O2	14600	16000	2	46000	770			162			21	200	735

(9) 錨鎖の伸出量： $L_C$

錨鎖の伸出量  $L_C$  は、錨地の半径  $D_a$  [m] を超えないものとして、以下の式で算出する。  
(参考「技術基準」)

$$L_C = \sqrt{(D_a - L_{oa})^2 + (H + T_w + D - d)^2}$$

ここで、 $L_C$ ：錨鎖の伸出量 [m]

$D_a$ ：錨地の広さ（半径） [m]

$L_{oa}$ ：船の全長 [m]

$H$ ：水深 [m] ※錨地内の海図最大水深

$T_w$ ：潮汐 [m] ※N.H.H.W.L.=4.0m

$D-d$  : ベルマウスの水面からの高さ [m] ※ $D-d$  と仮定

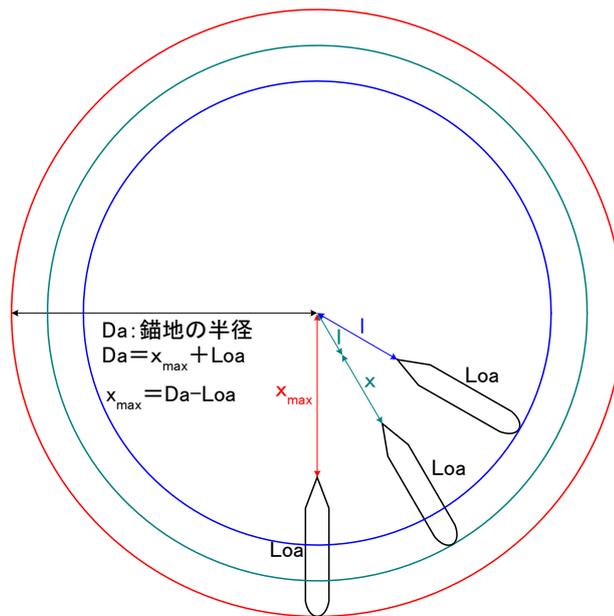
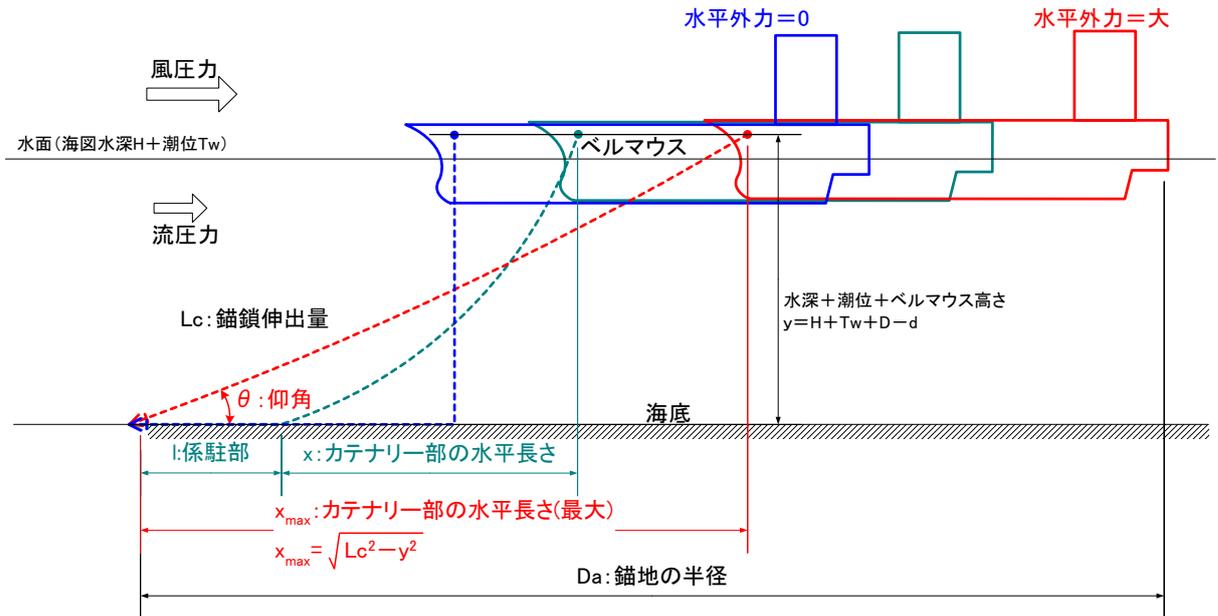


図 3.3.1 錨鎖伸出量と錨地半径の関係

### 3.4 検討結果

#### 3.4.1 錨重量及び錨鎖の単位重量

前記「3.3」の方法に従って対象船舶の満載排水量、艀装数及び投影面積を計算するとともに、艀装数から錨重量と錨鎖の単位重量を求めると、各船種それぞれで表 3.4.1～表 3.4.3に示すとおりとなる。

表 3.4.1 錨重量及び錨鎖の単位重量 (タンカー)

項目	対象船舶	単位	L120m	L141m	L154m	L166m	L184m	L200m
載貨重量： $DWT$		MT	8,000	12,000	15,000	20,000	30,000	49,000
全長： $L_{oa}$		m	120.1	140.8	154.0	166.0	184.0	200.0
垂線間長： $L_{pp}$		m	112.0	132.8	146.0	157.0	175.0	191.0
幅： $B$		m	18.0	21.2	23.4	25.6	29.1	32.3
深 <sup>※1</sup> ： $D$		m	9.4	10.7	12.2	12.5	15.2	18.0
満載喫水： $d_{max}$		m	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824
ブロック係数： $C_b$			6.6	7.3	8.6	9.3	10.4	11.7
満載排水量： $W$		MT	11,305	17,468	24,936	31,724	44,950	61,261
錨泊時喫水： $d$		m	6.4	7.6	8.0	8.0	8.0	8.0
水面からベルマウスの高さ <sup>※2</sup>		m	1.5	1.6	2.1	2.3	3.6	5.0
満載時正面投影面積： $A_X$		m <sup>2</sup>	208	253	281	322	390	492
バラスト時正面投影面積： $A_X$		m <sup>2</sup>	252	315	356	418	522	684
満載時側面投影面積： $A_Y$		m <sup>2</sup>	542	679	770	904	1,133	1,490
バラスト時側面投影面積： $A_Y$		m <sup>2</sup>	913	1,161	1,325	1,571	1,997	2,671
浸水面積： $S_w$		m <sup>2</sup>	2,882	4,039	4,801	5,447	6,576	7,681
艀装数： $N_e$			975	1,246	1,492	1,736	2,158	2,687
艀装記号			E2	F1	F4	G1	G4	H2
錨重量： $W_a$ <sup>※3</sup>		kg	2,850	3,780	4,590	5,250	6,450	7,800
錨鎖の径： $\phi$		mm	42	48	52	56	62	68
錨鎖の単位重量： $W_C$		kg/m	38.63	50.46	59.22	68.68	84.18	101.27

※1 World Shipping Encyclopedia より設定

※2  $(D-d)/2$  と仮定

※3 AC14 型は 75%の重量とする

表 3.4.2 錨重量及び錨鎖の単位重量 (貨物船)

項目	対象船舶	単位	L120m	L132m	L140m	L156m	L182m	L198m
載貨重量 : $DWT$		MT	8,900	10,000	12,000	18,000	30,000	40,000
全長 : $L_{oa}$		m	120.0	132.0	140.0	156.0	182.0	198.0
垂線間長 : $L_{pp}$		m	113.0	123.0	126.4	147.0	171.0	187.0
幅 : $B$		m	20.0	20.7	23.0	24.4	28.3	30.7
深 <sup>※1</sup> : $D$		m	8.4	10.9	10.8	13.5	14.4	15.3
満載喫水 : $d_{max}$		m	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804
ブロック係数 : $C_b$			7.9	8.1	8.3	9.8	10.5	11.5
満載排水量 : $W$		MT	14,785	17,079	19,886	29,109	42,079	54,673
錨泊時喫水 : $d$		m	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
水面からベルマウスの高さ <sup>※2</sup>		m	0.3	1.5	1.4	2.7	3.2	3.7
満載時正面投影面積 : $A_X$		m <sup>2</sup>	253	273	308	404	567	687
バラスト時正面投影面積 : $A_X$		m <sup>2</sup>	337	362	405	520	712	850
満載時側面投影面積 : $A_Y$		m <sup>2</sup>	871	935	1,047	1,344	1,840	2,197
バラスト時側面投影面積 : $A_Y$		m <sup>2</sup>	1,240	1,340	1,512	1,977	2,772	3,354
浸水面積 : $S_w$		m <sup>2</sup>	3,335	3,720	4,056	4,883	6,216	7,159
艀装数 : $N_e$			1,195	1,303	1,455	1,888	2,528	3,034
艀装記号			E5	F2	F3	G2	H1	H4
錨重量 : $W_a$ <sup>※3</sup>		kg	3,540	4,050	4,320	5,610	7,350	8,700
錨鎖の径 : $\phi$		mm	46	50	50	58	66	73
錨鎖の単位重量 : $W_C$		kg/m	46.34	54.75	54.75	73.67	95.40	116.71

※1 World Shipping Encyclopedia より設定

※2  $(D-d)/2$  と仮定

※3 AC14 型は 75%の重量とする

表 3.4.3 錨重量及び錨鎖の単位重量 (自動車専用船)

項目 \ 対象船舶	単位	L120m	L132m	L141m	L164m	L180m	L200m
載貨重量 : $DWT$	MT	3,559	3,325	4,659	12,499	15,553	21,514
全長 : $L_{oa}$	m	120.0	132.4	141.3	164.0	180.0	199.9
垂線間長 : $L_{pp}$	m	110.0	118.0	132.0	155.0	170.0	190.0
幅 : $B$	m	20.0	21.6	21.0	28.0	32.2	32.2
深 <sup>※1</sup> : $D$	m	14.0	15.4	20.7	24.4	32.0	34.5
満載喫水 : $d_{max}$	m	6.4	5.5	6.0	8.4	9.5	10.1
ブロック係数 : $C_b$	m	0.526	0.531	0.647	0.564	0.475	0.614
満載排水量 : $W$	MT	7,672	7,672	11,078	21,257	25,400	38,874
錨泊時喫水 : $d$	m	6.4	5.5	6.0	8.0	8.0	8.0
水面からベルマウスの高さ <sup>※2</sup>	m	3.8	5.0	7.3	8.2	12.0	13.3
満載時正面投影面積 : $A_X$	m <sup>2</sup>	375	364	421	647	712	820
バラスト時正面投影面積 : $A_X$	m <sup>2</sup>	395	383	449	716	794	926
満載時側面投影面積 : $A_Y$	m <sup>2</sup>	1,261	1,222	1,429	2,259	2,500	2,907
バラスト時側面投影面積 : $A_Y$	m <sup>2</sup>	1,447	1,403	1,636	2,566	2,834	3,286
浸水面積 : $S_w$	m <sup>2</sup>	2,355	2,458	3,139	4,559	4,916	6,339
艀装数 : $N_e$		1,265	1,239	1,483	2,288	2,538	3,078
艀装記号		F1	F1	F4	G5	H2	H5
錨重量 : $W_a$ <sup>※3</sup>	kg	3,780	3,780	4,590	6,900	7,800	9,300
錨鎖の径 : $\phi$	mm	48	48	52	64	68	76
錨鎖の単位重量 : $W_C$	kg/m	50.46	50.46	59.22	89.70	101.27	126.49

※1 World Shipping Encyclopedia より設定

※2  $(D-d)/2$  と仮定

※3 AC14 型は 75% の重量とする

### 3.4.2 水平外力と係駐力の算出

各船種それぞれ 6 船型を対象に、潮流 1.9 ノット、風速 0～20m/secの外力を受けたときの船体に作用する水平外力を算出し、半径 250mの円内に収まるように錨鎖伸出量を調整したときの係駐力(錨の把駐力+錨鎖の摩擦力)を算出した。図 3.4.1～図 3.4.12はタンカー、図 3.4.13～図 3.4.24は貨物船、図 3.4.25～図 3.4.36は自動車専用船の計算結果を示したものである。

船体に作用する水平外力は風速の自乗に比例して大きくなり、係駐力は水平外力の増加とともに錨鎖のカテナリ一部が増し係駐部(海底に横たわる部分)が減るために減少する。

カテナリ一部が錨鎖一杯になったとき、錨鎖の係駐部がゼロとなって錨のシャンクが持ち上がり、錨がある仰角を持って引かれることになるため、錨による把駐力が一段と減少する。水平外力が係駐力を上回ると、ついには走錨が始まることとなる。

安全に係駐できるかどうかについては、船体に作用する水平外力によって錨鎖の係駐部がゼロとなって係駐力が一段と減少する風速、及び船体に作用する水平外力が係駐力を上回って走錨するおそれのある風速を求め、水島港における風況から安全性を判断する。

水平外力と係駐力[tf]

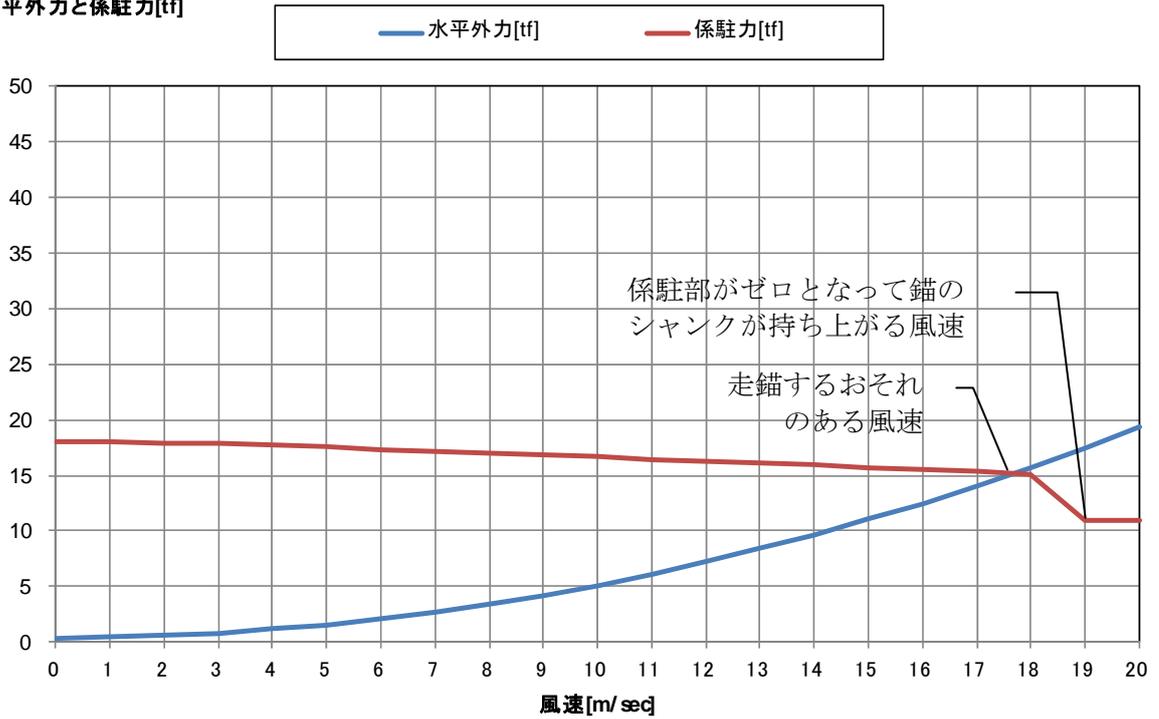


図 3.4.1 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 120m、AC14 型アンカー)

水平外力と係駐力[tf]

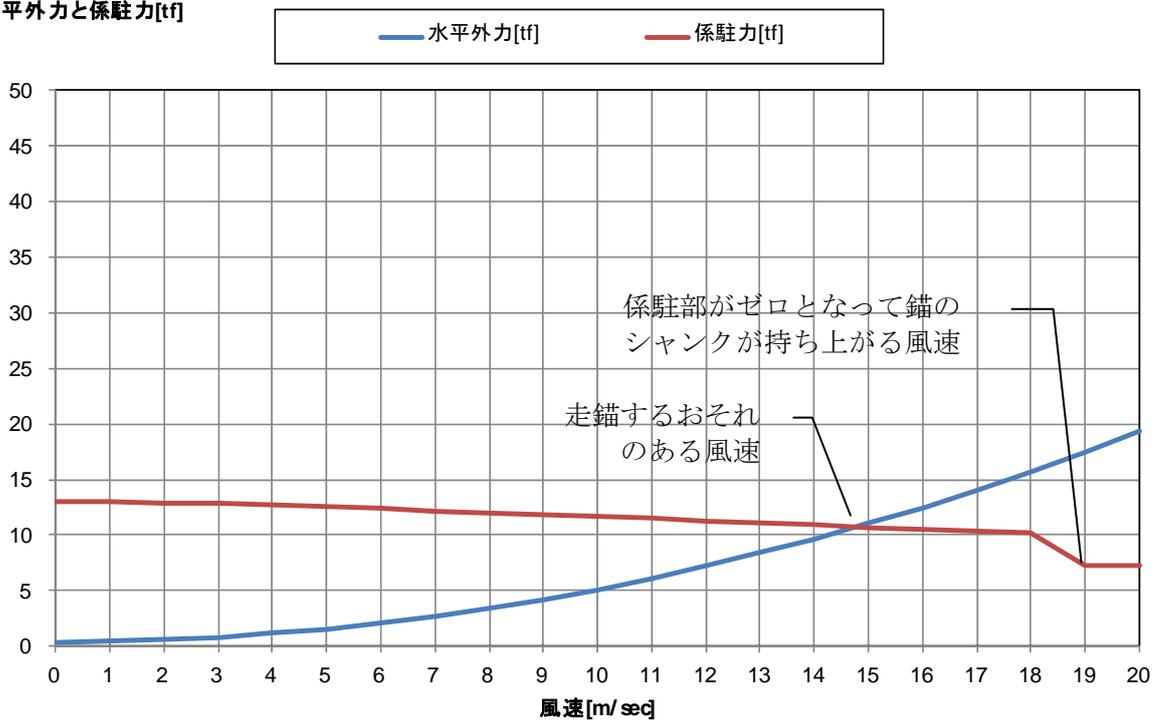


図 3.4.2 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 120m、JIS 型ストックレスアンカー)

水平外力と係駐力[tf]

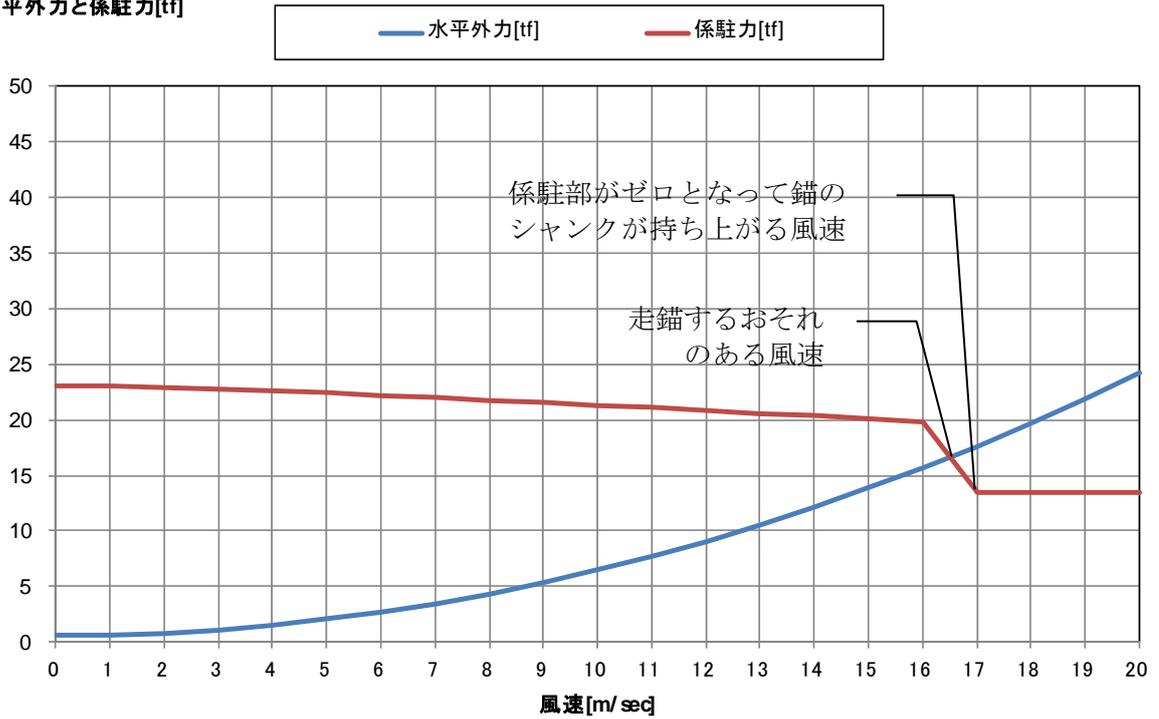


図 3.4.3 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 141m、AC14 型アンカー)

水平外力と係駐力[tf]

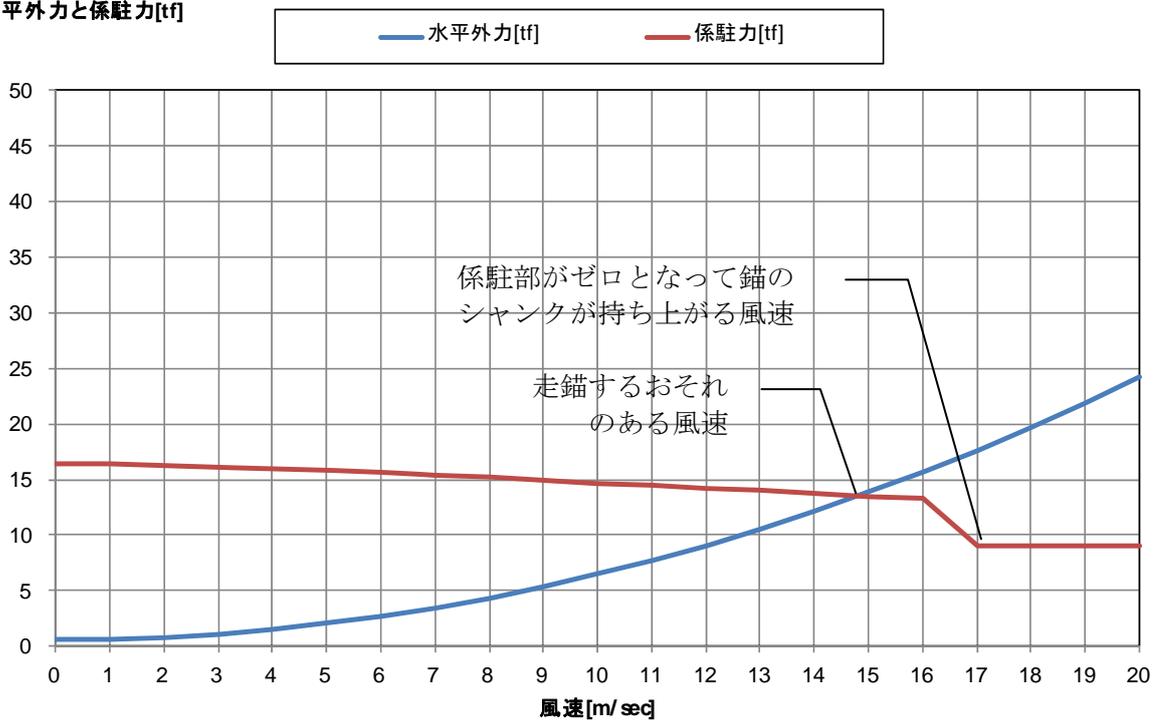


図 3.4.4 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 141m、JIS 型ストックレスアンカー)

水平外力と係駐力[tf]

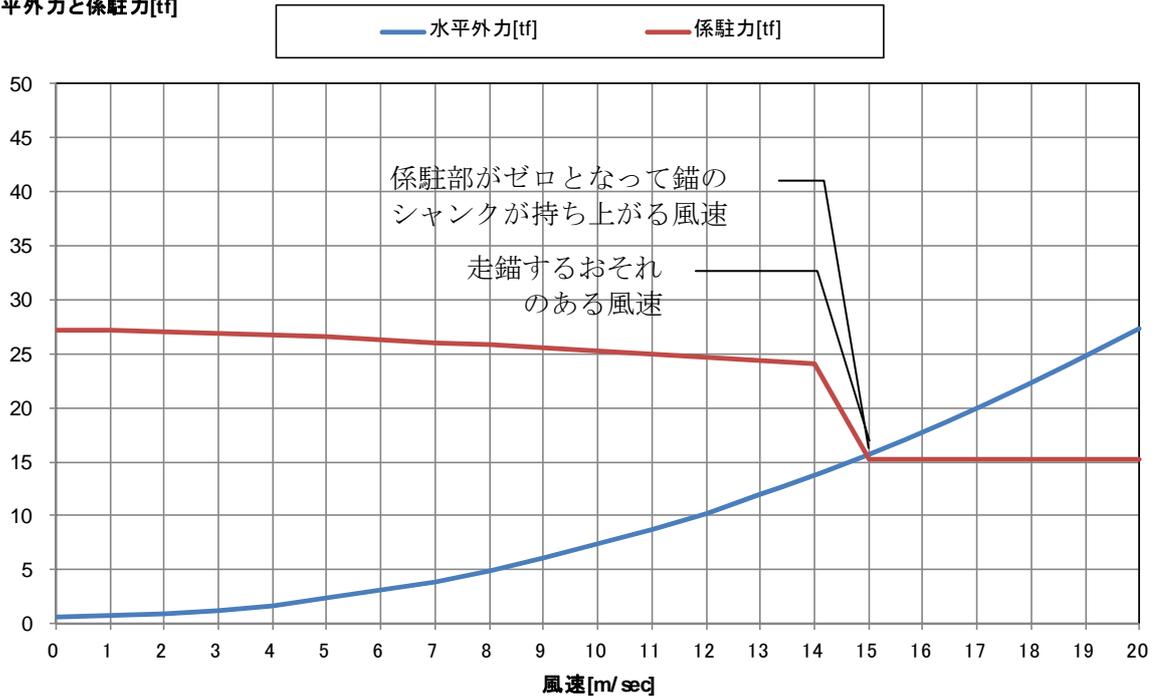


図 3.4.5 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 154m、AC14 型アンカー)

水平外力と係駐力[tf]

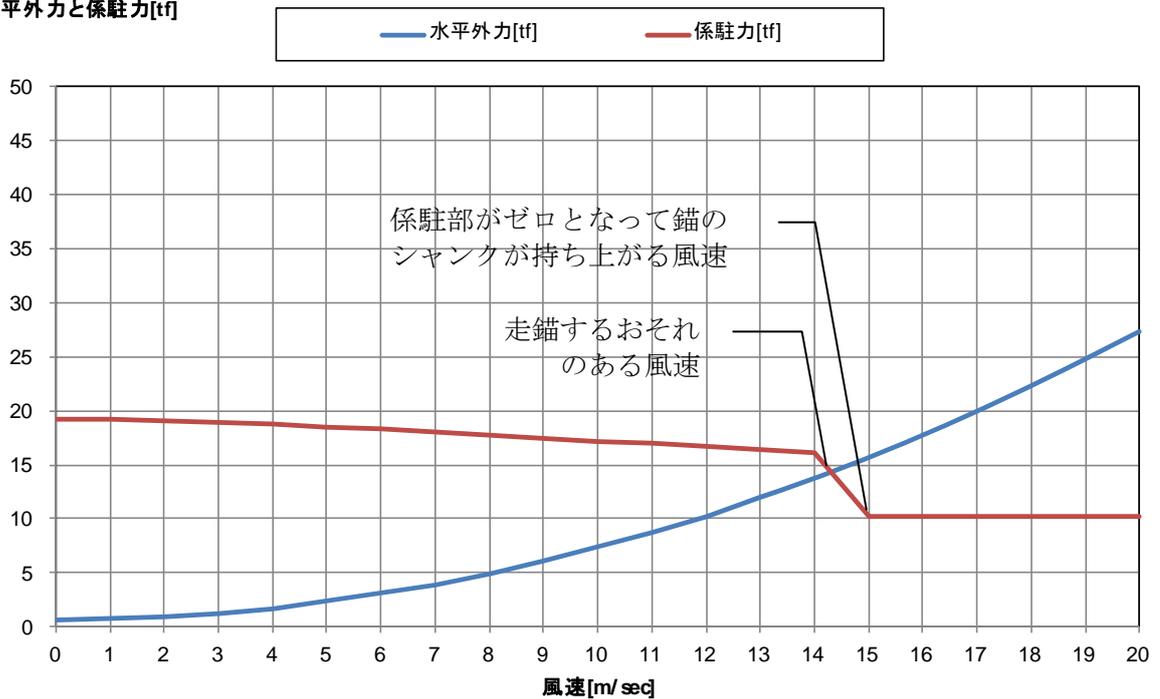


図 3.4.6 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 154m、JIS 型ストックレスアンカー)

水平外力と係駐力[tf]

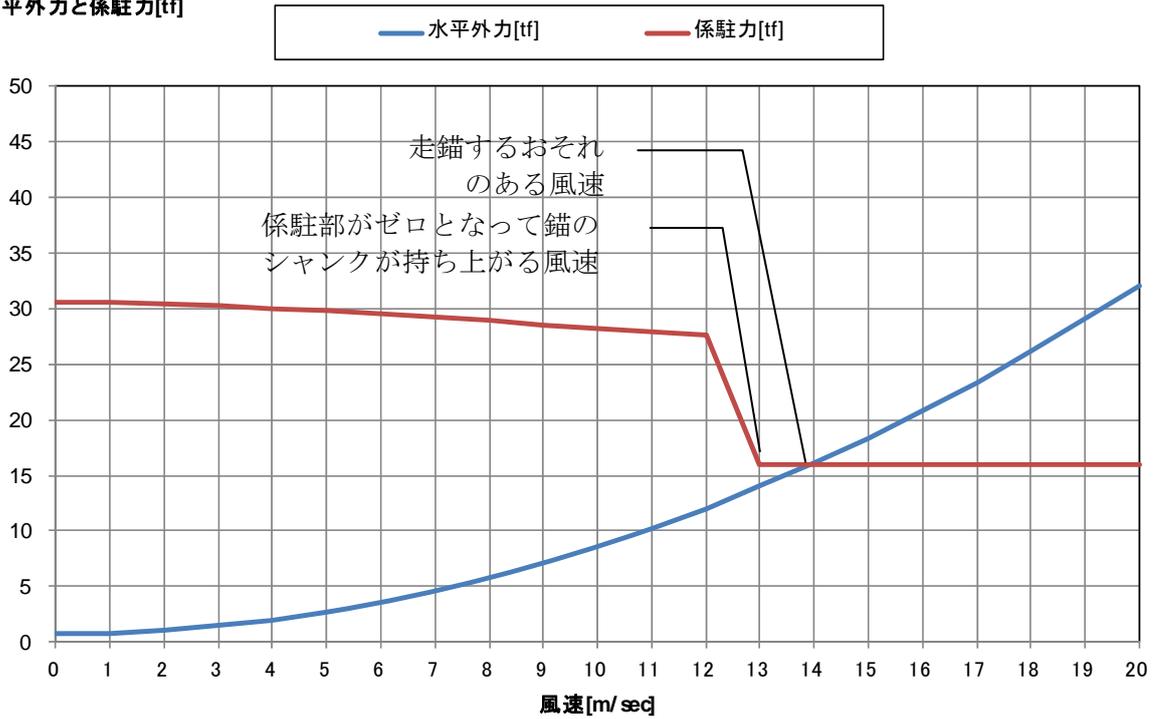


図 3.4.7 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 166m、AC14 型アンカー)

水平外力と係駐力[tf]

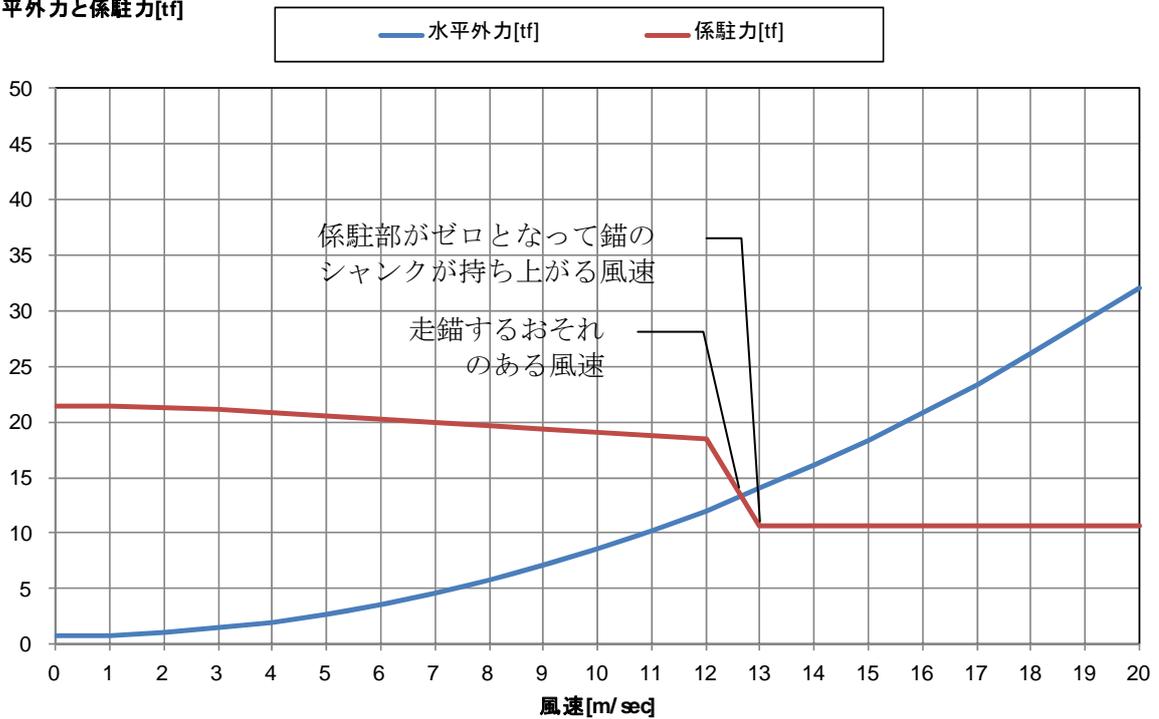


図 3.4.8 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 166m、JIS 型ストックレスアンカー)

水平外力と係駐力[tf]

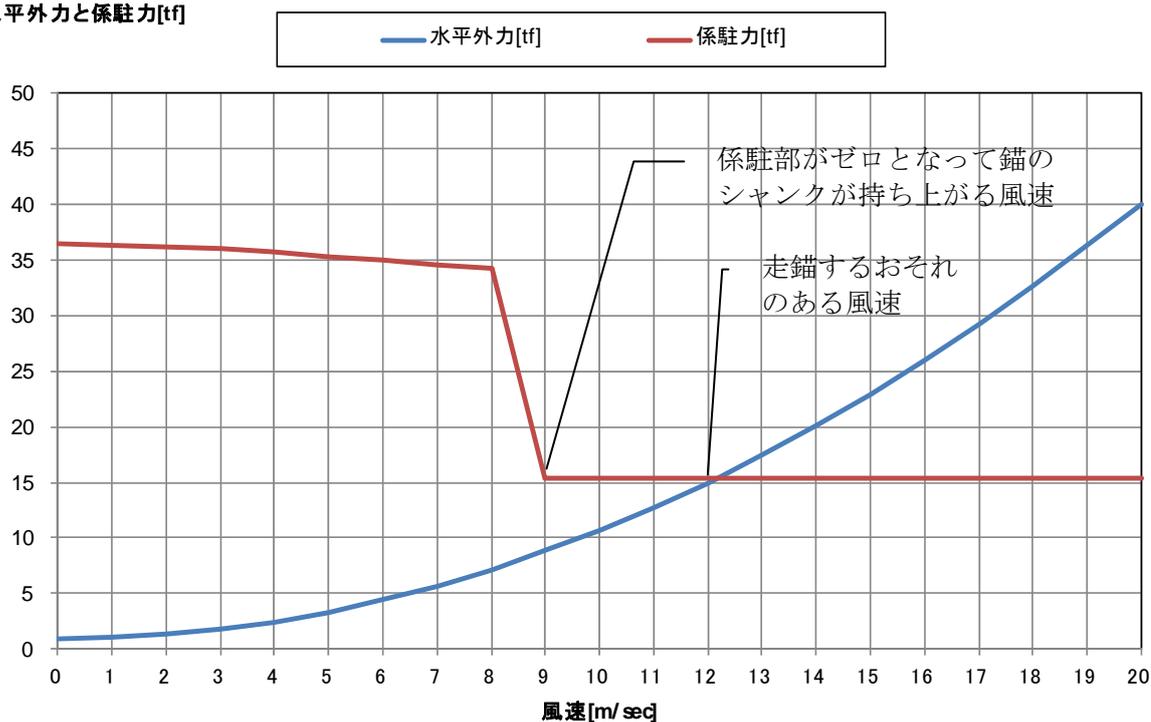


図 3.4.9 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 184m、AC14 型アンカー)

水平外力と係駐力[tf]

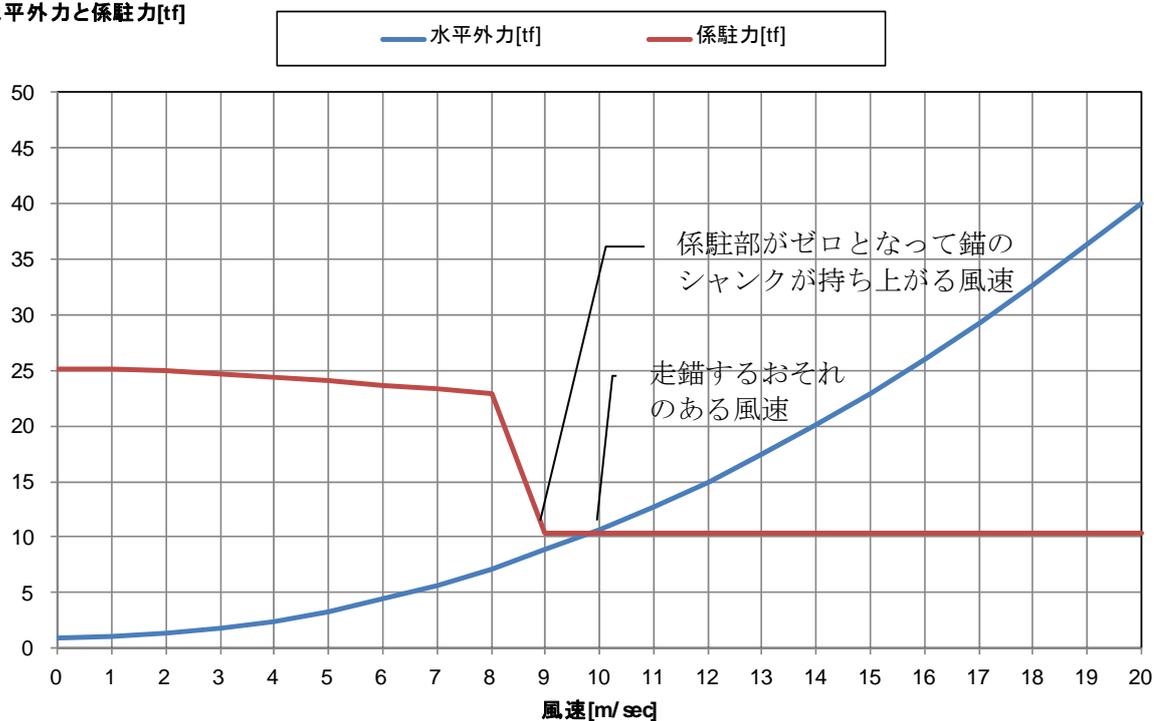


図 3.4.10 水平外力と係駐力の関係 (タンカー：全長 184m、JIS 型ストックレスアンカー)

水平外力と係駐力[tf]

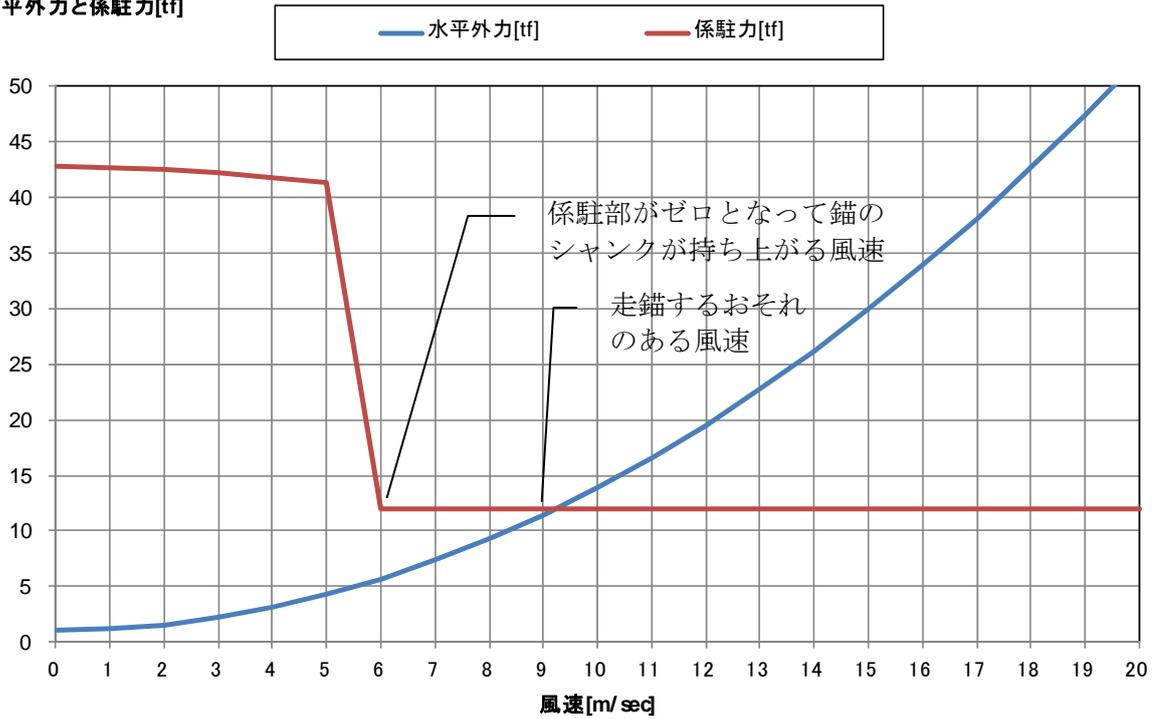


図 3.4.11 水平外力と係駐力の関係（タンカー：全長 200m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

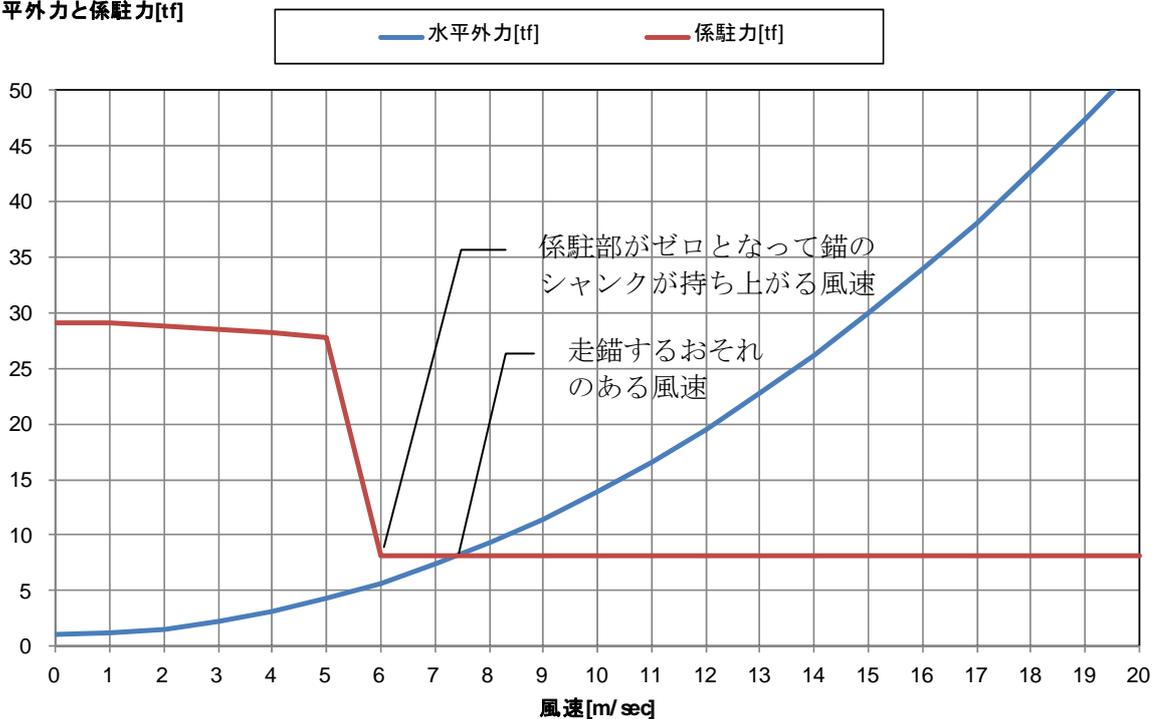


図 3.4.12 水平外力と係駐力の関係（タンカー：全長 200m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

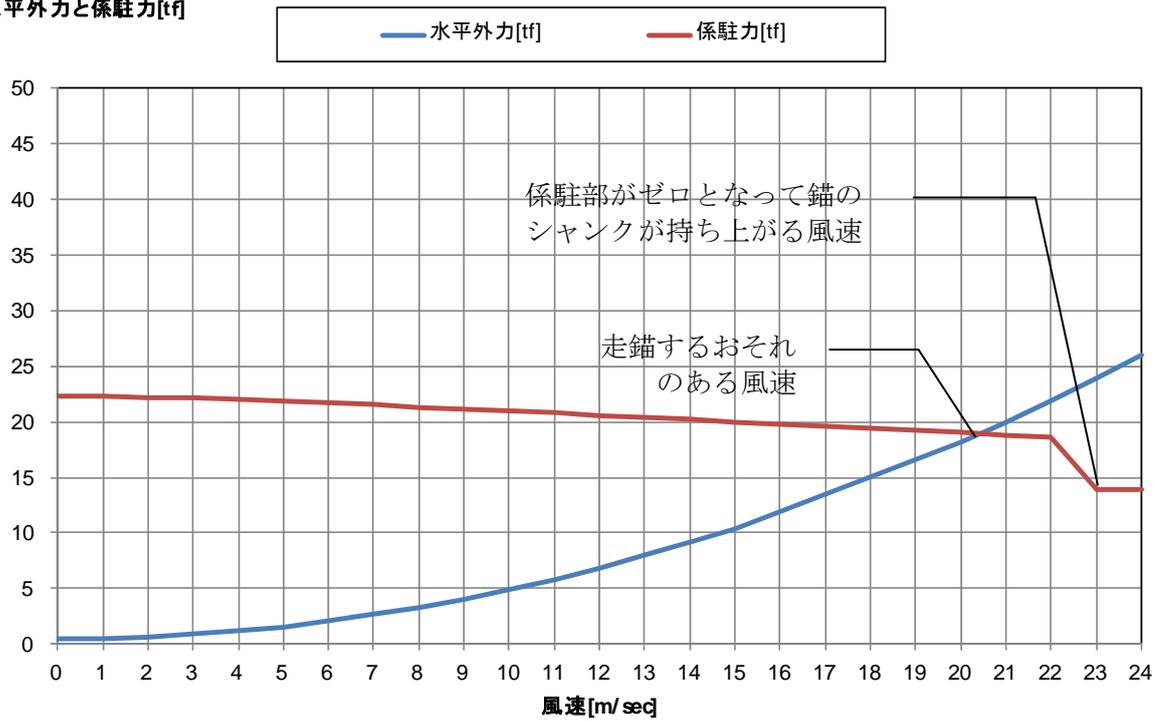


図 3.4.13 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 120m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

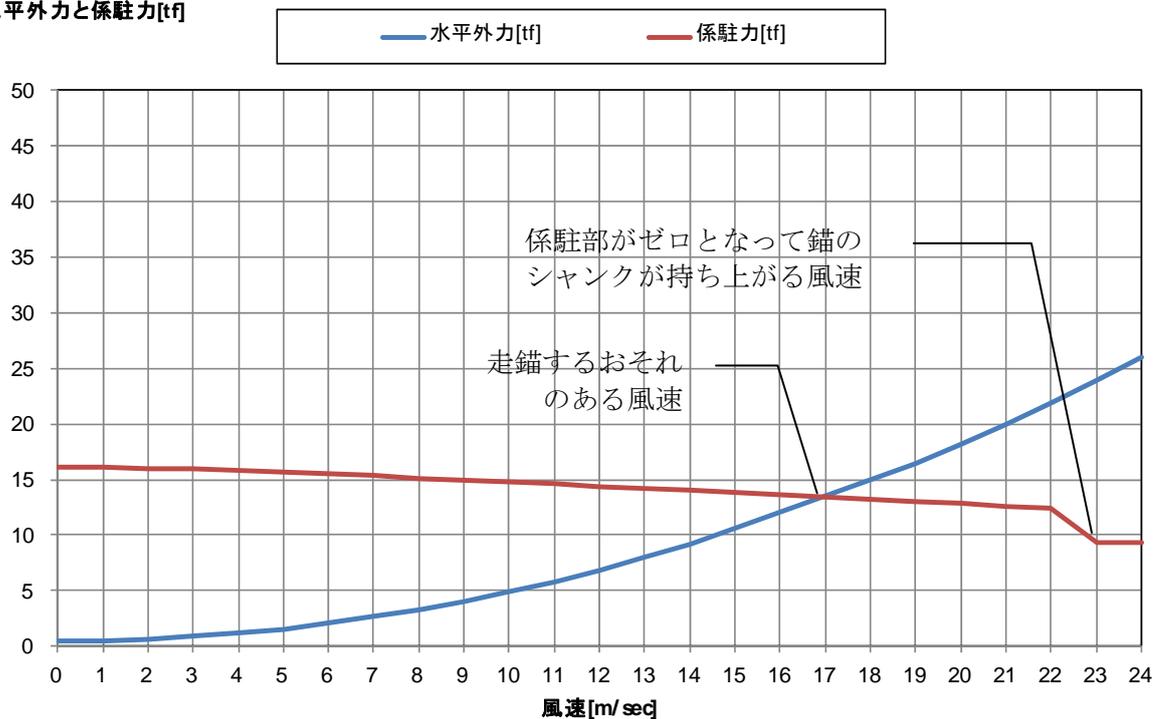


図 3.4.14 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 120m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

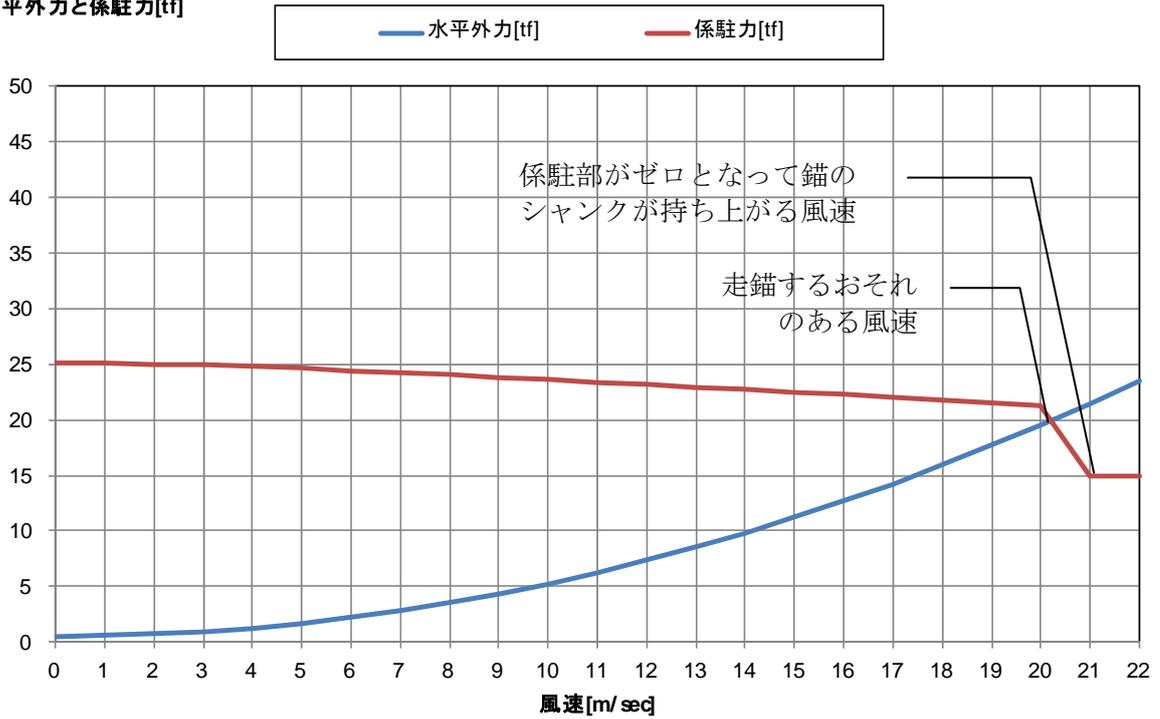


図 3.4.15 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 132m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

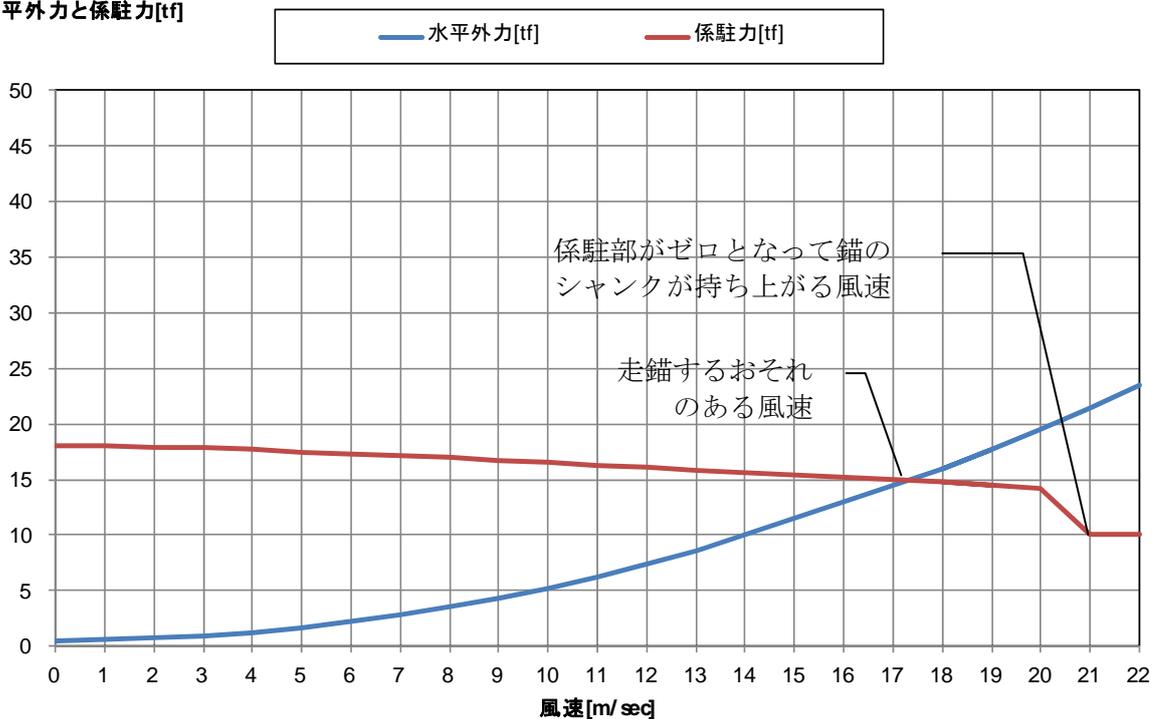


図 3.4.16 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 132m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

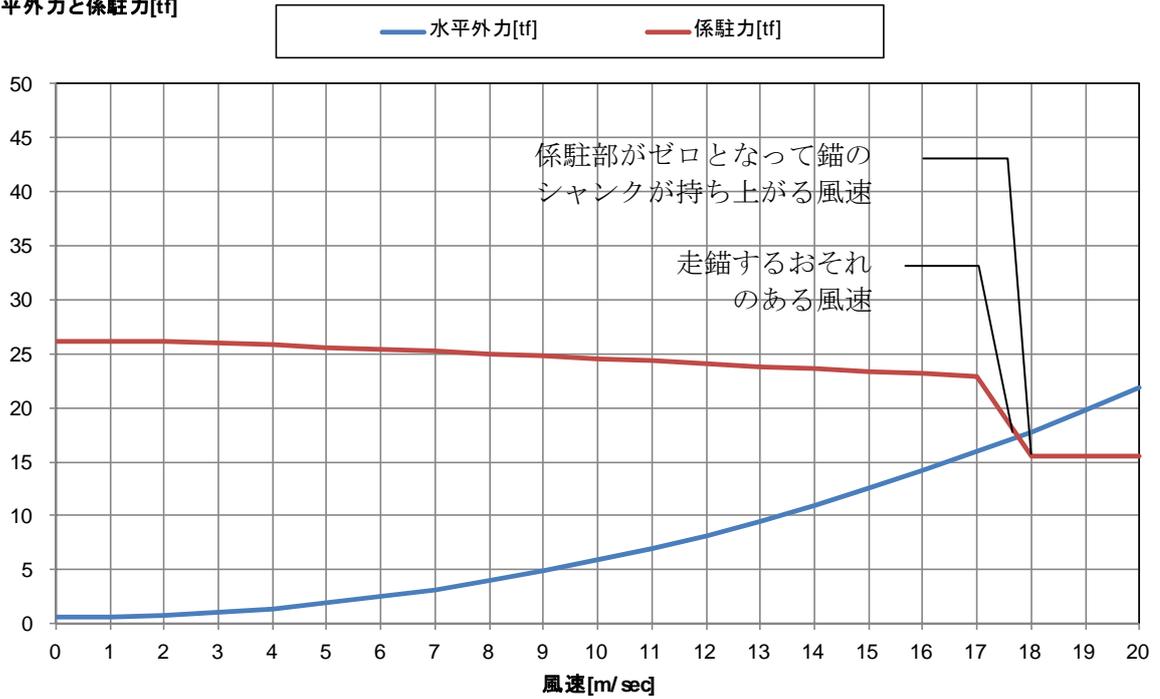


図 3.4.17 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 140m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

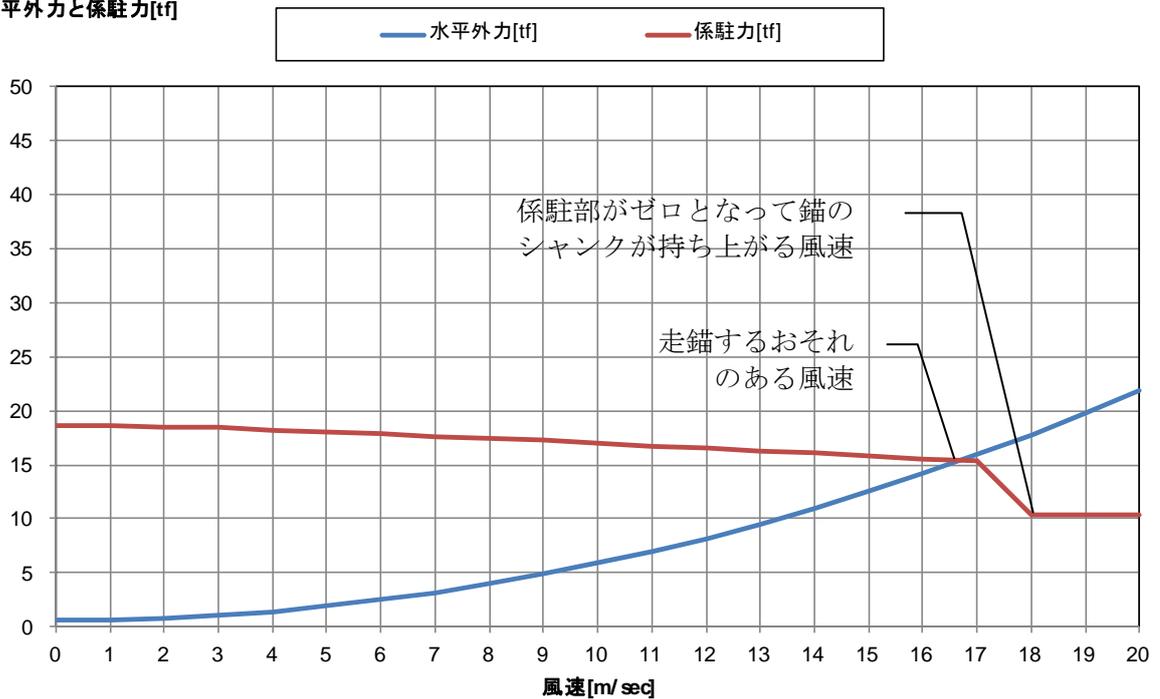


図 3.4.18 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 140m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

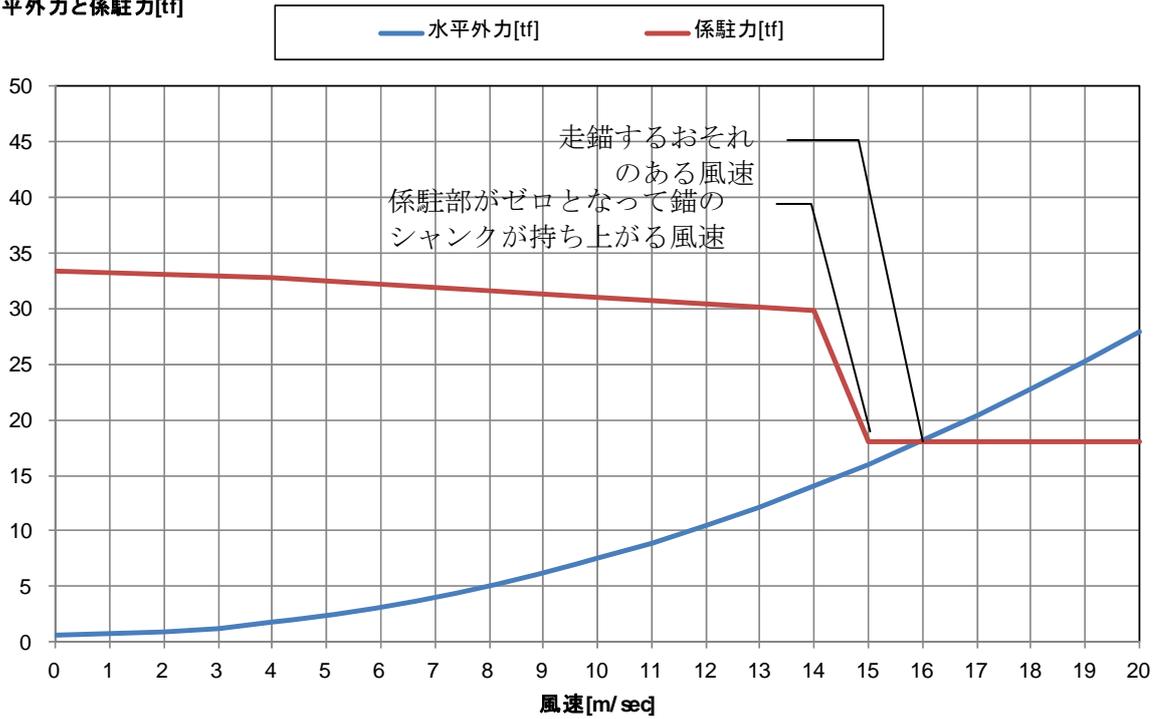


図 3.4.19 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 156m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

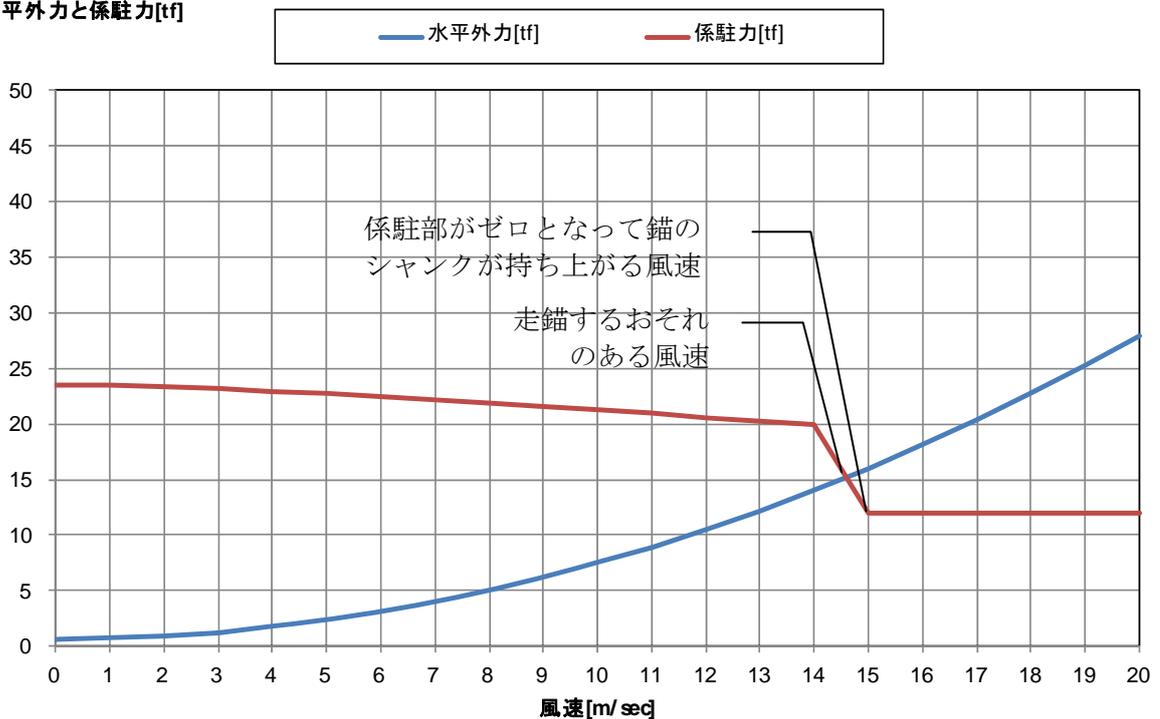


図 3.4.20 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 156m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

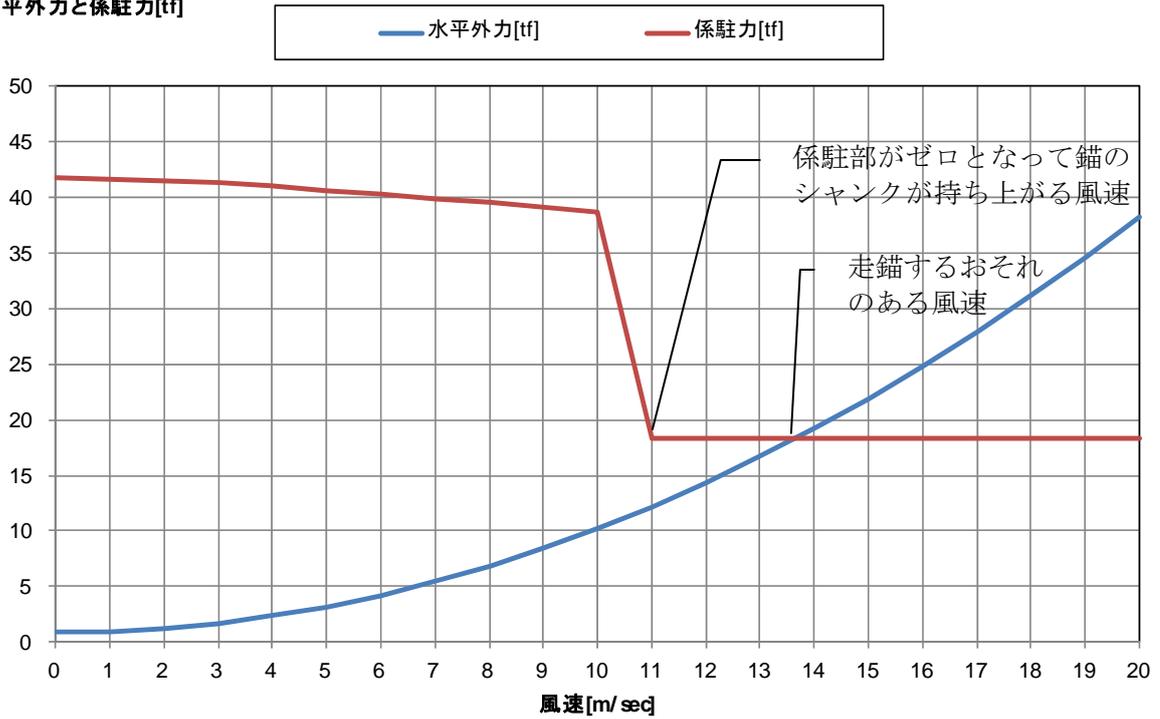


図 3.4.21 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 182m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

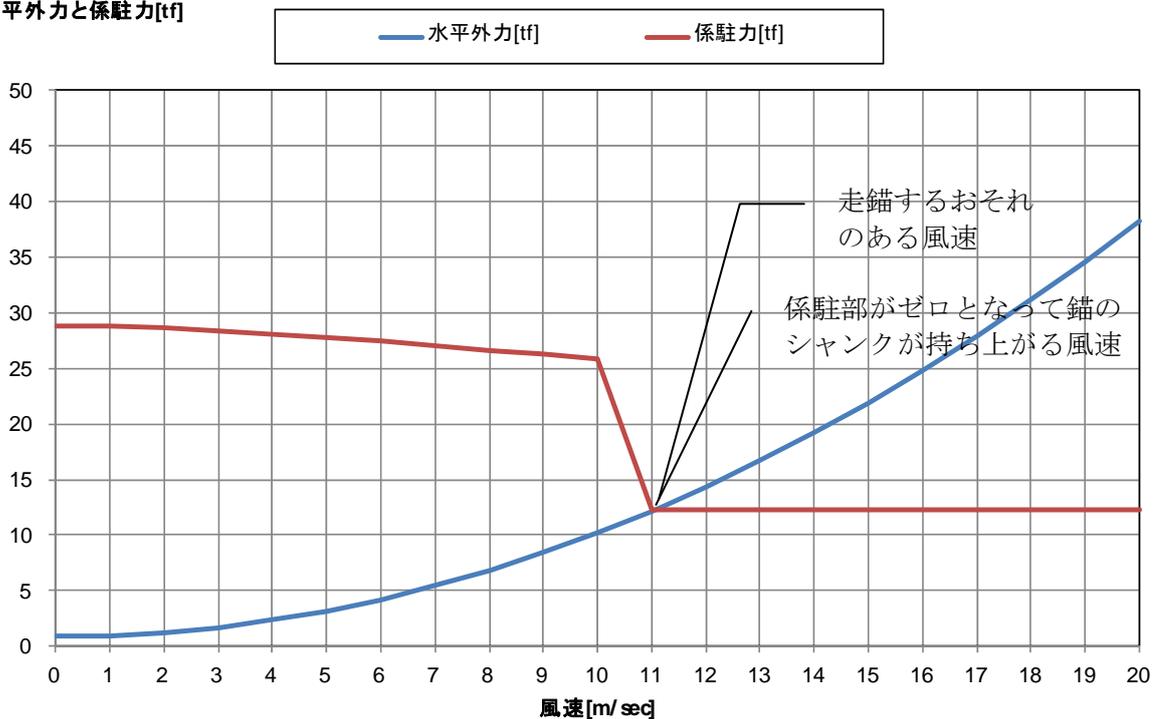


図 3.4.22 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 182m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

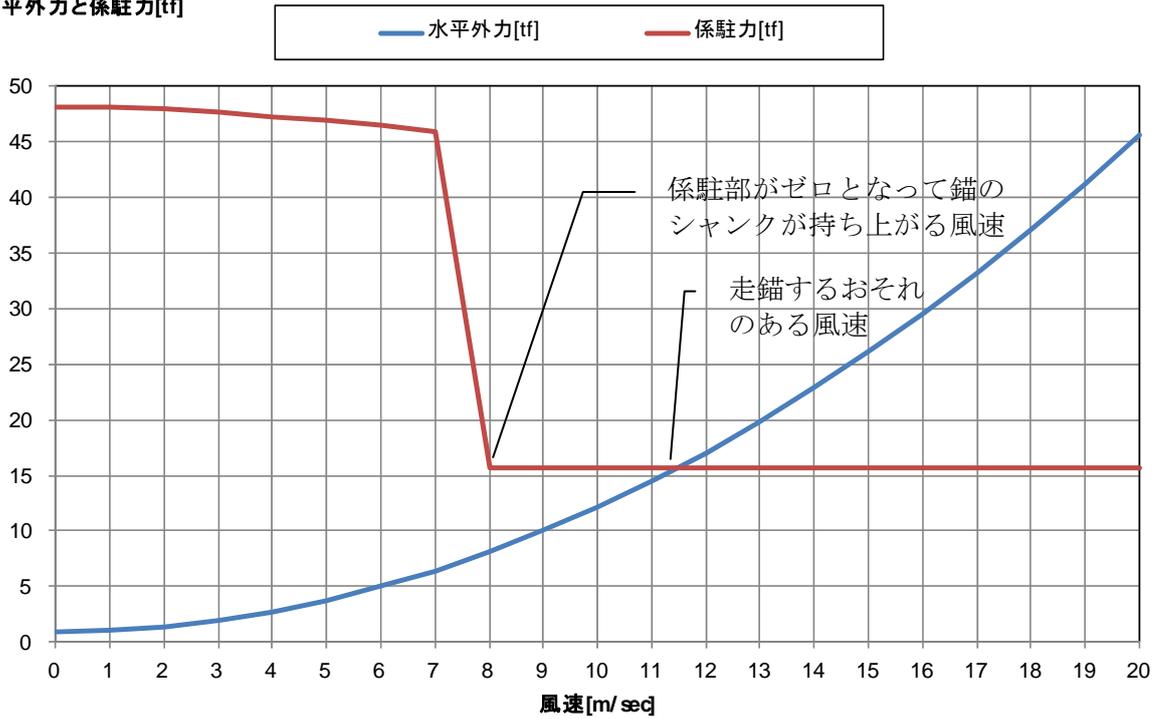


図 3.4.23 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 198m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

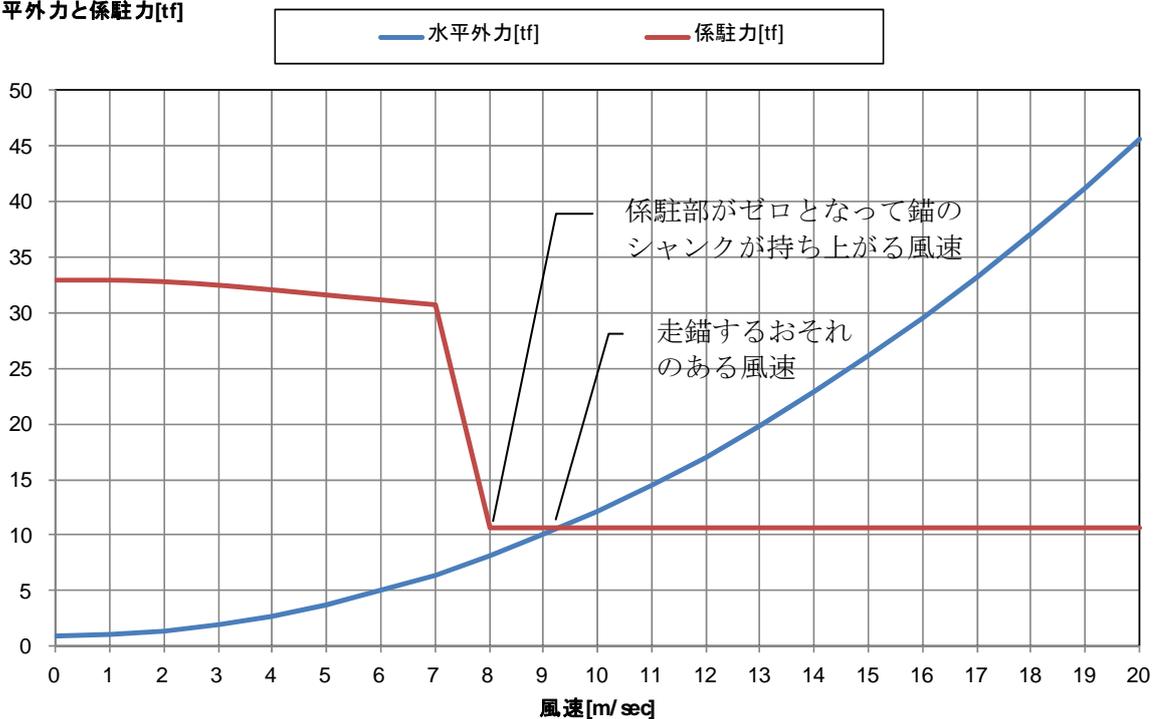


図 3.4.24 水平外力と係駐力の関係（貨物船：全長 198m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

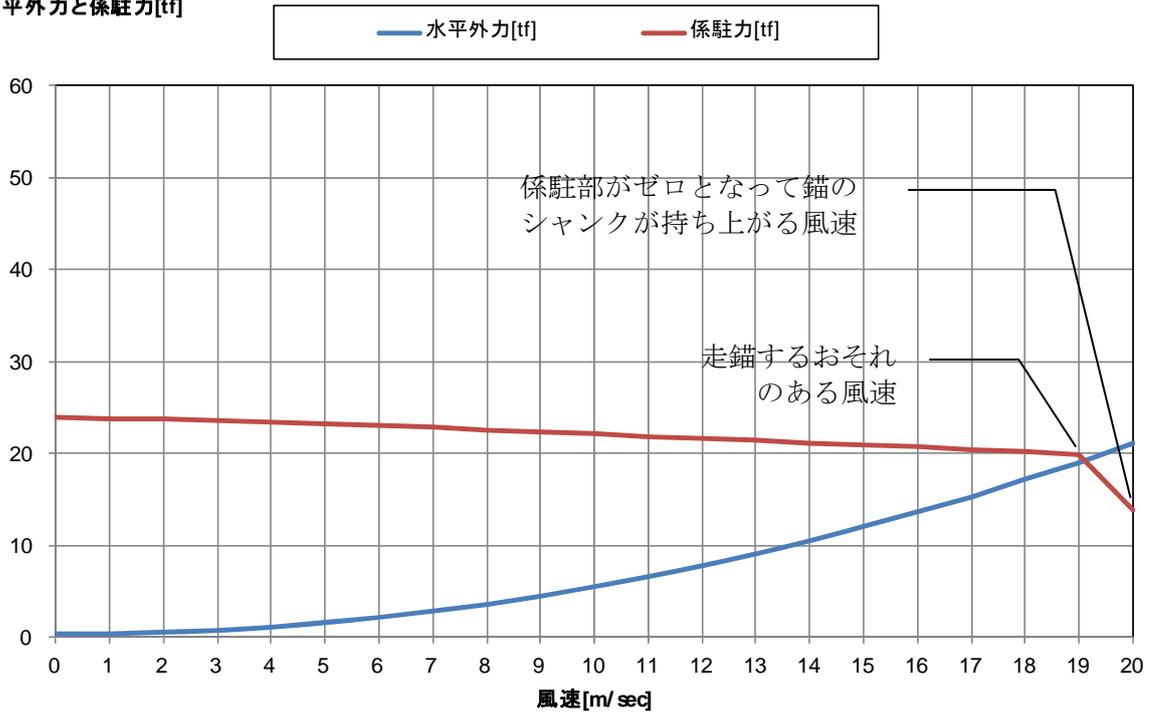


図 3.4.25 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 120m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

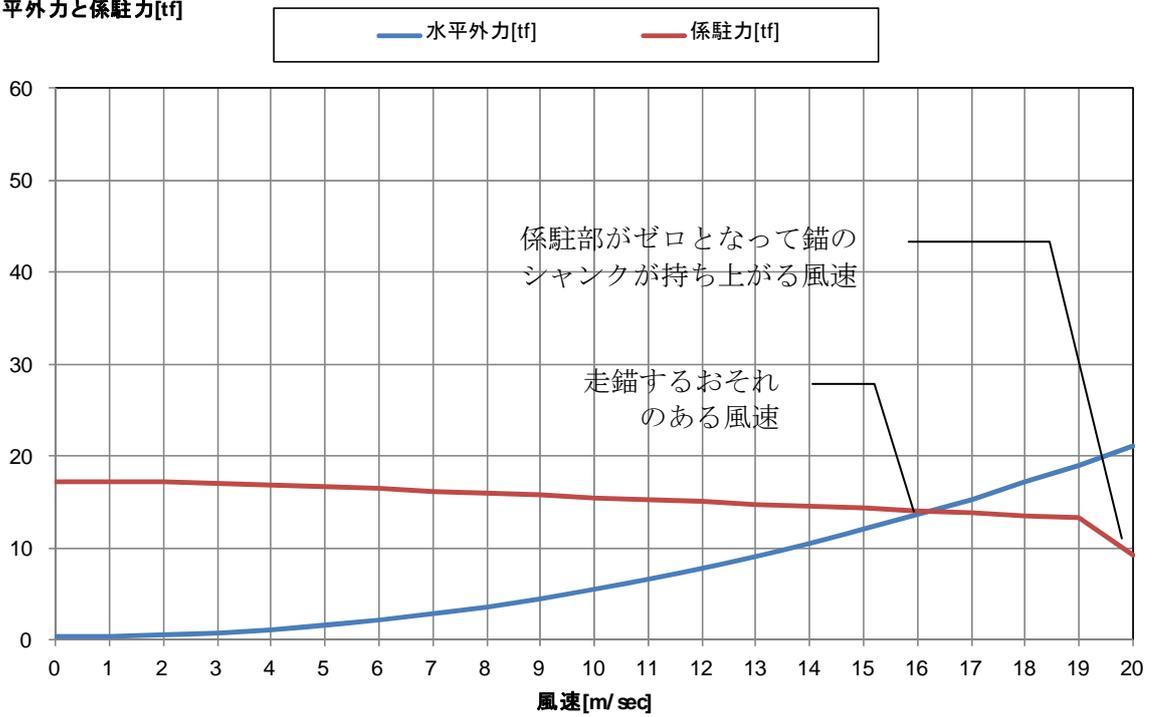


図 3.4.26 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 120m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

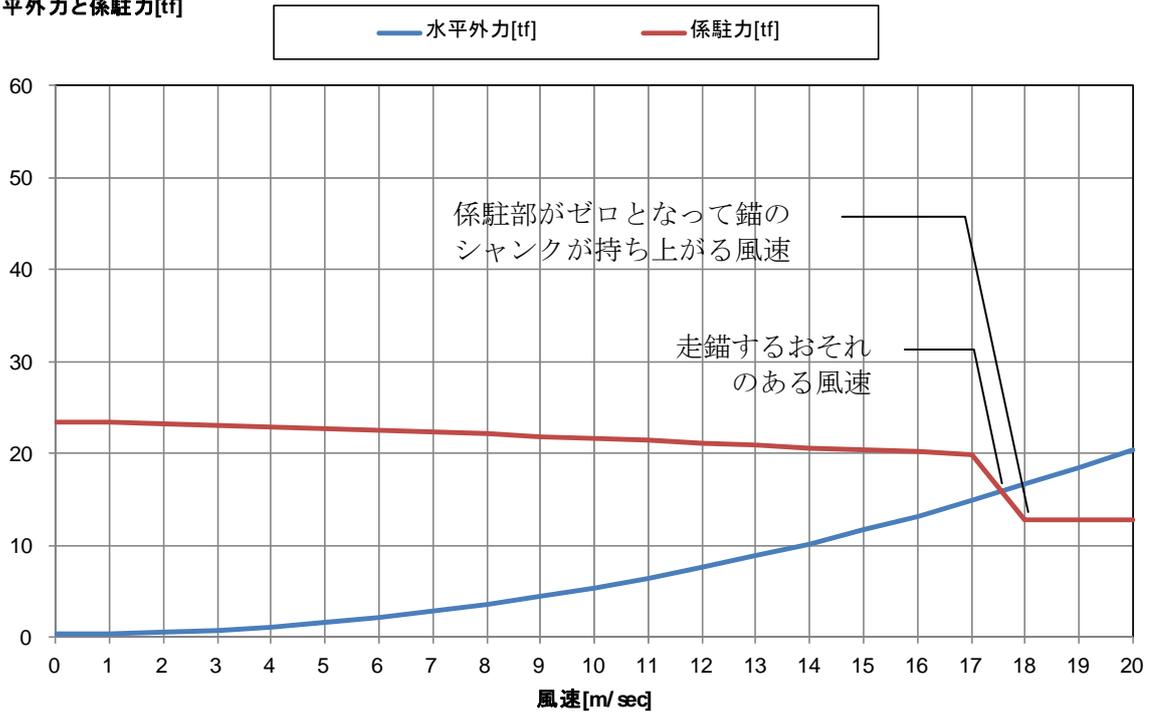


図 3.4.27 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 132m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

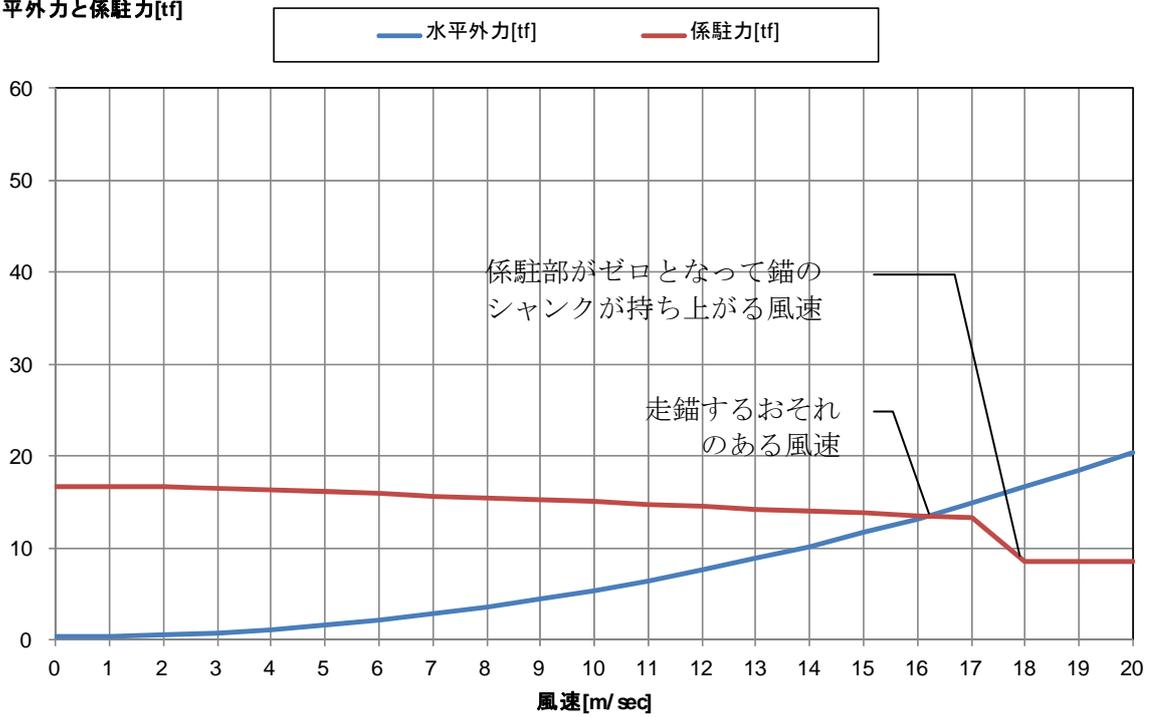


図 3.4.28 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 132m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

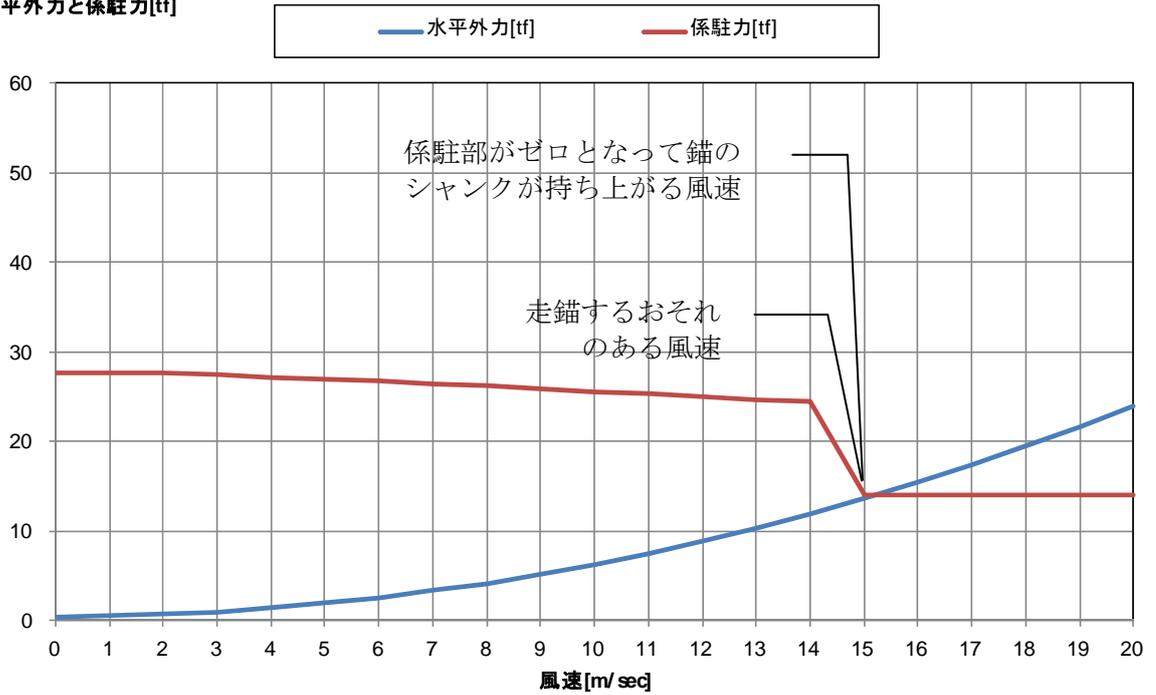


図 3.4.29 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 140m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

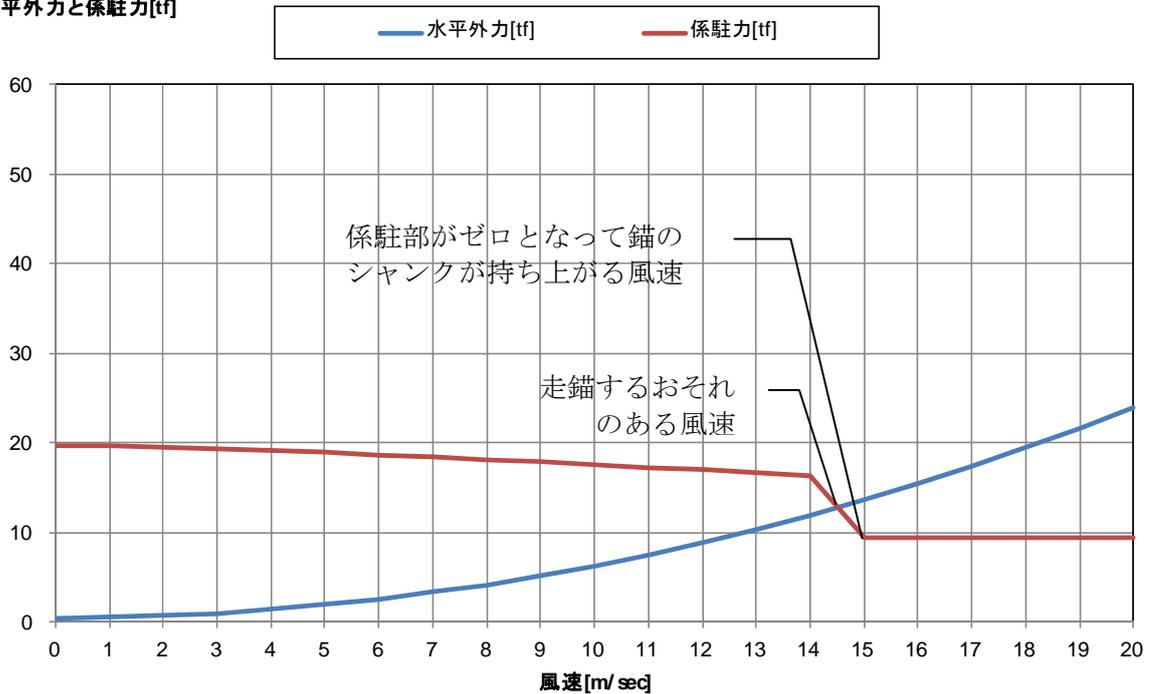


図 3.4.30 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 140m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

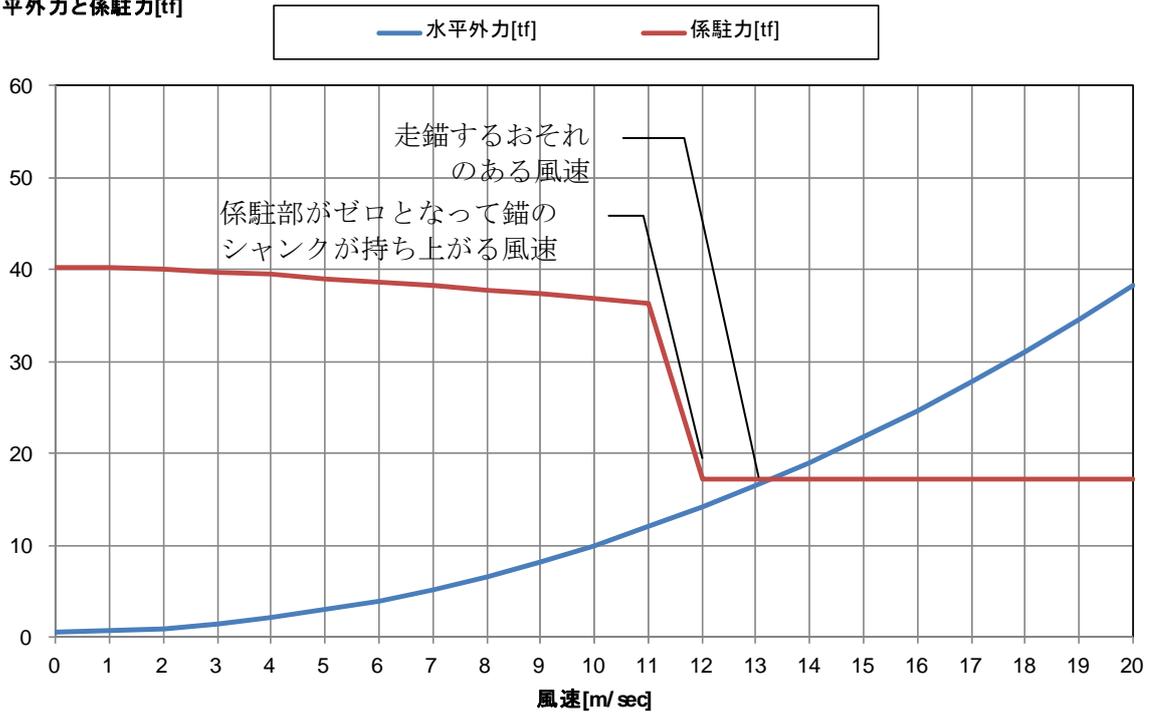


図 3.4.31 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 156m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

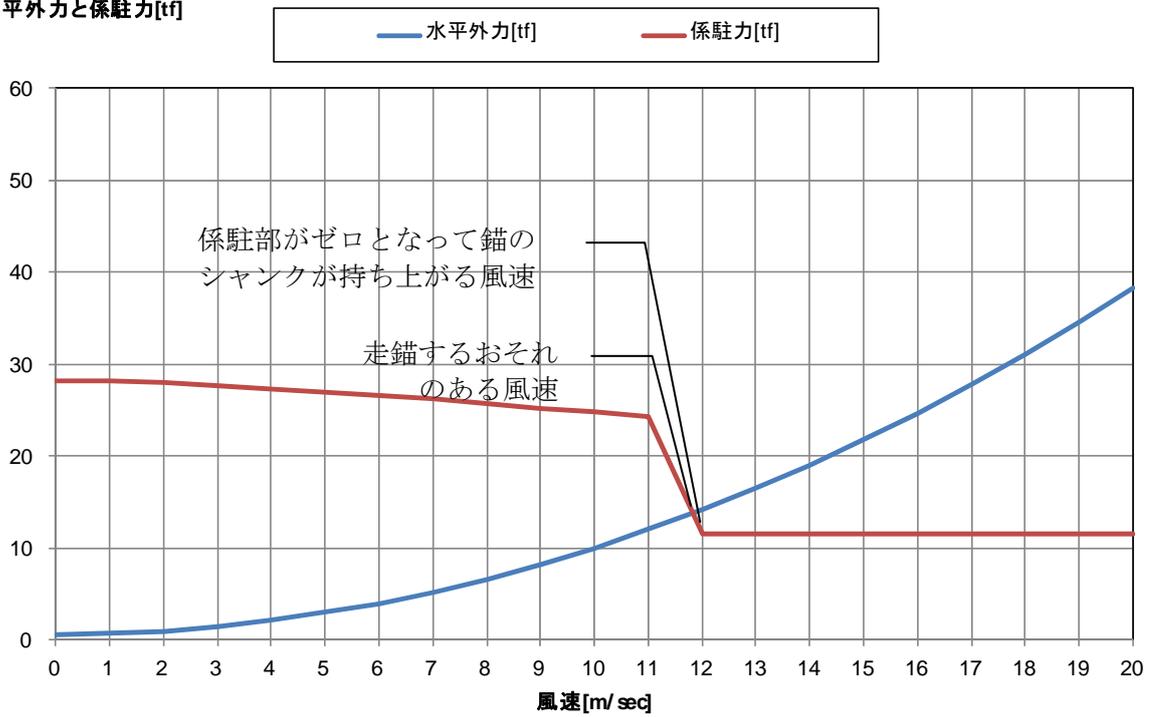


図 3.4.32 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 156m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

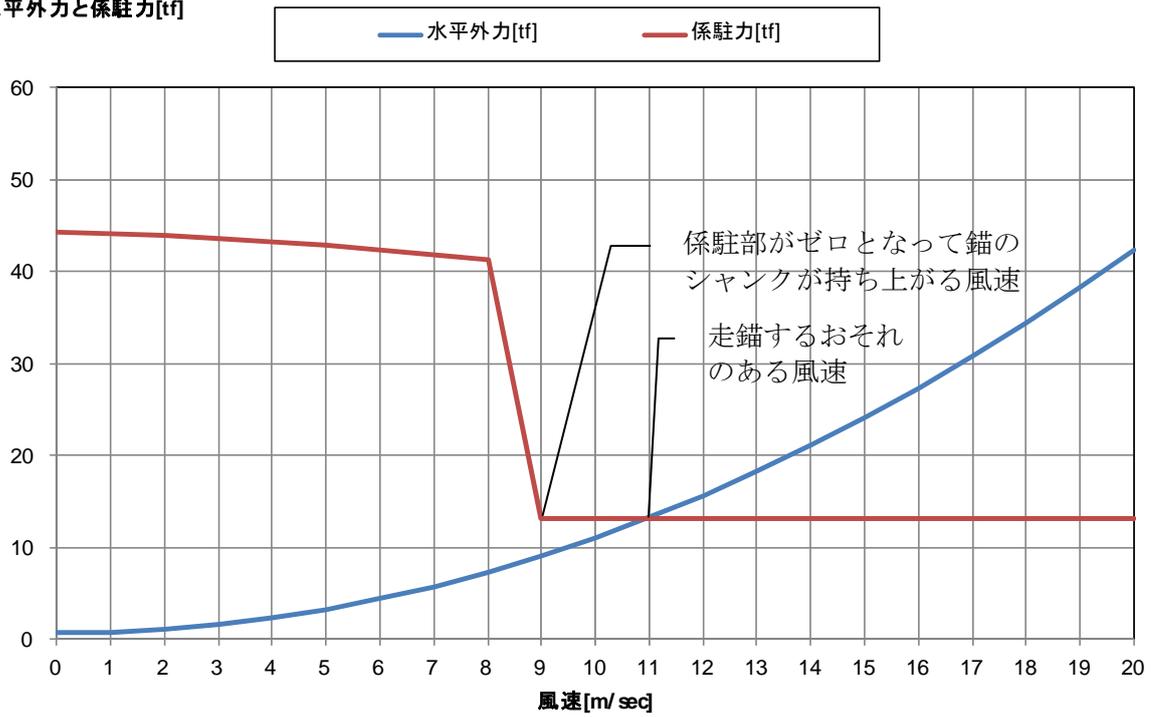


図 3.4.33 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 182m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

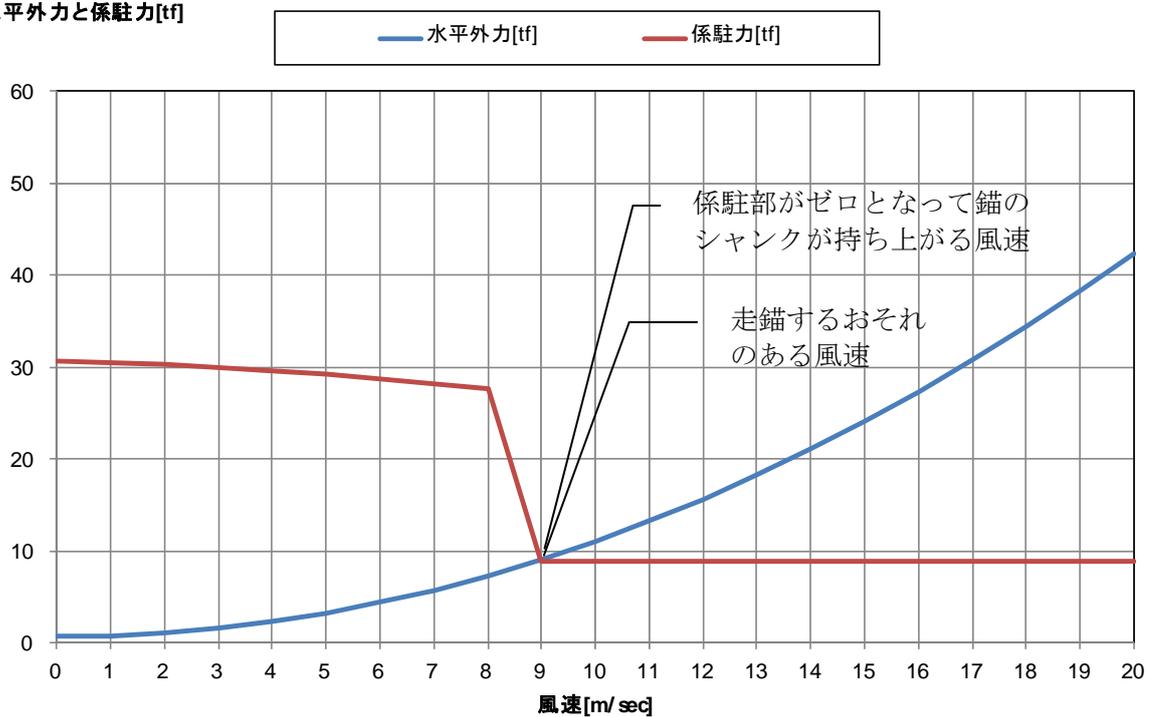


図 3.4.34 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 182m、JIS 型ストックレスアンカー）

水平外力と係駐力[tf]

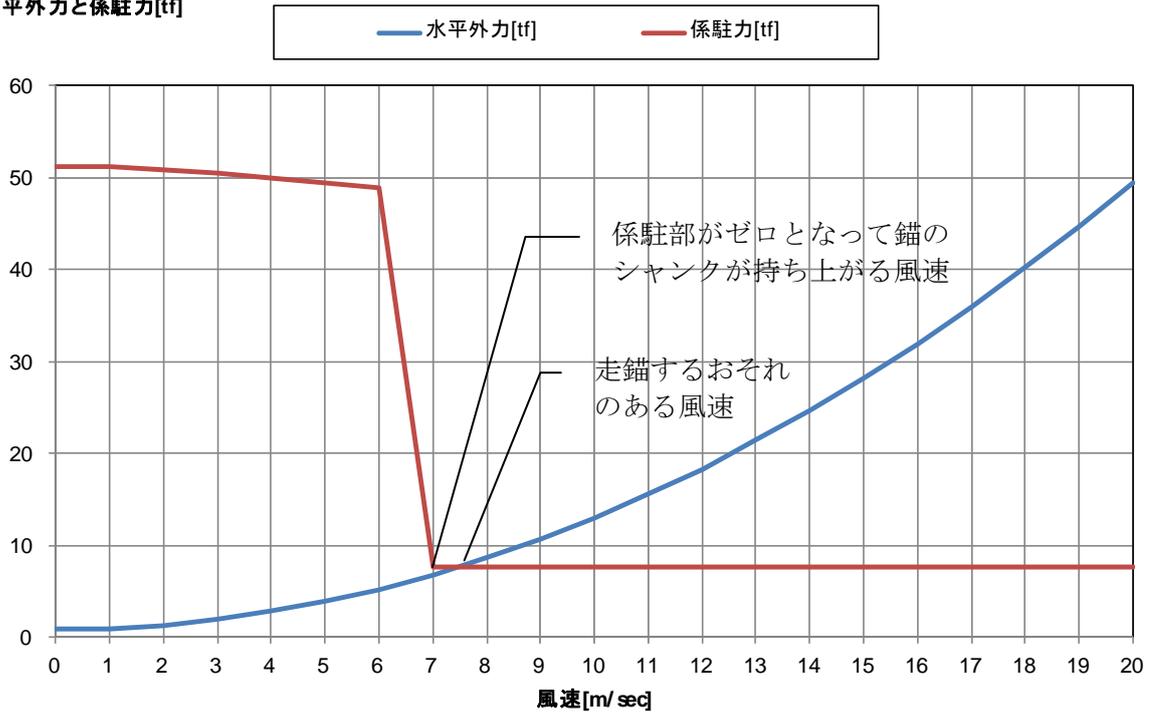


図 3.4.35 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 198m、AC14 型アンカー）

水平外力と係駐力[tf]

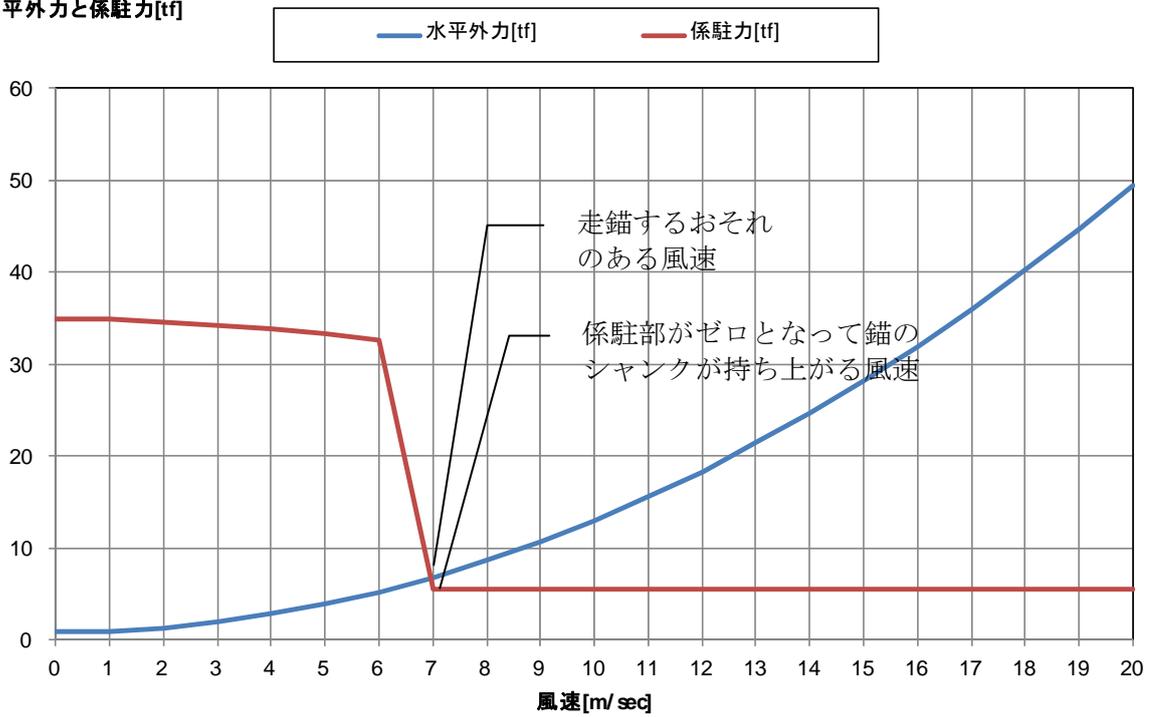


図 3.4.36 水平外力と係駐力の関係（自動車専用船：全長 198m、JIS 型ストックレスアンカー）

### 3.4.3 係駐限界風速

図 3.4.1～図 3.4.36の結果を基に、走錨するおそれのある風速と錨のシャンクが持ち上がり始める風速を整理すると、各船種のそれぞれで表 3.4.4～表 3.4.9に示すとおりである。また、これら風速について全長との関係を図示すると図 3.4.37～図 3.4.42に示すとおりとなる。

これらの図表より、最強潮流 1.9 ノット時の厳しい外力条件下において、全長 140m 程度の船舶の走錨するおそれのある風速はおおむね 15m/sec\*以上となった。船舶運航者の適切な運用のもと、一定の安全性が確保できるものと思われる。

なお、別途参考として検討した自動車専用船は、タンカーや貨物船のように船尾側に風圧中心がある船舶と比較して、風圧中心が船中央に配置されているため、タンカー、貨物船と異なる振れ回り挙動となる可能性がある。

※水島港において平均風速 15m/s 以上の出現日数は年間 25 日程度と推定

(日本海洋データセンターの下津井における 2001～2010 年の風観測記録に基づく)

表 3.4.4 対象船舶（タンカー、AC14 型アンカー）の係駐力限界

全 長	120 m	141 m	154 m	166 m	184 m	200 m
載貨重量	8,000DWT	12,000DWT	15,000DWT	20,000DWT	30,000DWT	49,000DWT
錨鎖伸出量 (節 数)	131 m (4.8 節)	110 m (4.0 節)	98 m (3.5 節)	86 m (3.1 節)	69 m (2.5 節)	54 m (2.0 節)
走錨するおそれのある風速	17.5 m/sec	16.5 m/sec	15.0 m/sec	14 m/sec	12 m/sec	9 m/sec
シャンクが持ち上がる風速	19 m/sec	17 m/sec	15 m/sec	13 m/sec	9 m/sec	6 m/sec

※ 1 節=27.5m

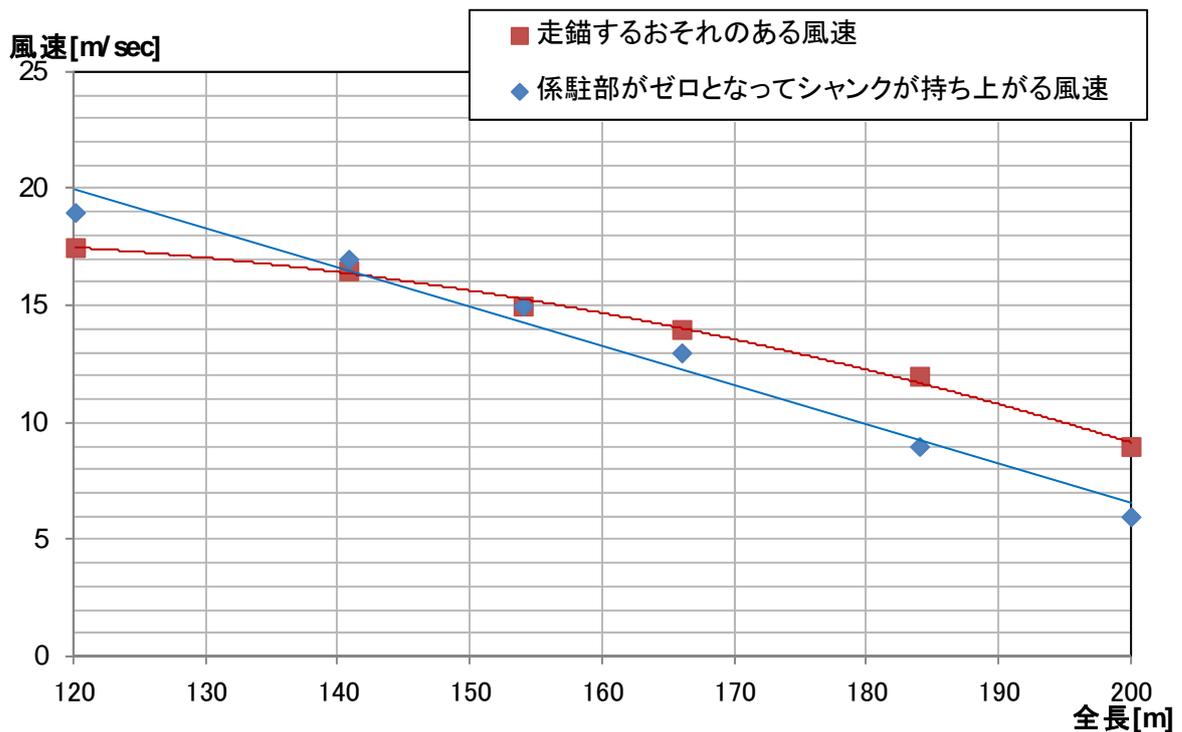


図 3.4.37 船型と係駐限界（タンカー、AC14 型アンカー）

表 3.4.5 対象船舶（タンカー、JIS 型ストックレスアンカー）の係駐力限界

全 長	120 m	141 m	154 m	166 m	184 m	200 m
載貨重量	8,000DWT	12,000DWT	15,000DWT	20,000DWT	30,000DWT	49,000DWT
錨鎖伸出量 (節 数)	131 m (4.8 節)	110 m (4.0 節)	98 m (3.5 節)	86 m (3.1 節)	69 m (2.5 節)	54 m (2.0 節)
走錨するおそれのある風速	15 m/sec	15 m/sec	14 m/sec	12.5 m/sec	10 m/sec	7.5 m/sec
シャンクが持ち上がる風速	19 m/sec	17 m/sec	15 m/sec	13 m/sec	9 m/sec	6 m/sec

※ 1 節=27.5m

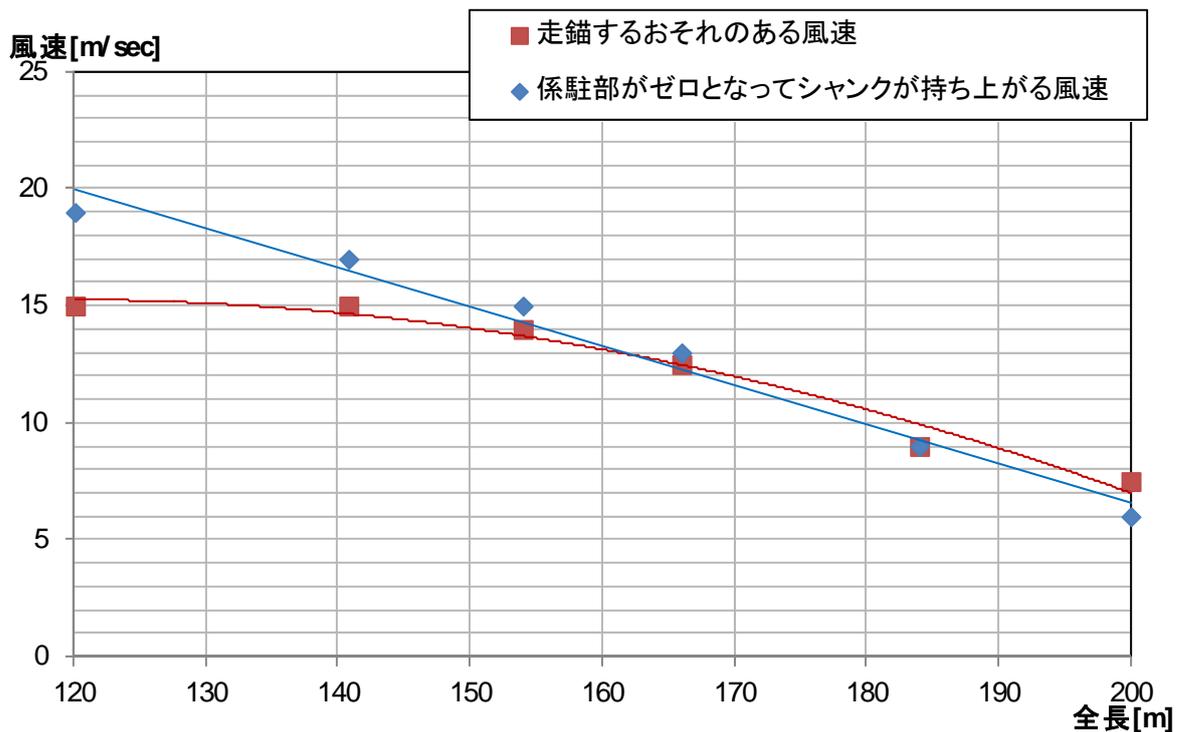


図 3.4.38 船型と係駐限界（タンカー、JIS 型ストックレスアンカー）

表 3.4.6 対象船舶（貨物船、AC14 型アンカー）の係駐力限界

全 長	120 m	132 m	140 m	156 m	182 m	198 m
載貨重量	8,900DWT	10,000DWT	12,000DWT	18,000DWT	30,000DWT	40,000DWT
錨鎖伸出量 (節 数)	131 m (4.8 節)	119 m (4.3 節)	111 m (4.0 節)	96 m (3.5 節)	70 m (2.6 節)	55 m (2.0 節)
走錨するおそれのある風速	20 m/sec	20 m/sec	17.5 m/sec	16 m/sec	13.5 m/sec	11.5 m/sec
シャンクが持ち上がる風速	23 m/sec	21 m/sec	18 m/sec	15 m/sec	11 m/sec	8 m/sec

※ 1 節=27.5m

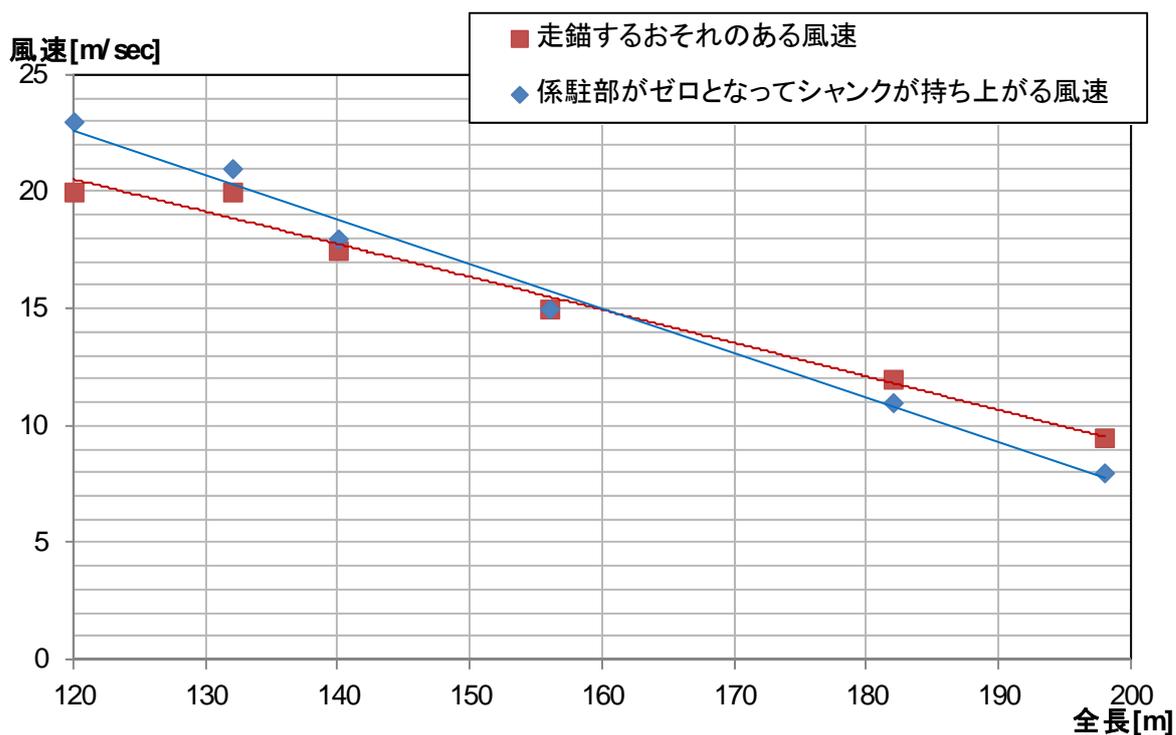


図 3.4.39 船型と係駐限界（貨物船、AC14 型アンカー）

表 3.4.7 対象船舶（貨物船、JIS 型ストックレスアンカー）の係駐力限界

全 長	120 m	132 m	140 m	156 m	182 m	198 m
載貨重量	8,900DWT	10,000DWT	12,000DWT	18,000DWT	30,000DWT	40,000DWT
錨鎖伸出量 (節 数)	131 m (4.8 節)	119 m (4.3 節)	111 m (4.0 節)	96 m (3.5 節)	70 m (2.6 節)	55 m (2.0 節)
走錨するおそれのある風速	17 m/sec	17 m/sec	16.5 m/sec	14.5 m/sec	11 m/sec	9 m/sec
シャンクが持ち上がる風速	23 m/sec	21 m/sec	18 m/sec	15 m/sec	11 m/sec	8 m/sec

※ 1 節=27.5m

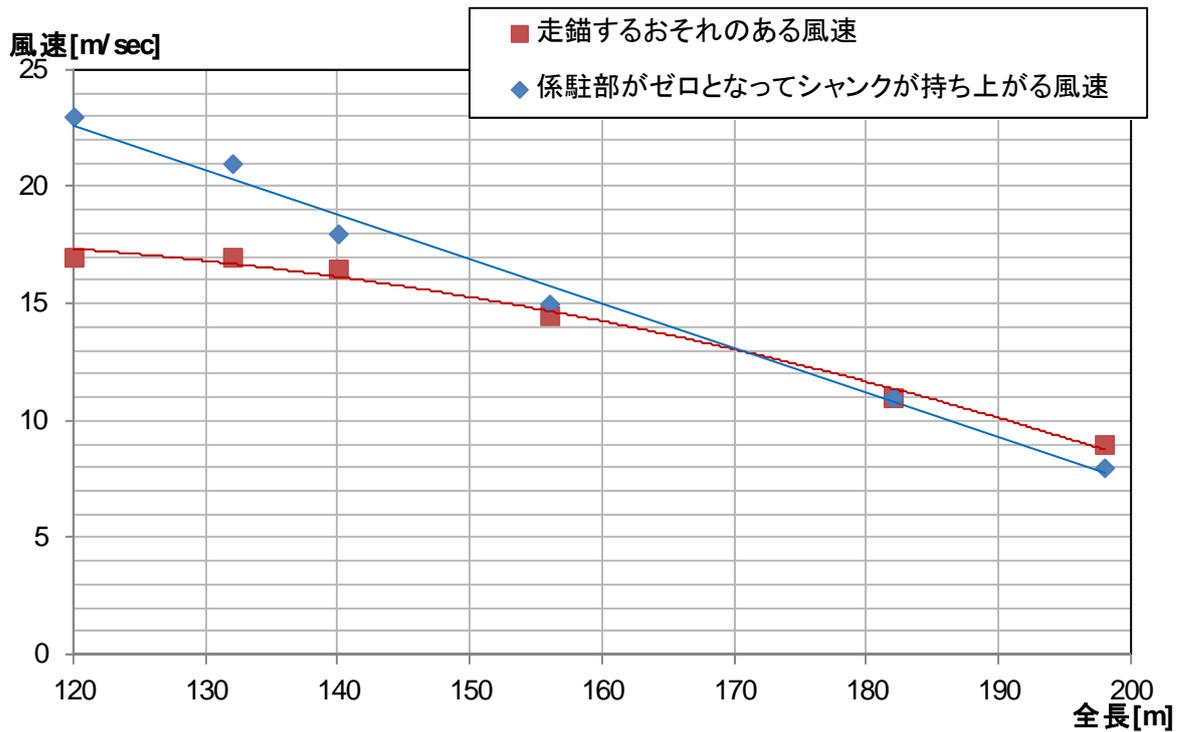


図 3.4.40 船型と係駐限界（貨物船、JIS 型ストックレスアンカー）

表 3.4.8 対象船舶（自動車専用船、AC14 型アンカー）の係駐力限界

全 長	120 m	132 m	141 m	164 m	180 m	200 m
載貨重量	3,559DWT	3,325DWT	4,659DWT	12,499DWT	15,553DWT	21,514DWT
錨鎖伸出量 (節 数)	131 m (4.8 節)	119 m (4.3 節)	111 m (4.0 節)	90 m (3.3 節)	77 m (2.8 節)	60 m (2.2 節)
走錨するおそれのある風速	19 m/sec	17.5 m/sec	15 m/sec	13 m/sec	11 m/sec	7.5 m/sec
シャンクが持ち上がる風速	20 m/sec	18 m/sec	15 m/sec	12 m/sec	9 m/sec	7 m/sec

※ 1 節=27.5m

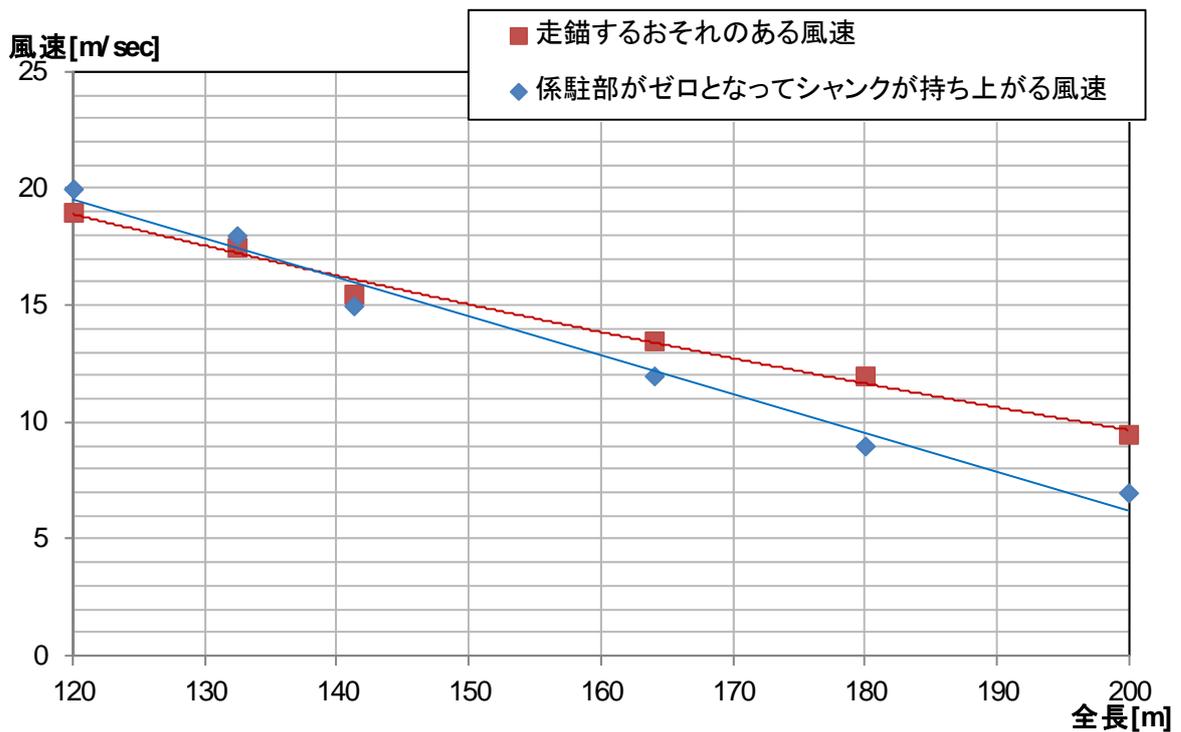


図 3.4.41 船型と係駐限界（自動車専用船、AC14 型アンカー）

表 3.4.9 対象船舶（自動車専用船、JIS 型ストックレスアンカー）の係駐力限界

全 長	120 m	132 m	141 m	164 m	180 m	200 m
載貨重量	3,559DWT	3,325DWT	4,659DWT	12,499DWT	15,553DWT	21,514DWT
錨鎖伸出量 (節 数)	131 m (4.8 節)	119 m (4.3 節)	111 m (4.0 節)	90 m (3.3 節)	77 m (2.8 節)	60 m (2.2 節)
走錨するおそれのある風速	16 m/sec	16 m/sec	14.5 m/sec	11.5 m/sec	9 m/sec	7 m/sec
シャンクが持ち上がる風速	20 m/sec	18 m/sec	15 m/sec	12 m/sec	9 m/sec	7 m/sec

※ 1 節=27.5m

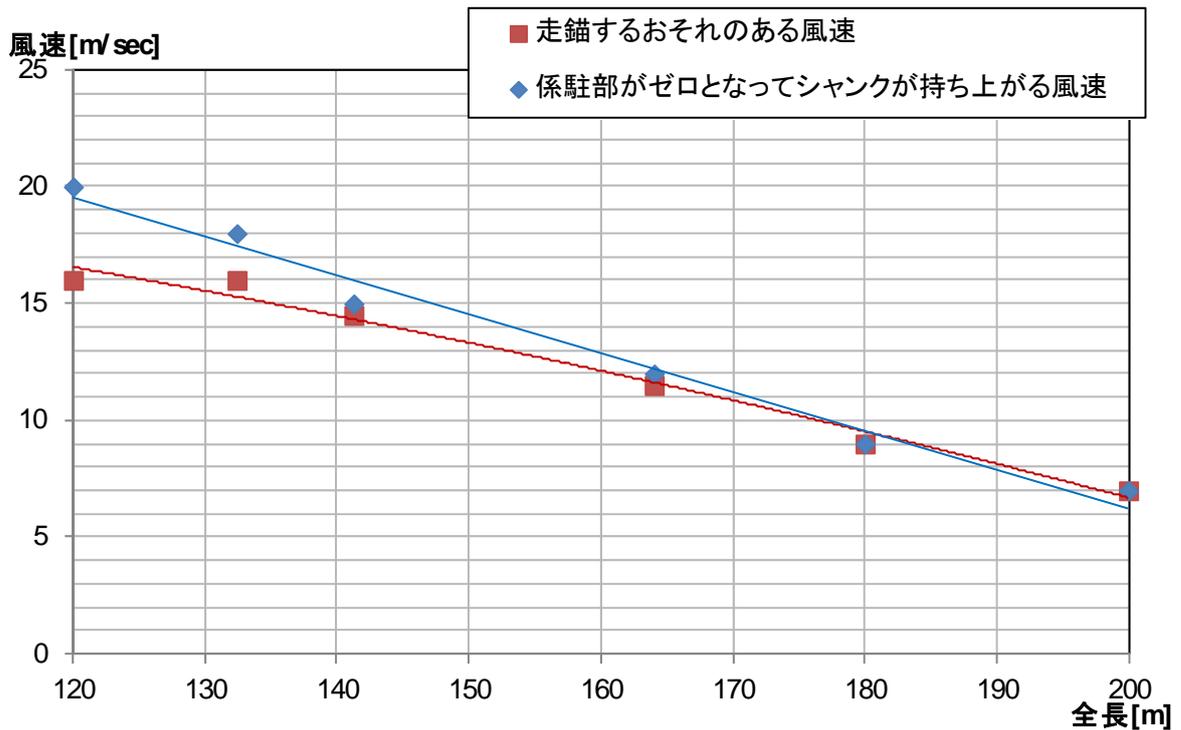


図 3.4.42 船型と係駐限界（自動車専用船、JIS 型ストックレスアンカー）