

参考（事故種別の用語定義）

- ・乗揚：船舶が海岸や岩礁などの水面下に存在するものに乗りに揚げた場合をいう
- ・座洲：主に砂地の海底部分と船底が接触し、かつ、人身・船体に被害がない場合をいう
- ・安全障害：载荷不良等に起因する転覆を招くような船体傾斜など、切迫した危険が生じた場合をいう
- ・運航障害：機関故障の発生時など、直ちに切迫した危険はないが、危険性の増大が予想される場合をいう

前掲の図3に示す「沈没」2件のうち1件は、令和4年4月に知床半島西方沖で発生した旅客船沈没事故（以下「知床沖旅客船沈没事故」という。）でした。

航行中の小型旅客船が荒天の影響等により沈没した場合、旅客の人命に直結するリスクが極めて高いことから、小型旅客船事業者においては、**運航海域の特性とそれに伴うリスク**を把握した上で、常日頃から同種事故の未然防止に向けた取組を実践し継続することが重要です。

3. 運航海域の特性について

知床沖旅客船沈没事故に関連し、国土交通省に設置された知床遊覧船事故対策検討委員会が令和4年12月に公表した『旅客船の総合的な安全・安心対策』では、「自社・海域固有の事情」を踏まえた施策の必要性が提言され、また、運輸安全委員会が公表した事故調査報告書においても、「航行する海域の特徴」を踏まえた再発防止策を講じる必要性に言及しています。

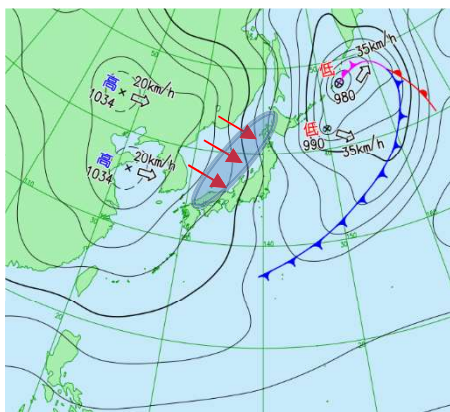
すなわち、安全運航を確実にするためには、船長及び乗組員が船体構造や操縦性能などの「船」が有する特性や固有の性質（癖）を十分に把握し体得することはもちろん、自らの船を浮かべ走らせるフィールドである「海」の特性とリスクを肌身で知ることが重要になります。このことは、安全管理体制の下で、事業全般の安全を統括する安全統括管理者及び運航管理を統括する運航管理者においても同様です。

以下では、小型旅客船事業者が把握すべき自社船の運航海域特性（言い換えれば、運航の安全性に根本的な影響を及ぼすリスク要因）には、具体的にどのようなものがあるのか、その代表的な例を紹介します。

(1) 気象海象に伴うリスク

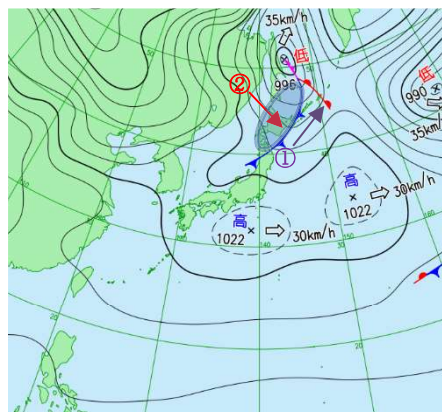
1) 外洋に面する海域

① 「季節風」や「寒冷前線を伴う発達した低気圧」などの気象影響【浸水/沈没リスク】



(図4 - 冬季季節風吹走時の気圧配置例)

出典：気象庁ホームページ



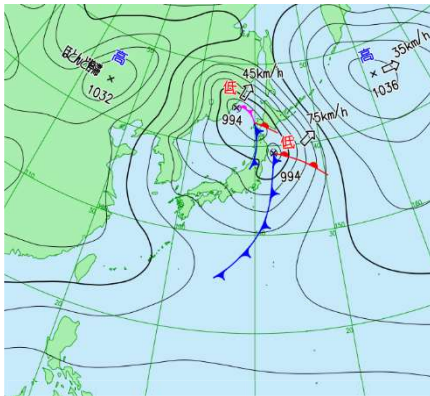
(図5 - 寒冷前線通過後の気圧配置例)

出典：気象庁ホームページ



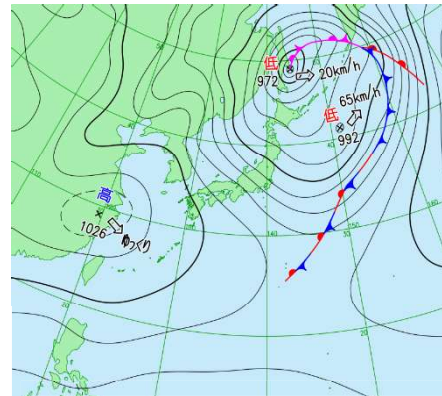
(※ 知床沖旅客船沈没事故は、寒冷前線通過後に風向きが急変して、北西（又は西）寄りの風に伴う高波の影響を受けたことによるものでした)

- その他、冬から春にかけて、日本海側と太平洋側でそれぞれ低気圧が並進し、その通過海域に雨雪・強風をもたらす「**二つ玉低気圧** (図 6)」のほか、日本の東海上から千島近海で、暴風雨・暴風雪を伴い急速に発達する温帯低気圧 (24 時間以内に中心気圧が 24 ヘクトパスカル以上低下するものをいう。「**爆弾低気圧** (図 7)」ともいう。)」や**地域特有の季節風** (図 8) にも注意が必要です。



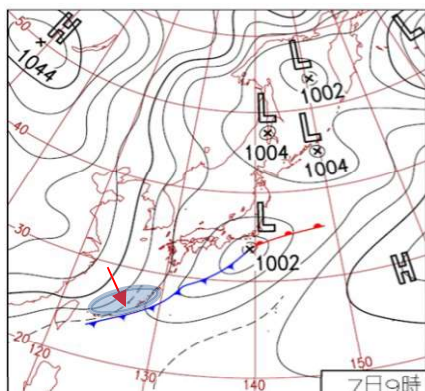
(図 6 - 二つ玉低気圧の気圧配置例)

出典：気象庁ホームページ



(図 7 - 爆弾低気圧の気圧配置例)

出典：気象庁ホームページ



(図 8 - 南西諸島海域における気圧配置例)

出典：気象庁ホームページ

- 日本海沿岸域では、冬季に西高東低の気圧配置となり、狭い等圧線間隔で気圧傾度が大きい場合に**北西季節風 (図 4：赤矢印)** が吹きます。

水色の楕円は、おおむねの吹走域を示します。

- 発達した低気圧から延びる**寒冷前線**が通過した場合、風向の急変を招くことがあります。図 5 は一例ですが、前線の通過により南西風 (紫矢印①) から**北西風 (赤矢印②)** に急変しています。

水色の楕円は、おおむねの吹走域を示します。

- 図 8 は、春先の 3 月から 5 月 (旧暦の 2 月) にかけて、沖縄本島～先島諸島に吹く季節風「**ニングッチ カジマーイ** (二月風廻り)」が発生した際の気圧配置を一例として示すものです。

この「**ニングッチ カジマーイ**」は、沖縄本島～先島諸島海域が、高気圧に覆われた後、前線を伴う急速に発達した東シナ海低気圧が同海域を通過する際、急激に南風から北寄りの強い風 (左図赤矢印) に変化するものです。

上記で紹介したような気圧配置に伴い、強い海上風による高波の発生が予測される場合、風速や波高の情報を含めた**気象庁発表の警報・注意報などに細心の注意**を払い、また、気圧配置が緩んだ後でも、海象状況が穏やかになっているかを確実に見定めるなど、適切な運航管理を行うことが求められます。

② 外洋から伝播する「風浪・うねり」などの海象影響 【浸水/沈没リスク】

運航海域の天候が良く、風が穏やかであっても、台風や発達した低気圧の影響で発生した「風浪」が「うねり」となって、遠方の海上から伝わってくることで、航行に影響を及ぼすような高波になることがあります。

一般に、風浪やうねりを含めた「波浪」の成り立ちと変化は次のとおりになります。

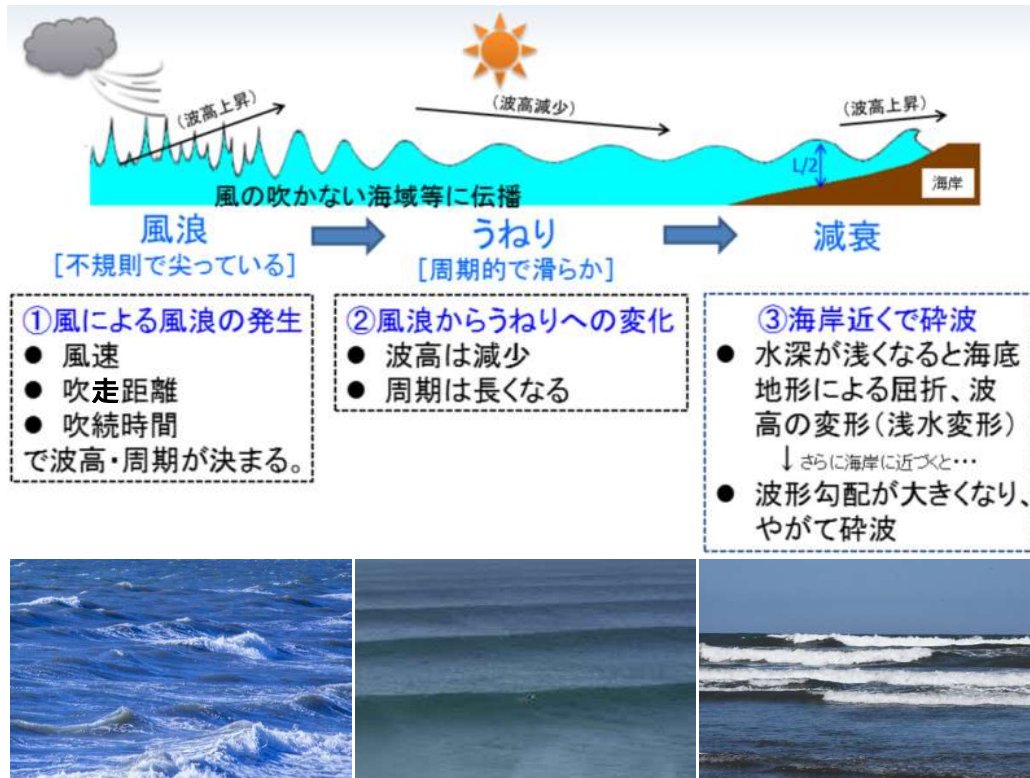


図9 - 出典：気象庁ホームページ「波浪予測の概要と高波事例の検証」（引用加工）

なお、図9右側の番号③で述べる砕波は「磯波」とも呼ばれます。

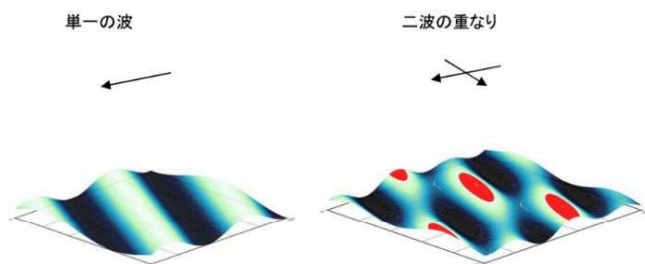


図10 - 出典：高野 洋雄・山根 彩子（2018）：『航行に危険な荒れた海域情報』の波浪予想図への追加』、測候時報, 85, 1-12.

また、沖合で複数の方向から来る波が重なり合い、海面形状が複雑になって、突然の大波が発生することがあります（図10の赤色部分）。

特に、波形が三角錐のように切り立った「三角波」は、短周期、又は不規則な周期の突き上げを伴うことから、激しい船体動揺から転覆に至る危険性があります。

その他、複数の波の周期や位相が偶然に一致し、一つに重なり合った波が有義波高（注：参照）の数倍に達する「一発大波」にも注意が必要です。確率的には、有義波高に対して10波に1波で1.27倍、100波に1波で1.61倍、1000波に1波で2.00倍に達するとされ、有義波高の2倍に達する波は、約2時間に1度発生するとされます。

注：有義波高 - ある地点で連続する波を観測し、波高の高い方から並べて、全体の3分の1の個数の波を選び、その波高を平均したものをいう。熟練した観測者の目視波高に近いとされ、気象庁の天気予報や波浪予報における波高値等で一般的に用いられる。

BACK TO BASICS! (初心にかえりましょう)

知床沖旅客船沈没事故では、船長において運航海域の気象・海象特性に対する理解やその影響に関する知識・経験が不足しており、運航可否判断を的確に行う能力を備えていなかったことが事故の要因の一つとなりました。当該事故等の教訓から求められる「基本動作」は以下のとおりです。

【気象海象判断】

- 運航海域の気象・海象特性や傾向について、積み重ねた情報と経験を基に把握できていますか？
- 船長と運航管理者は、天気図や気象・海象情報等を基に発航可否判断を行うことができますか？
- 船長と運航管理者は、運航基準に定める風速・波高を正確に把握できていますか？
- 地域特有の気象推移予測について、「観天望気」を活用していますか？
- 発航前に気象庁や民間気象団体などからの最新情報を確認していますか？
- 気象・海象情報の補完に海上保安庁 HP「海洋状況表示システム」などを活用していますか？
- 運航中にリアルタイムでの気象・海象把握や推移予測が可能なアプリなどを活用していますか？
- 船長と運航管理者の間で気象・海象状況や運航判断に係る交信連絡が確実に行われていますか？



【運航可否判断】

- 自社の運航基準を理解し、安全最優先の意識を持って適切な発航判断を行っていますか？
- 気象・海象悪化が予測される際、コース変更を明確に決定しないまま、発航判断していませんか？
- 荒天操船が難しくなった場合に備え、避難港の設定や活用を促す態勢ができていますか？
- 気象・海象情報の共有や発航等判断について、地域同業者等との共助体制が構築されていますか？
- 運航中止、反転、避泊や臨時寄港などの船長判断を尊重する安全文化が確立されていますか？

(コラム 1) 運航基準について

旅客船事業者は、海上運送法に基づいて「安全管理規程」を定めることが義務付けられており、また、当該規程の実施を図るために「運航基準」を策定することが求められます。

知床沖旅客船沈没事故では、当該旅客船を所有・運航する事業者によって、以下のような運航の可否判断に関する風速・波高条件が「運航基準」に規定され、いずれか一つの条件に達するおそれがあるときは、発航中止、基準航行の中止及び反転、避泊、又は臨時寄港の措置を取ることが定められていました。

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| 1) 発航の可否判断 (港内観測に基づく発航中止基準) | : 風速 8m/s 以上、又は波高 0.5m 以上 |
| 2) 発航の可否判断 (航行中に遭遇する「おそれ」としての基準) | : 風速 8m/s 以上、又は波高 1.0m 以上 |
| 3) 基準航行の可否判断 (基準航行中止・反転等に係る基準) | : 風速 8m/s 以上、又は波高 1.0m 以上 |

当該事故では、航行中に上記 2) の基準に達するおそれがあったにもかかわらず、発航措置が取られました。



それでは、発航前など現場で風速・波高を的確に見定めるためにはどうすればよいのでしょうか？

一つの観測目安となるものが、以下に述べる「ビューフォート風力階級」です。

一例として、知床沖旅客船沈没事故に係る「運航基準」でも定められていた**風速 8m/s**について、ビューフォート風力階級でどのような定義付けと分類が行われているのを見比べてみます（注：同風力階級は1～12までとなりますが、以下の表はその一部を抜粋したものです）。

風力階級	説明	相当風速		参考波高 (メートル)	風力階級	説明	相当風速		参考波高 (メートル)
		ノット	メートル毎秒				ノット	メートル毎秒	
0	鏡のような海面	< 1	0~0.2	-	5	波の中ぐらいのもので、いっそうはっきりして長くなる。白波がたくさん現れる。(しぶきを生ずることもある。)	17~21	8.0~10.7	2(2.5)
1	うろこのような小さな波ができるが、波がしらに泡はない。	1~3	0.3~1.5	0.1(0.1)	6	波の大きいものができはじめる。いたるところで白く泡立った波がしらの範囲がいっそう広がる。(しぶきを生ずることが多い。)	22~27	10.8~13.8	3(4)
2	小波の小さなもので、まだ短いはっきりしてくる。波がしらはなめらかに見え、砕けていない。	4~6	1.6~3.3	0.2(0.3)	7	波はますます大きくなり、波がしらが砕けてできた白い泡は、すじを引いて風下に吹き流されはじめる。	28~33	13.9~17.1	4(5.5)
3	小波の大きなもの。波がしらが砕けはじめる。泡はガラスのよう見える。ところどころ白波が現れることがある。	7~10	3.4~5.4	0.6(1)	8	大波のやや小さなもので、長さが長くなる。波がしらの端は砕けて水けむりとなりはじめる。泡は明瞭なすじを引いて風下に吹き流される。	34~40	17.2~20.7	5.5(7.5)
4	波の小さなもので、長くなる。白波がかなり多くなる。	11~16	5.5~7.9	1(1.5)					

図 11 - 出典：気象庁 風力階級表（抜粋引用）

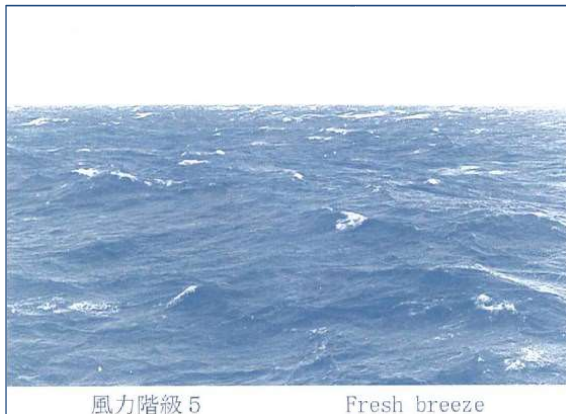


図 12 - 出典：気象庁 風力階級表（抜粋加工）

図 11 から、風速 8m/s は、**風力階級「5」**（赤枠参照）に相当することがわかります。

また、外洋域でのおおよその波高を示す参考波高から、波高は約 2.0m、最大で 2.5m 程度に達することがわかります。

また、その海面状態は、概ね図 12（写真）のように観測されます。

よって、運航基準 2) と 3) で「風速 8m/s 以上、又は波高 1.0m 以上」と定める場合、風速が左記の条件の 8m/s に達するであろう時点で、一方の条件である波高は 1.0m を超える可能性が高くなります。

また、波高 1.0m のビューフォート風力階級は「3（風速 5m/s に達する頃）」から「4」に該当しますが（紫枠参照）、その海面状態は概ね左下の図 13（写真）のように観測されます。

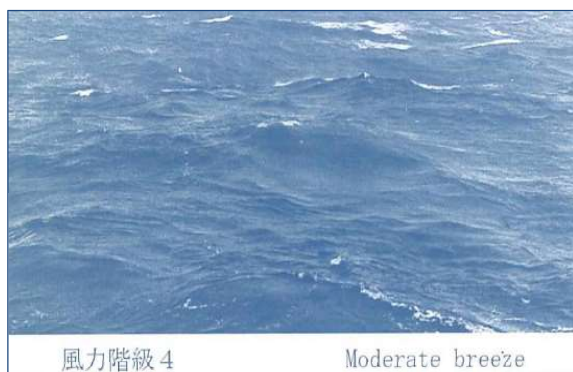


図 13 - 出典：気象庁 風力階級表（抜粋加工）

したがって、港内で波高 0.5m、又は、風速 5.5m/s 程度を観測する時点で、**沖合では、既に波高 1.0m に達している可能性が高いため、風速 8m/s の基準値によらず、安全を最優先に、前広かつ柔軟な運航判断（運航中止等）を検討することも必要です。**

→ **自社の運航基準を適切に定めるとともに、旅客の安全を念頭に置き、気象・海象予測から基準値以下でも発航を中止するなどの弾力的な運用を考えていますか？**

2) 沿岸海域

① 河口流による高波の影響 【浸水/転覆/沈没リスク】

- ・ 大きな河川などの河口付近では、河川流、波により発生する海浜流や潮汐流が入り混じった複雑な「河口流」が発生しており、増水時だけでなく、平水時でも海浜流と海底地形の影響で、高波が発生することがあります。
- ・ また、台風や発達した低気圧の影響により、遠方から伝播してきた「うねり」が陸岸近くの浅海面で「磯波」となって、河口流とぶつかり、高波を発生させることにも注意が必要です。



図 14 - 秋田県雄物川河口 (写真加工)

- ・ 図 14 で、河口部の橙色の円が「**河口流**」の発生域を示しており、河口から沖合の方向にかけて、黄色の円で囲った部分が「**磯波と河口流による高波**」の発生域を大まかに示しています。
- ・ なお、外海と水路でつながっている湖水（静岡県 の 浜名湖 など）でも、磯波と潮汐流などの影響により、水路の出口沖合で高波が発生することがあります。

② 磯波による高波の影響 【浸水/転覆/沈没リスク】

- ・ 河口流の影響がない場所でも、「**磯波**」によって引き起こされる高波には十分な注意が必要です。

帰港時に陸岸へ向けて航行中、磯波が船にとって「追い波」となり、船尾方向から波の打ち込みを受けたりすることがあります。



③ さんご礁付近で発生する高波の影響 【浸水/転覆/沈没リスク】

- ・ 南西諸島などの「**さんご礁**」海域は、陸地沿岸から水深の浅い海域が延び、縁辺部で隆起した部分を境に水深が深くなり外海へと続いています。
- ・ この縁辺部で隆起した部分のことを「**礁嶺**」しょうれいといい、礁嶺付近では砕波帯となって、磯波と同様の高波が発生することがあります。



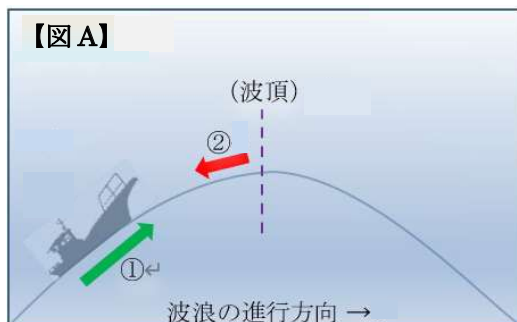
海象状況が急速に悪化した場合、沖合航行時だけでなく、沿岸部でも陸岸に向けて帰港する際は、磯波などを船尾方向より「**追い波**」として受ける可能性が高くなります。追い波を受けた場合には、舵効を失わない程度の低速で航走（順走（Scudding））し、船体動揺の軽減を図ることもできますが、操船を誤った場合、一瞬のうちに転覆、又は沈没に至るおそれがあります。

このような船尾方向から波浪を受ける場合の現象として、後方から波が覆いかぶさることで、船尾構造物や舵が破損する危険性を伴う「プープダウン（Pooping Down）」のほか、斜め追い波で生じる「ブローチング（Broaching）」があります。このうち、**最も注意を要するものが「ブローチング」現象**です。

【ブローチング（Broaching）】

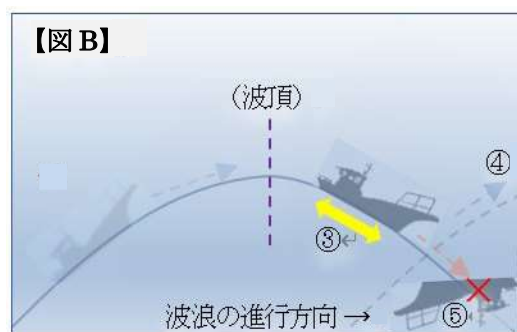
波速が船速をやや上回る「追い波」を船尾に受け、波の下り斜面で船速が波速とほぼ等しくなる波乗り状態になった場合、舵効きを失うことで制御不能となる現象。急な回頭運動に続く大きな横傾斜により、復原力を失って転覆に至る危険が高くなります。船尾中央から約 20 度～40 度の角度で波を受ける「斜め追い波」状態で発生しやすくなります。

この現象を回避するためには、次のような操船を行うことが必要です。



左図 A のように、波頂の手前では、波の上り斜面に貼りつくように、波の上り斜面で船速を「増速【①】」する。波の頂上手前では「減速【②】」する。

※ 波の谷（下り斜面側）には、決して突っ込まないよう、**小まめに速力調整**を行うこと。



左図 B のように、波の下り斜面に入った場合は、船速を「極微速力」に調整し、下り波が過ぎるのをやり過ぎした後【③】、増速して次の波の上り斜面に乗る【④】。

※ 波の下り斜面で、波速と船速がほぼ等しい波乗り状態で、舵効を失い制御不能になると、急な回頭と横傾斜から転覆【⑤】に至ります。

根本的な防止対策として、船尾から**斜め追い波を受けないように針路調整を徹底**することが重要です。

なお、追い波の場合とは逆に、船首方向から荒天時に波浪を受ける場合は、荒天操船の一手法である「ちちゅう（脚躡：Heave-To（※注：参照）」や「シーアンカー（船首を波に立てるための抵抗体として海中に投下する傘状の布。パラシュートアンカーともいう。）」を用いて漂泊する方法があります。

注：ちちゅう - 荒天時や津波襲来時の波浪影響を被る際、船首斜め 2~3 点（船首尾線を軸に 30 度前後）付近に受け、当該船体姿勢と最小舵効速力を維持しながら、波浪をやり過ごす運用手法をいう。

BACK TO BASICS! (初心にかえりましょう)

磯波などの追い波を受けて、各種用途の小型船舶が浸水・転覆・沈没に至る事故は後を絶ちません。特に、人命を預かる小型旅客船の運航においては、慣れや過信などで安易な発航判断をすることなく、常に運航の基本に立ち返って、安全運航に心掛けましょう。

- 運航海域で高波が発生しやすい気象・海象条件やエリア・ポイントを熟知していますか？
- 帰港予定時刻の気象・海象状況も見越した上で、安全最優先での発航判断をしていますか？
- 発航前点検では、開口部の閉鎖状況など水密性の確認をしていますか？
- 自船の船体構造は、船尾方向からの波浪襲来に対して、何らかの脆弱性を抱えていませんか？
- 船長はブローチング現象の回避などに係る荒天操船の知識や技能を有していますか？

(2) 海底地形に伴うリスク

1) 沿岸航行域における岩礁及びリーフなどの存在や潮汐影響 【乗揚/座洲リスク】



- ・ 運航海域沿岸に、暗岩・干出岩^{かんしゅつ}などの岩礁やリーフが存在する場合、濃霧や基準航路からの逸脱による船位誤認、あるいは、風潮流の圧流影響などによって、乗揚や座洲を招くおそれがあります。
- ・ 浅海面では、大潮の際に余裕水深 (UKC: Under Keel Clearance) の減少から、船体の座洲等を招くおそれがあります。

・ なお、岩礁の構成要素でもある暗岩・干出岩・洗岩を可視的に表せば、左下の図 15 のようになります。

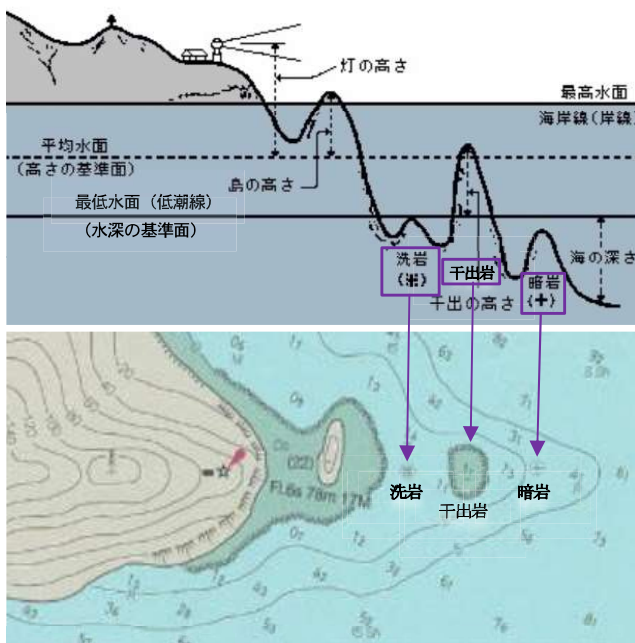


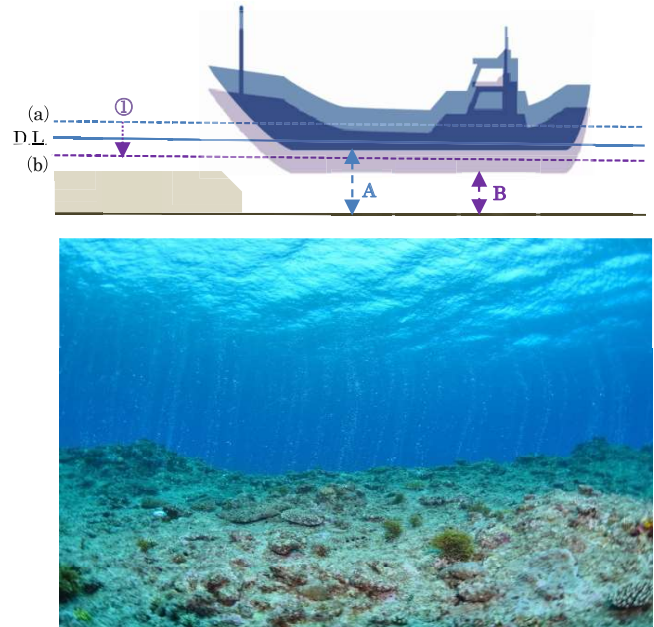
図 15-出典:海上保安庁ホームページ(「水深・高程基準面一覧図」引用加工)
https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN1/soudan/ki_jun.html

- ・ 「暗岩」とは、海図上において水深の基準面となる最低水面(略最低低潮面)より下に位置する岩であり、常時海面下に没した状態にあるものです。
- ・ 「干出岩」とは、最低水面と最高水面(略最高高潮面)との間にあり、満潮時には海面下に没し、干潮時に岩頂が海面上に露出するものです。
- ・ 「洗岩」とは、干潮時に、岩頂が最低水面と同じ高さになり、海面で洗われる状態となるものです。

- また、浅海面での潮汐影響（大潮）による座洲等の発生メカニズムは以下のようになります。

(図 16)

- 図 16 に示した船（青色シルエット）の喫水を、最低水面（D.L. : Datum Level）の上方の潮汐（a）線から船底までと仮定します。
- その時の喫水に対する船底から海底までの**余裕水深（UKC）**は、縦の青矢印 A となります。この場合、図の左端に存在する海底の高まりはクリアできます。
- しかしながら、**大潮**の影響（①の紫矢印）によって、干潮時の水面が最低水面から（b）まで下回った場合、同船（紫色シルエット）の UKC は、縦の紫矢印 B まで減少します。



- この場合、そのまま航進すれば、図左端の海底の高まりに接触、又は座洲することになります。なお、大潮の場合に限らず、潮汐の事前調査不足によって、D.L.（最低水面）に対する UKC が元々少ない場合、暗岩への接触・乗揚などのリスクがあります。その他、最高水面を航行中であっても、干出岩の頂部との UKC が不足する場合、接触・乗揚のリスクがあります。

BACK TO BASICS! (初心にかえりましょう)

知床沖旅客船沈没事故が発生する前年にも、同一船舶で岩礁等の存在位置を認識しないまま、基準航路から逸脱したことによる乗揚事故が発生していました。乗揚事故は、船体の損傷に留まらず、人命や海洋汚染に係る重大な二次被害を生じる可能性が高いことから、運航海域の海底地形及び固有の潮流・潮汐影響等を船長及び乗組員に熟知させるなどの組織的な取組が求められます。

- 船長は運航海域の浅海面に存在する岩礁の位置を熟知していますか？
- 岩礁の存在位置は、運航船舶の GPS プロッターなどに登録されていますか？
- 岩礁に対する避険線は、GPS プロッターなどに登録されていますか？
- GPS プロッターは、測位精度を理解の上で運用していますか？
- 航海用電子参考図（new pec）は、岸線表示等の誤差を理解の上で運用していますか？
- 船長や乗組員は、航海支援装置だけに頼らず、周囲地物から岩礁位置を特定できますか？
- 乗組員は、運航海域固有の風潮流影響を念頭に置いた適切な操舵と保針ができますか？
- 基準航路には、浅海面や風潮流影響などを考慮した十分な離岸距離が設定されていますか？
- 景勝地での陸岸近接や航程短縮などのために、基準航路から逸脱して航行していませんか？
- 運航業務を開始する前に、当日の潮流や潮汐の情報を入手していますか？

(コラム3) 避険線について

陸岸寄りを航行する際、岩礁への乗揚や座洲を避けるためには、海図やGPSプロッター、又はレーダー画面上に「避険線」をあらかじめ設定しておくことが重要です。

- ・ 避険線とは、浅海面や狭隘な海域における乗揚等を防ぐため、海図上（GPSプロッターなどの画面上）に、**顕著な物標からの方位線や等距離線**などを設定し、危険域と安全域を分界するために用いるものです。また、避険線を設定することで、頻繁な船位測定を行わずとも、危険域への偏位が即座に把握可能なため、操船に集中することができます。

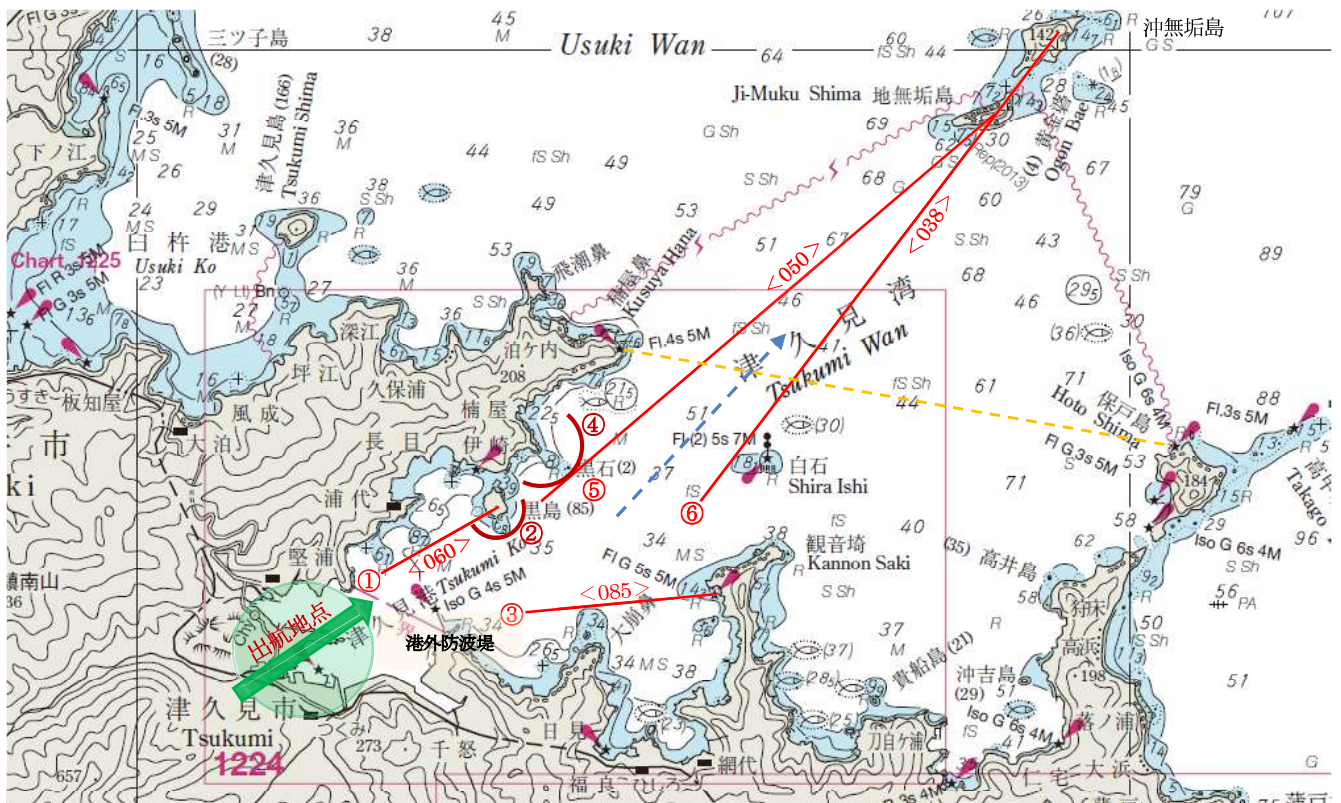


図 17 - 出典：海上保安庁ホームページ（海図 W151 引用加工）
<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/TUHO/tuho/html/tuho/pdf/2016/hoseizu/2016-39-577-W151.pdf>

図 17 は、大分県津久見港から湾外に向けて航行する場合（青点線）を想定した避険線の設定例です。

出港後しばらくは、避航操船などのために定針することが難しく、また、狭隘な水域の沿岸部に暗岩（記号「+」）を含む浅所や顕著な水上岩である「黒石」及び孤立障害標識で示された「白石」が存在することから、針路不定の状態における乗揚防止のため、これらに対する避険線①～⑥を設定しています。

1. 出航直後は、**避険線①**（黒島島頂と暗岩を含む浅所縁辺部を結んだ真方位 060 度の方位線）に留意して航行すること。黒島島頂の真方位示度が 60 度を越えた場合は危険域に入る。
2. 港外防波堤突端を真方位 180 度に見て航過後、黒島南方の浅所に対する**避険線②**（黒島島頂から浅所縁辺部までの等距離線を結んだ避険円）の内側に入らないよう、また、**避険線③**にも留意して航行すること。
3. 黒島を航過後は、**避険線④**（黒石北西方にある岬を起点とする避険円）の内側に入らないように、かつ、**避険線⑤**（地無垢島の島頂と避険線④との接点を結ぶ真方位 050 度の方位線）と**避険線⑥**（沖無垢島と地無垢島の頂上を結び白石西方の浅所に至る真方位 038 度の重視線）の間を航行すること。なお、楠屋鼻と保戸島を結ぶ黄線を超えれば、広い水域に出るため、適宜コースラインに定針して航行することができる。