

# P D P C法による海難分析

— 音戸瀬戸を対象として —

山地 哲也

## 1. 研究の目的

我が国の沿岸海域には、多くの狭い水道が存在し、中・小型内航船の交通の要衝となっている。これらの狭い水道は、一般的に地形が複雑で、潮流も速く、厳しい航行環境にあり、近年における船舶の高速化、多様化を背景に、毎年、重大な海難を含む衝突・乗揚<sup>i)</sup>事故が発生し、これに対する航行安全対策の調査研究が緊要となっている。海難防止対策を講じるには、対象となる海難について、その海難が過去にどのような状況下でよく発生しているのか、その原因は何か、またその原因となった事象を誘発させた要因は何であるのかを詳しく分析することが必要である。このような分析に基づいてはじめて、海難に関係している種々の要因を取り除くための有効な海難防止対策が可能となるのである。

このような目的のため、過去に発生した海難の原因、さらには原因に関連する要因を科学的に調査するには、2つのアプローチの方法が考えられる。1つは統計的なアプローチであり、ある種類の海難の全体を母集団としてとらえ、原因に関連していると思われる一般的な特徴を統計的に分析する方法である。もう1つは事例的アプローチであり、個々の海難1件1件を対象に、海難に至るまでの経緯と要因の関連性を細かく分析し、海難の発生に関わる要因を抽出する方法である（池田・高橋・日當<sup>ii)</sup>）。

本稿では、最狭部可航幅、見通し、潮流、通航船舶数等の航行環境から瀬戸内海の航行の難所と言われる音戸瀬戸における衝突・乗揚海難（以下「海難」という）の分析を行うこととする。音戸瀬戸においては過去、統計的アプローチに適するほどの海難が発生して

いるわけではなく、分析にあたって統計的手法を適用することは困難である。そこで、今回は、海難審判裁決録<sup>iii)</sup>をベースに事例的アプローチの一手法であるP D P C法を適用し、音戸瀬戸における海難の発生プロセスおよび共通要因を探り、そのうえでこれら海難を防止するための方策について検討することとしたい。

## 2. 音戸瀬戸の概要

音戸瀬戸（以下「瀬戸」という）は、広島県の呉市南部にある半島と倉橋島北部との間にある長さ約700mの狭い水道で、北口で約200mある水路幅が南口に向かって徐々に狭くなり音戸大橋付近で最も狭く、その可航幅が60mとなっている。また、南口は90度屈曲して東にのびる幅約500m長さ約1,000mの航路筋<sup>iv)</sup>とつながり、南、北両口に臨んで大きく湾曲する見通しの悪い水道であって（図1）、1日約500隻の船舶が通航している。

過去10年間における海難件数は12件で約152,000隻あたり1件の発生となり、航行隻数に対する発生率としては多い方ではない。しかしながら、平成2年8月には浮上翼走航行中の水中翼船の乗揚事故が、同年11月にはフェリーと小型貨物船の衝突事故が発生しており、通航量および地形などからみて、航行にあたって特段の注意を要する水道である。

## 3. P D P C法の概要

P D P Cとは、Process Decision Program Chartの略であり、「過程決定計画図」と訳される。これは、近藤<sup>v)</sup>により開発された手法で、「事態の進展とともに、いろいろな結果が想定される問題について、望ましい結果に至るプロセスを定める方法」と定義され、ある状況下において決定を下すとそれに伴って状況が変化するように動的決定問題への応用が可能とされる。P D P C法の主な用途をあげれば、①目標管理における

実施計画の策定, ②技術開発テーマ実施計画の策定, ③システムにおける重大事故の予測とその対応策の策定, ④製造工程における不良対策, ⑤折衝の過程における対応策の立案と選択, ⑥システム事故の調査・分析, ⑦危機管理方策の検討等である。

一般にPDPCを作成する場合には, まず望ましい結果に至るプロセスを考え, 次にうまくいかない場合を考え, さらにうまくいかない場合の対策を立てる, という順番で展開する。本研究で分析の対象とする海難はPDPC法でいう望ましい結果ではないが, 現実には海難は発生しているわけであるから, 一般的な展開方法を応用し, まず海難に至るプロセスを表わし, 次に海難を回避する場合を想定し, さらに海難を回避するための対策を考える, という順番で展開する。

#### 4. 海難分析

昭和30年から平成3年までの瀬戸における15ケースの海難について, 海難審判裁決録をもとに, PDPC法を適用して海難原因を分析し, その回避方策を検討する。本稿においては15ケースのうち, 「《ケース1》引船第七十七善栄丸被引台船辰二五〇〇水中翼船こんどる三号衝突事件(平成3年広審<sup>vi)</sup>第49号)」についてPDPCの作成例を以下に示すこととする。

##### (1) 事実の概要

水中翼船こんどる三号(以下「こんどる」という)は, 平成3年2月20日, 15時40分頃, 松山港から呉港向け, また, 引船第七十七善栄丸(以下「善栄丸」という)は台船辰二五〇〇(以下「台船」という)を曳航<sup>vii)</sup>し, 20日15時頃, 広島港から神戸港向け, それぞれ出港した。16時23分頃, 広島県安芸郡音戸町の音戸瀬戸最狭部の音戸大橋下付近海上において, 両船は瀬戸を航行するため同大橋下ですれ違う状況となり, こんどるの左舷と台船の左舷が衝突した(図1)。

##### (2) PDPCの作成

海難審判採決録をもとにPDPCを作成する(図2)。この場合, PDPCは次の手順により展開する。

①「こんどる」および「善栄丸・台船」を「スタート」として六角形囲みで, 望ましくない状態を表わす「海難」の発生を「現実ゴール」として「!」付き四角形囲みで, 太線によりプロセスを描く。

② 操船者は, 「スタート」から「現実ゴール」に至るまでは, 地形, 見通し等の環境要因, 他船の動静等の交通要因, 潮流等の自然要因, 操船性等の船舶要因等から判断を下して船舶を操船しているわけであり, その内容を楕円形囲みの「状況」, または, 四角形囲みの「動作」に分け, ①の太線のプロセスに加える。

③ ②のプロセスでは途中の「状況」, 「動作」に不適切な部分があり, それらを原因として実際に「海難」という「現実ゴール」に至っているわけであるから, 望ましい状態である「海難なし」を「想定ゴール」として「?」付き四角形囲みで表す。

④ ③の「想定ゴール」に導くための「動作」を検討

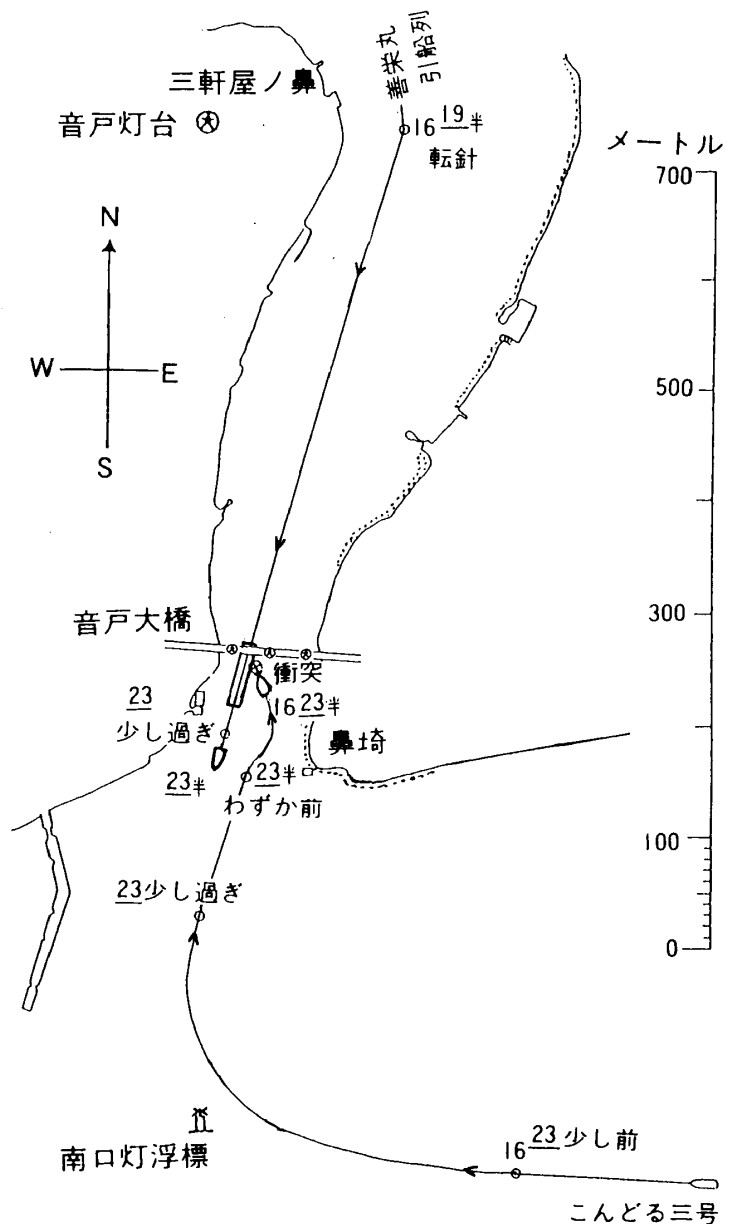


図1 引船第七十七善栄丸被引台船辰二五〇〇水中翼船こんどる三号衝突事件航跡図

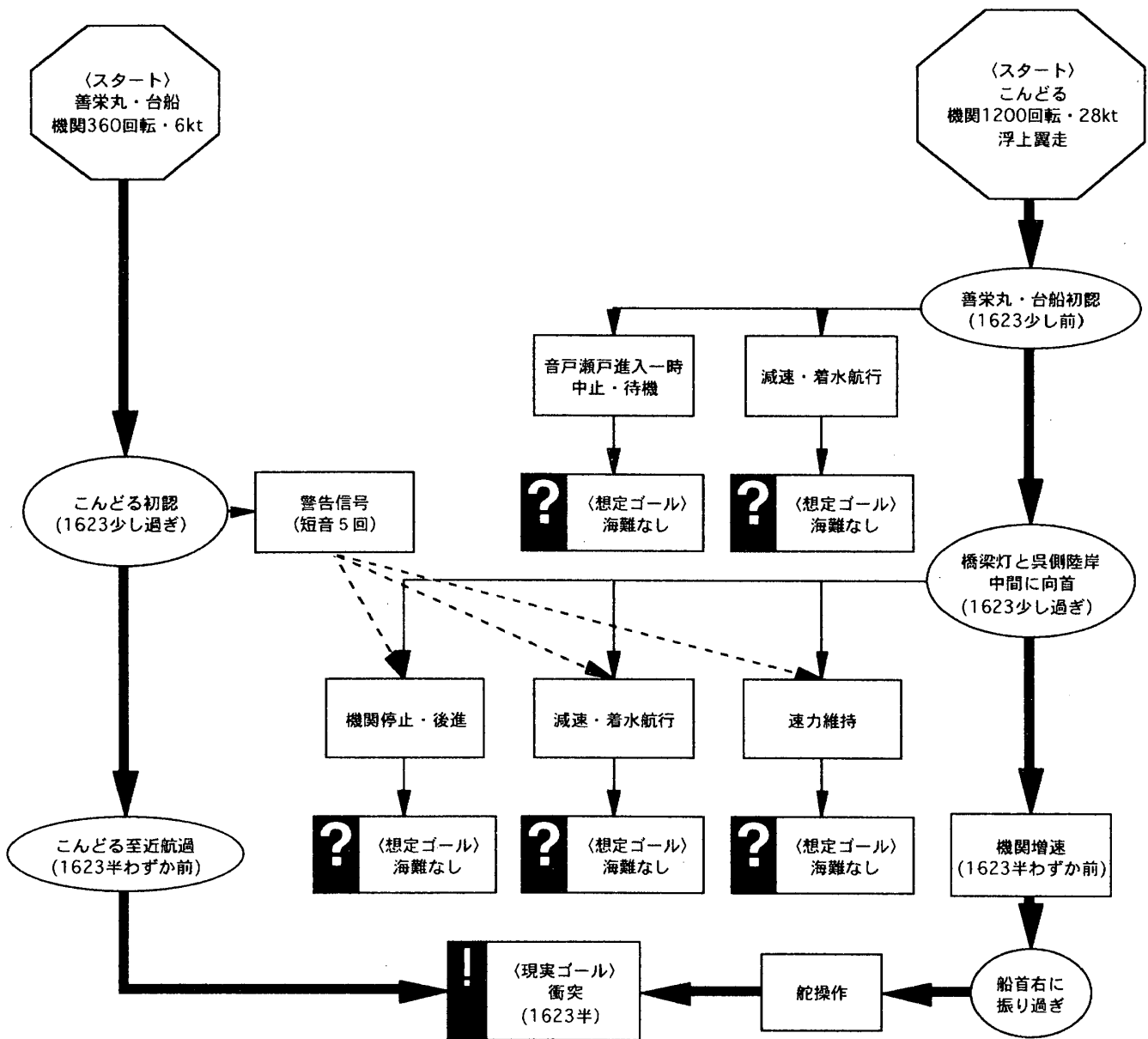


図2 引船第七十七善栄丸被引台船辰二五〇〇水中翼船こんどる三号衝突事件PDP C

し、②で作成したプロセスから細線で分岐させる。なお、点線の分岐は間接的に他方の状況、動作に影響を及ぼすことを意味する。

瀬戸における複数の海難について、共通の不適切な「状況」、「動作」が見いだされれば、それらが「海難」に至る共通原因になりうるものであり、また、その時点において「海難なし」に導くための「動作」が共通の海難防止対策になるのである。

### (3) 海難防止対策の検討

ケース1において、現実ゴール（海難）に至る原因の1つとして「こんどるが北航中、瀬戸内を南航中の善栄丸および台船を視認し、瀬戸最狭部ですれ違うことを認識したにもかかわらず、浮上翼走状態で瀬戸に進入したこと」があげられ、これに対し想定ゴール（海

難なし）に導くための回避方策として「こんどるが瀬戸への進入を一時中止し待機するか、または、減速し着水航行する」が考えられる。

また、次の原因である「浮上翼走状態で航行中のこんどるが音戸大橋橋梁灯と呉側陸岸中間に船首を向けた後増速し、針路が不安定になったこと」に対しては「機関を停止のうえ後進とする、または、減速し着水航行する、または、現速力を維持する」が回避方策として考えられる。

さらに、もう1つの原因である「善栄丸が左舷前方に浮上翼走状態で航行中のこんどるを視認した際、警告信号を鳴らさなかったこと」に対しては「善栄丸はこんどるに対し警告信号を発し、こんどるの機関停止・後進、または、減速・着水航行、または、現速力

表1 15ケースの分析結果

現実ゴール(海難)に至る原因	想定ゴール(海難なし)に導く方策
ケース1 引船第七十七善栄丸被引台船辰二五〇〇水中翼船こんどる三号衝突事件 (平成3年広審第49号)	
こんどるが北航中、瀬戸内を南航中の善栄丸および台船を視認し、瀬戸最狭部ですれ違うことを認識したにもかかわらず、浮上翼走状態で瀬戸に進入したこと	瀬戸進入を一時中止して待機する 減速し着水して航行する
浮上翼走状態で航行中のこんどるが音戸大橋橋梁灯と呉側陸岸中間に船首を向けた後増速し、こんどるの針路が不安定になったこと	機関を停止のうえ後進とする 減速し着水して航行する 現速力を維持する
善栄丸が左舷前方に浮上翼走状態で航行中のこんどるを視認した際、警告信号を鳴らさなかったこと	警告信号を鳴らす
ケース2 水中翼船彩星乗揚事件(平成2年広審第111号)	
彩星が瀬戸に進入する際、大回りしなければならぬ浮上翼走状態で航行したこと	減速し着水して航行する
瀬戸進入後、瀬戸内を南航する小型船を視認した後も減速せず、浮上翼走状態で航行したこと	
ケース3 旅客船いしづち貨物船正運丸衝突事件(昭和61年広審第33号)	
いしづちが北航中、瀬戸内を南航中の正運丸を視認し、瀬戸最狭部ですれ違うと認識したにもかかわらず、瀬戸に進入したこと	瀬戸進入を一時中止して待機する
瀬戸進入後いしづちが、逆潮(南流)2~3 ktに圧流され、正運丸の前路に進行したこと	潮流を考慮して航行する
ケース4 機船山桜丸機船第三昭運丸衝突事件(昭和53年広審第40号)	
山桜丸が北航中、瀬戸進入に際し、近回りの針路をとったため、瀬戸を南航する昭運丸の初認が遅れたこと	瀬戸内の航行船を確認する
瀬戸進入後山桜丸が、逆潮(南流)3 ktに圧流され、昭運丸の前路に進行したこと	潮流を考慮して航行する
ケース5 機船栄進丸機船第三栄福丸衝突事件(昭和52年広審第52号)	
瀬戸南航中の栄進丸が、北航中の栄福丸を視認したが、栄福丸と右舷を相対して航行すべく、左転し、航路筋の左側を航行したこと	右側を航行する
ケース6 機船第八十八東洋丸乗揚事件(昭和47年広審第96号)	
北航中の東洋丸が、瀬戸進入の際、順潮(北流)3 ktの影響を考慮せず、右転し、圧流されたこと	潮流を考慮して航行する
ケース7 機船第百三辰巳丸機船第二蛭子丸衝突事件(昭和47年広審第2号)	
北航する蛭子丸が、瀬戸進入前、瀬戸南航中の辰巳丸を視認したが、速やかに右転することなく、同船と右舷を相対して航過しようとしたこと	右側を航行する
瀬戸を南航する辰巳丸が、瀬戸に進入すべく右転中の蛭子丸を視認し、衝突の危険を感じたが、警告信号を鳴らさず、また、減速して同船の動静を確認しなかったこと	警告信号を鳴らす 航行船の動静を確認する
ケース8 機船第一甲栄丸機船第一住吉丸衝突事件(昭和45年広審第81号)	
南航し、瀬戸に進入しようとする甲栄丸が右転した際、逆潮(北流)を考慮することなく機関を停止したため、瀬戸北航中の住吉丸の前路に進行したこと	潮流を考慮して航行する
ケース9 機船第三十五東洋丸乗揚事件(昭和39年広審134号)	
北航し、瀬戸に進入しようとする東洋丸が、逆潮(南流)を考慮せず右転し、圧流されたこと	潮流を考慮して航行する
ケース10 機船第十六東洋丸機附帆船第2誠勇丸衝突事件(昭和39年広審第52号)	
瀬戸を南航する誠勇丸が、瀬戸に進入しようとして北航する東洋丸が瀬戸入口で速やかに右転するものと思い、航路筋の左側を航行したこと	右側を航行する
ケース11 機附帆船明福丸機附帆船新栄丸衝突事件(昭和39年広審第17号)	
瀬戸に進入しようとして北航する明福丸が航路筋の中央部を航行したこと	右側を航行する
明福丸が、瀬戸を南航する新栄丸を視認したが、現針路で同船と左舷を相対して航過できると思い、右転して航路筋の右側を航行しなかったこと	右側を航行する

瀬戸を南航する新栄丸が、瀬戸に進入しようとして北航する明福丸を視認した際、同船が右舷し左舷を相対して航過できると思ひ、瀬戸の右側を航行することなく、明福丸と近距離に接近した際も右舷を相対して航過すべく、左転したこと	右側を航行する
ケース12 機附帆船福正丸機附帆船住若丸衝突事件（昭和37年広審第13号）	
瀬戸を北航する福正丸が、瀬戸に進入しようとして南航する住若丸を視認したが、同船と右舷を相対して航過すべく、左転し瀬戸の左側を航行し、同船と近距離に接近した際も左転したこと	右側を航行する
ケース13 機附帆船第三幸丸機附帆船飯田丸衝突事件（昭和36年広審第126号）	
瀬戸の左側を北航する飯田丸が、瀬戸の右側を南航する幸丸を視認したが、同船と右舷を相対して航過すべく続行したこと	右側を航行する
ケース14 機附帆船第五千代丸機附帆船明昭丸衝突事件（昭和34年広審第68号）	
瀬戸を南航する明昭丸が、瀬戸に瀬戸に進入しようとして北航する千代丸を視認したが、同船と右舷を相対して航過すべく左転したところ、順潮（南流）に圧流されたこと	右側を航行する 潮流を考慮して航行する
ケース15 機附帆船住若丸機附帆船妙見丸衝突事件（昭和30年広審第68号）	
瀬戸を南航する住若丸が、瀬戸南口付近で前路を横切る態勢の妙見丸を視認したが、同船と右舷を相対して航過すべく左転し、航路筋の左側に進出したこと	右側を航行する

の維持を促す」が回避方策として考えられる。

15ケース全体の分析結果は、海難審判採決録に基づいて作成したPDPCから得る「現実ゴール（海難）に至る原因」及びその原因から分岐する「想定ゴール（海難なし）に導く回避方策」として表1にまとめることとする。

## 5. 分析のまとめ

PDPC法を用いて瀬戸における15ケースの海難事件について分析した結果、瀬戸における海難原因及び回避方策を表1に示したが、「海難なし」という「想定ゴール」に導くための主要な共通の海難回避方策およびその内容は次のとおりである。

(1) 方策1：高速船は減速し着水して航行すること（ケース1，2参照）

瀬戸のような狭い水道を航行する際には他の船とすれ違う可能性を考慮して、減速し着水状態で航行する必要がある。なお、平成6年から広島-呉-松山間を航行する高速船は水中翼船からスーパージェット（ウォータージェット推進<sup>viii</sup>）に移行したが、スーパージェットも通常は浮上状態で速力30~31kt<sup>ix</sup>と高速であることから、瀬戸航行時には減速・着水する必要がある。

(2) 方策2：進入を一時中止して待機すること（ケース1，3参照）

一般に狭い水道を航行する場合、最狭部でのすれ違いは避けなければならない。瀬戸の場合、南航する船が北航する船と最狭部でのすれ違いを認識するのはす

で瀬戸に進入した後であり、可航幅等の制約から北航船を避けることが困難である。このため瀬戸進入前の北航船側が瀬戸を南航する船を認めた場合には、進入を一時中止して待機するなどの避航動作をとらなければならない。しかし、瀬戸南口付近から東にのびる航路筋も海域が狭いので、北航船が南航船と瀬戸最狭部ですれ違うことを予想しても北航船に後続船がある場合には航路筋での待機がかえって2次的な海難を起こす可能性もある。このような場合には、予め最狭部でのすれ違いを避けるよう速力調整等を行うことが必要である。

(3) 方策3：警告信号を鳴らすこと（ケース1，7参照）

海上衝突予防法第34条第5項には、警告信号として、船舶は、他の船舶の意図もしくは動作を理解することができないとき、または他の船舶が衝突を避けるために十分な動作をとっていることに疑いがあるときは、警告信号を行わなければならない旨規定している。警告信号を鳴らすことにより、他の船舶に注意を喚起し海難を回避できる可能性もある。

(4) 方策4：狭い水道等（狭い水道および航路筋）の右側を航行すること（ケース5，7，10，11，12，13，14，15参照）

海上衝突予防法第9条第1項には、狭い水道等の航行方法として、その右側を航行すべき旨規定しているが、瀬戸においてはこの方法を守らないことを原因とする海難が発生している。

なお、瀬戸においては、昭和50年2月、南口および

北口に航路中央灯浮標を設置し、航行船舶はこれら灯浮標を左に見て航行する<sup>x)</sup>旨、および、狭い水道ですれ違う場合は早めに右転して左舷対左舷で航行すべき<sup>xi)</sup>旨、海上保安庁により航法指導がなされている。8ケース中7ケースは、航路中央灯浮標が設置される以前に発生した衝突海難であり、両灯浮標設置後は航路の右側航行不遵守に起因する海難は減少傾向にあると考えられる。

(5) 方策5：潮流を考慮して航行すること（ケース3, 4, 6, 8, 9, 14参照）

瀬戸の潮流は、非常に複雑な流れを示している。最強流速は大潮時で約4 kt、小潮時で約2 ktである。瀬戸を航行する際には、潮流の影響を受けることは明らかであり、航行前に事前に潮流を調査し、航行時間帯の設定または航行に際しても潮流を十分考慮した操船を行うことが必要である。

## 6. おわりに

以上、瀬戸における海難について、PDPC法を適用し、瀬戸に共通する海難発生原因および海難回避方策に関して検討を行った。検討結果は、5(1)～(5)の海難発生原因及び海難回避方策とも特異なものが示されたわけではなく、瀬戸の地理的条件、海象条件および交通条件の観点からごく当たり前のものが示されたものと考えている。今後の課題として以下の事項があげられる。

(1) ヒューマン・エラーの考慮の必要性

海難は、運航者の過誤、いわゆる「ヒューマン・エラー」に起因するものが大半を占めている。藤岡<sup>xii)</sup>が「海難審判庁の統計と海上保安庁の要救助海難統計はほぼ同様の傾向を示しており、船舶型海難にあっては人為的過誤に起因するものが大半を占める」旨述べているとおり、操船者の運航の過誤によるものが多い。今回の分析にあたっては、各海難事例について海難審判裁決録をもとに、主として船舶の動静をもとにPDPCを作成したが、ヒューマン・エラーの観点からも検討を加える必要がある。

(2) 危険事例の検討

冒頭で「瀬戸においては過去、統計的アプローチに適するほどの海難が発生しているわけではなく、分析にあたって統計的手法を適用することは困難である」と述べたが、今回、PDPC法を適用し事例研究的に個々の海難について分析し、瀬戸に共通する事故発生原因および事故回避方策を検討することにおいても、

より多くのデータを必要とすることは否めない。一案として、実際に事故に至らなくとも、操船者が船舶を運航し、同瀬戸を航行する際に遭遇した危険事例、いわゆる「ヒヤリ、ハット！」の事例についても検討対象に加える必要があると考えている。

i 衝突とは、航行中の船舶が他の船舶等に接触、突き当たり、船体・積荷に損傷を生じ、又は死傷者が生じたことをいう。

乗揚とは、船舶が陸岸、岩礁、浅瀬等の水面下において大地に固定しているものに乗揚げ、又は船底が接触して運航に支障が生じたことをいう。

ii 池田英治・高橋 勝・日當博喜、海上保安事件の研究—海難工学編—、平成4年、中央法規、15頁

iii 海難審判法に定める海難が発生したときは、海難審判庁の審判によって、海難の原因を探究し、採決によりその結論を明らかにしている。

iv 航路筋とは、船舶が集中し、1つの慣習的な流れができていく水域で、かつ海底地形等により、その可航幅の限界が船員の常識により客観的に判断できる水域をいう。

v 近藤次郎、企画の図法PDPC、昭和63年、日科技連

vi 広審とは、広島地方海難審判庁を意味する。

vii 曳航とは、船が他の船を引っ張って行くことを意味する。

viii 推進器としてスクリューを使用するのではなく、海水を吸入し高圧で噴射することにより推進する構造を有する船舶をいう。

ix ktは、時速1852mを表わす（ノット）。

x 灯浮標とは、船舶に航路などを示すために海底の定位置につなされた海面上に浮く構造物で、灯光を発するものをいう。航路をすれ違う船同士が、互いに航路中央灯浮標を左に見て航行すれば、航路の右側を航行することになる。このように航路中央灯浮標は一種のセンターラインの役割を果たすことになる。

xi すれ違う船同士が、左舷を相対して航行すれば互いに右側を航行することになる。

xii 藤岡賢治、海難政策論、平成元年、成山堂、44頁