

(別添)

## フェリー大傾斜事故の再発防止対策について

平成 21 年 11 月、熊野灘を航行中のフェリーありあけ(7,910トン)が、航行中に船体が右舷側に大傾斜し、その後、三重県御浜町沖に乗り上げて横転状態となる事故が発生した。同事故は、幸い迅速な救助等により乗客乗員が全員無事救助されたものの、我が国のフェリー事故としては近年に類を見ない重大な事故であり、運輸安全委員会において本事故の原因調査が進められてきた。

運輸安全委員会の事故原因調査の進捗について公表が行われ、同種の事故の再発防止対策の検討が可能となったことから、平成 22 年 5 月に国土交通省海事局により「フェリー大傾斜事故防止対策検討委員会」が設置され、再発防止対策の検討を進めてきた。

今般、運輸安全委員会における事故原因調査結果が取りまとめられた。これを踏まえ、本委員会において以下のとおり事故再発防止対策の取りまとめを行った。

### 1. 事故の概要と事故原因

#### (1) 事故発生時の状況

##### ① フェリーありあけの概要

総トン数 : 7,910トン

全長等 :  $Loa(Lpp) \times B \times D \times d = 166.86(150.0) \times 22.8 \times 15.27 \times 6.5$

速力 : 24ノット

建造年月 : 平成 7 年 8 月

航行区域 : 近海区域

船舶所有者 : マルエーフェリー株式会社

就航航路 : 東京～志布志～名瀬～那覇

##### ② 事故時の状況 (平成 21 年 11 月 13 日午前 5 時頃)

- ・ 気象海象: 東北東の風 15.3m/s、東からの波・波高 4.59m・波周期 10 秒
- ・ 航行状態: 東京から志布志に向け、熊野灘を約 21 ノットで南西方向(235 度)に航行中 (=左舷約 35 度方向から風波を受けていた。)
- ・ 乗船状況: 乗客 7 名、乗員 21 名
- ・ 貨物積載状況: コンテナ 150 個、シャーシ 44 台、車輛 32 台、重機 6 台(合計: 約 2,400トン) (内訳は、C デッキ: シャーシ 39 台、車輛 6 台、重機 1 台、D デッキ: コンテナ 150 個、シャーシ 5 台、車輛 3 台、重機 5 台)
- ・ 固縛状況: 《コンテナ: 2 段重ねの中段を 3 列置きに固定装置で固定》、《シャーシ: 固定装置により 4 点または 6 点(最前列、最後列のみ)で固定》

### ③ 事故時の経過

5時06分頃：熊野灘を自動操舵で航行中に、突然、右舷側に約25度の船体傾斜が発生し左に急旋回。その後、最大傾斜角が45度程度となった後に、船体傾斜は30～35度程度で推移。

5時40分頃：左転により北北西(350度)に変針し陸岸に向け航行。ヒールタンクの海水移動・右舷側からの風等により傾斜角は25度程度まで回復。(その後、再度徐々に傾斜が拡大)

9時07分頃：傾斜増大のため総員退船、三重県御浜町沖に乗揚げ。

### ④ 事故原因

- ・ 事故時の追い波航行中で復原性が低下。第一波目で、右舷25度程度の傾斜が発生
- ・ 25度の傾斜で、静止摩擦が不十分なコンテナが横滑りするとともに、シャーシについても固縛装置にほとんどの荷重がかかり破断して横移動が発生(約4,500トン-mの傾斜力が発生)
- ・ 左旋回中に受けた第二波目では更に復原性が低下しており、上記の傾斜力で40度を超える横傾斜が発生

## 2. 事故防止対策の検討事項

本事故の要因は、①波浪による船体大傾斜の発生、②船体傾斜時の貨物の移動発生による大傾斜の継続、であることから、再発防止対策として以下の事項について検討を行った。

なお、本検討を進めるにあたっては、船速が速く瘦せ形の船型であり、また、貨物の積載・固縛方法がありあけと同種のRORO方式であることから、同種の現象が発生しうると考えられる船舶であるフェリー・RORO船(以下、「フェリー等」という。)を対象として検討を進めた。

- ・ 荒天中の運航において船体大傾斜を防止するための方策
- ・ 船体傾斜による貨物の移動防止のための方策

## 3. 荒天中の運航において船体大傾斜を防止するための方策

### (1) 事故時の現象と操船による大傾斜防止対策の現状

#### ① 運輸安全委員会の事故原因調査結果

運輸安全委員会の船舶事故調査結果では、以下の過程により船体大傾斜に至ったものと推定されており、斜め後方からの追い波が大傾斜の要因であるとされている。

- i) 左舷後方から6.9m(当時の有義波高の1.5倍)程度の波を受け、25度程度の船体傾斜が発生し、コンテナ等の荷崩れが発生

- ii) その後、さらに左舷後方から 4.6m(当時の有義波高)程度の波を受け、40 度を  
超える船体傾斜に至った

## ② 大傾斜発生事例の検証

今般の事故を受け、同種の大傾斜事例の発生状況を把握するため、全国の長距離フェリー・RORO 船の運航事業者を対象にアンケートを実施した。その結果、過去 5 年で 20 件程度の運航中の大傾斜事例が報告された。これらの事例の多くは復原力の低下する追い波状態で、波高 5m 程度以上の荒天時に大傾斜が発生しているとの共通点が見られ、今回の事故で生じた事象は特異なものではないと考えられることから、大傾斜の発生を防止する対策を講じていくことが重要と考えられる。

## ③ 追い波中の操船による大傾斜防止対策の現状

従来より、フェリーや RORO 船等の船速が速く船型がやせ形の船舶が追い波中を航行する場合、波の影響による復原力の減少などの危険な現象が発生することが知られている。

こうした危険な現象は、海象に応じて針路や速力の変更などの操船を行うことで回避することが可能である。このため国際海事機関(IMO)では、操船者に対する注意喚起等を目的とした荒天時の操船ガイダンスを策定している。(MSC.1/Circ.1228)

なお、更なる安全性向上のため、上記に加え、現在 IMO において、船ごとの特性を考慮した操船上の危険領域を明確化した資料の備え置きが検討されている。

## (2) 操船による大傾斜回避方策

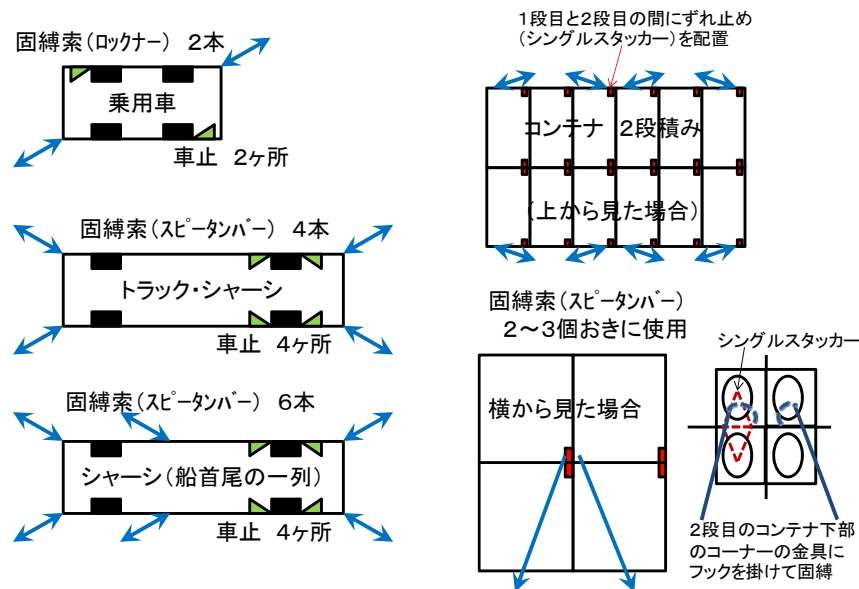
事故原因調査によって、今回の事故は(1)③に示される荒天時の操船ガイダンスにおいて危険領域とされる条件下で発生したことが明らかとされている。このため、運航事業者と同ガイダンスをわかり易く周知し、これを参考とした操船が行われるよう措置することが重要である。

船速の低減、針路変更による波の出会い角の変更といった操船上の措置によって今回の事故をいかに回避することが可能であったのかを示すことができれば、上記のガイダンスの周知の効果は一層大きなものとなることが期待される。このため、本委員会では、今回の事故を対象に、数値シミュレーションを用いた操船による大傾斜回避措置の検証を試みた。従来確立されている船体運動の数値シミュレーション手法を基礎として検討作業を進めたが、残念ながら十分に信頼性のある結論を得るに至らなかった。今後、数値シミュレーション方法の改善や実海域環境下での模型船を用いた水槽実験により、荒天時における操船による大傾斜回避措置の検証を継続し、その結果を操船者に提供していくことが望まれる。

#### 4. 船体傾斜による貨物の移動防止のための方策

##### (1) 事故時の貨物の固縛状況

フェリーありあけの事故時の貨物の固縛状況は概ね以下の図の通りであった。乗用車は 2 点止、トラック・シャーシは船首尾端の 1 列のみ 6 点止、後は 4 点で固定されていた。またコンテナは 2 段重ねで積載されており、2～3 個に 1 点の固縛がなされていた。



運輸安全委員会の調査報告によると、直積みコンテナについては、約 25 度の傾斜で固縛されていないコンテナの大半が移動し、これらの荷重によって固縛用チェーンが破断し、コンテナ全体が横滑りしたものと推定されている。また、車輛・シャーシについては、22 度以上の傾斜で静止摩擦力を超え、横滑りの荷重のほとんどが固縛装置に作用する状態となり、27 度程度の傾斜で固縛装置が破断すると分析されている。

このため、事故時の貨物の固縛状況は、波浪等により大傾斜が生じた際に貨物移動を防止するために効果的なものとなっていなかったと考えられる。

##### (2) 現在行われているフェリー等における貨物の固縛状況と強度の検証

現在、フェリー等の車輛甲板に積載される貨物の固縛は、概ね以下のような方法で実施されている。

###### 直積みコンテナの固定方法の例

- ベルト、ワイヤー、チェーン等を用いて、コンテナ上端と車輛甲板上の固定金具との間をラッシングする。
- コンテナ固定専用の金具(スタッカー等)を用いて固定する。
- ベルト・ワイヤー等を用いて、船側に引っ張りつけて固定する。(離島航路等)

### 車輻・シャーシの固定方法

- ベルト、ワイヤー、チェーン等の固縛索を用いて、車輻と車輻甲板上の固定金具(クローバーリーフ等)の間をラッシングする。(大型トラック・シャーシで平穩時に4～6本、荒天時に6～10本程度のラッシングを実施。)

なお、現行の車輻甲板に積載される貨物の固縛強度に関する基準は以下のとおりとなっている。

### 現行の車輻甲板に積載される貨物の固縛強度に関する基準

#### (直積み)コンテナ

固縛の強度基準は設けられていない。

#### 車輻・シャーシ

縦揺れ:傾斜角5度・周期5秒、横揺れ:傾斜角25度・本船の横揺周期の動揺の下で、固縛装置の安全率4以上(なお、強度評価は主として車輻の転倒モーメントを対象として算定している。)

続いて、事故時に行われていた固縛方法の強度を検証するため、現行規則において車輻・シャーシの固縛装置の強度基準として定められている動揺条件・安全率に基づいて強度の評価を行った結果の概要は以下の通り。

### 直積みコンテナ(ラッシング資材を用いた固縛)

- 直積みコンテナをラッシング資材により車輻甲板に固定する固縛方法では、ラッシングポイントが高いため、特に横滑りに対する強度が不足している。(特に現行のラッシング方法の中には、固縛が片舷方向にしか有効でないものや有効な固縛がなされていないコンテナが含まれている事例もある。)
- 特に大型コンテナを搭載する場合やコンテナの2段積み輸送を行う場合に、現在の固縛方法で十分な強度を確保するのは困難であり、直積みコンテナの大量輸送を想定している場合は、固縛方法の改善を図ることが必要である。
- 一方、離島航路等で見られる小型コンテナの少数輸送で船側等の船体構造物にラッシング資材で固定する方法は、コンテナの移動に対して比較的強度が確保されやすい固縛方法であると考えられる。

### 車輻・シャーシ

- 車輻・シャーシの固縛は、重量のある車輻等には8～10本以上のラッシングを行うなどの十分な固縛措置を講じている場合は、概ね強度が担保されていると考えられる。
- 一方、特に大型トラック等の重量のある車輻を船体動揺の際により大きな外力が作用する上方の甲板の船首尾・船側寄りに積載した場合など、貨物の積載条件が厳しい状況においては固縛本数の増加等が必要となる場合がある。

- 特に、これまで強度評価の際に考慮されていないケースが多かった車輻・シャーシの横方向への並行移動に対して、強度が不足している可能性がある。

上記の検証結果から、直積みコンテナをラッシング資材で固定する方法では、固縛の強度が不足する場合が考えられる。このため、特に大量の直積みコンテナを輸送する際には、十分な強度を有するコンテナの移動防止措置を講じることが必要と考えられる。

また、車輻・シャーシについても、貨物の重量などに比して固縛強度が不足している可能性が認められることから、適切な強度評価基準及び評価方法に基づき、貨物の固縛強度が十分か否か再検証を行うことが必要と考えられる。

### (3) 貨物の移動防止のための対策案

#### ① 直積みコンテナ

ラッシング資材を用いた直積みコンテナの固縛は、大型コンテナを搭載する場合やコンテナの2段積み輸送を行う場合など、まとまった量のコンテナを輸送することを想定している場合の固定方法としては万全といえない。

一方、特にコンテナ荷役設備を備えていない港湾向けの輸送などにおいて、RORO 甲板にコンテナを直積みして輸送する需要もあることから、これらの貨物の積付け方法の案について以下に整理する。(なお、離島航路等で見られる小型コンテナの少数輸送で船側等の船体構造物にラッシング資材で固定する方法は、コンテナの移動に対して比較的強度が確保されやすい固縛方法であると考えられる。)

#### (i) コンテナ固定設備の設置

現在運航されているフェリー等における直積みコンテナの固定方法として、ベルトやチェーンを用いた固定方法の他に、コンテナ専用の固定設備(ツイストロック、スタッカー、ラッシングロッド等)を用いて固定する、という方法を行っているものもある。

これは、コンテナ専用船と同様の固定方法であり、所用の強度を担保することは容易であると考えられる。このため、フェリー等においてRORO 甲板に直積みコンテナを搭載する場合の固定方法として、RORO 甲板にコンテナ固定のための設備を設けることが考えられる。

#### (ii) コンテナの移動の防止

(i)の固定方法は、船舶に専用の設備を必要とすることから、改造に多大な費用を要するなど実施困難な場合も考えられる。一方、船体大傾斜を防止する観点からは、横方向の貨物移動が抑制されれば大傾斜事故の発生は防止できると考えられる。

このため、コンテナの移動防止のためのもう一つの方策として、車輻甲板の幅方向にわたって隙間なくコンテナを積載すると共に、船側とコンテナの間にスペーサーを設置するなど、貨物移動による大傾斜を防止することが考えられる。

#### (iii) その他

コンテナの固縛方法として、現実的に強度確保を行えるのは主として上記の方策と考

えられるが、例えば、小型のコンテナを十分なスペースを用いて固縛すれば、ラッシング資材によって固縛強度の確保を行うことも可能と考えられる。

なお、本方法を用いる際には、現行の固縛方法では強度が不足していることを踏まえ、新たな固縛方法が十分な強度を有することを確認することが必要である。

なお、離島航路等で見られる小型コンテナの少数輸送においては、船側等の船体構造物にラッシング資材で固定することにより固縛強度を確保するのが適当と考えられる。

## ② 車輛・シャーシ

特に長距離フェリー等の外洋を航行するフェリー・RORO 船では、貨物の積載位置や重量等の条件が厳しい状況においては固縛の強度が不足する場合があります。このため、固縛強度の再検証を行い、船の要目・積載位置や貨物重量に対して固縛強度が不足している場合は、固縛の強化や貨物の積載位置ごとに搭載貨物の重量制限等の固縛強化措置を講じていくことが必要と考えられる。

なお、貨物の固縛は、個々の固縛設備の強度のほか、船舶の要目、貨物の積載位置や重量、固縛資材の使用数等の個別の運用状況にも依存することから、上記措置の検討にあたっては、フェリー等の運航事業者において検証を行うとともに、これを運用面で担保する措置を講じることが必要と考えられる。

## 5. 対策案のまとめ

### (1) 大傾斜防止のための操船

フェリー等の運航における船体大傾斜を防止するためには、適切な航海計画を立案し、航行海域の気象・海象状況に応じた操船を行うことが望まれる。

このため、フェリー等の運航にあたって、IMOの策定した操船ガイダンスを踏まえ、追い波中であって危険な状況に該当する場合には、減速や針路の変更によって、安全な操船に努めることが重要である。

### (2) 貨物の移動防止のための固縛等

外洋を航行するフェリー等においては、以下の観点から運航事業者等において、「フェリー等における貨物固縛の強度評価の考え方について」(別紙)に示す基本的な考え方に基づき貨物の固縛についての評価・検証を行い、荷役に係る作業効率、コスト負担を勘案しつつ固縛方法等の改善を図ることが必要である。

#### 直積みコンテナ

フェリー・RORO 船で大量のコンテナを直積み方式により輸送している船社においては、以下の具体的対応を踏まえたコンテナの積付け・固定方法の改善を図る。

(具体的対応)

- ・ コンテナ船と同種の固縛装置(スタッカー、ツイストロック等)の使用
- ・ 隙間のない積載、スペーサーの設置等
- ・ その他、十分な強度を有することが確認された固縛方法

#### 車輻・シャーシ

車輻・シャーシについては、運航事業者等において自社の固縛・積付け方法が適切であるか否か検証を行い、強度不足が見られる場合は固縛の強化、固縛装置の追加、重量物の搭載位置の制限等の改善を図る。

また、その他の少量の直積みコンテナを輸送している航路(離島航路等)においては、コンテナを船側等の船体構造物へ固定するなど、コンテナの固縛強度を確保しやすい積載・固縛方法に改善を図ることが必要である。

以上



## フェリー等における貨物固縛の強度評価の考え方について

## ① 貨物の固縛強度の評価基準

貨物への 外力算定	縦揺れ:5度・本船の縦揺周期、横揺れ:25度・本船の横揺周期 <sup>1</sup> 、とし、縦揺れと横揺れの連成も考慮する。
強度の安全率	安全率 4 以上
貨物の 移動モード	船体横方向の貨物の転倒モーメント・並行移動を想定して算定を行うものとする。

(参考)従前の規則と比較した強度評価方法の相違点

車輻・シャーシ:横方向移動の防止についての評価法及び縦揺周期の適正化  
直積みコンテナ:車輻・シャーシと同様の基準に基づく強度評価の実施

## ② 外力の算定方法

船体傾斜による静的荷重及びローリング・ピッチングによる動的荷重を考慮する。

## ③ 摩擦力

車両甲板と貨物の摩擦係数	甲板(鋼) 対 タイヤ・ゴムマットの場合	:0.4
	甲板(鋼) 対 コンテナ(鋼)の場合	:0

<sup>1</sup> 但し、現行規則では、平水、限定沿海を航行区域とする船舶には緩和規定あり。(平水:横揺れ 5 度、限定沿海:横揺れ 10 度。いずれも縦揺れは考慮不要。)