

# 巨大災害下における避難民の生命・健康等維持のための 海陸一貫大量輸送システムの検討

(正) 小野憲司 (京都大学経営管理大学院) , 辰巳順 (オーシャントランス(株)) ,  
(正) 赤倉康寛 (国土技術政策総合研究所) , 矢野裕之 (日通総研)

## 1. まえがき

南海トラフ巨大地震の様な大規模災害の発生時には、自衛隊や警察、消防等が行う捜索救援活動や社会インフラの応急復旧、被災地の行政機能の維持などに向けた大量の人員と車両、機材を被災地に展開するための緊急支援輸送 (Emergency Relief Logistics : ERL) の的確な実施が、被災者の生命を救い、最低限の健康を維持していくうえで不可欠である。一方、大規模災害時には、施設が被災したり、大量の緊急車両の流入や信号の機能停止が引き起こす渋滞によって、道路、鉄道等の陸上交通機関が機能不全をきたす恐れが高い。このようなことを勘案して小野ら<sup>1)</sup>は、フェリーの運航シミュレーションを用いて、海路を活用した災害時海陸一貫大量輸送システムの可能性を明らかにした。

一方、2016年4月に熊本で発生した内陸直下型地震時は、東日本大震災時の教訓を踏まえて、大規模なフェリーによる ERL が実施された。

本稿では、上記を踏まえて、フェリー航路等の海上ルートを活用した被災者の捜索・救援のための ERL 実行シナリオとその需要推計の方法論について述べる。

## 2. 大型フェリーによる緊急輸送の特性

大規模災害時に、長距離用の大型フェリーを活用して被災者の捜索・救援に向けた ERL を実施した事例は 2011 年の東日本大震災時と 2016 年の平成 28 年熊本地震にみられる。本章では、これらの過去の大災害時における海上からの ERL の事例の輸送特性を明らかにする。

**2.1 東日本大震災時の大型フェリー緊急輸送実績** 2011年3月11日に発生した東日本大震災時には、北海道から自衛隊等の捜索・救助部隊が、長距離フェリーを活用して東北地方の被災地に展開した。自衛隊の捜索・救援体制が発災7日後には10万人に引き上げるなどの大量動員が行なわれる中、防衛省は自衛隊演習時に重車両等を海上移送するなど平時より協力関係にあった長距離フェリー会社に輸送協力依頼し、専用チャーター船17隻を含む延べ710便による人員、車両の海上輸送を実施した。

これらの大型の長距離フェリーは、津波警報発令中の3月12日は小樽港<sup>(注1)</sup>から、また津波警報解除後の13日以降は苫小牧港から、発災後6日間に自衛隊、消防、警察等の人員7,300人と2,420台の車両を緊急輸送し、爾来4ヶ月間の輸送量は、人員約55,200人、車両約15,200台に達した。<sup>2),3)</sup>

### 2.2 熊本地震時の長距離フェリー緊急輸送実績

2016年4月14日に発生した「平成28年熊本地震」は、熊本県を中心に全壊家屋8,336戸を含む16万1千戸に被害を与え、土砂災害等により死者64名、重軽傷者約1,816名を出す大災害となった。停電47万7千戸、ガス供給停止10万5千戸、断水44万6千戸等のライフラインの供給停止が発生したほか、道路、鉄道等の交通インフラにも大きな被害が生じ、住民生活や中小企業、農林漁業や観光業等の経済活動に大きな支障をきたした。

一方で、東日本大震災の教訓を生かして、国と自治体や自治体相互、企業間の災害時支援協定ネット

---

<sup>1</sup>第1船となったフェリー緊急輸送第1船しらかば(新日海フェリー株)は発災翌日の3月12日に小樽港を出港し翌13日には秋田港に入港。陸上自衛隊第2師団(旭川)や消防、警察、水道局の人員367名、車両135台を緊急搬送した。

ワークが広がりを見せた。国によるわが国初めてのプッシュ型緊急支援輸送が行われたほか、NPO や民間物流事業者による避難所、緊急支援物資デポの運営等も実行された。また、北海道を含む全国から自衛隊、消防、警察の捜索・救援部隊が熊本入りした。ガス管の被災によって供給停止した西部ガスに対して、大阪ガス等の他地域のガス会社から復旧支援要員と機材、車両の提供が行われた。これらの広域的な支援を支えるために、国土交通省は、長距離フェリー輸送の積極的な活用を促進した。

日本長距離フェリー協会が取りまとめた長距離フェリー各社の ERL 実績データ<sup>(注2)</sup>に基づき、北海道及び本州各地と九州の港湾間で行われたフェリーによる ERL の概要を示すと表-1(a)及び(b)の様になる。

表-1(a) 熊本地震時の大型フェリー  
輸送実績（北海道・近畿以北の OD）

発地 \ 着地	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	合計
北海道	40 120	200 0	1,310 67	172 679	520 54	2,242 349	2,242 1,149
東北地方	120 45				77 28		203 73
関東地方	6 2						6 2
北陸地方	1,453 789						1,453 789
中部地方	91 36	209 69					300 105
近畿地方	495 341						495 341
合計	2,171 1,213	249 69	200 67	1,310 679	249 82	520 349	4,699 2,459

表-1(b) 熊本地震時の大型フェリー  
輸送実績（本州-被災地間 OD）

発地 \ 着地	関東	近畿	四国	九州	合計
関東地方				272 208	272 208
近畿地方				2,262 1,054	2,262 1,054
四国地方				0 35	0 35
九州地方	712 362	3,573 1,484	0 2		4,285 1,848
合計	712 362	3,573 1,484	0 2	2,534 1,297	6,819 3,145

陸路での進出が困難な北海道からの捜索・救援部隊は、2万トン級の大型長距離フェリーが就航する日本海航路を活用し、支援活動の拠点となった小樽港や苫小牧港（支援港）を出発し、海路から新潟港、敦賀港、舞鶴港等の被災地域外の港湾に上陸し、陸上から被災地に展開する進出ルートをとったものとみられる。長距離フェリーは輸送ロットが大きいため1船あたり数百名の人員と100台を超える車両の搬送が可能であるが、被災地近傍では港湾施設が被災している可能性が高い他、航行未経験海域にフェリーが進出すること自体に安全確保上の課題があることから、平時の航路網をいかに的確に活用するかがフェリーによる ERL の眼目となる。

熊本地震の際にも、長距離フェリーの既存航路網を活用して、適切な地点まで海上ルートを利用し（代替揚陸港）、そこから陸上移動する形での緊急支援輸送が行われた。表-1(a)にみられる北海道からのフェリー輸送 OD（発着港分布）では、往路、復路の輸送量には大きな差異は見られず、津軽海峡を渡って被災地に展開した部隊は、帰路も同一ルートで北海道に戻った。

関東・近畿地方のオフサイト支援港から被災地近傍の港湾で行われたフェリー輸送（表-1(b)）では、被災地到着が一刻を争う自衛隊等とはもっぱら陸路を移動する一方で、ガス会社や地方自治体からの応援部隊、ボランティア団体などは瀬戸内フェリー航路を利用して北九州港等に向かう傾向がみられ、北海道からのフェリー利用に比べて、これらの捜索・救援部隊以外のフェリー利用が目立つ。（表-2 参照）これらの団体は、フェリー利用による要員の体力や燃料の温存をより重視したものと見られる。

なお、被災地からの帰路に関しては、自衛隊等は瀬戸内フェリー航路を積極的に利用したと報告されている。これは、捜索・救援部隊の帰投にあたる時期が4月末以降のゴールデンウィーク前後となったため、隊員の疲労による事故の発生や重車両による道路渋滞のリスクを考慮し、フェリー利用が選択されたものと考えられる。（図-1(a)、図-1(b)参照）

<sup>2</sup> オーシャントランス、阪九フェリー、名門大洋フェリー、サンフラワー、宮崎カーフェリー、太平洋フェリー、新日本海フェリー、商船三井フェリーの8社が発災後から概ね5月末までに行った緊急支援輸送の内容（人員数、車両台数、利用団体名）をとりまとめたもの。これ以外にも、防衛省の下で運航されるPFI船「はくおう」が神戸港から八代港まで陸上自衛隊第2師団の隊員270名と車両80台を輸送したと報告されている。

表-2 熊本地震時のフェリー利用者

輸送目的		北海道-本州間			本州各地-被災地間		
		往路	復路	往路に対する	往路	復路	往路に対する
		輸送量 (人/台)	輸送量 (人/台)	復路比	輸送量 (人/台)	輸送量 (人/台)	復路比
捜索救援	人員	2,247	2,380	1.06	314	2,733	8.70
	車両	1,161	1,279	1.10	81	881	10.88
自治体の 応援	人員	0	0	—	177	152	0.86
	車両	0	0	—	132	117	0.89
ガス等の 復旧	人員	32	0	0.00	1,849	1,457	0.79
	車両	16	0	0.00	973	772	0.79
ボラン ティア等	人員	40	9	0.23	364	259	0.71
	車両	1	4	4.00	177	208	1.18

注) 輸送目的の「捜索救援」は自衛隊、消防、警察、「自治体」は水道局や行政支援、「ガス等」はガス、電気等の復旧要員。



図-1(a) フェリー輸送ルート (往路)

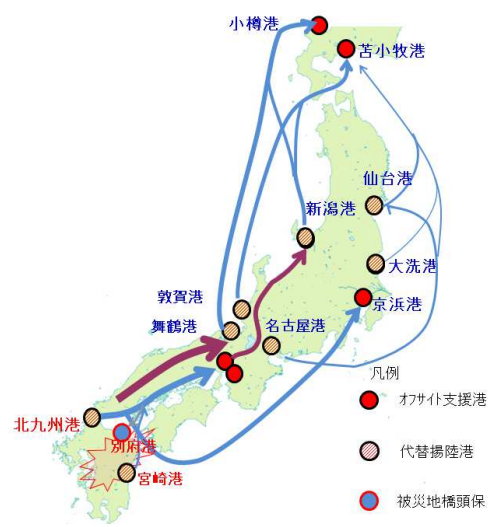


図-1(b) フェリー輸送ルート (復路)

### 3. 緊急支援輸送シナリオの考え方

小野ら<sup>4)</sup>は、南海トラフ巨大地震が発生した場合に、高知自動車道路や四国地方内の主要国道等の閉鎖によって孤立するリスクが高い高知県中央地区に対して、太平洋岸を航行する大型長距離フェリーを臨時寄港させることによる海上からの緊急支援輸送の可能性について、災害発生シナリオに基づく輸送需要量の推定やフェリーの航行シミュレーションを用いて検討した。しかしながら、この検討では、高知中央地区が陸路から孤立するリスクを定量的に示せておらず、海路による輸送分担比率を仮定されるにとどまっている。本章においては、イベントツリーの手法を用いて、高知中央地区の孤立シナリオを検討するとともに、海からの ERL が必要となる具体的な輸送ニーズについてより定量的に明らかにする方法論を示すこととする。

**3.1 被災地の孤立シナリオの検討**：南海トラフ巨大地震による四国地方における地震・津波被害は、中央防災会議モデル検討会で検討された地震動「陸側ケース」と津波「ケース5」の組み合わせが最大となるものと考えられている。<sup>5)</sup> ここでは、このような地震・津波外力を踏まえ、東南海・南海地震津波及び南海トラフ巨大地震による高知中央地区の孤立シナリオを検討するために、高知自動車道等高速道路網、四国島内の一般国道、高知港についてイベントツリーを作成した。(図-2 参照)

イベントツリーにおいては、東南海・南海級の地震・津波 (L1 想定) と南海トラフ巨大地震 (L2 想定) をハザードとして、それらの外力によるインフラ被害とその結果として生じる高知中央地区へのアクセス障害の程度をアクセス途絶期間 (もしくは復旧期間) として評価した。

上記のような被災イベントツリーに基づいて分類した高知中央地区への陸上アクセス手段被災レベルは表-3 に示すようなマトリックスで表現できる。一般国道網は高速道路に比べて脆弱性が高いと考

えられる。このことから、高速道路が軽微な被災にとどまり発災翌日には緊急車両の通行に供されるような場合にあっても、一般国道網では山間部道路区間における法面崩壊等が生じ、県道等も含めた回路の確保を含む機能復旧に1週間程度の期間を有する可能性が高い。表-3ではこれをシナリオ1と表現した。また、南海トラフ巨大地震時には四国の多くの地域が震度6強を超える地震動に見舞われるものと想定されることから、高速道路においても道路法面崩壊を含む中規模な被害が発生する可能性が高い。そのような場合、一般国道網は各地で寸断され、応急復旧や回路の確保に2週間程度の期間を要する恐れがある。(シナリオ2)

高速道路に甚大な被害が発生する可能性も否定できない。高知自動車道では落橋防止工が設置されるなど耐震対策が講じられているが、斜面の大規模な崩落や山体崩壊が発生すると本線は長期間にわたって通行不能となり、迂回ルート確保に1ヶ月以上を要することが想定される。ここではこれをシナリオ3とした。

表-3のような被災シナリオを踏まえると、フェリーによる海路からの緊急支援輸送のターゲットは、もっぱら、捜索救援活動を行う自衛隊等の人員、車両等の被災地への搬送とこれらの帰還時の輸送、また、プッシュ型の救援物資輸送にも視点を置いたものとなることになる。(表-4参照)

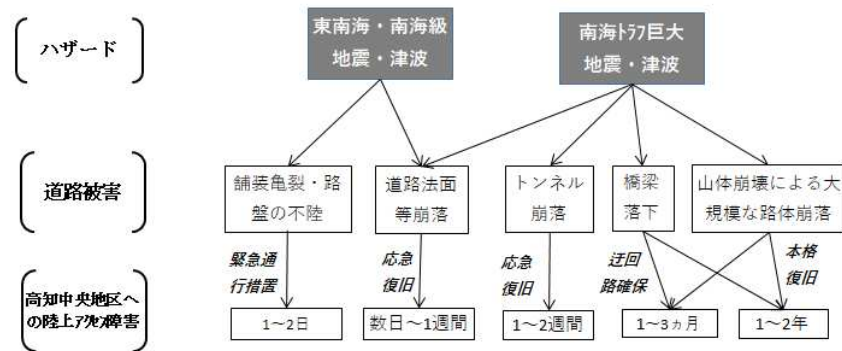


図-2 高速道路の被災イベントツリー (例)

表-3 被害状況シナリオ

施設区分	被害レベル	本四連絡橋・高知自動車の被害		
		軽微	中規模	大規模
一般国道の被害	軽微	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
	中規模			
	大規模			

注-1：本四連絡橋・高知自動車の被害レベル区分

- i. 軽微：点検等後、翌日緊急車両向け全線開通
- ii. 中規模：道路法面小規模崩落等。1週間後全線開通
- iii. 大規模：橋梁部材変形、落橋、道路路体崩落等。1ヶ月後以降開通（一部区間で迂回路確保）。

注-2：一般国道の被害レベル区分

- i. 軽微：点検等後、翌日緊急車両向け開通（大半の区間）
- ii. 中規模：各地で法面小規模崩落等。1週間後応急復旧、部分開通（大半の路線）
- iii. 大規模：橋梁部材変形、落橋、道路路体崩落等。2週間後一部路線復旧（限定的）

表-4 海上ルートからの輸送要請シナリオ

被害状況シナリオの区分	発災後の時間経過				
	初動	4日~1週間	1週間~2週間	2週間~1ヶ月	1ヶ月以降
シナリオ1	陸路主体				
シナリオ2	海路主体				
シナリオ3				徐々に陸路へ移行	
捜索救助活動	→				
被災者支援(7ツツ型)	→				
被災者支援(7ル型)	→				

注) 南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画(応急対策活動計画)では、本四連絡橋及び高知自動車道が通行不能な間は、捜索救助活動及び被災者支援活動は空路から行われることとされているが、輸送能力に限界があるため、捜索救助活動要員及び車両、機材等を急ぎよ海路から搬入する必要がある。なお、応急対策活動計画の下では、高知県に向けた救援部隊の主力は被害状況確認と並行して陸路からの進出を試みるため、7ルルートが完全に確保される以前にもこれら部隊は徐々に被災地に到着する可能性がある。



**3.2 緊急支援輸送需要**：ここでは、陸上輸送ルートの途絶時には被災地への展開を海路輸送に依存せざるをえないことが明らかになった捜索・救援部隊の輸送需要について考察する。

南海トラフ巨大地震発生時の自衛隊、消防、警察から構成される捜索・救援部隊の被災地派遣計画としては、中央防災会議が策定した「南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画」<sup>6)</sup>を参照することができる。計画では、被災地における捜索・救援活動のための広域応援部隊の派遣規模を、警察災害派遣隊 約 16,000 人、緊急消防援助隊 約 18,900 人(4,700 隊)、自衛隊の災害派遣部隊(重点受援県に所在する部隊も含む。)最大約 110,000 人とし、派遣元となる管区・地方からのそれぞれ進出ルートと一次集結地等を定めている。例えば、陸上自衛隊の場合、即時派遣の北部方面隊(北海道)16,000 人は、東海地方に向かう部隊を除くと、滋賀県、京都府等の近畿地方の駐屯地に進出し、四国への展開を伺うことになる。東日本大震災や熊本地震時の行動を参照すると、その大半は小樽港や苫小牧港から新日本海フェリーによって南下し、舞鶴港及び敦賀港、新潟港に上陸し、北陸・名神高速道路や京都縦貫道を経由するものと想定できる。また、東北方面隊 11,000 人の大半も東北自動車等を南下して関東の各駐屯地に集結する。

上記の捜索・救援部隊について計画では、被災地の被害規模(死者数及び自力脱出困難者数)を踏まえ派遣することとしている。例えば四国地方については、4 県すべてが重点受援県と定めたうえで 4 県への派遣シェアを概ね 3 割としている。このことを踏まえると、四国地方の場合、被災地への派遣規模は、中央防災会議の県別被害規模想定を用いて県レベルでの派遣規模を求めたのち、構成市町村の人口シェアに基づいて当該被災地に入る捜索・救援部隊の規模を想定することができる。高知中央地区への捜索・救援部隊の派遣規模算出事例を表-5 に示す。

表-5 高知中央地区への捜索救援派遣規模

区 分	全国動員規模		高知中央地区への派遣規模	
	動員人員数	動員車両数	人員数	車両台数
警察	16,000	4,000	1,080	270
緊急消防援助隊	18,900	4,780	1,276	323
自衛隊	110,000	N.A.	7,425	2,475
合 計	144,900	N.A.	9,781	3,068

注) 1. 自衛隊車両数は、平成28年熊本地震時のフェリー輸送(大阪湾→九州)の実績(3.9人/台)から推定。  
 2. 高知県への派遣人員数/車両台数 = 広域動員人員数/車両台数×四国4県シェア×高知県死者数シェア(冬18時 ケース)×高知中央地区死者数シェア(高知県被害想定)

捜索・救援活動のための人員と車両の輸送需要は、発災後 1 週間に集中する。このため、上記の高知中央地区への派遣規模(人員 9,781 人、3,068 台)は専らフェリー等による海上輸送に依存するものと考えられ、これらをすべて輸送するためには、高知沖を航行する大阪・志布志航路及び神戸・宮崎航路の輸送長距離フェリーの航送能力を勘案すると、21 航海<sup>(注3)</sup>する必要があることが分かる。

また、上記 2.2 で述べたように、被災地での活動後、これらの捜索・救援部隊の帰投に伴いフェリー輸送需要が発生する。そこで往路 1 単位の輸送量に対して、帰路の輸送需要について、下記の様な簡単なモデルを考える。

発災後 t 日目の復路輸送需要：

$$D^R(t) = \sum_1^t f(t-x) * D^O(x) \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 $D^O(x)$  は、時刻 x の往路輸送人員数である。

また、現地到着後 x 日後に帰還する人員は、下記の対数正規分布に従うと仮定する。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad 0 < x < \infty \quad \dots \dots (2)$$

<sup>3</sup>大阪港から高知沖を経由して志布志港に向かう長距離フェリー「さんふらわーさつま」及び「さんふらわーきりしま」は旅客 782 人、車両 175 台を、また神戸港から宮崎港に向かう「神戸エクスプレス」及び「宮崎エクスプレス」は旅客 690 人、車両 125 台を輸送する能力を有する。

平成 28 年熊本地震時に長距離フェリーが行った緊急支援人員の往路と帰路の輸送量は、図-3 に示すような分布となる。これらの往路と帰路の輸送実績データに上記(1)式及び(2)式を当てはめ、パラメーター推定を行うと、 $\mu = 2.698$ 、 $\sigma = 0.2546$ 、 $R^2 = 0.5469$  が得られた。

上式を用いると、フェリーの往路輸送に対応した復路輸送量が明らかになることから、往路、復路合計のフェリー輸送需要量を推定することができる。

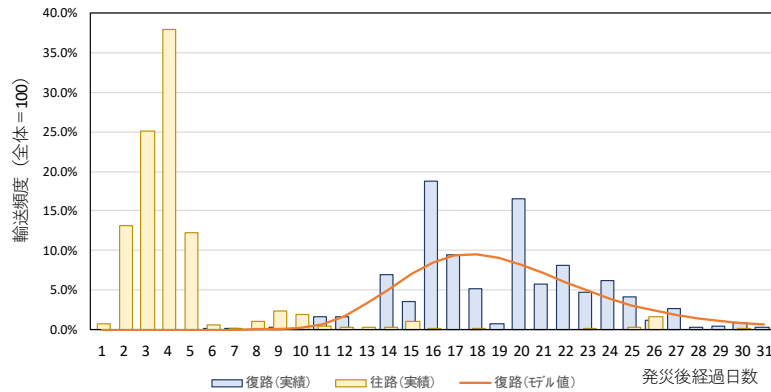


図-3 平成 28 年熊本地震時のフェリーによる自衛隊人員輸送（実績とモデル値）

#### 4. まとめ

本研究では、東日本大震災や平成 28 年の熊本地震時の捜索・救援要員、車両輸送実績に基づいて長距離フェリーによる災害時緊急輸送の特性について述べた後、中央防災会議が示す南海トラフ巨大地震の地震動予想値や応急対策活動計画を踏まえつつ、フェリーによる緊急支援輸送検討のためのシナリオの考え方や具体的な輸送需要推計方法を明らかにした。これらの方法論は、南海トラフ巨大地震の様な大規模災害時に、陸上輸送ルートから途絶した被災地に向けた海路からのアプローチの在り方を検討するための長距離フェリーの運航シミュレーションの実施に欠かせないものであり、今後の緊急支援輸送に長距離フェリーを的確に動員していく上での政策的な課題を検討する上での重要なツールを与えるものと期待される。

本研究に実施にあたっては、平成 27 年度～29 年度の 3 年間にわたり科研費（15H02970）の助成を受けた。また、日本長距離フェリー協会からは平成 28 年の熊本地震時のフェリー輸送データの提供を頂いた。ここに感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 小野憲司, 辰巳順, 中尾健良, 嶋倉康夫: 大規模災害時の緊急支援物資輸送における長距離フェリーの活用とその課題, 沿岸域学会誌 Vol.28, No.1, 2015 年 6 月
- 2) 辰巳順: 東日本大震災におけるフェリーの働き, 第二回日本長距離フェリー協会シンポジウム, 2011 年 7 月
- 3) 小野憲司: 災害時物流の担い手としてのフェリー、Ro-Ro 船の役割と課題, 日本船長協会会誌「船長」, 3 月号, 130 巻, 8 頁～22 頁, 2013 年 3 月
- 4) 小野憲司, 辰巳順, 中尾健良, 嶋倉康夫: 巨大災害発生時の具体的な対応シナリオに基づくフェリー等による緊急支援物資輸送シミュレーション, 日本沿岸域学会第 28 回研究討論会講演概要集, 平成 27 年 7 月
- 5) 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第一次報告), 中央防災会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ, 平成 24 年 8 月
- 6) 南海トラフ地震における 具体的な応急対策活動に関する計画, 中央防災会議幹事会, 平成 29 年 6 月