

展 望

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 Possible Mobilization of Long Distance Ferry for Emergency Relief Logistics after Large-Scale Disasters

小野 憲司*・辰巳 順**・中尾 健良***・嶋倉 康夫****
Kenji ONO, Jun TATSUMI, Takeyoshi NAKAO
and Yasuo SHIMAKURA

要旨: 2011年3月11日に発生した東日本大震災時には、北海道をはじめとする各地から自衛隊、警察、消防等の捜索・救助部隊が長距離フェリーを活用して被災地に展開した。また、今後の発生が危惧されている南海トラフの巨大地震や首都直下地震の被災現場においても被災者の迅速な救援・保護を可能とするためには、海上からの人員、資器材、物資の輸送が不可欠であると考えられる。

本研究は、災害現場での効率的な大量輸送手段としてのフェリーの利便性に注目して、長距離フェリーを活用した緊急支援物資等の海上輸送の可能性と課題について、フェリー運航シミュレーションによる検討の結果を報告するものである。

キーワード: シームレス物流, 緊急支援輸送, 長距離フェリー

1. 序論

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、自衛隊、警察、消防を主力とする捜索・救助部隊が長距離フェリーを利用して海路より被災地に展開した。とりわけ、被災地の中心となった東北地方と海を隔てた北海道からは、津波警報が解除されるや否や苫小牧港を基地として大量の人員、資器材が被災地に搬入された。その際、捜索・救助活動のために被災地に向かう要員の体力保持や現地地で即活動ができるように、車両類や重機を燃料を保留したままの輸送を可能としたのは、貨客船としての長距離フェリーの輸送の強みであった。

一方、海上ルートを活用した災害時緊急支援輸

送(ERL)に関する過去の研究事例は多くない。

間島ら¹⁾は、マルチエージェントシミュレーションの手法を用いて、河川舟運や沿岸航行船舶による災害時における緊急支援物資の最適な水上輸送システムの検討を行った。間島らの研究では、港湾の復旧や河川水位等のリアルタイム情報に対応しつつ、陸上ルートが途絶した被災地に河川や沿岸航路を航行する小型船舶によって水、食料等の支援物資が入った段ボールを直接揚陸する場合の輸送効率を明らかにした。また、河田ら²⁾は、港湾を活用して海路と陸路から緊急輸送を行うことによって輸送効率の向上が図れることを示した。東日本大震災時の長距離フェリーによる ERL に

* 正会員 京都大学防災研究所, ** 非会員 オーシャントランス(株), *** 正会員 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング, **** 非会員 国土交通省四国運輸局

係る詳細な報告としては、辰巳³⁾、小野⁴⁾、鈴木⁵⁾等がある。小野はまた、大規模災害時の海陸一貫大量輸送手段としての長距離フェリーの輸送効率を評価する目的で、フェリーの海上運航のシミュレーションモデルを考案している。⁶⁾

これらの過去の研究を踏まえ本稿では、災害現場にトラック等の自走車両を直接送り込むことができるとともに客船としての居住性を併せ持つ効率的な大量輸送手段としての長距離フェリーの強みに着目して、大規模災害時に被災地への海からの支援ルートの確保に向けた、フェリーを活用した効率的、効果的な人員・資機材や緊急支援物資海上輸送システムの有効性を定量的に評価する。

評価にあたっては、長距離フェリーの運航と陸上におけるトラック輸送を数値モデル化し、気象海象条件や被災地における港湾の利用条件等の様々な制約下におけるフェリーを使った海陸一貫輸送の能力やその特性を、数値シミュレーションによって具体的に求めた。

またその際、南海トラフの巨大地震によって陸上ルートが完全に途絶し孤立するリスクを有する高知県をモデルとして具体的なフェリー輸送可能量を算定するとともに、災害時の ERL に円滑に長距離フェリーを動員するための方策について考察をおこなった。

2. 東日本大震災時のフェリーによる ERL

現在、日本の沿岸域に就航している長距離フェリーは、合計 51 隻、船腹量 59 万 7 千総トンである。その総輸送力は、乗客 3 万人、乗用車 3,800 台、トラック・トレーラー 7,192 台に達し、全国で毎週のべ約 400 航海が運航されている。航行海域別に長距離フェリーの就航状況をみると、瀬戸内海域が最も多く 21 隻、一方、外洋に面した太平洋沿岸海域や日本海沿岸域は 10 隻前後と隻数は少ないが、いずれの海域においても平均 1 万総トン

級の大型フェリーが就航している。(表 1)

表 1 就航海域別長距離フェリー輸送能力

航行海域	就航隻数	船腹量(総トン)	積載能力(台)				運航会社数	運航頻度(航海/週)
			旅客	乗用車	トラック	トレーラー		
北太平洋沿岸域	11	124,749	6,167	837	1,481	0	3社	73
日本海沿岸域	8	146,481	6,502	524	1,296	0	1社	56
瀬戸内海域	21	224,472	12,786	1,556	2,752	400	6社	210
西日本太平洋沿岸域	11	101,407	4,179	888	1,214	97 (108 コンテナ)	5社	57
合計	51	597,109	29,634	3,805	6,743	492	15社 (延べ)	396

データ：フェリー旅客船ガイド(国土交通省監修、日刊海事通信社出版、2012年5月1日)

東日本大震災時に実際に ERL 活動に従事したフェリーは、10,000 総トン以上の大型フェリーがその太宗を占めた。緊急時であることから、より少人数のクルーと少量の燃料によって大量の人員及び車両を一括輸送することができる大型長距離フェリーのメリットが活用されたことがわかる。¹⁾

これらの長距離フェリーは、船首と船尾に複数のスラスター(補助推進器)を装備しており、一般貨物船よりはるかに高い操船性を有するため、狭い港内においても津波来襲時に速やかに回頭、離棧することが可能である。またフェリーの頑強な船体は津波に対する優れた耐波性を有し、津波に遭遇しても安全に沖合に避難することができた。長距離フェリーは、上記のような利点を生かして東日本大震災後も直ちに ERL 活動に従事したことから、将来の大規模災害時における緊急支援輸送のための効率的で有効な海上輸送手段となりうるとの期待が高まった。⁵⁾

またフェリーは、ランプウェイを通じて岸壁から直接車両を積み降しするため、i) 陸側からのクレーン等の支援が無くとも荷役が可能、ii) トラック等を介して海上輸送と陸上輸送をシームレスに接続することができる、iii) 捜索救助活動のための自衛隊等の要員及び車両・重機・装備類を燃料とともに大量一括輸送可能、といった強みを有する。

これらの強みを生かして、東日本大震災発生後

の4か月間に、15のフェリー会社から48隻のフェリーが899航海の緊急支援輸送に従事し、自衛隊員45,500人及び車両12,800台を含む60,500人、16,600台を輸送した。これらのことは、広域災害の現場における長距離フェリー活用のメリットを如実に示したと言える。³⁾

3. シミュレーションモデルを用いた長距離フェリーの緊急輸送能力の評価

前章で述べたとおり、東日本大震災時に要請された自衛隊等の捜索・救助要員、資機材の大量輸送においては、長距離フェリーが大きな役割を果たした。この教訓を踏まえ、今後発生が危惧される南海トラフの巨大地震や首都直下地震のような大規模災害時に必要となる大量の緊急支援物資輸送（ERL）に備えて、長距離フェリーの強みをいかに活用するか、又そのための事前準備として何が求められるかといった課題についてあらかじめ検討しておくことが重要となる。

本章では、そのような問題意識に基づき、長距離フェリーを用いた緊急支援物資輸送の効率性を定量的に評価することとする。その際、長距離フェリーの運航とフェリーによって輸送されたトラックの陸上走行の状況を逐次計算によって求めるアルゴリズムを作成し、フェリー輸送の効果と課題を具体的な数値に基づき検討することにする。

3.1 シミュレーションモデルのアルゴリズム

長距離フェリーによる ERL の海陸一貫輸送モデルは、図1に示すような支援拠点港湾と被災地港湾、両港を結ぶ海上輸送上の4ノード、更に被災地における支援物資の1次、2次集積所から構成される。また、港湾内では、入港開始、接岸終了、揚げ荷役開始、揚げ荷役終了、積み荷役開始、積み荷役終了、離岸・出港開始の7ノードを有する。ノード間のリンクはフェリーの航海やトラッ

クの走行、荷役作業等の輸送行動を表し、それぞれのノードは先行するリンクの終了と次のリンクの開始時刻を表す。各々のノードでは(1)の連続性が満たされる。

$$t_{i+1} = t_i + \Delta t_i \quad (1)$$

ここで、 t_{i+1} 及び t_i は、ノード $i+1$ 及びノード i の時刻、 Δt_i は、ノード $i+1$ とノード i の間のリンクの所要時間である。

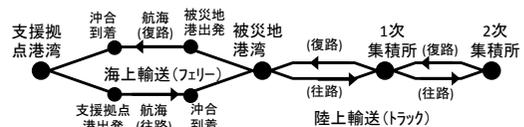


図1 緊急支援物資の海陸一貫輸送モデル

モデルは、支援拠点港湾と被災地港湾の間を往復する長距離フェリーの洋上航海及び港湾への出港と、フェリーによって航送されたトラックの被災地港湾、支援物資一時集積所間の往復走行で構成される。被災地港湾では、荷役機械の損壊等によって荷役が困難なため、フェリーが輸送するトラックが、陸路を走行し支援物資を1次集積所に届けたのち、またフェリーに乗船して支援拠点港湾に戻り、緊急支援物資を積み込み、再度フェリーで被災地に向かうというドア・ツー・ドア輸送システムを考案した。

このようなモデルの逐次計算アルゴリズムの主な仮定と計算条件は以下のとおりとなる。

- ① フェリーは、被災地外の港湾（支援港湾）と被災地港湾の間で緊急支援物資を乗せたトラックをピストン輸送。
- ② 支援港湾と被災地港湾の双方において、バースに空きがない場合、フェリーは沖合で待機。
- ③ 被災地港湾における荷役は、津波等による照明機器等の損壊を考慮し、応急復旧までの間の夜間作業は行わない。また、潮位差による車両乗降制限も考慮。
- ④ 支援港湾では24時間入出港、荷役が可能。

⑤ 被災地の支援物資集積所までのトラックの走行においては、地震、津波による道路の被災、水没を考慮し迂回ルートを設定。また被災地

の陸上走行条件等を考慮し、被災地港湾へのトラックの帰還時間に1～3日の時間差を設定。

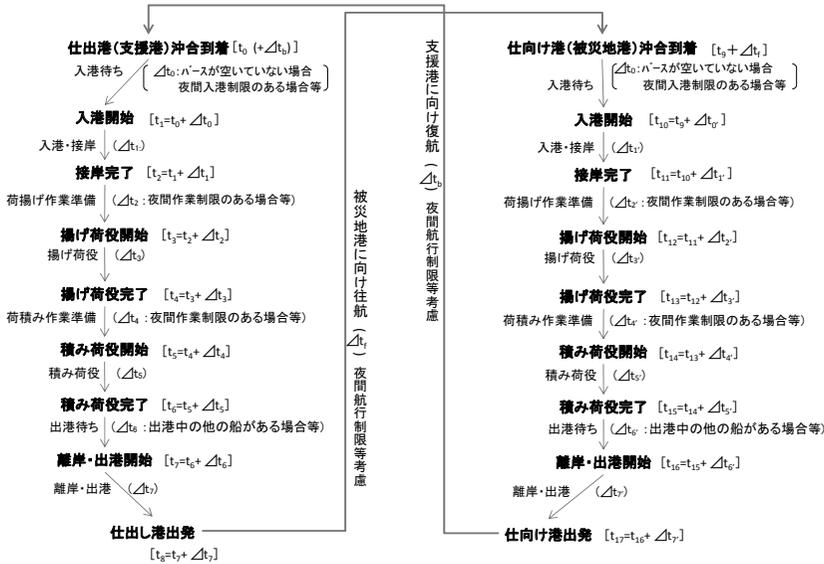


図2 モデルの逐次計算アルゴリズム

3.2 基本的なパラメーター適合性

フェリー運航者にヒアリングを行って、アルゴリズムに用いるフェリーの平均的な運用パラメーターを表2及び表3のとおり設定した。

災害発生直後に被災地沿海域を大型フェリーが航行する場合、浮遊瓦礫や漁網等の航行障害物に対する警戒が不可欠である。このようなことから、東日本大震災時の東北太平洋沿岸海域におけるフェリー等の運航経験に基づき、被災地沿海域では夜間の航行速度を75%低減した。(表2参照)

表2 フェリーの外洋航行条件

	被災地沿岸域	それ以外海域
昼間	20ノット	
夜間	5ノット	

注：津波浮遊物等の視認困難性による。

表3 港湾におけるフェリー運用条件

荷役時間 ^(注1)		入港接岸所要時間	離岸出港所要時間
荷積み	荷卸し		
2時間	1時間	30分	30分

但し、被災地港湾における夜間入出港^(注2)及び夜間荷役^(注3)無し。

注1:潮位差による車両乗降ランプの勾配制限(5%以下)を考慮。

注2:津波浮遊物等の視認困難性による。

注3:照明施設の被災による。

また、被災地港湾への入出港は、特に海面浮遊物や海面下の障害物を考慮して夜間は行わないこととした。(表3参照)

荷役時間についても、昼間は大型フェリーの通常時の積載車量の乗降時間通りとするが、被災地港湾においては照明施設の被災等を考慮し夜間荷役は行わない他、昼間においても、潮位の干満差が大きな港において車両乗降ランプの勾配が5%

を超える場合には荷役を行わないこととした。

フェリーによって被災地に揚陸されたトラックは、一旦被災地港湾の埠頭に集結した後、内陸の支援物資等集積地まで陸上走行する等一定時間被災地にとどまった後、フェリーに乗船するために再度被災地港湾に戻ってくる。その際の走行速度や被災地港への帰還までの時間分布は国土交通省資料⁷⁾等を踏まえ表4のとおり設定した。

表4 トラックの走行条件

トラック走行速度	陸送準備時間	トラック積載量	被災地港へのトラック帰還率		
			翌日	3日目	4日目
15km/時	1時間	7.0トン/台	70%	25%	5%

注1)トラック走行速度や帰還率は、国土交通省調査で用いられた災害時の一般道路走行速度(17.3km/時)等を勘案し、また陸送準備時間や積載量は、フェリー会事業者の意見に基づき筆者らが設定。

3.3 災害時の大型フェリー航行実績との比較

東日本大震災時に長距離フェリーを緊急動員して行われた自衛隊等の捜索・救助要員、資機材の ERL の内容については、鈴木⁵⁾及び小野⁶⁾に詳しい。特に津波警報解除直後の3月13日から3月22日の10日間には、商船三井フェリー及び太平洋フェリー、新日本海フェリーの大型フェリーによって15航海が実施され、北海道から東北地方の被災地に6,830人の要員と2,300台の車両等が大量輸送された。

本節では、上記の内の苫小牧港～青森港間における長距離フェリーの出航から洋上航行、入港・着岸までの実績所要時間と前節で提案したモデルにより時間を比較する。

長距離フェリーの苫小牧港～青森港間の運航時間データは、上記15航海の内、小樽港や秋田港を使用した3航海を除く12航海に加えて、北海道に帰還する要員、機材を搬送した4月の3航海を加えて15航海とした。(表5参照)

モデルに使用したパラメーターに関しては、①苫小牧港～青森港間の運航ルートにおいては航行障害物との遭遇の恐れが少なかったため、長距離

フェリーの航行速度を20ノット～25ノット、②苫小牧港、青森港とも地震、津波の被害をほとんど受けなかったため、24時間入出港及び接岸可能、入港、出航時間は30分、③青森港沖館埠頭は大型フェリーの同時接岸が可能であるため滞船は生じない、と設定した。

ここで、運航時間のモデル値と実績値の比較結果を図3に示す。ここでモデル値とは、3.1節で述べたアルゴリズムを用いて苫小牧～青森港間のフェリー航行時間を算出したものである。

表5 苫小牧港～青森港間フェリー航行実績

出発港			仕向港 [*]		
港名	出航日	出航時間	港名	入港日	入航時間
苫小牧	3月13日	21:00	青森	3月14日	4:00
苫小牧	3月13日	22:30	青森	3月14日	6:10
苫小牧	3月14日	1:30	青森	3月14日	10:00
苫小牧	3月14日	4:15	青森	3月14日	13:20
苫小牧	3月14日	11:25	青森	3月14日	17:15
苫小牧	3月14日	14:35	青森	3月14日	20:55
苫小牧	3月15日	18:00	青森	3月15日	0:00
苫小牧	3月15日	20:55	青森	3月16日	3:00
苫小牧	3月17日	18:00	青森	3月17日	23:50
苫小牧	3月17日	20:50	青森	3月18日	2:55
苫小牧	3月22日	21:00	青森	3月23日	3:10
苫小牧	3月22日	17:55	青森	3月22日	23:55
青森	4月10日	9:00	苫小牧	4月10日	15:20
青森	4月20日	20:20	苫小牧	4月21日	2:00
青森	4月30日	18:10	苫小牧	5月1日	0:40

※青森港は沖館(おきだて)埠頭に接岸

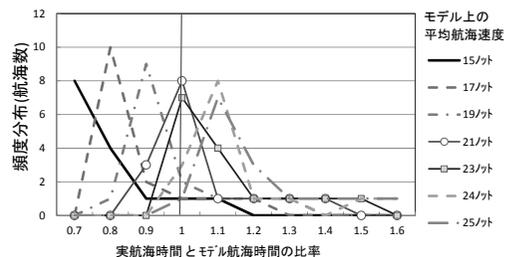


図3 苫小牧港～青森港間航行時間比較

フェリーの洋上航行速度を15ノットから25ノットの間で変化させると、21～23ノットの時に運航時間のモデル値と実績値の比の最頻値が0.95

～1.05 の間に入る。即ち、苫小牧～青森港間のフェリー航行実態データを見る限りでは、モデル上の平均航海速度は 21～23 ノットが最も適切であると考えられるが、東日本大震災直後の三陸沖合海域での航行時には、浮遊瓦礫等を避けるため、フェリーは洋上での高速航行を維持できなかった等の事実を勘案すると、モデルパラメーターとしてフェリー航行速度を 20 ノットとすることは、安全側の設定であると判断した。

4. ケーススタディの実施

4.1 高知県の地震津波リスクと緊急支援物流

南海トラフの巨大地震が発生すると、高知県太平洋沿岸域の大半の市町村が震度 7 の地震動に見舞われ、また津波高さは 10 メートルを超えるものと予想されている。⁸⁾

表 6 高知県太平洋沿岸域の震度及び津波高さ

県名	市町村名	震度	津波高
高知県	宿毛市	7	12
	大月町	6 弱	21
	土佐清水市	6 強	22
	四万十市	7	22
	黒潮町	7	34
	四万十町	7	31
	中土佐町	7	22
	須崎市	7	25
	土佐市	7	24
	高知市	7	16
	南国市	7	16
	香南市	7	14
	芸西村	7	13
	安芸市	7	15
	安田町	7	14
	田野町	7	13
	奈半利町	7	14
	室戸市	6 強	21
東洋町	6 強	13	

このような極めて強い地震動と津波に見舞われると、沿岸の道路網は津波によって、また、山間部を経由して香川県、愛媛県に至るルートは斜面崩壊等によって途絶する恐れが高い。(図 4)

一方、高知県では県下を 4 地区に区分し、それぞれの地区ごとに広域拠点と地域拠点を設けて緊急支援物資の搬入等を行うこととしている。(図 5)



図 4 南海トラフの巨大地震時の交通網の想定

この内平成 22 年人口比で 75.6 パーセントを占める高知中央地域では、春野運動公園と高知県立青少年センターを広域拠点に位置付け、高知自動車道及び高知港を経由して県外からの支援を受けることとしている。高知中央地区の人口の 60%は高知市に集中している。

検討の対象となる地域の人口は平成 22 年時点で 57 万 8 千人、これに対して高知県は、東南海・南海地震級及び南海トラフの巨大地震級の地震津波に対して、14.3 万人 (L1) 及び 35.8 万人 (L2) の避難者が表 7 に示すような分布で発生すると想定している。⁹⁾

また筆者らが見積もった高知中央地域向けの緊急支援物資輸送需要量と高知新港 (三里地区) から 1 次集積所及び 2 次集積所までの距離を表 7 に示す。なお、2 次集積所は各市町村の市役所・役場の位置を想定し、高知港から緊急支援物資集積所までの陸上走行距離は、地震後の地盤沈下により発生すると危惧される高知市周辺の浸水域を迂回する道路ルートの延長を地図上で計測し求めた。

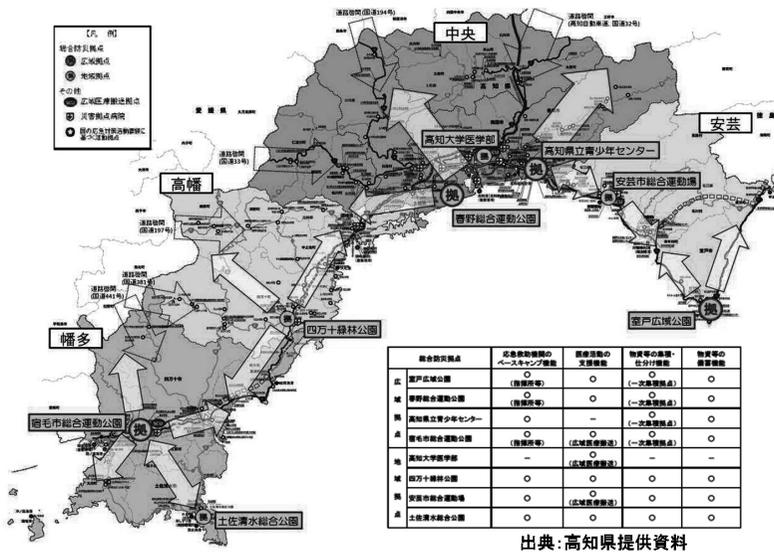


図 5 高知県における総合防災拠点の配置計画

表 7 緊急支援助物資輸送需要 (高知中央地域)

	H22年人口 (千人)	避難者数(千人)		緊急支援助物資 (トン/日)		高知新港から2次集積所 最寄の総合 防災拠点 までの距離 (km)
		L1	L2	L1	L2	
南国	49	3	24	41	351	24.7
香南	34	3	19	49	277	17.8
香美	29	1	8	12	116	19.5
芸西	4	0	17	0	249	32.8
高知	343	114	248	1,653	3,596	64.4
土佐	29	6	10	93	138	64.5
須崎	25	10	17	149	241	83.9
いの	25	1	4	13	61	67.9
日高	5	0	0	2	7	72.7
佐川	14	0	2	1	29	83.0
越知	6	0	1	0	20	88.3
津野	6	0	1	0	20	94.5
中土佐	8	4	6	55	93	94.5
合計	578	143	358	2068.7	5197.1	
高知新港→春日総合運動公園:				55.6 km		出典:2010年国勢調査及び 高知県資料等をもとに筆者 作成。
高知新港→県立青少年センター:				15.8 km		

これらの避難者数に対して、筆者らは、内閣府が用いた被災者支援助物資量^{注1)}の原単位(14.5kg/日)を用いて、必要支援助物資量を2,100トン/日～5,200トン/日と算定した。¹⁰⁾

注1) 1人1日あたり飲料水3リットル, 弁当(3食)1.5kg, 毛布6kg(3.0kg/枚を2枚), 生活必需品2.5kg(被服2.0kg/人, 医薬品セット0.5kg/人), 仮設トイレ1.5kg(1基150kg/100人)を想定している。

4.2 モデルパラメーターの設定

高知港は高知市の太平洋に面した沿岸部に位置し、内閣府想定では震度7の揺れと16mの津波に襲われるものと予想されている。従って港湾施設は、耐震岸壁を除き大きな被害を受ける可能性が高い。現在高知港には、浦戸湾内の潮江地区に水深-7.5m、岸壁延長172mの、また三里地区には水深-11m、岸壁延長190mの耐震バースがある。閉鎖性が高く石油配分基地や木材埠頭等の津波被害と流出物が予想される浦戸湾内は海面の啓開に時間を要するものと考えられることから、災害発生後直ちに利用可能となる施設は三里地区の-11m岸壁と考えられる。また、三里地区の外貿埠頭(水深-14m, 延長280m)は暫定的に防波護岸として設計されたケーソン構造物であることから耐震性にも優れており、震度7の揺れにも耐える可能性を有するとされている。このように被災地港湾として三里地区に2バースが想定される。

これらの岸壁が使用可能である場合であっても、津波によって荷役機械や照明設備等荷役を行うた

めの施設は大半が失われると予想される。また、三里地区にはフェリー用の可動橋が無いため、サイドランプによる荷役を行う必要が生じるが、当地区の潮位差は 1.9m あるため潮位が低い場合はランプが本船側に下り勾配となりトラックの乗降が困難となる。1 万トン級のフェリーについてバラスト調整による勾配補正が可能な範囲をフェリー事業者にヒアリングした結果に基づき、モデル上は潮位 0.5m 以下で荷役を停止することとした。

高知港に寄港が可能な現在就航中のフェリーを表 8 に示す。瀬戸内海には多数のフェリー航路が存在するが、四国沿岸域を航行する 1 万トン級以上の長距離フェリーで高知沖の外海を航行可能なものとして下表の 8 隻が抽出される。

表 8 高知港沖を航行可能なフェリー一覧

船名	全長 (m)	船幅 (m)	計画満載喫水 (m)	総トン数 (G/T)	旅客定員 (人)	トラック/トレー/搭載台数	乗用車搭載台数	満載航海速度 (ノット)	航路	運航船社
オーシャンイースト	166.0	25.0	6.2	11,523	401	120	75	21.5	新門司 一徳島 一東京	オーシャントランス
オーシャンウエスト	166.0	25.0	6.2	11,522	401	120	75	21.5		
オーシャンサウス	166.0	25.0	6.4	11,114	148	120	75	21.5		
オーシャンノース	166.0	25.0	6.4	11,114	148	120	75	21.5		
さんふらわーこーど	166.5	27.0	6.0	11,178	748	147	75	23.2	大分 一神戸	フェリーさんふらわー
さんふらわーぼーる	166.5	27.0	6.0	11,177	782	147	75	23.2		
さんふらわーあいほり	153.0	25.0	5.6	9,245	710	100	100	22.4	別府 一大阪	
さんふらわーこぼると	153.0	25.0	5.6	9,245	710	100	100	22.4		

上表のうち、フェリーさんふらわあ社が運航する 4 隻はサイドランプを有し、船首尾係船岸の無い三里地区においても車両の積み下ろしが可能である。なお、オーシャントランス社の 4 隻についても計画中の代替建造時にサイドランプを設置する計画を有する。

上記を勘案し、上記フェリー航路が就航している北九州港及び大分港から高知港三里地区に緊急支援輸送のため各々 3 隻のフェリーが運航する設定でシミュレーションを行った。(図 6 参照)

北九州港や別府湾から高知港に至る洋上航海ルートでは、高知県沿岸域はもとより周防灘や別府湾等の航行海域全般にわたって浮遊瓦礫や漁網等

に遭遇するリスクが高く、昼間であっても航行障害を防止するための瓦礫等の監視が不可欠と想定される。筆者らは、東日本大震災時のフェリー運航者の経験から導かれた上記の考察に基づき、シミュレーションにおけるフェリーの洋上航行速度を昼間は 20 ノット、夜間 5 ノットとした。

その他の条件は表 9 及び表 10 のとおりである。被災地港湾における荷役は、平均的な日の出日没を念頭に置いて朝 6 時から夕方 18 時までとした。

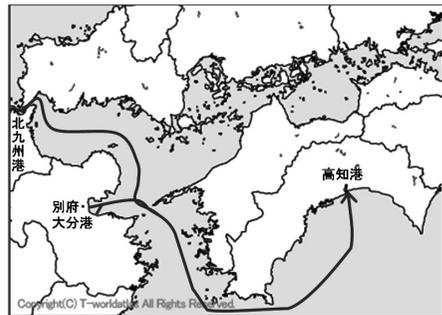


図 6 高知港までの洋上航海ルート

表 9 港湾関係パラメーター

港名	入出港時間		利用バース数	荷役時間		入港時間帯		荷役時間帯	
	入港	離岸出港		積み込み	卸し	開始	終了	開始	終了
支援港	30分		各々3	2時間	1時間	24時間			
被災地港	30分		2	2時間	1時間	6時~18時		6時~18時 (照明未復旧)	

表 10 洋上航行パラメーター

支援港名	航行距離 (マイル)	航行速度 (ノット)		夜間航行制限
		昼間	夜間	
北九州港	204	20ノット	5ノット	18時~翌朝6時
大分港	170			

シミュレーションでは、耐震強化岸壁を有する北九州港及び別府湾に長距離フェリーが集結し、各々が 100 台のトラックを積載して高知港に向かって逐次計算を開始し、1 時間間隔、720 時間 (3 ヶ月) 後までの計算を行った。

なお基本ケースでは計算開始時の高知港の潮位差を平均潮位と仮定した。

なお、高知中央地区の総合防災基地及び2次集積所は高知港から100 km以内の範囲にあるが、本検討では支援物資輸送トラックは、表4の設定を踏まえて、揚陸日の翌日以降に高知港に戻ってくるものと仮定した。

4.3 シミュレーション結果

南海トラフの巨大地震の発災を0時とし、翌朝6時に北九州港及び別府湾にそれぞれ3隻の長距

離フェリーが集結し支援港に入港した後、トラックを積み込み高知港に向かったと仮定して行った逐次計算結果から図7に示すフェリー運航ダイヤグラムが得られた。また、これらのフェリーの運航による緊急支援物資輸送量を図8に示す。

想定したフェリーの積載量は、トラックは一律100台、輸送人員数は表11のとおりとした。

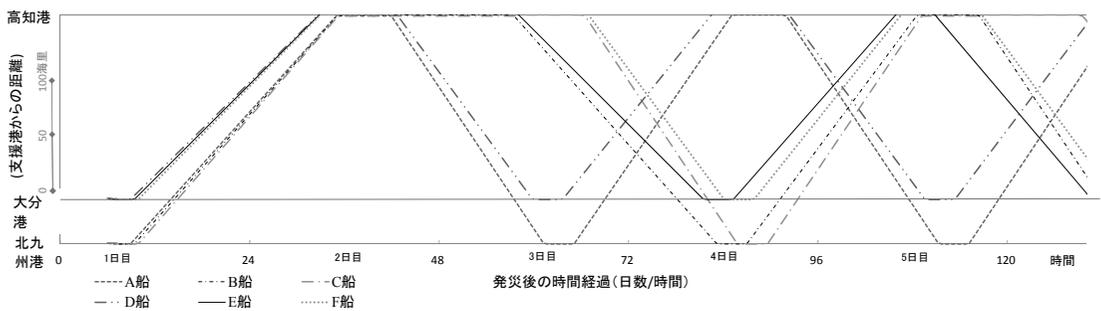


図7 シミュレーションに基づくフェリー運航ダイヤグラム

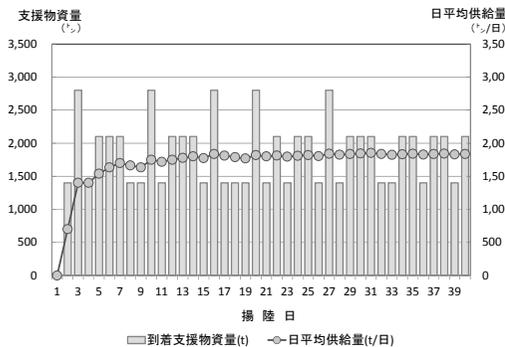


図8 緊急支援物資輸送量

毎日1隻ないし2隻のフェリーが高知港で荷役を行い、1日あたり200台～400台のトラックを揚陸することから、日平均1,700トンの緊急支援物資が被災地に荷揚げされるという計算結果となった。(図8参照)

表11 各フェリーの輸送人員数

基地港名	人員輸送能力	備考
北九州港	320人/隻	おーしゃんうえすと・いーすとの一すの旅客定員の平均
大分港	750人/隻	さんふらわあごーど・ぱーる・あいまりの旅客定員の平均

輸送可能な支援物資量は、高知中央地域のピーク時需要量の32.7パーセント(又は避難者11万7000人分)に相当することから、高知自動車道路等の内陸輸送ルートの復旧が遅れた際にフェリーを活用すれば海上輸送による被災地緊急支援が有力な代替案となりうることを示唆される。

図9はフェリーが被災地に送り込むことができるトラック台数と捜索・救助等要員数を示す。フェリーのトラック航送能力の最初の10日

分を振り向ければ、北九州港及び大分港等から合せて2,500台の捜索・救助用車両を高知中央地区に持ち込める。

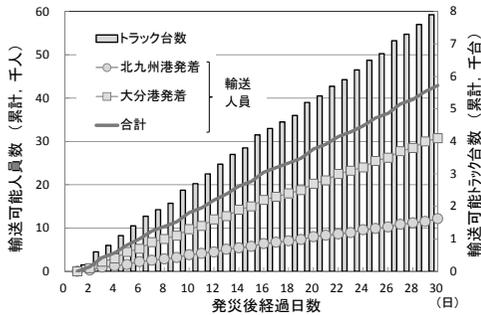


図9 フェリーによるトラック/人員輸送可能量

また、被災地に輸送できる要員数は、最初の10日間で北九州港から3,840人、大分港から9,750人、合計13,590人となる。

先に述べた東日本大震災時自衛隊等の捜索・救助要員及び車両輸送実績(6,830人、2,300台)を凌駕する輸送能力を有すると言える。

図10はフェリーが輸送する途上のトラック及び現地で走行中のトラックの台数を表す。

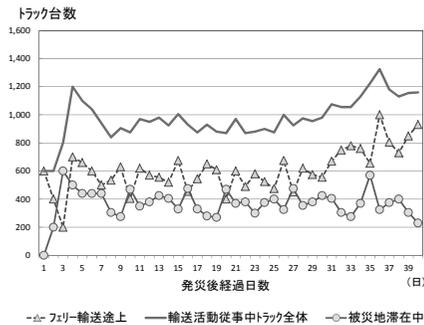


図10 トラックの回転率

400~900台のトラックが輸送途上にあり、400台前後のトラックが高知中央地区で緊急支援物資輸送に従事であることから、最大時で1,300台のトラックを確保する必要性が生じる。

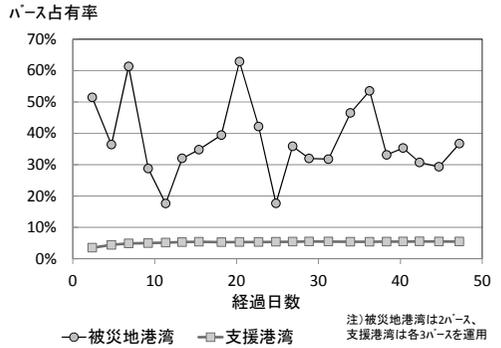


図11 バースの占有率

また接岸・荷役のためフェリーが高知港のバースを占有する時間の比率(バース占有率)は、フェリー到着のタイミングや潮位条件によって大きく変動するが、平均は37.9%となり、夜間荷役ができないことを勘案すると、概ねフル稼働状態に達することが分かった。(図11参照)一方、各々3バースを有する支援港ではバース占有率は10%にも達せず、フェリー以外の被災地支援船舶の利用が可能であると評価された。

これらのフェリーが高知港から支援港に帰る際、空荷のトラックを搬送する他、災害による負傷者や高齢者、疾病を有する被災者等を被災地外の北九州や大分地域に搬送することが可能となる。ケーススタディでは、その数を1ヵ月間で最大4万2千人と見積もった。

5. フェリーを活用した緊急支援輸送の課題

緊急支援輸送における海上大量輸送手段としての長距離フェリーの自己完結性、優れた操船性、マルチモーダル輸送機能は、今後、南海トラフの巨大地震のような大規模災害に対処するための事前準備を進める上で、有効な手段の一つであると考えられる。

一方で長距離フェリーを緊急支援輸送に活用

するためにはいくつかの課題が挙げられる。まず、長距離フェリーを緊急支援輸送に円滑に動員するためには、フェリー航路及びフェリー船団の維持が今後増々重要となる。高速道路網の拡張と近年の高速道路料金の政策的引き下げによって、トラック等陸上輸送との競争が激化し長距離フェリー会社の経営環境は近年著しく悪化した。経営収支改善のための航路の縮小と保有船舶数の削減が進んでおり、これらは災害時の長距離フェリーの対応能力を著しく低下させている。大規模災害に的確に対応する能力を保持するためには、戦略的にフェリー航路の維持とフェリー船腹量の確保を図る必要がある。

また、岸壁等の港湾施設は一旦被災するとその普及には多大な時間を要するため、耐震強化岸壁のような地震力に対抗可能な港湾施設を全国に適切に配置することが、災害時に長距離フェリーを運航する上で不可欠である。

なお、現下の耐震強化岸壁は、一般貨物船の接岸を念頭においたバース延長の短いものが多い。整備中も含めて全国で40程度の耐震強化岸壁が長距離フェリーの接岸に対処可能である。⁴⁾

今後、更に多くの港湾において長距離フェリーの接岸が可能となるようフェリー用の耐震強化岸壁の整備を推進する必要がある。

6. 結び

本研究では、東日本大震災時の経験に基づき、大規模災害時の緊急支援輸送における長距離フェリーの強みについて述べた後、シミュレーションモデルを用いてフェリーの輸送能力を定量的に求め、災害時の緊急支援物資輸送手段としての有効性を評価した。また、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と対策についても述べた。これらの研究成果に基づき今後、長距離フェリー

の活用による効果的、効率的な災害時緊急支援輸送体制の速やかな構築がなお一層促進されることが期待される。

謝辞

本研究の実施にあたって、ケーススタディの対象とした高知県及び四国地方整備局並びに四国運輸局からデータの提供等のご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) 間島隆博・樋富和夫・勝原光治郎：災害時緊急輸送システムの技術開発に関する研究，海上技術安全研究所報告第6巻第1号（平成18年度）総合報告，2006.
- 2) 河田恵昭・小鯛航太・鈴木進吾：東南海・南海地震発生時の港湾機能を活用した緊急輸送戦略，海岸工学論文集第54巻，土木学会，2007.
- 3) 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
- 4) 小野憲司：災害時の海上輸送手段としてのフェリーの活用方策，港湾経済研究 No.51，pp.1-12，2012.
- 5) Suzuki, O. : Expected activities of the mega ferry boats when extensive disaster has taken place, Presented at the International Seminar on Resilient and Sustainable Road Freight Systems and Humanitarian Logistics, Kyoto, 2013
- 6) Ono, K., Tatsumi, J., Nakao, T.: Possible Mobilization of Ferry Boats for Facilitating Seamless Logistics at the Disaster Area, Proceedings of the 5th International Conference of Transport and Logistics,

Bangkok, 2014

- 7) 冬期における津波災害対応・復旧支援方策検討会第2回検討会資料, 36頁, 国土交通省, 平成26年2月
- 8) 内閣府: 南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等(第二次報告)資料1-1及び1-6, 平成24年8月
- 9) 高知県:【高知県版】南海トラフ巨大地震による被害想定, 平成24年12月
- 10) 内閣府: 名古屋圏広域防災ネットワーク整備連携方策検討委員会資料, 平成15年9月

著者紹介

小野 憲司(正会員)

京都大学防災研究所特定教授, 昭和29年生まれ, 昭和55年3月京都大学大学院工学専攻科修了, 同年4月運輸省入省。国土交通省を経て, 平成24年京都大学防災研究所採用, 現在に至る。博士(学術), 日本土木学会, 日本物流学会, 日本沿岸域学会, アジア交通学会, 国際総合災害学会等会員。E-mail:ono.kenji.5z@kyoto-u.ac.jp

辰巳 順

オーシャントランス(株)常務取締役, 昭和29年生まれ, 昭和51年3月一橋大学経済学部卒業, 同年4月日本郵船(株)入社, 海外勤務: 米国(サンフランシスコ, LA), 中国(上海, 青島, 北京, 広州), 平成20年オーシャン東九フェリー(株)取締役, (一社)長距離フェリー協会業務委員, 物流政策アドバイザー会議専門アドバイザー
E-mail:tatsumi@ocean-trans.co.jp

中尾 健良(正会員申請中)

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社政策研究事業本部研究開発第1部長兼主任研究員(防災リスクマネジメント研究室), 昭和45年生まれ, 平成4年神戸大学農学部卒業, 同年株式会社三和総合研究所入社, 現在に至る。日本物流学会, 日本計画行政学会, 日本クルーズ&フェリー学会会員。E-mail:nakao@murc.jp

嶋倉 康夫

国土交通省四国運輸局, 昭和43年生まれ, 平成6年琉球大学工学部土木工学科卒業, 同年運輸省入省, 平成18年内閣府沖縄総合事務局石垣港湾事務所長, 平成23年中部地方整備局港湾空港部港湾物流企画室長を経て, 平成25年四国運輸局交通環境部長。

E-mail: shimakura-y852a@skt.mlit.go.jp

Possible mobilization of ferry boats for facilitating seamless logistics at the disaster area

Kenji ONO, Jun TATSUMI, Takeyoshi NAKAO
and Yasuo SHIMAKURA

ABSTRACT: During the GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE, on March 11, 2011, long distance ferry demonstrated the high seaworthiness against the tsunami waves. The ferry also promptly committed the emergency relief logistics (ERL) by transporting personnel, vehicles and heavy equipment for search and rescue parties which deployed to the disaster site. Based upon the experience, this study reviews ERL activities undertaken by ferries, and identifies the strength and weakness of the ferry boats through a computer numerical modeling to simulate ferry ERL operations. Case study was undertaken in Kochi prefecture and policy implications were obtained for further mobilizing ferries as transportation measures at the disaster scene.

KEYWORDS : *Seamless logistics, Emergency relief operation, Long distance ferry*