

災害時における被災者への 救援物資輸送に関する研究

京都大学

谷口栄一、小野憲司、中村有克

1

アウトライン

1. 概説
2. 大規模な広域災害発生時の海上多量輸送システムの検討
3. 避難所への救援物資輸送システムの検討
4. 結論

2

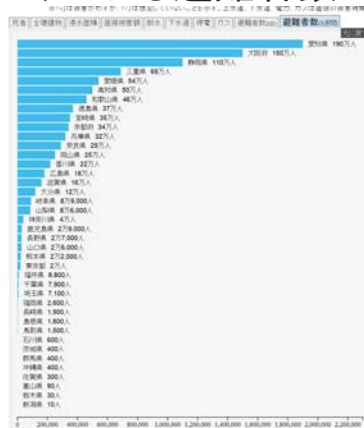
1. 概説

- 東日本大震災の避難者数 約45万人
- 避難所への救援物資輸送において、多くの課題があった
 - 災害直後の供給不足
 - 防災計画において、カストロフィックな大災害は考えていなかった
 - 救援物資輸送に関する詳細なガイダンスなしに危機に対応せざるを得なかった
 - 演習、訓練の不足
 - 役所と民間物流企業の連携の不足
 - 避難所とのコミュニケーションが困難であった
 - 企業・個人からの寄付の取り扱い

3

今後予想される南海トラフを震源とする地震(最悪ケース)による避難者数

- 愛知県 190万人
- 大阪府 160万人
- 静岡県 110万人
- 三重県 69万人
- 愛媛県 54万人
- 高知県 50万人
- 和歌山県 46万人
-



4

2. 大規模な広域災害発生時の海上多量輸送システムの検討



東日本大震災時のフェリーによる緊急支援物資輸送



6

長距離フェリーの要目 (フェリーいしかり)



スペック

総トン数:15,762トン、全長:199.9メートル、幅:27.0メートル、満載喫水:6.85メートル、最大速力:26.50ノット
ハウ・スラスター:2基、スタン・スラスター:1基
旅客定員:777名、ドライバー室:60名、12mトラック:184台、乗用車:100台

出典:太平洋フェリー(株)提供資料に基づく



Copyright © GMO Media, Inc.



Copyright © GMO Media, Inc.

7

災害時緊急物流におけるフェリーの輸送実績

フェリーによる緊急輸送の状況

区分	長距離F	短距離F	合計
船社数	10	5	15
動員隻数	37	11	48
延べ航海便数	710	189	899

区分	長距離F	短距離F	総輸送量
輸送人員	55,200	5,300	60,500
自衛隊員	42,900	2,600	45,500
その他	12,300	2,700	15,000
輸送車両	15,200	1,400	16,600
自衛隊	12,100	700	12,800
その他	3,100	700	3,800

出典:四国の港湾における地震・津波対策検討会議資料、オーシャントランス㈱取締役営業企画部長 辰巳順、2011年9月28日(平成23年7月11日現在)

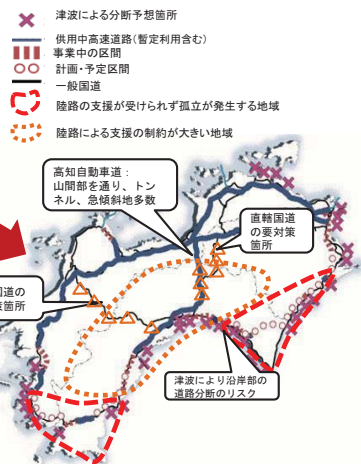
8

四国地域の内陸輸送網途絶リスク

〔東南海・南海地震時の想定〕



〔南海トラフの巨大地震時の想定〕

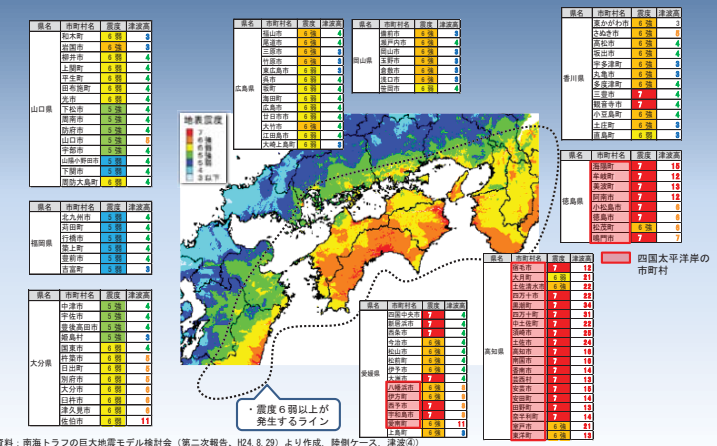


資料:「四国の道路」道路事業概要2012年版、四国地方整備局道路部、その他四国地整資料

9

西日本における南海トラフの巨大地震・津波のリスク

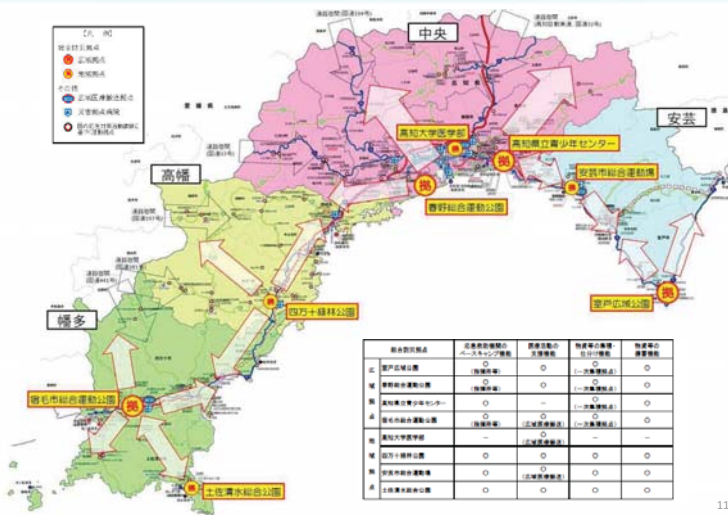
図 南海トラフ巨大地震による沿岸市町村の震度と津波高



資料:南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告、H24.8.29)より作成。陸側ケース、津波高

10

高知県における総合防災拠点の配置計画



11

高知港からの緊急支援搬入対象地域(県央地区)

検討対象:高知中央地域

- ①人口:577千人
- ②想定避難者数: 14.3万人〜35.8万人
- ③必要救援物資量: 2,100トン/日〜5,200トン/日
- ④総合防災拠点: 春野総合運動公園、高知県立青少年センター

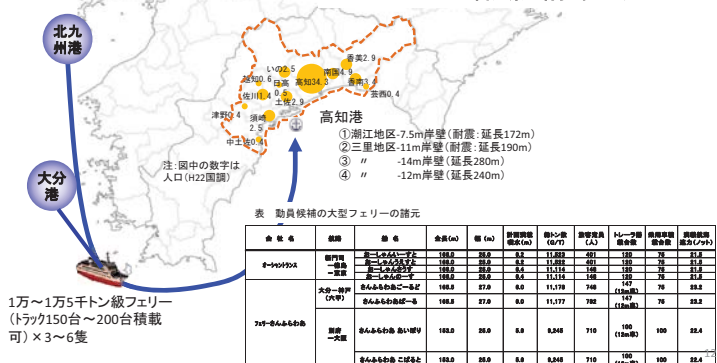
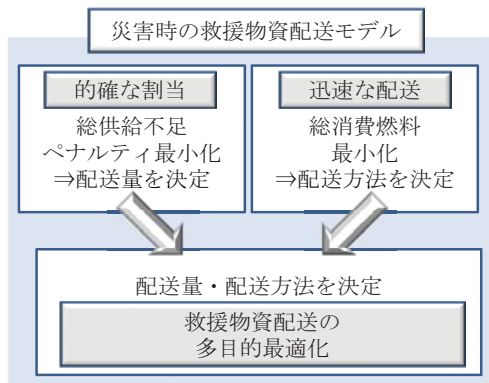


表 動員候補の大型フェリーの諸元

船名	船種	総トン数	長さ(m)	幅(m)	吃水(m)	最大速力(kn)	乗客定員	車両定員	総乗客数
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90
大分丸	フェリー	100.0	27.0	8.0	11.777	20.0	70	20	90

1万〜1万5千トン級フェリー(トラック150台〜200台積載可)×3〜6隻

救援物資配送モデルの概要



19

$$Z_{opt} = \text{Minimize} \left\{ \sum_{i \in N} p_i (d_i - q_i), \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ijk} / E_k \right\}$$

Subject to

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N,$$

$$\sum_{i \in N} q_i \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq Q \quad \forall k \in K,$$

$$\sum_{i \in N} q_i \leq T$$

$$q_{\min} \leq q_i \leq d_i$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}$$

多目的最適化のための解法
非優越ソート遺伝的アルゴリズム
(NSGA-II)

積載容量に関する制約条件
被災地における総供給量
避難所への最低限の配送量
変数の整数条件

計算ケース

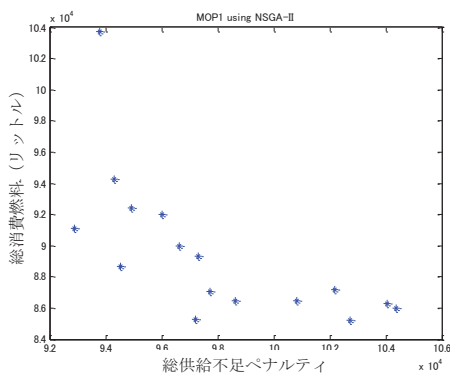
- 南海トラフを震源とする巨大地震発生時
- 高知市内の避難所68か所(149か所の避難所の内、L2の地震に起因する津波による浸水被害を受けない避難所)
- 救援物資配送拠点: 1か所(県立春野総合運動公園)
- 需要に対して半分の量のみが供給される場合

21

- 各避難所の供給不足ペナルティ値
- $p=0.8-1.2$ ランダムに割り振った

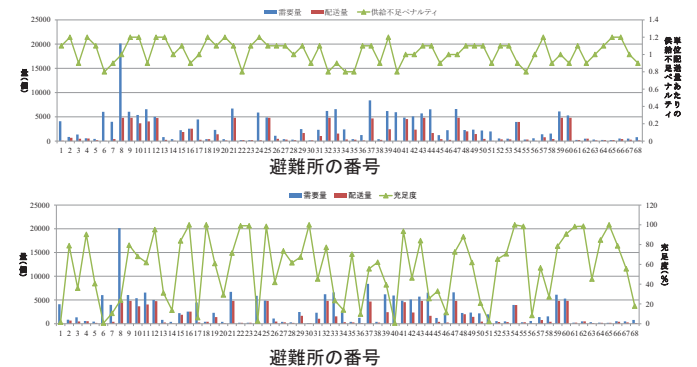
22

パレート最適解



23

各避難所の物資の充足度



24

供給不足ペナルティの変更

前日の充足度 (%)	翌日の単位配送量あたりの供給不足 ペナルティ
0-20	1.2
20-40	1.1
40-60	1.0
60-80	0.9
80-100	0.8

25

1日目

凡例: 充足度(%)

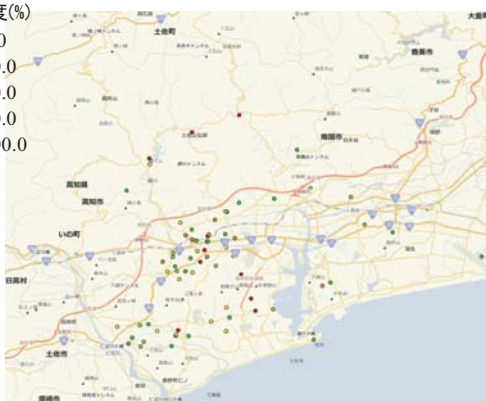
- 0.0 - 20.0
- 20.0 - 40.0
- 40.0 - 60.0
- 60.0 - 80.0
- 80.0 - 100.0



2日目

凡例: 充足度(%)

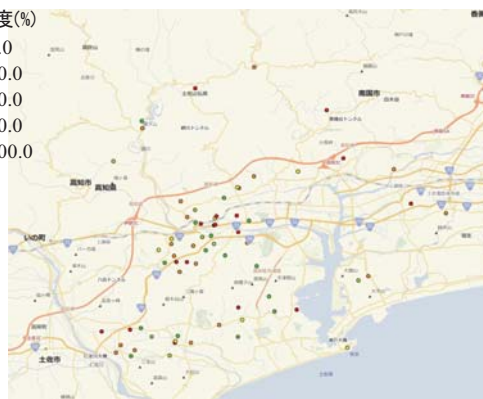
- 0.0 - 20.0
- 20.0 - 40.0
- 40.0 - 60.0
- 60.0 - 80.0
- 80.0 - 100.0



3日目

凡例: 充足度(%)

- 0.0 - 20.0
- 20.0 - 40.0
- 40.0 - 60.0
- 60.0 - 80.0
- 80.0 - 100.0



4日目

凡例: 充足度(%)

- 0.0 - 20.0
- 20.0 - 40.0
- 40.0 - 60.0
- 60.0 - 80.0
- 80.0 - 100.0



4日間合計

凡例: 充足度(%)

- 0.0 - 20.0
- 20.0 - 40.0
- 40.0 - 60.0
- 60.0 - 80.0
- 80.0 - 100.0



4. 結論(1)

1. フェリー/Ro-Ro船を活用した救援物資輸送のメリット

- (1)被災地における緊急救援物資の効率的・効果的な広域・大量輸送が可能
- (2)救援物資を積載したトラックを被災地外の救援デポから被災地内の救援物資配送拠点までのDoor to door 輸送が可能
- (3)高齢者、罹患者等災害弱者の被災地外への安全で安心な避難が可能

31

結論(2)

2. 避難所への救援物資輸送システムの検討

- (1)被災地の避難所への救援物資配送について、多目的配車配送モデルを構築した
- (2)効率性のみならず被災者の困窮の最小化を図ることが重要
- (3)避難所間の公平性を確保するための方策が必要

32

今後の課題(1)

1. フェリー/Ro-Ro船による緊急救援物資輸送の課題

- (1)高速道路網の拡張等によりトラック等陸上輸送に対して著しく悪化した長距離フェリーの競争環境改善とフェリー航路・船団の維持のための政策的なてこ入れ。
- (2)岸壁等の復旧には多大な時間と費用を要することに鑑み、長距離フェリーの接岸が可能な大型の耐震岸壁の全国配置の推進。

33

今後の課題(2)

2. 避難所への救援物資配送の課題

- (1)救援物資輸送における公民連携の推進のための事前の協定
- (2)各避難所の需要の的確な把握のための情報システム
- (3)救援物資輸送に関する実践的な演習、訓練の実施

34