

## 南海トラフ巨大地震における分散型物資輸送計画の提案

四国電力株式会社	正会員	○真井 翔太郎
香川大学	正会員	梶谷 義雄
香川大学	正会員	高橋 亨輔
香川大学	非会員	上井 俊佑
国土交通省 四国運輸局	非会員	玉井 謙吾
国土交通省 四国運輸局	非会員	合田 俊輝

### 1. はじめに

2016年の熊本地震や2011年の東日本大震災では、被災地の物資拠点には大量の支援物資が届けられているのにも関わらず、物資が本当に必要な人に届いていないという、いわゆるラストワンマイルの問題が取り沙汰された。そして、この問題の要因として、「発生ニーズが把握できていないこと」や「道路機能の低下を踏まえた配送計画ができていないこと」に加えて、物資集積所から各避難所に配送するという、いわゆる「ハブスポーク型の配送」のみに依存した輸送計画自体に無理があることが考えられる。

そこで、本研究では避難所における余剰物資を避難所間で融通しあう分散型の輸送計画を考慮し、その有効性について検討を行った。具体的には、香川県における各避難所の物資を調査するとともに、南海トラフ巨大地震の6つの基本シナリオ（内閣府 中央防災会議）における地震動の推定結果をベースに、避難者数の予測を行い、余剰物資の推計と総走行費用最小化に基づく避難所間の物資融通量の推計を行った。

### 2. 研究方法

本研究では、災害物流の既往研究<sup>1)</sup>他を参考に、物資補完や輸送コストの最小化による災害物流計画を基本的な方針とした。そのうえで、既往研究では十分な検討がなされていない分散型の輸送計画に着目し、より実証的な観点からその有効性の検討を試みた。具体的には、①香川県の指定避難所における物資の調査、②南海トラフ巨大地震の地震動予測結果に基づく水道供給停止日数の推計、③水道停止供給停止

日数に基づく避難者数の推計、④各避難所の不足・予測物資の推計、⑤橋梁の被災確率の推計、⑥輸送コスト最小化に基づく避難所間での物資融通のシミュレーション、を実施した。これにより、各避難所の物資充足率（各避難所における物資のニーズを避難所間での物資融通によりどの程度満たすことができるかを示す指標として定義）の推移を推計した。

⑥の分析を進めるにあたり、香川県の細街路も含めた道路網データを利用した。その結果の一部を図1に示す。また、各橋梁に対し、地震動による被害発生確率を表すフラジリティ関数<sup>2)</sup>を用い、被害発生シナリオをモンテカルロシミュレーションにより作成した。被害が発生した橋梁はグラフにおいて通行不可としたが、基本的に細街路の利用を想定しているため到達ができない避難所は発生していない。災害時の渋滞は考慮しておらず、この点については今後の課題としている。交通コストの推計のために、グラフ理論におけるA\*アルゴリズム法を基にした最短経路計算アルゴリズムを作成し、避難所間の物資の輸送には最短経路が用いられる想定としている。



図1 高松市中心部の道路網

キーワード 南海トラフ巨大地震, 緊急時物流, 輸送費用最小化モデル, 道路フラジリティ, 充足率  
連絡先 〒761-0301 香川県高松市林町 2217-20 TEL 087-864-2007

表 1 (南海トラフ巨大地震の避難者数想定)

本研究の推計	内閣府の推計	香川県の推計
約 15 万人	約 16 万 2000 人	約 19 万 9000 人

### 3. 分析結果

①に関しては、四国運輸局で把握がなされている各避難所の物資備蓄データを用いた。一部の地域ではデータが整備されていなかったため、利用可能な避難所収容人数と備蓄量のデータを用いた回帰式を作成し、補完推計を行った。②、③に関しては、既往の分析事例<sup>2)</sup>を参考に、地震被害による断水を要因とし避難者数を推計した。本研究の推計結果と内閣府ならびに香川県が公表している避難者数との比較を表 1 に示す。本研究における避難者数の推計は過小評価ながらも大きく外れたものではないことを把握できた。

⑥までの推計を実施し、最終的に得られた充足率の推移を図 2 に示す。内閣府における南海トラフ巨大地震の 6 つのシナリオにおいて、各避難所の充足率に対し各避難所の避難数を重みとした加重平均をとったものである。したがって、各避難所単位においても、充足率にばらつきが発生していることに注意が必要となる。図 2 より、被害レベルが一番低い「基本ケース」が他のケースよりも全体充足率が大きいことを把握できる。これに対して、全体充足率が最も低いのは「最大クラスケース」であり、全体充足率が 20%に満たない状態となった。

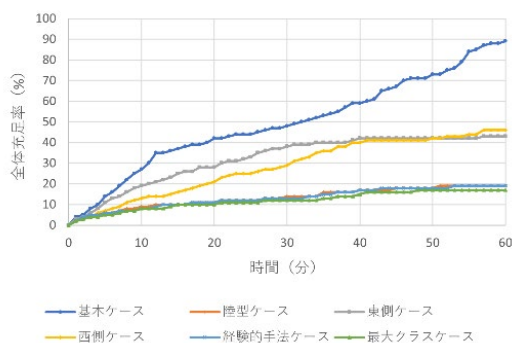


図 2 震度シナリオ別の充足率の推移

最後に本研究で導入した分散型輸送計画がどの程度避難所毎の充足度を高める効果を有しているかについて検討した結果を報告する。避難所間で余剰物資を融通する場合としない場合の充足率を比較した結果を図 3 に示す。本分析は備蓄物資の補充を考慮していないため、日数が経過するにつれて物資は単調に減少している。ただし、物資を融通しない場合に比べて融通を実施

した場合の方が、充足率が高くなっていることが分かる。経過日数が 1 日から 4 日においてはその差が見られるが、その後は徐々に物資がどの避難所においても不足していく。これは備蓄物資だけで融通する場合の限界を表しているともいえる。しかし、実際問題として備蓄物資の補充がどこかの避難所で何らかの形で行われればこうした問題は解消できると考える。むしろ、どの避難所も物資集積所となりうる環境の構築や各避難所を拠点とした配送計画の作成がラストワンマイル問題の解決のうえで重要になる。

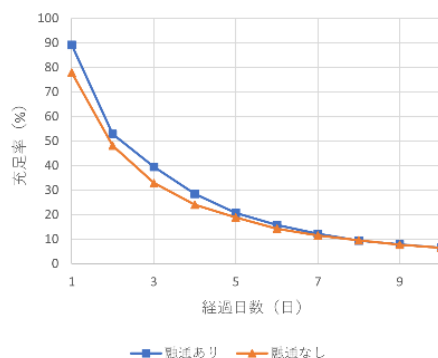


図 3 避難所間の物資融通の効果

### 4. おわりに

本研究では、緊急時物流における分散型の輸送計画について検討を実施した。これは「ハブスポークス型の配送計画ではなく、避難所間での物資融通によって各避難所の不足物資をできる限り解消することを目的としている。避難所間で余剰物資を融通するためのルールとしては輸送費用最小化モデルを取り入れた。この結果、どのシナリオにおいても避難所に備蓄されている救援物資だけでは十分に発生ニーズを補えるとは考えることができない結論に至った。これより、融通を実施した方が各避難所における充足率の格差は小さくなるものの、各家庭における備蓄や食料品店・ドラッグストアなどの在庫の活用も重要となる。また、分散型輸送計画は「ハブスポークス型の輸送計画と補完的に運用することで、より一層効果を発揮することも期待される。

### 参考文献

- 1) 伊藤秀行：救援物資ロジスティックスの主体間・地域間連携と効率化に関する研究, pp.96-99, 2018.
- 2) 損害保険料率算出機構：国・自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査 (平成 25 年度調査), 第 2 部 地震被害想定手法の整理, 第 III 章 被害予測手法の整理, 地震保険研究 27, 2014 年 5 月, pp.331-339.
- 3) 大峯秀人・吉川弘道・矢代晴実・大滝健：リスクファイナンスのための線状施設の地震リスク評価, 土木学会論文集, Vol. 67, No.1, pp.14-26, 2011.