

災害時道路ネットワークを対象とした効率的な避難物資輸送の検討

山梨大学 正会員 武藤慎一

山梨大学 学生員 ○奥津茂夫

1. はじめに

日本は地震大国であり、阪神・淡路大震災や、2011年3月11日には東日本大震災が発生し、甚大な被害をもたらした。大震災は家屋に対しても大きな被害が生じさせ住民は着の身着のままで避難し長期間の避難所での生活を余儀なくされる。阪神淡路大震災では避難者数は316,678人、東日本大震災では148,582人にも及ぶ。その時、迅速に食料や衣服、寒い時期には毛布などの避難物資を確実に避難所へ輸送することが極めて重要な対応になると考えられる。

一般に避難物資は防災倉庫に備蓄されている。その備蓄を全て使用した場合、他の地域からの輸送に頼ることになる。今回の研究対象地域である、山梨県甲府市の場合、災害発生後の一日目は防災倉庫の備蓄によってまかなわれ、二日目以降は図-1のように他県・他市からの輸送に頼ると甲府市防災計画に記載されている¹⁾。

他地域との連携という点で甲府市は、水戸市・前橋市・宇都宮市・さいたま市・千葉市・横浜市・小田原市・静岡市などの市と応援協定を結んでおり、災害時にはこれらの協定都市から物資が輸送される。東日本大震災の際は、甲府市は協定都市の水戸市に物資を輸送し、震災発生翌朝には物資を届けたそうである。しかしそうした物資は、最後の避難所にまで確実に届けられる必要がある。それが道路ネットワークが寸断されたような場合には、確実に物資を避難所まで届けられないような事態が生じうる。阪神・淡路大震災の場合には震災後の緊急対応、復旧作業を行う上で、道路ネットワークの麻痺により大きな制約を受けたとされている。

そこで本研究では山梨県甲府市を対象として、災害時に道路ネットワークが寸断されているような状況に

おいて、どのように避難物資を輸送すれば効率的であるのかを明らかにする。甲府市では他地域から輸送された避難物資をいったん集約拠点に集め、そこから避難所に輸送される。

この時どこに集約拠点を設けることが効率的であるか、それは道路ネットワークの被災状況によっても変わるため、様々なケースを想定したうえで、効率的な避難物資輸送のための集約拠点の配置、主要な高速インターチェンジから集約拠点および集約拠点から各避難所までの輸送経路などを検討することが本研究の目的である。

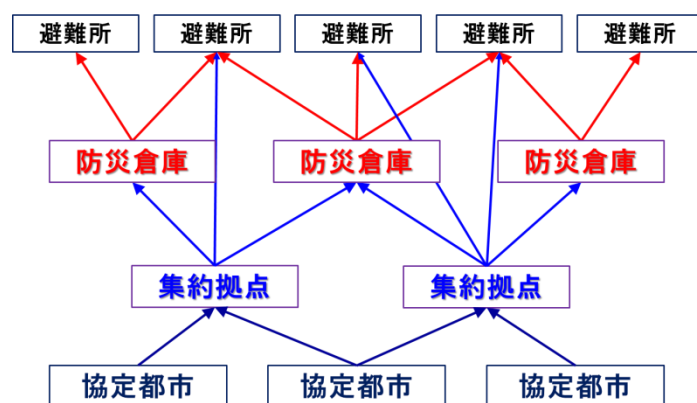


図-1 被災時の甲府市の対応

2. 甲府市での避難物資輸送計画

甲府市では災害発生後一日目は、防災倉庫による備蓄によって対応する。甲府市には7箇所の市防災倉庫と自治体ごとに地区防災倉庫がある。

それぞれの防災倉庫の備蓄量を示したものが表-1である。ここでアルファ米とは簡易的に炊くことのできるお米でありこれも防砂倉庫に保管されている炊事道具を用いておにぎりが作れるようになっている。

表-1 より甲府市のアルファ米等の備蓄量は 74,324

キーワード 執筆要領, 書式, PDF ファイル, 電子投稿, 関東支部技術研究発表会

連絡先 〒160-0017 東京都新宿区左門町 6-17 (社) 土木学会関東支部 TEL 03-3358-6620 E-mail : kanto@jsce.or.jp

表-1 甲府市の防災倉庫備蓄量

品目名	地区防災倉庫(①)	総合市民会館(②)	市防災倉庫(③)	東部	西部	南部	北部	中央	南東	北東	種別合計数 (①+②+③)	梱包単位	合計数量 (食)
アルファ米 (梅わかめ)		12									12	50	600
アルファ米 (五目)			62	8	8	8	8	6	18	6	62	50	3,100
アルファ米 (白米)			50		18		20			12	50	50	2,500
アルファ米 (わかめ)			31	4	4	4	4	5	5	5	31	50	1,550
アルファ米 (わかめ・菜食)		25	49	7	7	7	7	7	7	7	74	50	3,700
地区防災倉庫用 アルファ米	1,141										1,141	50	57,050
カンパン	21		70	10	10	10	10	10	10	10	91	64	5,824

食となっている。これを一日三食として計算すると24,175人分の食糧となる。現在甲府市の想定している避難者、職員の数は20,548人とされている、現在の備蓄量でまかなえることがわかる。しかし、これは二日目以降の食糧が備蓄ではまかなえないことをしめしている。そのため他県・他市からの応援による物資の輸送が必要不可欠となってくる。

甲府市は都市間相互の応援協定として、災害時における相互援助に関する協定、大規模災害発生時等における相互応援に関する協定などを、水戸市・前橋市・宇都宮市・さいたま市・千葉市・横浜市・小田原市・静岡市などと結んでいる。そこでは、食料、飲料水、生活必需品およびその供給に必要な資機材の提供、被災者の救援・救助、医療、防疫、施設の応急復旧などに必要な資機材および物資の提供、情報収集の活動に必要な車両などの提供、職員の派遣などを発災時には行うことが記されている。

これらの協定によって輸送されてくる物資は、甲府市の集約拠点である甲府市総合市民会館にいったん運び込まれる。そしてそこで、仕分けがなされ各避難所に物資が届けられる。

現在、甲府市では物資の集約拠点は甲府市総合市民会館の一か所のみであるが、これに対し市内の5大学を新たな物資の集約拠点として協定を結び市民会館での対応が困難となった場合にそうした施設を利用することを検討している。

3. 甲府市の道路ネットワークの状況

甲府市を対象としてネットワーク分析を行う。2で示した甲府市の避難物資輸送計画に対し甲府市の集約拠点避難所、そしてそれらを結ぶ道路ネットワークを作成し、それらに基づいて分析することによりその計画が効率的なものとなっているのかを明らかにする。

主に、災害発生二日目以降の他県・他市からの輸送

というものを考え、中央自動車道の甲府昭和ICを起点とし、物資集約拠点への輸送、そして、物資集約拠点から各避難所への輸送についての検討を行う。

甲府市において簡易な道路ネットワークを作成し、集約拠点と避難所を示したものが図-2である。

道路ネットワークは、ノード数134、リンク数207である。また、物資の集約拠点としては総合市民会館、そして新たに設けられる予定である市内の5大学（山梨大学、山梨学院大学、山梨県立大学飯田キャンパス、山梨県立大学池田キャンパス、山梨英和大学）を示している。また避難所は防災倉庫が併設されている避難所を含め、主要な箇所を対象とした。

甲府市の防災倉庫は北部、北東部、東部、西部、南部、南東部、中央部の7箇所にある。ここではそれ以外の避難所を5箇所設け、計12箇所の避難所への輸送を考えるものとする。



図-2 甲府市ネットワーク図

甲府市の現状の整理として、この道路の寸断のないネットワークを用い、最短経路探索モデルによって甲府昭和ICから総合市民会館、総合市民会館から各避難所までの輸送の総走行距離を求めた結果は図-3の通りである。この結果より避難所に物資が届くまでに、最長で約14.6km走行することが確認できた。また、総合市民会館から近い避難所と遠い避難所では7.6kmもの走行距離の差がわかった。

避難所	①CH
北東	141
北部	131
西部	100
中央	76
東部	70
南部	94
南東	93
避難所①	86
避難所②	97
避難所③	107
避難所④	142
避難所⑤	146

(単位: 1=100m)

図-3 各避難所までの走行距離

英和大学の5箇所であり、甲府市総合市民会館を拠点番号1とし、表-2のようにそれぞれ拠点番号を与えておく。そのうえで甲府市の現状と同様、ICから各大学、総合市民会館への物資の輸送、そしてこれらの集約拠点から各避難所まで物資の輸送時間を求める。

総合市民会館	1
山梨大学	2
山梨県立大学飯田キャンパス	3
山梨県立大学池田キャンパス	4
山梨学院大学	5
山梨英和大学	6

表-2 集約拠点の番号

4. 道路ネットワークモデル分析

最短経路モデルを用いて、甲府市のモデル分析を行う。甲府市の防災計画をもとに二日目以降の物資の輸送について分析する。他県他市からの物資の輸送の起点を甲府昭和ICとし、ICからの甲府市物流拠点である総合市民会館までの経過時間を求め、総合市民会館から各主要避難所までの物資の輸送時間を求める。そして、都市直下型地震による経路の寸断が発生した場合との経過時間を比較する。

また、甲府市では現在市の物流拠点が総合市民会館しか存在しない。甲府市の人口は約20万人であるため、他県他市からの物資が収束すると各避難所に向けた物資の輸送量に関する仕分けに時間がかかり、また物資の収容量に限界があるため、新たに市内に集約拠点を設けることにより、これらの仕分けにかかる時間を緩和することが考えられる。これらを考慮し、甲府市の人口分布をモデルに組み込むことによって、物資の仕分けに関する混雑度を含めることができる。また拠点の分散による主要避難所までの輸送時間の比較を行うことによって、拠点の分散による物資輸送への影響を読み取ることが可能になる。これらのモデル分析を以下のように行う。

4.1 新たに物流拠点（市内5大学）を設けた場合

新たに物資の集約拠点として甲府市内の大学を設ける。甲府市内の大学は、山梨大学、山梨県立大学（池田キャンパス・飯田キャンパス）、山梨学院大学、山梨

4.2 複数拠点の効果

甲府市の現状と複数拠点を設けた場合とを比較した結果は図-4のようになった。この結果より、仮想避難所①以外は、総合市民会館ではなく新しく設けた集約拠点を選択することがわかった。また、避難所の多くが拠点3である山梨県立大学飯田キャンパスを経由することによって、総合市民会館だけを拠点として設ける場合より距離を短縮できることがわかった。北部、北東部の避難所に関しては、到達距離を半分にまで短縮できるという結果が得られた。また、複数拠点の効果としては、甲府市の現状と比較すると総走行距離を47km短縮できることがわかる。

避難所	①CH	②CH+5大学	差	
北東	141	72	2	69
北部	131	62	3	69
西部	100	22	3	78
中央	76	41	3	35
東部	70	61	3	9
南部	94	70	3	24
南東	93	79	3	14
避難所①	86	86	1	0
避難所②	97	56	3	41
避難所③	107	38	3	69
避難所④	142	118	3	24
避難所⑤	146	101	3	45
計				477

図-4 各避難所までの到達距離①

4.3 直下型地震が発生し道路が寸断してした場合

甲府市の最短経路探索モデル内で都市直下型地震の発生を検討し、道路の寸断を行うことによって、これによる避難所までの物資の到達距離を求める。この場合の寸断は、甲府市内に流れる、荒川と相川にかかる橋梁が崩落してしまったという仮定にする。

また、今回のシミュレーションでは災害時の県指定緊急輸送道路にかかる橋梁は確保し物資の輸送を考えた。県指定緊急輸送道路図-5の通りであり²⁾、国道20号、52号、140号などが該当する。



図-5 県指定緊急輸送道路

4.4 寸断を考慮した際の結果

4.3の仮定のもとで甲府市の現状と複数拠点を設定した場合との到達距離を求め、その結果を図-6のようにまとめた。この結果より、4.2で得られた総走行距離よりと比べ約4kmの走行距離が増えたことがわかる。また4.2と同様に複数拠点を設けた場合ほうが甲府市の現状の場合よりも、総走行距離に約49kmもの差がうまれた。一方、道路の寸断が全くない4.2の場合と今回の分析結果では、約1.4kmの走行距離が増えたことがわかった。この結果から、県指定の緊急輸送道路以外が寸断しても、走行距離にも影響が少ないことがいえる。

今回の分析結果より、県指定の緊急輸送道路以外の橋梁が寸断しても、各避難所までの輸送が可能であることがわかる。このことから、避難所が道路の寸断によって孤立するといった問題が発生しないことがいえる。

る。以上のことより、県指定の緊急輸送道路は甲府市にとって、重要なネットワークであることがいえる。

避難所	①CH	②CH+5大学	差
北東	148	73	2・3
北部	148	62	3
西部	100	22	3
中央	76	58	3
東部	70	70	1
南部	94	70	3
南東	93	79	3
仮想①	86	86	1
仮想②	97	56	3
仮想③	124	38	3
仮想④	142	118	3
仮想⑤	146	101	3
計			491

図-5 各避難所までの到達距離②

5. おわりに

今回の県指定の緊急輸送以外の橋梁を寸断したシミュレーションでは、道路の寸断による影響を輸送距離で分析した。

今後は、緊急輸送道路だけでなく様々なシミュレーションを行い、どのリンクが重要なのかを明らかにする。橋梁の脆弱性、耐震化状況のリストアップ、また、甲府昭和ICだけでなく南甲府ICを起点とした拠点までの輸送についての分析も行い、効率的な物資輸送を明らかにする。

課題として、物資の輸送量に対しての拠点内の仕分けの時間の混雑や、各避難所に対する甲府市の人口分布を考慮して、それにとまった輸送量を算定すること、そして求めた輸送量をモデルに組み込むことがあげられる。それらをふまえた上での、物資の輸送時間の変化や走行距離の変化をもとに、重要リンクを明らかにし道路ネットワーク整備の提案を行う。

6. 参考文献

- 1) 甲府市：22年地域防災計画
- 2) 山梨県：22年地域防災計画