

# 救援物資供給と復興計画に期待する OR の役割

苦瀬 博仁

東日本大震災では、被災時に救援物資の供給が一部で不足したことや、BCP（企業継続計画）におけるサプライチェーンの断絶や復興計画の遅れが話題になった。このうち救援物資輸送では、物資のセット化やトリアージ（物資や車両の選別）が考えられるが、これらは最適組み合わせ問題や割当問題でもある。また、サプライチェーンの維持や復興計画では、PERT/CPM や在庫問題が適応可能である。ここでは災害のロジスティクスにおける救援物資供給や復興計画において、OR が果たす役割について述べている。

キーワード：東日本大震災、救援物資輸送、復興計画、ロジスティクス

## 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に起きた東日本大震災では、多くの人が被災した。亡くなられた方のご冥福をお祈りするとともに、被災された地域の日も早い復興を願ってやまない。

さてこの未曾有の大震災では、救援物資（政府では「緊急支援物資」としている）の供給の遅れが話題になった。餓死者や凍死者が出るような最悪の事態を避けられたのは、政府や自治体の努力とともに、メーカーや卸小売業などの荷主と、運輸倉庫業など物流事業者の活躍があったからだ。

しかし災害時に避難できたとしても、救援物資が届かなければ生命の維持すら危うくなるから、将来の災害に備えて救援物資のロジスティクスを考えておく必要がある。このとき食糧・衣類・医薬品など最低限の物資から、ガソリンや建設資材を含めて、「どのような救援物資を、いつどこで仕分け配分して、いつまでにどのくらいの量を、被災地に届けるか」というロジスティクスの計画に対しては、OR が貢献する部分も大きいはずである。また、復興計画やサプライチェーンの維持において、OR の技法を活用できる場面は多いはずである。

そこで本稿では、東日本大震災を例に、被災時の救援物資の供給計画と、被災地の復興計画に着目して、OR への期待を述べてみたい。

## 2. 東日本大震災における救援物資輸送と課題

### 2.1 救援物資の輸送と仕分けの三段階

#### 1) 被災地外から県の集積場所までの輸送

被災時の救援物資の輸送は、①被災地外から各県の集積場所まで、②次に県から市町村の集積場所まで、③そして市町村から避難場所までの、三段階だった。

政府の緊急災害対策本部あるいは都道府県が、直接もしくはトラック協会を通じて、物流事業者に救援物資の輸送を要請した。この結果、各県の集積場所への救援物資は、震災発生翌日の未明から相当量の救援物資が被災地に届けられた。

#### 2) 県集積場所から市町村集積場所までの輸送

被災地の各県の集積場所では、届けられた物資が滞留する問題が発生した。この滞留の理由は、不慣れな人々による救援物資の仕分けや配分に手間取ったことや、被災地で必要な物資と救援物資の間で、量や品目の点でミスマッチが原因であった。

#### 3) 市町村の集積場所から避難所までの配送

市町村の集積場所では、物資の届け先を十分に把握できないまま物資がたまっていった。なぜなら被災地域が広域だったので、配送先の数が多く、避難場所は指定されたもの以外も含め約 2,000 カ所であったため、避難場所が必要とする物資の把握に手間取ったからである。しかも物資が滞留するほど、仕分け配分や保管方法は難しくなり混乱を招いた。

### 2.2 救援物資供給の過不足の原因

#### 1) 備蓄・在庫ゼロのスタート

災害時の物資供給計画では、「72 時間内は可能な限り被災地内での備蓄物資や店舗などの在庫物資でまか

くせ ひろひと

東京海洋大学 海洋工学部  
〒135-8533 江東区越中島 2-1-6

なうこと」が原則である。その後、被災地外から救援物資が届くことになっている。

しかし東日本大震災では、倉庫内備蓄、店舗内在庫、家庭の冷蔵庫なども被災したために、食料品や医薬品の在庫がゼロになった地域が多い。このような備蓄・在庫ゼロを、想定していなかった。

#### 2) プロ不在による集積場所での物資の滞留

県や市の集積場所に集まった救援物資の滞留を避けるためには、「品目別に仕分けして、市町村別や避難所別に物資を配分して、配送する」必要がある。

しかし東日本大震災では、物流のプロが少なく、集積場所での仕分け配分作業が非効率だった。また、集積場所での通路が確保されずに搬出搬送に時間がかかったり、取り出しにくい場所に物資が置かれていた。

#### 3) 地元卸売業者の被災による流通経路の断絶

通常の物資流通では、メーカー・卸売業・小売業という経路をたどっていく。

しかし東日本大震災では、被災地内の小売業者の数・位置や通常の発注量を把握している地元卸売業者が、被災してデータを紛失した。このために、地元卸売業者を頼っていたメーカーは、どこに何の物資を送るべきか分からなかった。

#### 4) 物流施設の被災による流通経路の断絶

近年、メーカーや卸小売業者は経営効率を重視して、物流拠点の数を少なくしてきた。このため震災時には、その分リスクも増大してしまった。

しかし東日本大震災では、被災地のメーカー・卸小売業者や物流事業者の施設（工場や倉庫など）で、製造機械や倉庫内自動機器が破損したり、荷崩れを起こした例もあった。平常時の効率性が、非常時の不適用性となったのである。

#### 5) 燃料・車両・ドライバーの不足

この他に物資供給が遅れた理由として、トラックに起因する問題もあった。大手物流事業者あるいは物流事業者の協同組合は、インタンク（自家用の燃料タンク）を持っているので、当初は燃料が確保できていた。また政府からの優先的な手当てもあった。

しかし時間の経過とともに、燃料確保が難しくなったケースもあったので、救援車両への燃料の優先供給システムを再構築する必要がある。

### 3. 救援物資輸送と OR

#### 3.1 救援物資のセット化輸送

##### 1) 計画論としての「プッシュ型・セット化輸送」

平常時では、消費者のニーズを的確に把握して、適切な量と品質の商品を確実に届ける。これを消費者が商品を引き込むという意味で「プル型」という。しかし被災時は、情報伝達手段が途絶することもあるので、被災者のニーズを把握することは難しい。そのため、被災者が必要とする物資を想定して送り込む「プッシュ型」が重要となる。

この「プッシュ型輸送」では、被災者の必要物資を想定して、最低限必要な物資を「セット化」して供給する方が良い。例えば食料品では「飲み物、非常用ごはん、おかず缶詰、はし・スプーンのセット」や「袋詰めラーメン、スチロール製どんぶり、はし、飲料水、コンロ、燃料のセット」など。生活用品では「毛布、タオル、歯磨き粉、歯ブラシ、ティッシュペーパー、石鹸、洗面器、バケツ、ヒシヤク（柄杓）のセット」など。さらには、「乳児用セット」、「高齢者セット」、「高血圧患者セット」などのセットも考えられる。これらを、プッシュ型で被災地に供給するのである。

##### 2) 「セット化輸送」と「最適組み合わせ」

被災時に救援物資をセット化するために、限られた物資（資源）を効果的に組み合わせたい。例えばカップヌードルを食べるには、水とコンロが不可欠で、箸かフォークのどちらかがあればよい。このとき箸の数に限りがあれば、カップヌードルはフォークとセットにし、箸は弁当とセットの方が良い。

セット化では、商品を仕分けたり袋詰めにする仕事で手間がかかるから、被災状況に応じて必要物資を想定しておく必要がある。例えば、1万人の町であれば男女は半々で、高齢者は約2割、そのうち糖尿病患者は何割などという大胆な想定数値で良いだろう。

このような救援物資のセット化を、「限られた資源の最適配分と組み合わせ」と考えれば、ORの得意な分野である。例えば災害を想定して、救援物資のセット化の方法論をあらかじめ確立しておき、被災したら直ちに被災地外の救援本部で、セット化の指示と配送計画を立てることは可能だろうか。

#### 3.2 緊急物資配分や緊急車両の選別（トリアージ）

##### 1) 救援物資配分と緊急車両の「トリアージ」

医療の世界には、トリアージ（識別救急）という危機対処方法がある。これは多数の患者を重傷度と緊急

性から選別して、最も多くの人を救うように治療の順序を設けるものである。一般には、黒（回復の見込みのない者、もしくは治療できない者）、赤（生命にかかわる重傷者でいち早く治療すべき者）、黄（赤ほどではないが治療が必要で、赤になる可能性のある者）、緑（直ちに治療する必要のない者）に分けられる。

医療の世界では、トリアージに対して倫理的な課題を指摘する向きもあるが、大規模災害のように限られた数の医師と医薬品で、限られた環境のもとでは、取り入れなければならない方法である。

## 2) 「トリアージ」と「割当問題」

もしも被災時に、すべての被災者に同時に同じ物資を配給できないならば、高齢者や遠隔地の避難所を優先すべきだろう。また道路の通行では、一般乗用車を通行禁止にして緊急物資輸送のトラックや給水車や建設機械の輸送車などを優先する方法が考えられる。

このような「優先順位にもとづく割当問題」や、「車種別ルート配分」、「緊急車両の設定にもとづく経路探索問題」などは、ORの得意な分野でもある。

## 4. 東日本大震災における復興計画の課題

### 4.1 被災地の復興計画の課題

被災地の復興計画が、行政機関や学会等で検討されているが、過去の復興計画と違って、東日本大震災の復興計画にはいくつかの難しさがある。第1は、あまりにも広域で壊滅的な被害であったために、現地での復旧や復興において大幅な土地利用の改編を伴うために、個々の市町村だけでは容易に意思決定できないこと。第2は、被災した地域が少子高齢化を迎えた過疎地域でもあるため、原状回復さえ難しい地域であること。第3は、大都市とちがって業務施設や居住施設を個別に議論できずに、両者が一体となった地域産業の復興計画が本質になっていること、である。

なかでも三陸沿岸の被災地では、水産業の復興無くして被災地の復興はあり得ない。このため産業復興計画が都市の復興計画の要であり、都市計画や道路計画は、産業の復興計画に沿って立てられていくべきである。しかしながら、それぞれの復興計画が個別に進められている嫌いがある。

### 4.2 インフラやライフラインの復興計画の課題

復興計画のなかでも、交通インフラ（鉄道、港湾、道路など）やライフライン（電気、水道、ガス、上下水など）の計画は、被災地の産業復興にあわせて検討する必要がある。なぜならば、産業の復興を促進させ

るためには、道路などの交通インフラの整備と充実が不可欠であり、高速道路の整備が進めば、産業復興も促進できるからである。

このように、被災地の産業復興を支える都市の復興計画や交通インフラの整備計画が必要なのである。

## 5. 産業復興計画とOR

### 5.1 地元水産業の復興計画

#### 1) 水産業の特徴と復興計画

東日本大震災で大きな被害を受けた三陸沿岸の水産業を復興させるには、水産業と地域特性にあわせた復興計画が不可欠である。特に水産業は、漁業形態（遠洋・沖合・沿岸・養殖）、魚種（鰹、イカ、サンマなど）、加工度（一次、二次、三次加工）によって異なる。

このように地域の特性にあわせて水産業を復興させるためには、漁港や漁場の復興に始まり、製氷設備や加工場などの設備や施設を充実させながら、次第に加工度を高めて高付加価値化を目指すべきである。

#### 2) 「復興計画」と「PERT/CPM」

水産業の段階別の復興計画では、製氷設備から始まり冷蔵庫や工場を設けていくスケジューリングが、極めて重要である。この水産業復興のプロセスと、復興計画を構成する個々の計画の相互依存関係をネットワークで示して、計画の進捗を管理していきたい。

この計画の進捗管理とは、まさにPERT/CPMであるから、ORが復興計画に貢献できる可能性は大きい。

### 5.2 サプライチェーンにおけるリスク分散と備蓄

#### 1) サプライチェーンと「リスク分散」

東日本大震災の被災地は、水産業の都市だけでなく、電子部品工場など高度な製品の部品供給地域でもあった。そのため地震や津波に襲われたとき、企業のサプライチェーン（供給網）の寸断が問題となった。

なぜなら自らの工場が被災していないにもかかわらず、生産時に必要な部品・原材料・包材（包装材）を生産している東北地方の工場や企業が被災し、部品を調達できないために生産の休止・生産量の削減に至る事態が発生したからである。

例えば自動車部品の不足による生産回復の遅れ、キャップ不足によるペットボトルの増産困難、電子部品の生産の遅れによる海外での電子製品の生産の遅れなどがあった。

## 2) 「リスク分散」と「在庫・備蓄問題」

調達先の選定は、企業の重要な経営戦略であり、調達先を少なくすることで効率化が進んだ。しかし一方で、調達先の限定が被災時の部品調達を難しくした例もあった。となれば、非常用備蓄とリスク分散の点からサプライチェーンの確保対策を考えるべきだろう。

例えば、適正在庫の見直し、原材料と部品の備蓄、調達先の分散などが考えられる。また業界全体として、互いに部品や原材料を融通しあえるような体制づくりを構築すべきだろう。これらの問題も、「在庫・備蓄問題」など、ORの得意な分野である。

## 6. 有事のための最適化とORへの期待

### 6.1 平時と有事の使い分け

通常はトラックの荷台に人を乗せてはいけないものの、被災時に避難するときは荷台に乗せて一緒に逃げるべきだろう。このように平時を想定した法制度に縛られていては、有事のときに適切な行動を取ることができない。平時と違って有事の際は、柔軟性をもった行動が必要である。平時の常識が、有事の非常識になることは多いのである。

ORに限らず、われわれが問題を解こうとするときは、ともすれば平時の前提や仮定に囚われがちである。しかし有事に備えた防災計画や復興計画に資するためには、平時の囚われから自らを解放して、新たな概念を設けるべきだろう。

その一つが、次に示す「想定外」であり、もう一つがさらに進んだ「想定外」である。

### 6.2 仮定内での最適化

一般的な解析的な技法では、仮定を設けて、仮定の範囲内での最適解を求める傾向がある。この方法論は、それなりに有効である。

例えば、水産業復興のために必要な冷蔵冷凍施設の配置問題を考えてみよう。このときの一般的な仮定は、道路は渋滞がない、配置すべき施設は同じ機能を果たす、働く人はすべて同じ技術を持ち地域差がない、などだろう。このような仮定のもとで、漁村地域における冷蔵冷凍施設の最適配置を解くことになる。

しかし実際には、漁業形態・魚種・加工度によって、必要となる施設は異なる。イカの加工が得意な地域もあれば、カツオの加工が得意な地域もある。加工技術

によっては、必要な設備や施設が変わることもある。これらは古典的な立地論でいうところの、原材料立地、消費立地、技術立地などでもある。

すなわち、得られた解は仮定の範囲内での最適解であるから、仮定そのものの成立可能性が低ければ実用に向かない。このためには、仮定をケースごとに変えて複数の解を求めるような工夫が必要だろう。

### 6.3 想定外に備える「ゆとり」

もしも仮定内での最適解が得られたとしても、また仮定を変えてケース別に複数の解が得られたとしても、その先にある「想定外」の解が必要なこともある。特に災害のような定型的でない問題では、想定外の出来事が常に起きるのだから、平常時を前提にした最適解が、災害時に役立つとは限らない。

過去を振り返ってみると、数値的な解析技術が一般化するに連れて、多くの研究者も最適化や限界設計に慣れ親しんできた。このこと自体は悪いことではないが、このことが「ギリギリであることが、無駄もなく効率的である」という風潮と結びついていたならば、危うい。

なぜならば「無駄がないことは、余裕やゆとりがないこと」でもあるから、想定外の出来事が起きる災害時には、「余裕やゆとりがないことで、被害を大きくすること」さえある。むしろ平常時を前提にした仮定で得られる最適解が、想定外のことをもたらす災害時には、かえってミスリードとなって、被害を大きくする可能性さえある。

言い換えれば我々は、ともすれば「未知なることを『仮定という名の秘密の箱』に閉じこめて、知り得る範囲だけで解く」という傾向にあったのかもしれない。しかし東日本大震災は、「いま知り得る範囲はわずか」であり、「持ち合わせている知識だけで、将来を決めきることが危うい」ということを示した。だとすれば、仮定や解析技術の限界を再確認した上で、想定外の事象に対応できる余裕やゆとりを設けることが、「本来の最適解」なのかもしれないと感じている。

解析技術の開発を通じて社会に貢献してきたORには、今後は「どのように仮定を設けるか」「何をもって最適とするか」を含めて、より幅を広げることが求められている。今回の東日本大震災を通じて、ORには新たな役割が求められていると思う。