

被災物撤去の効率性に及ぼす リース業者保有数を含む建設重機分布の影響

皆川 勝¹・三枝大祐²・飛田雅紀³

¹正会員 東京都市大学教授 工学部都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤一丁目28-1)

E-mail: minamasa@tcu.ac.jp

²東海旅客鉄道 (〒450-6101 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号)

E-mail: act-mitsu33@ezweb.ne.jp

³東京都市大学 工学部都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤一丁目28-1)

E-mail: g1118064@tcu.ac.jp

災害時の道路啓開及び復旧作業には地元建設業の貢献が必要不可欠となっている。しかし、近年公共工事の減少や入札方式の変更による競争の激化により建設業者の重機保有数が減少傾向にある。皆川らは東海地震を対象に重機の連携により被災物撤去日数がどのように変化するか検討した。本研究では、近年重機保有の主流になるリース業者の重機を加え、東日本大震災を踏まえた被害想定の変更に伴う影響の変化を検討した。その結果、震源地の相違により被災物撤去日数に影響を及ぼす事、重機の流入がリース業者の保有する重機の初期配置により地域毎の被災物撤去日数に影響を与えることが示された。

Key Words : *elimination of road obstacles, rubble processing, leased construction machine*

1. 序論

毎年多くの自然災害が発生する日本において国民の生命や財産を守り、社会を継続的に発展させるために、種々の対策が講じられている。地方自治体では災害時に適切な対応を取るために、地元建設業者と災害協定を締結して、早期の啓開作業や応急復旧に対応している。東北地方太平洋沖地震の際の主要道路の初期啓開として行われた「くしの歯」作戦は、被災した土地の地理に詳しい地元建設業の活躍¹⁾により成功したといわれている。しかし、近年、入札方式の変更による競争の激化、公共事業費の削減による土木建設業の縮小傾向により、地域の建設業者における就業者数及び保有重機数も減少の一途を辿っている。被災初期の早期の啓開作業や応急復旧を支える主要要因として建設業者による重機の自社保有があげられる。しかし、全国的に建設業が縮小する中で、自社で重機を保有する会社は減少し、保有する企業も建設業者からリース業者へと移ってきた。これには入札に関わる経営事項審査(以下経審)で重機の自社保有が企業の評価にマイナスとされてきた点も影響している²⁾。平成23年及び平成27年の改正で経審において一部の建設重

機の保有により加点されることとなったが、これまでの影響は今なお残っていると考えられる。我が国では今後も東北地方太平洋沖地震レベルの大きな地震が発生すると予想され、その際の道路啓開及び人命救助の遅延が危惧されている。このような現状を踏まえた早期の被災物撤去を可能とする戦略の確立が必要である。

皆川ら³⁾は今後予想される大規模な災害として東海地震を対象とし、第3次被害想定³⁾で示されている被害が発生して被災物撤去及び生き埋め者の救助が必要となった状況を想定し、対象地域を静岡県として震災直後の被災物撤去シミュレーションを行い、地域連携が被災物撤去日数を劇的に短縮できることを示した。

さらに、皆川ら⁴⁾は道路の属性の相違とそれに伴う被災物撤去効率の変化が被災物撤去に与える影響を検討した。その結果、道路幅員の相違やそれに伴う被災物集積状況、被災物撤去効率が震災初期の被災物撤去に影響を与えることが示唆された。

田中ら⁵⁾は、九州地方の各県のリース業の賦存量を明らかにする研究を行った。調査方法はアンケート調査であり、対象はリース業149社に行った。その結果、各県のリース業が保持している重機の種類及び台数の結果

を得ると共に各県の重機の偏在が大きいことが示唆された。さらに、県内の建設重機の84%をリース業者が保持していると示されており、災害時において特定地域の被災物撤去の遅れが危惧されること、それを克服するためにはリース業者が保有する建設重機の役割が大きいことが示された。

上述の皆川ら²⁾の研究では、静岡県が公表していた東海地震に対する第3次被害想定より被災物数を試算し、災害時に使用できる重機数に関しては県の協力を得てデータを手直しし、シミュレーションを行った。また、道路被災を考慮するため寸断パターンを以下のように分け、寸断パターン毎にシミュレーションを行った。

- ・全域連携：静岡県内の建設業者が全体で連携を行うパターン
- ・分断地域連携：緊急輸送路となっている富士川付近の道路が被災し、東西に分断されるパターン
- ・地域内連携：各地域で連携を行うパターン

これらのパターンでシミュレーションを行った結果、全く連携を行わないパターンと全域で連携を行ったパターンでは被災物撤去日数が最大90%以上短縮される結果を得た。しかし、近年主流となっているリース業者の重機数を考慮していない。

そこで、本研究ではリース業者の保有する重機数を加味した被災物撤去シミュレーションを行うこととした。

被災物の撤去フローは、発生、撤去、搬出、運搬、中間処分、最終処分等からなるが、ここでは発生した被災物を道路上から撤去する段階を対象とする。災害初期の被災物撤去においては、犠牲者・生存者の方々が被災物の中に埋もれている状況での作業となる。そこで、道路上にある被災物を道路啓開のために沿道スペースへ避け

ることになる。さらに、啓開後は、重機を援用しつつ被災者の発見・救援等にあたることになる。そこで、道路上に存在する被災物のもとより、道路沿道も含めてすべてのスペースの被災物が、犠牲者・生存者を収容しながらの被災物撤去の対象と考えて検討した。被災家屋と家財との区別などは詳細に過ぎるため考慮していない。これらの考え方は先行研究²⁾と同様である。

国土交通省が実施する建設機械動向調査結果から中部地域のリース業による重機保有台数を推定し、各県の建設業売上順位および建設会社保有の重機の災害時協定に基づく提供数を考慮して静岡県内の台数とした。さらに、各市町村の保有台数に関する情報が得られなかったことから、建設事業者数、建設従業者数に従ってリース業が保有する重機の初期分布を想定し、この初期配置の影響を検討することとした。さらに、東日本大震災による被害想定の変更に伴う影響を把握し、上述の先行研究の結果と比較することで静岡県における被災物撤去の効率性に及ぼす建設重機の保有状況および分布の影響を検討した。

2. シミュレーションの概要

(1) 第4次被害想定概要

2013年に静岡県が発表した東海地震に対する第4次被害想定⁶⁾によると、被災する季節・時間帯によって被害規模が大きく異なる。地震の規模においてはレベル1地震・津波とレベル2地震・津波を想定している。レベル1地震・津波は比較的に発生し易く被害も大きいとされ100~150年程度の周期であり、東海地震がこれにあたる。

表-1 各市町村の推定被災物量

| 地域 | 市町村名 | 被災物量 (万㎡) | | | 地域 | 市町村名 | 被災物量 (万㎡) | | |
|------|------|-----------|--------|-------|------|--------|-----------|--------|-------|
| | | 基本 | 東側 | 陸側 | | | 基本 | 東側 | 陸側 |
| 伊豆地域 | 下田市 | 79.4 | 84.2 | 74.6 | 東部地域 | 伊豆の国市 | 16.3 | 23.9 | 8.6 |
| | 東伊豆町 | 14.3 | 18.2 | 13.4 | | 函南町 | 6.3 | 7.7 | 2.9 |
| | 河津町 | 14.3 | 15.3 | 13.4 | | 沼津市 | 197 | 239.1 | 153.0 |
| | 南伊豆町 | 32.5 | 33.5 | 31.6 | | 三島市 | 19.1 | 29.6 | 6.3 |
| | 松崎町 | 39.2 | 41.1 | 34.4 | | 御殿場市 | 16.3 | 35.4 | 14.3 |
| | 西伊豆町 | 58.3 | 66.9 | 57.4 | | 裾野市 | 13.4 | 19.1 | 2.1 |
| | 熱海市 | 8.6 | 14.3 | 4.0 | | 清水町 | 7.7 | 9.6 | 3.8 |
| | 伊東市 | 26.8 | 44.9 | 16.3 | | 長泉町 | 6.1 | 10.5 | 1.0 |
| | 伊豆市 | 34.4 | 49.7 | 24.9 | | 小山町 | 3.8 | 6.7 | 2.7 |
| | 中部地域 | 富士宮市 | 85.1 | 156.8 | | 13.4 | 磐田市 | 478.2 | 516.4 |
| 富士市 | | 120.5 | 233.3 | 23.0 | 掛川市 | 382.5 | 526.0 | 382.5 | |
| 静岡市 | | 2084.8 | 1864.9 | 627.4 | 袋井市 | 336.6 | 377.8 | 311.8 | |
| 島田市 | | 264 | 246.7 | 131.0 | 御前崎市 | 86.1 | 171.2 | 54.5 | |
| 焼津市 | | 506.9 | 300.3 | 197.0 | 菊川市 | 97.5 | 211.4 | 98.5 | |
| 藤枝市 | | 487.7 | 264.0 | 131.0 | 森町 | 66.9 | 95.6 | 101.4 | |
| 牧之原市 | | 198.9 | 261.1 | 166.4 | 浜松市 | 1676.5 | 1821.9 | 3210.5 | |
| 吉田町 | | 98.5 | 104.2 | 70.8 | 湖西市 | 180.8 | 332.8 | 353.9 | |
| 川根本町 | | 7.7 | 8.6 | 11.5 | 県計 | 7784.7 | 8272.4 | 7000.5 | |

表-2 市町村別建設企業災害派遣建設重機数²⁾

| 地域 | 市町村名 | バックホウ台数 | 地域 | 市町村名 | バックホウ台数 |
|------|------|---------|------|-------|---------|
| 伊豆地域 | 下田市 | 33 | 東部地域 | 伊豆の国市 | 100 |
| | 東伊豆町 | 14 | | 函南町 | 19 |
| | 河津町 | 31 | | 沼津市 | 70 |
| | 南伊豆町 | 22 | | 三島市 | 14 |
| | 松崎町 | 25 | | 御殿場市 | 34 |
| | 西伊豆町 | 38 | | 裾野市 | 27 |
| | 熱海市 | 35 | | 清水町 | 17 |
| | 伊東市 | 50 | | 長泉町 | 43 |
| | 伊豆市 | 118 | | 小山町 | 18 |
| 中部地域 | 富士宮市 | 97 | 西部地域 | 磐田市 | 41 |
| | 富士市 | 110 | | 掛川市 | 85 |
| | 静岡市 | 352 | | 袋井市 | 39 |
| | 島田市 | 202 | | 御前崎市 | 82 |
| | 焼津市 | 127 | | 菊川市 | 29 |
| | 藤枝市 | 180 | | 森町 | 13 |
| | 牧之原市 | 115 | | 浜松市 | 419 |
| | 吉田町 | 33 | | 湖西市 | 33 |
| 川根本町 | 68 | 県計 | 2733 | | |

レベル2地震・津波は発生頻度は極めて低いが発生した際は甚大な被害が予想される地震であり、南海トラフ地震がこれにあたる。本研究では最悪の事態を想定していることからレベル2地震・津波を対象とした。被災する時期・時間帯については「冬の深夜」、「夏の昼」、「冬の夕」の3パターンが想定されている。本研究では、推定される損壊家屋数が最も多い「冬の夕」と設定した。また、震源地により、被害が大きく異なるため、基本ケース、陸側ケース、東側ケースに分けてシュミレーションを行った。

(2) 各市町の被災物数と初期配置

東海地震に対する第4次被害想定から各市町村の倒壊家屋全数が発表されている。このデータと中部経済連合会が2008年に発表した「大震災に備えた震災がれき処理について」に示されている静岡県内全域でのがれき推定発生量を利用することで各市町村の倒壊家屋数から体積に換算した。皆川ら²⁾は第3次被害想定を用いる際に全倒壊家屋数のみを用いたが、第4次被害想定では半倒壊家屋数も記載されている。本研究では、道路啓開のための被災物撤去を主とした検討対象としており、前述の通り、道路沿道も含めてすべてのスペースの被災物が、犠牲者・生存者を収容しながらの被災物撤去の対象と考えることから、マクロに被災物量を把握するために、半壊家屋の体積を50%と想定した。このように推定された被災物の体積を表-1に示す。また、被災物の初期配置は各道路にどの程度堆積するかを把握することは難しいことから、便宜上各市町役場とし、重機の連携に着目するためミクロの動きを無視することとした。

(3) 重機数の推定

災害時における被災物の種類には土砂やコンクリート、金属といったあらゆる物質が混入しており、混合廃棄物であることからグラブが用いられることが多い。グラブは建設機械の先端に設置するアタッチメントの一種で物を掴む機能に長けており、主に林業の現場や家屋の解体や廃棄物の分別等に使用される。しかし、アタッチメントであることからその数を正確に把握することは困難であった。そこで、災害時に一般的に使用されるバックホウをここでいう建設重機として想定する。

a) 県内建設業及びリース業の保有する重機数の推定

静岡県内の建設業が保有している重機数としては、草柳同様に静岡県交通基盤部により提供された市町別の災害協定に基づく災害派遣用の建設重機数を利用した。各市町の重機数を表-2に示す。この中に、長期リースによる重機数は含まれていない。

リース業に関しては、アンケート調査を行うことで重機数を把握しようと試みたが、回答が散発的で静岡県内における正確なリース企業数および保有重機数の把握に至ることが出来なかった。そこで、国土交通省が2年おきに実施している建設機械動向調査⁷⁾から推定した。具体的には、中部地域の台数及び建設業、リース業の重機保有割合より重機数を推定した。重機の種類は災害時の一般的な重機であるバックホウであることから中部地域における建設業の保有台数は34616台であり、リース業は29038台となった。ここでいう中部地域は愛知県、静岡県、三重県、岐阜県である。そこで静岡県における重機数を、各県の建設業売上順位⁸⁾から推定した。その結

果、静岡県における建設業者の重機は 12601 台、リース業者のそれは 10571 台となった。静岡県情報基盤部から提供された重機の台数²⁾は各建設企業が自主的に提供可能と県に対して回答した台数であるのに対して、ここで示した推定台数は、保有台数調査に対するものからの推定結果であることから、当然ではあるが異なる結果となっている。また、建設業の推定値に対する静岡県情報基盤部から頂いた台数と実際に保有していると思われる台数の比を、他産業分野での使用その他の事情により提供できない重機数も含めた総重機数と、企業から提供可能な重機数の比とみなすことは、第一次的な推定方法として妥当と判断した。そこで、建設業の推定値に対する静岡県情報基盤部から頂いた台数の比を求め、リース業者の保有台数に掛け、これをリース業者の保有する重機のうち災害時に提供されうる重機数として算出し、2273 台との結果を得た。

b) 被災物撤去能力

建設重機の被災物撤去能力は国土交通省が定めている土木工事標準積算⁹⁾より 0.6319 m³/h と設定した。作業種類はルーズな状態の積込とし、その平均値を用いた。作業は緊急時であるため 24 時間稼働を想定として行った。

c) 建設業の保有する重機の初期配置と移動速度²⁾

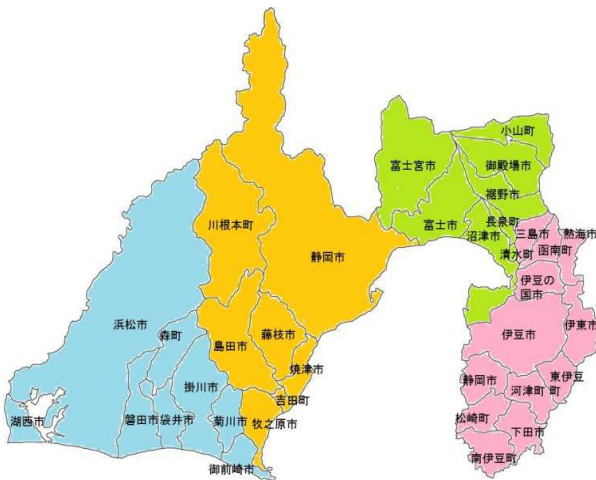


図-1 静岡県の各市町村のグルーピング¹⁰⁾

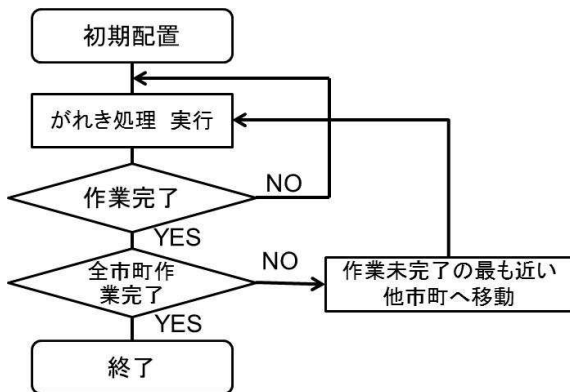


図-2 エージェントの行動ルール¹⁰⁾

重機の初期配置も、被災物の配置場所と同様に各市町役場とする。また、各市町を伊豆地域、東部地域、中部地域、西部地域に分類した。分類したものを図-1 に示す。移動速度は国土交通省発表の道路交通センサス¹⁰⁾より混雑時旅行速度 35.1km/h とする。市町内で被災物撤去作業をする場合、市町内の被災物は便宜上、各役所の位置にすべて集積しているものとし、市町内の道路上のミクロな移動は考慮していない。ある市町の被災物撤去が終了したのち、次の市町への移動には上記の混雑時旅行速度を用いたもので、市町間の移動については重機は自走ではなく運搬することを想定している。

d) 重機の行動ルール²⁾

初期配置された各市町役場で被災物撤去を行う。撤去作業が完了した際、未完了の市町村の距離計算を行い最も近い市町へ応援に行く。これらの行動を繰り返し、全市町の被災物が撤去されるとシミュレーションが完了する。エージェントの行動ルールを図-2 に示す。作業完了が NO であるときのがれき処理実行前に戻るパスと、全市町作業完了が NO であるときのがれき処理実行に戻るパスがある。前者は、特定の市町での作業が完了していない状況では重機を表現する各マルチエージェントが自律的に判定して、作業を継続する場合である。それに対して後者では、全市町の作業が完了していない場合に

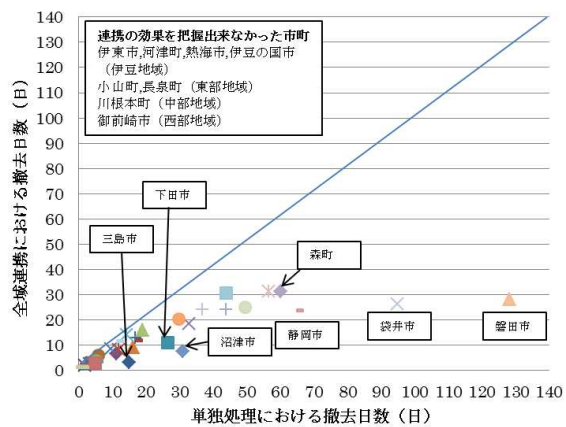


図-3 全域連携の有無による撤去日数の比較

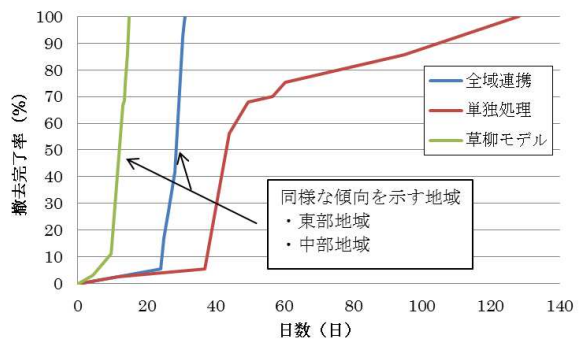


図-4 西部地域における草柳モデルとの比較

は、作業完了した市町に存在する重機が、近隣の市町へ移動したのち、同様の作業を開始することになる。

3. 建設業者のみの被災物撤去シミュレーション

(1) 地域連携の効果

本研究では、被災家屋の被災度認定調査や権利関係調整等の実際の家屋解体プロセスを精緻に取り扱うことを目指しておらず、あくまで、啓開などの被災物撤去作業日数と建設重機数や配置の関係を検討している。したがって、論文における「被災物撤去日数」とは

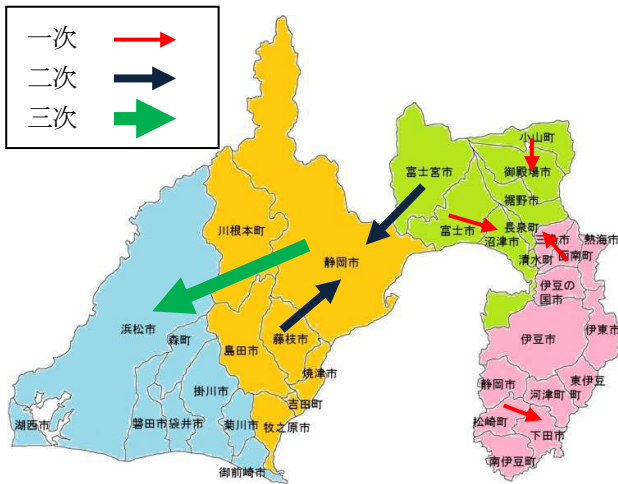


図-5 重機移動の主な流れ

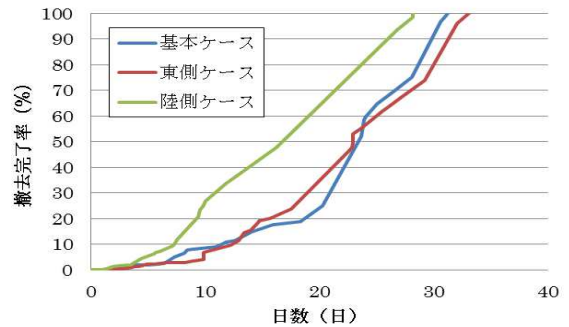
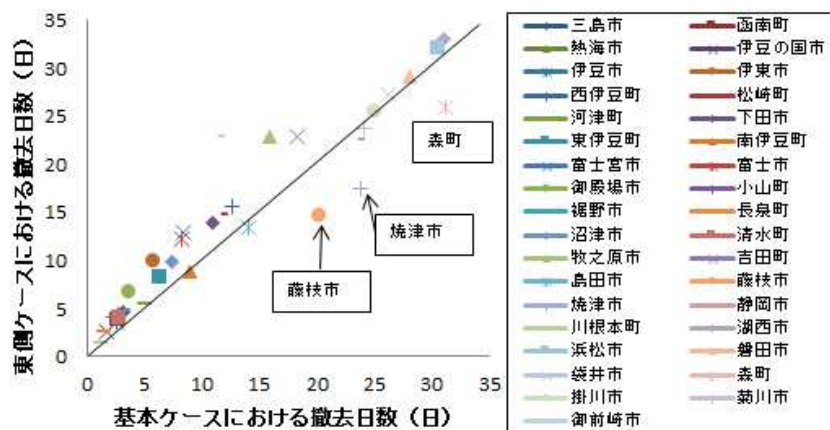
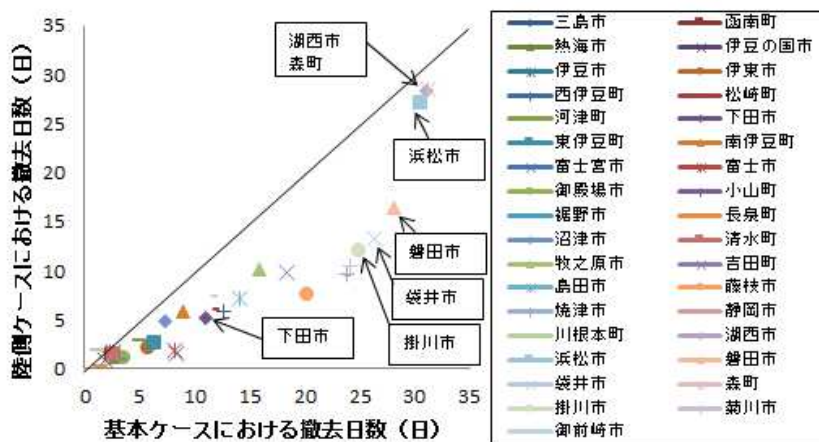


図-6 各ケースの被災物撤去日数

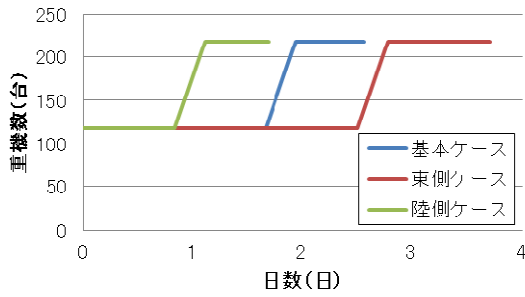


(a) 基本ケースと東側ケースの比較

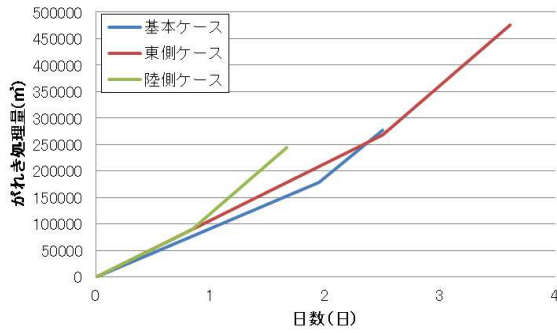


(b) 基本ケースと陸側ケースの比較

図-7 各市町村の処理日数のケース間の比較

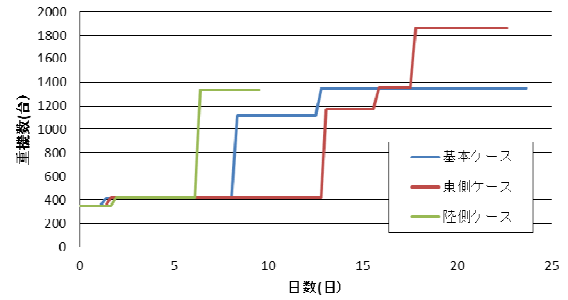


(a) 各ケースの重機数推移

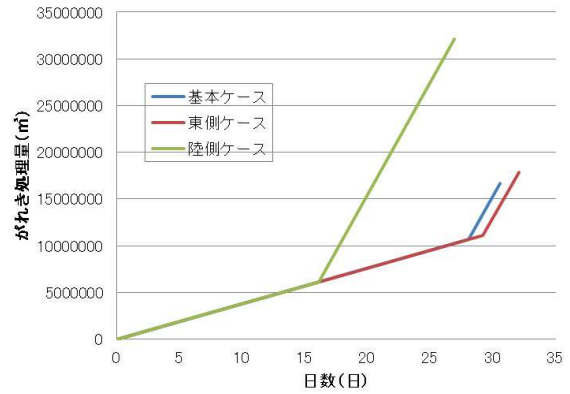


(b) 重機推移による被災物撤去量の変化

図-8 伊豆市の結果

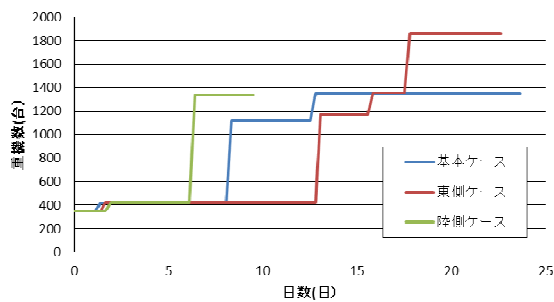


(a) 各ケースの重機数推移

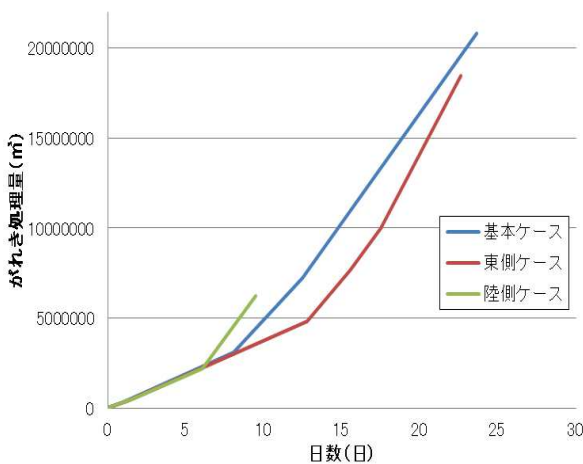


(b) 重機推移による被災物撤去量の変化

図-10 浜松市の結果



(a) 各ケースの重機数推移



(b) 重機推移による被災物撤去量の変化

図-9 静岡市の結果

撤去作業開始日から撤去完了までの日数を指す。県全体で連携を行わない単独処理と全域連携結果の結果を図-3に、西部地域における結果を図-4に示す。単独処理における被災物撤去完了日数は128日であり、磐田市が最も多くの時間を要した。県全体で連携した場合では31.2日で被災物撤去完了した森町であることから県全体では最大75.7%短縮が可能であり、連携の効果を把握することが出来た。伊豆地域では下田市、東部地域では三島市、中部地域では静岡市、西部地域では磐田市の短縮率が各地域で最も連携効果を挙げており、撤去時間が50%以上短縮されることが示され、中部や西部地域では連携効果が顕著に表れた。一方で伊豆地域および東部地域において比較的規模の大きい市町村である沼津市、三島市、下田市以外は県全体での連携では効果がわずかであった。第3次被害想定における全域連携のシュミレーションである草柳モデルと全域連携を比べると撤去完了日数が異なるものの、伊豆地域を除く他地域では初期の撤去に時間を要するもののその後の撤去率の増加傾向は同様であった。重機の動きに着目すると伊豆地域の各重機は各市町の被災物撤去を終えた後に下田市に移動する。その後、東部地域で撤去作業が遅れている沼津市に集中する。中部地域では川根本町や島田市において撤去が早期に終

わり隣接市町に応援に行き、撤去に時間を要する静岡市に流れていく。静岡市の撤去には伊豆地域と東部地域、中部地域が一体となって作業を行い、そこから西部へと流れていくのが確認され、皆川、草柳らのシュミレーション結果と近い動きになった。重機移動の主な流れを図-5に示す。

(2) 震源地の影響

震源地が異なる場合の被災物撤去日数を図-6に示し、基本ケースと他ケースを比べたものを図-7に示す。基本ケースと東側ケース、陸側ケースにおける総被災物はそれぞれ7785万 m^3 、8272万 m^3 、7001万 m^3 であり、被災物撤去完了日数は31.4日、33.3日、28.5日と東側ケースで最も時間を要した。東側ケースにおいて被災物量が最も多く、他のケースに比べ多くの市町村において撤去日数が多くなっている。

まず、基本ケースと東側ケースを比べる。伊豆地域、東部地域では基本的な被災物数に比例して撤去日数が大きくなっている。しかし、中部地域において藤枝市、焼津市といった市町は基本ケースの方が5日程度撤去が遅れた。伊豆、東部地域の応援は基本ケースの方が早い静岡市の撤去に日数がかかりこれらの市町に対して連携されなかったと考えられる。西部地域において御前崎市

以外の市町では撤去日数に顕著な差がみられなかった。御前崎市の被災物量を比べると東側ケースは基本ケースの約2倍であり被災物撤去日数も約2倍である。このことから御前崎市の他県からの応援を受けても一定の撤去効率であり、連携効果が小さいといえる。これは御前崎市が沿岸部に位置しており、東部地域からの重機流入が見込めない地域であることが影響していると考えられる。西部地域の被災撤去はほとんどの市町が完了しておらず、結果的に単独処理に近い形となった。

続いて基本ケースと陸側ケースを比べる。陸側ケースでは伊豆、東部地域における被災物撤去に5日程度要することが示唆され、被害が軽微であるといえる。被災物量は陸側ケースの方が若干少ないが、撤去日数に大きな影響を与える結果となった。例えば、下田市の被災物数において基本ケースでは陸側ケースの約1.06倍と大きな差はないが撤去日数を比較すると約50%短縮されているのが分かる。このような市町が伊豆地域には多数存在し、地域内で重機を補完し合っていることが分かる。中部地域の各市町では10日以内に撤去が完了している。西部地域においては、磐田市、袋井市、御前崎市、掛川市、菊川市で撤去日数が50%弱短縮することが出来るが、浜松市、湖西市、森町ではあまり連携の効果を得られなかった。そのため、県全体の撤去日数が他ケースとあまり

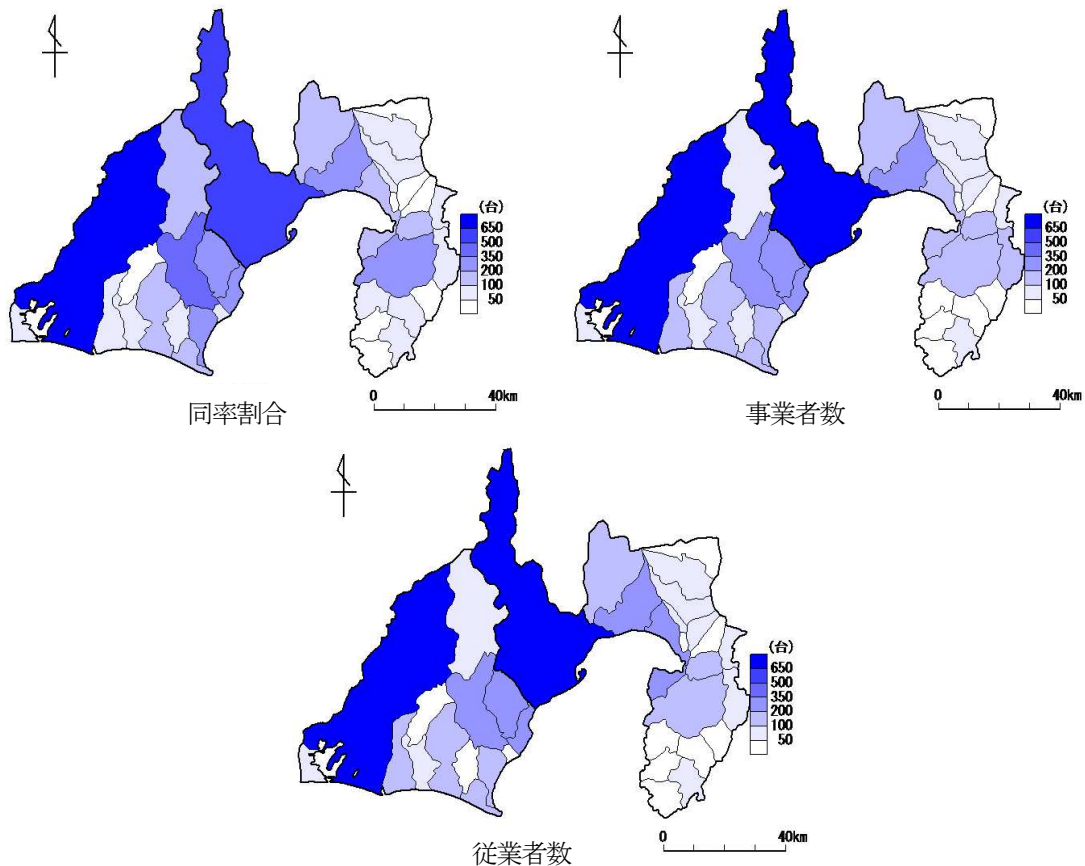


図-11 推定されたリース業者保有の災害時利用可能重機分布

変わらない結果になったものと考えられる。

(3) 重機の移動履歴

各市町における重機の流入を調べる為に各市町で被災物撤去している重機の移動履歴を調べた。特徴的な傾向を示した市町である伊豆地域の伊豆市、中部地域の静岡市および西部地域の浜松市の重機数の推移及び時間による被災物撤去効率を図-8、図-9 および図-10 に示す。

伊豆地域では速い日数から重機の移動を確認する事が出来た。伊豆市では各ケースにより重機の流入時間が異なるが流入数は一定であり、日数と被災物撤去日数の傾きは同値である。このことからケースを変更しても、重機が応援にまわる市町は変化がなかったと考えられる。これは伊豆地域において各市町の距離が近く、密集している地域特性によるものであると考えられる。そのため、ある時点で急激に撤去量が上昇し、被災物撤去開始直後よりも10倍以上になる市町も存在した。東部地域と伊豆地域の境界に近い三島市や沼津市等の比較的規模の大きい市町では重機の流入が静岡市の様に複数回行われ、変動が細かいことが特徴的である。東部地域もまた、伊豆地域同様密集していることからこの様な結果になったと考えられる。中部地域では沿岸地域ではある程度時間が経っても重機の流入が見られなかった。

一方、東西の中間にある静岡市では重機の流入が数回に分けてあり、いずれのケースでも一挙に重機数が2倍から3倍以上となるような重機の流入が確認された。これは伊豆地域と東部地域の総重機数のみならず、中部地域の重機も流れてきており、静岡市は他市町からの影響を大きく受ける位置に存在している。西部地域は早い日数での重機移動はほとんど見られず、結果的に単独処理

の時間が長い。陸側ケースの場合では10日前後で重機の流入を確認する事が出来たが基本ケース及び東側ケースでは20日以上経ってからの重機の流入が行われている。また、重機数の増加回数は少なく、1回がほとんどであるが数が磐田市では初期配置の10倍以上が流入している。西部地域において重機の応援なしでの単独処理となり、厳しい状況が生じる。

4. リース業者の保有する重機を考慮したシュミレーション

工事の時間的・場所的な変動に対応してリース業者が保有する建設重機の分布は変動する。しかし、リース業者が保有する建設重機数は多く、その分布の変化は何かの建設産業における状況の影響を受けものと考えられることができる。したがって、可能性のある想定を種々行い、災害が発生した時のリース業者が保有する建設重機の分布が変動することにより、被災物撤去の作業性がどのように変化するかを、あらかじめ把握しておくことは重要である。

(1) リース業重機数分布の推定

県全体のリース業重機は3. で示したとおり2273台である。続いて、重機の初期配置を検討した。本シュミレーションを行う以前に静岡県内のリース業者に対しアンケート調査を行ったところリース業者自身も重機がどこで稼働されているかは正確には把握していないという回答を得た。そのため、災害が発生した際にどの市町に重機がどの程度存在するかを特定することは難しい。

表-3 推定されたリース業者保有の災害時利用可能重機数

| 地域 | 市町名 | バックホウ台数 | | | 地域 | 市町名 | バックホウ台数 | | |
|------|------|---------|------|------|------|-------|---------|------|------|
| | | 同率割合 | 事業者数 | 従業員数 | | | 同率割合 | 事業者数 | 従業員数 |
| 伊豆地域 | 下田市 | 61 | 55 | 51 | 東部地域 | 伊豆の国市 | 184 | 134 | 129 |
| | 東伊豆町 | 26 | 29 | 26 | | 函南町 | 35 | 46 | 44 |
| | 河津町 | 57 | 41 | 38 | | 沼津市 | 129 | 195 | 206 |
| | 南伊豆町 | 40 | 32 | 30 | | 三島市 | 26 | 75 | 77 |
| | 松崎町 | 46 | 31 | 29 | | 御殿場市 | 63 | 76 | 72 |
| | 西伊豆町 | 70 | 47 | 45 | | 裾野市 | 50 | 58 | 57 |
| | 熱海市 | 64 | 70 | 65 | | 清水町 | 31 | 36 | 34 |
| | 伊東市 | 92 | 107 | 95 | | 長泉町 | 79 | 63 | 68 |
| | 伊豆市 | 217 | 148 | 140 | | 小山町 | 33 | 30 | 28 |
| 中部地域 | 富士宮市 | 178 | 181 | 167 | 西部地域 | 磐田市 | 75 | 134 | 117 |
| | 富士市 | 202 | 265 | 264 | | 掛川市 | 156 | 153 | 150 |
| | 静岡市 | 647 | 781 | 859 | | 袋井市 | 72 | 87 | 86 |
| | 島田市 | 371 | 267 | 261 | | 御前崎市 | 151 | 120 | 119 |
| | 焼津市 | 234 | 206 | 200 | | 菊川市 | 53 | 54 | 47 |
| | 藤枝市 | 331 | 262 | 258 | | 森町 | 24 | 31 | 36 |
| | 牧之原市 | 211 | 157 | 144 | | 浜松市 | 770 | 867 | 902 |
| | 吉田町 | 61 | 52 | 49 | | 湖西市 | 61 | 60 | 54 |
| | 川根本町 | 125 | 77 | 77 | | 県合計 | 5026 | 5026 | 5026 |

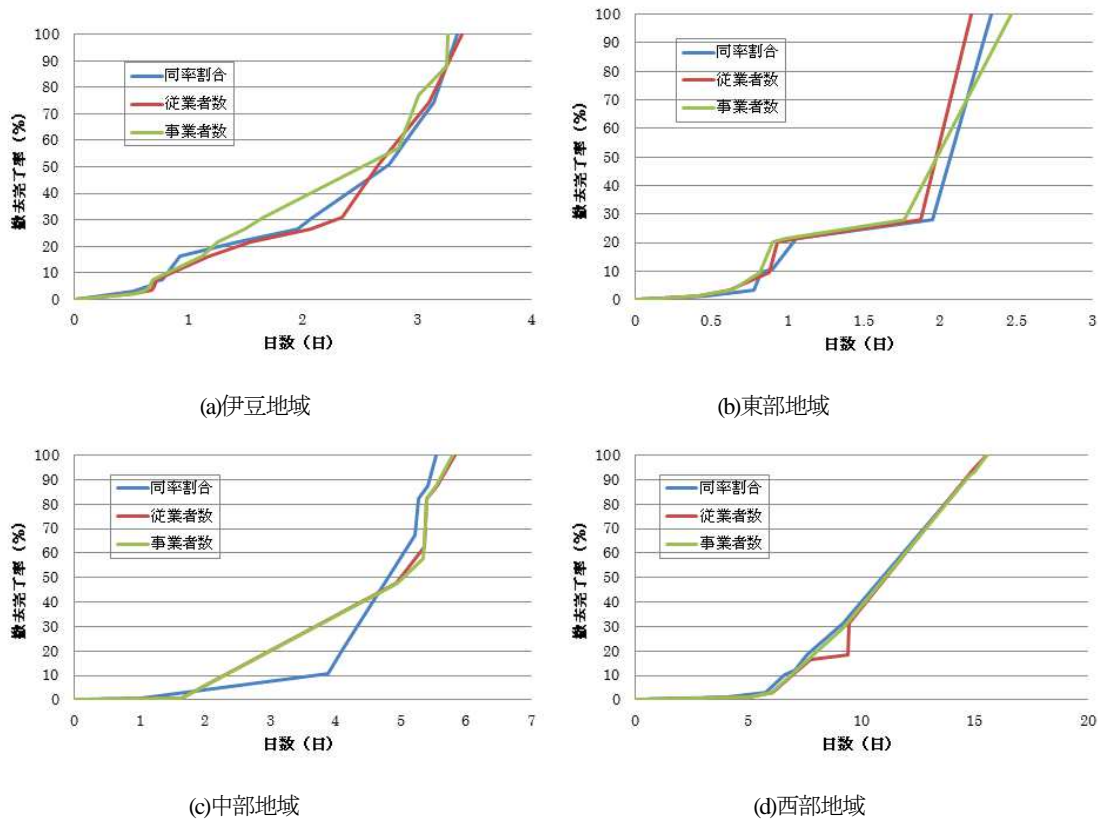


図-12 リース業が保有する重機を加味した地域ごとの結果

表-4 リース業が保有する重機を加味した市町ごとの撤去完了日数の比較

| 地域 | 市町名 | 撤去完了日数(日) | | | 地域 | 市町名 | 撤去完了日数(日) | | |
|------|------|-----------|------|------|------|-------|-----------|------|------|
| | | 同率割合 | 事業者数 | 従業員数 | | | 同率割合 | 事業者数 | 従業員数 |
| 伊豆地域 | 下田市 | 3.4 | 2.8 | 3.4 | 東部地域 | 伊豆の国市 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| | 東伊豆町 | 2.1 | 1.5 | 2.1 | | 函南町 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| | 河津町 | 2.3 | 1.6 | 2.3 | | 沼津市 | 2.2 | 2.5 | 2.2 |
| | 南伊豆町 | 3.1 | 3.3 | 3.1 | | 三島市 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | 松崎町 | 2.9 | 3.0 | 2.9 | | 御殿場市 | 1.9 | 1.8 | 1.9 |
| | 西伊豆町 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | | 裾野市 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| | 熱海市 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | | 清水町 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| | 伊東市 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | | 長泉町 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| | 伊豆市 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | | 小山町 | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| 中部地域 | 富士宮市 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 西部地域 | 磐田市 | 9.5 | 9.2 | 9.5 |
| | 富士市 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | | 掛川市 | 6.9 | 6.9 | 6.9 |
| | 静岡市 | 4.9 | 5.0 | 4.9 | | 袋井市 | 7.7 | 7.6 | 7.7 |
| | 島田市 | 5.4 | 5.3 | 5.4 | | 御前崎市 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| | 焼津市 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | | 菊川市 | 6.1 | 6.0 | 6.1 |
| | 藤枝市 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | | 森町 | 9.4 | 15.0 | 9.4 |
| | 牧之原市 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | | 浜松市 | 14.9 | 14.7 | 14.9 |
| | 吉田町 | 5.6 | 5.5 | 5.6 | | 湖西市 | 15.4 | 15.5 | 15.5 |
| | 川根本町 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | | 県合計 | 15.5 | 15.5 | 15.5 |

本研究では、静岡県の情報基盤部の方から頂いた建設業の保有する市町毎の重機割合（以下、同率割合と呼ぶ。）を基本とし、建設事業者数、建設従業者数の分布に従ってリース業が保有する重機の初期分布を想定することとした。それぞれを、「同率割合パターン」、「事業者数パターン」および「従業者数パターン」と呼ぶ。

建設事業者数及び建設従業者数は各市町の重機数と相

関があると考えた。どの指標も県全体に対する比で表し、各市町の保有するリース業重機をその比率で配分することとした。割り振った重機数を図-11、表-3に示す。

(2) シミュレーション結果および考察

3つのパターンにおける被災物撤去率の時刻歴を地域別に図-12に示す。また、表-4には、撤去完了日数を市

町別に示す。被災物撤去日数は「同率割合パターン」で湖西市の 15.4 日、「事業者数パターン」で湖西市の 15.5 日、「従業者数パターン」で湖西市の 15.5 日となった。どのケースにおいても最も日数を要した市町は湖西市であり、日数も近い結果となった。このことからリース業者が保有する重機の初期配置による最大撤去日数に与える影響は小さいといえる。県全体の被災物数及び総重機数に大きく依存し、各市町の被災物撤去作業の順番はあまり影響しない。これは重機の移動にかかる時間が全体の被災物撤去日数に対し、微小であるため応援に向かう順番の重要度が加味されにくいためと考えられる。

伊豆地域および東部地域ではどのパターンも同様な傾向を示した。中部地域では「同率割合パターン」以外は同様な結果となった。西部地域では 9 日程度に着目すると「従業者数パターン」で他のパターンよりも撤去が遅れているものの、10 日近辺での急激な重機流入によって被災物撤去率が上昇し、最終的には撤去日数は変わらなかった。

伊豆地域において撤去日数が最長となる市町は「従業者数パターン」、「同率割合パターン」とともに下田市であり「事業者数パターン」のみ松崎町となった。どのパターンも 3.5 日以内に撤去を完了している。「事業者数パターン」では西伊豆町及び松崎町が半日ほど他のパターンよりも撤去日数が大きく、「従業者数パターン」の重機数と差がほとんどない。隣接市町を挙げると南伊豆町、下田市、河津町、伊豆市だが、南伊豆町を除けばどの市町も「事業者数パターン」よりも遅く撤去が完了している。よって、東部地域からの重機流入がこのような結果を及ぼしたと考えられる。特に東部地域における沼津市の撤去日数が直結していると考えられる。「同率割合パターン」が他ケースよりも多くの市町において撤去完了日数が大きくなる結果となった。逆に他ケースにおいては撤去完了日数にも大きな差がなく、同様な傾向を示した。中部地域は「事業者数パターン」と「従業者数パターン」の被災物撤去日数が各市町で似ている傾向を示しており、流入した市町の効果は弱い。西部地域では森町が特徴的である。「事業者数パターン」は他のパターンよりも 1.6 倍程度日数を要する。

5. 結論

皆川、草柳らのネットワークモデルを使用し、災害により道路が寸断され他県からの重機に頼れない最悪ケースを前提に第 4 次被害想定を考慮したシュミレーションをケース毎に行った。また、近年重機保有の主流になっているリース業を加味したシュミレーションを重機の初

期配置を事業者数と従業者数等で変化させて行った。その結果、単独処理における被災物撤去完了日数が磐田市における 128 日であるのに対して、県全体で連携した場合には森町における 31.2 日となり、被災物撤去日数が最大 75.7%短縮することが可能であり、その有効性を確認することが出来た。重機の移動経路は、伊豆地域及び東部地域の重機が中部地域で遅れている静岡市の応援に行き、最終的に西部地域に流れていくものである。そのため、西部地域に重機流入が開始する時間を調べると陸側ケースを除けば、25 日程度経過したのち大量の重機が流入することが示唆された。このことが県全体の被災物撤去日数が遅くなる原因であると考えられる。したがって、東西の中間に位置し、西部地域に応援に向かう際に必ず通る静岡市の被災物撤去の効率を上昇させることで早い日数から伊豆、東部地域の重機を流入させることが可能であると考えられる。

また、リース業を加味したシュミレーションではリース業の保有する重機の初期配置を「事業者数パターン」、「従業者数パターン」で変化させた結果、初期配置の影響が認められた。実際に災害が発生した状況では、リース業者が保有する建設機械は顧客である建設業者の建設サイト等に配備されていることになるため、建設事業の各市町村の多寡を考慮したものであり、今後は、災害発生時に利用可能な重機の所在把握を迅速に行えるような施策が有効と考える。

参考文献

- 1) 村岡治道：疲弊する地域建設企業の現状，第 31 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，2013.
- 2) 皆川勝，渡邊裕介，草柳満：災害初期の啓開における地域間連携の有効性に関する検討，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 68, No. 4, I_57-I_67, 2012.
- 3) 静岡県：第 3 次被害想定結果:地震対策資料 No182-201, 2001.
- 4) 皆川勝，草柳満：災害初期の被災物撤去における処理効率の影響，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 69, No. 4, I_69-I_80, 2013.
- 5) 田中徹政，加知範康，塚原健一：地域の被災後の応急復旧力に着目した九州地方における建設機械の賦存量に関する考察，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 69, No. 4 I_291-I_301, 2013.
- 6) 静岡県：第 4 次被害想定，<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/>，2014. 1. 26 閲覧.
- 7) 国土交通省：建設機械動向調査，2010.
- 8) Ullet-経審：<http://keishin.ullet.com/>
- 9) 国土交通省：土木工事標準積算書，2011.
- 10) 国土交通省：平成 22 年度道路交通センサス一般交通量調

INFLUENCE OF CONSTRUCTION MACHINE DISTRIBUTION INCLUDING LEASED MACHINES FOR RUBBLE PROCESSING

Masaru MINAGAWA , Daisuke MITSUEDA and Masaki TOBITA

Contribution of the local construction industry is essential to elimination of road obstacles and repair work of the early period of disaster by severe earthquake. However, in late years, the number of construction machine possessed by construction companies tends to decrease by intensification of the competition by a decrease in public construction and the change of bidding method. Minagawa and others examined how rubble processing can be efficient by the cooperation of surrounding regions in case of Tokai earthquake occurs.

In this article, the authors added the construction machines possessed by lease work corporations and estimated the amount of the rubble produced by an earthquake stood on the East Japan great earthquake disaster. Influence of construction machine distribution for the effectiveness of rubble processing were discussed based on the simulations with Multi Agent Technology. As a result, it was confirmed that the distribution of the construction machines including leased machines affected the duration to remove the rubble and especially the initial placement of the leased machines should be estimated properly.