

災害初期の被災物撤去における リースを含めた重機配分の影響

計画マネジメント皆川研究室

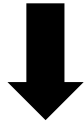
学生氏名 三枝大祐

指導教授 皆川勝

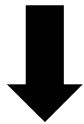
<研究背景>

震災時の重要な課題

- ・早期の人命救助活動
- ・緊急輸送路の確保(啓開作業)



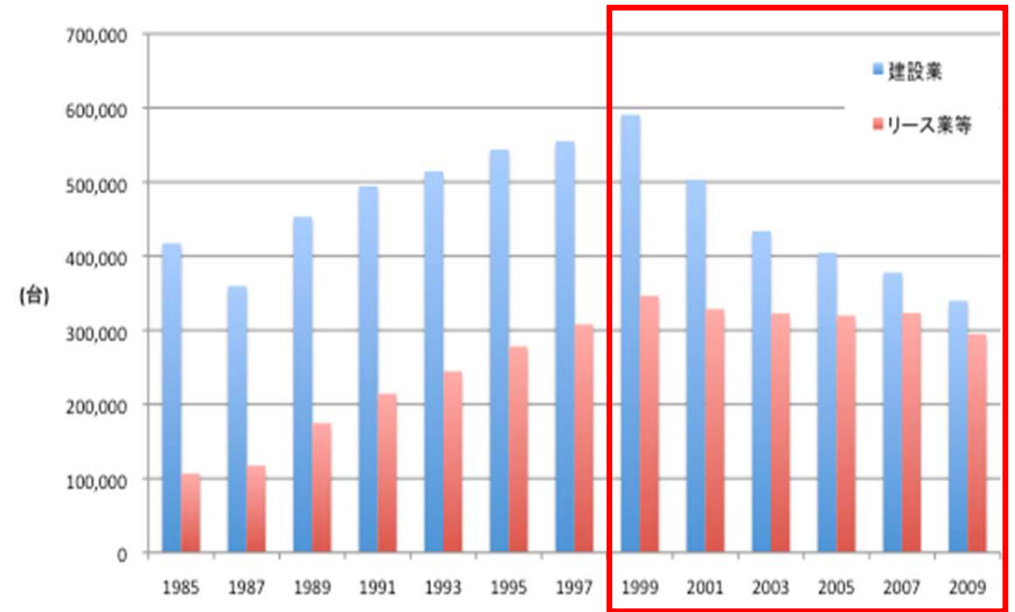
地元建設業者による対応が必要不可欠



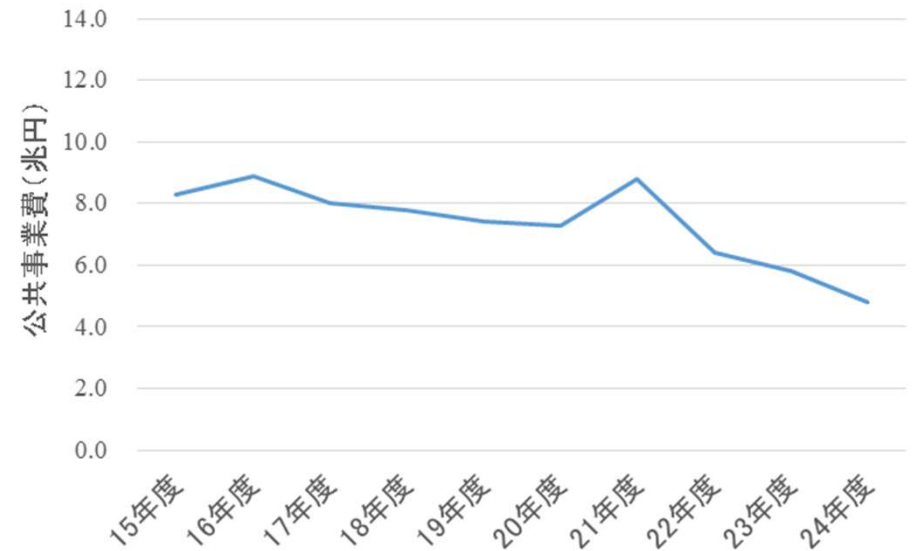
しかし

- ・総合評価落札方式の導入
- ・公共工事の減少
- ・経営事項審査
 - 地元建設業者の建設重機保有数の減少

- ・人命救助活動への遅れ
- ・災害初期の啓開作業の遅れ



建設重機の保有台数



公共工事費の推移

竹谷らは災害初期の迅速な対応で必要となる項目として

人材

建設資材

建設機械

災害対策
用物資

<皆川、渡邊、草柳らの研究>

建設機械



地域連携における効率的な重機の共有体制が災害初期活動に及ぼす効果を把握

地域連携の有無により被災物撤去効率が**約80%**短縮される結果を得た

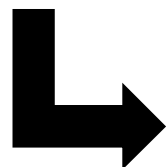
<課題>

・建設機械レンタル・リース会社が考慮されていない

→近年は重機のレンタル・リースが主流

〔建設機械動向調査(国土交通省)

30%の建設重機がリース・レンタル企業



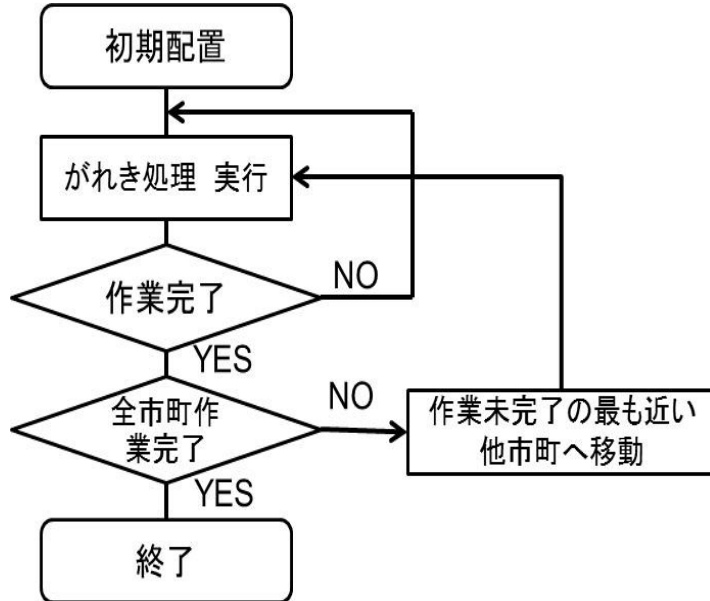
<研究目的>

静岡県におけるリース業の保有する重機が被災物撤去活動に与える影響を把握すること

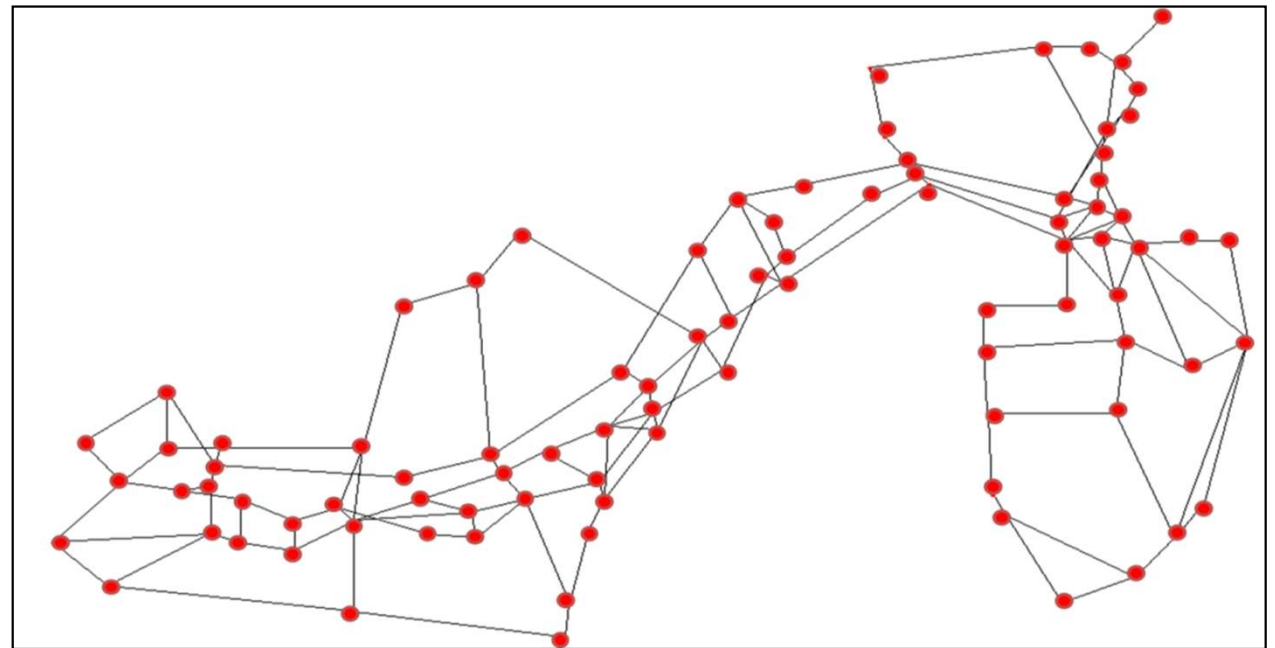
<研究方法>

マルチエージェントシミュレーション

- 建設重機、移動経路をエージェントとする
- 静岡県を対象に被災物撤去シミュレーションを実行
- 各市町において被災物撤去作業を実行
- 作業完了後連携のある市町間の移動を行い、**県内全ての被災物の撤去が完了するのに要する時間を測定**



↑ エージェントの行動ルール



↑ 静岡ネットワーク

想定ケース(東海地震に対する第4次被害)

最も被害が大きいと
予測されている

時間帯や季節によって被害は変化する

- ①通勤・通学時間帯としての「朝7~8時」「夕方17~18時」
- ②家にいる時間帯としての「深夜2~5時」
- ③勤務時間帯・在校時間帯としての「昼11~13時」

<震源地の違いによる被災物数>

基本ケース

総被災物数

7784.7(万m³)

東側ケース

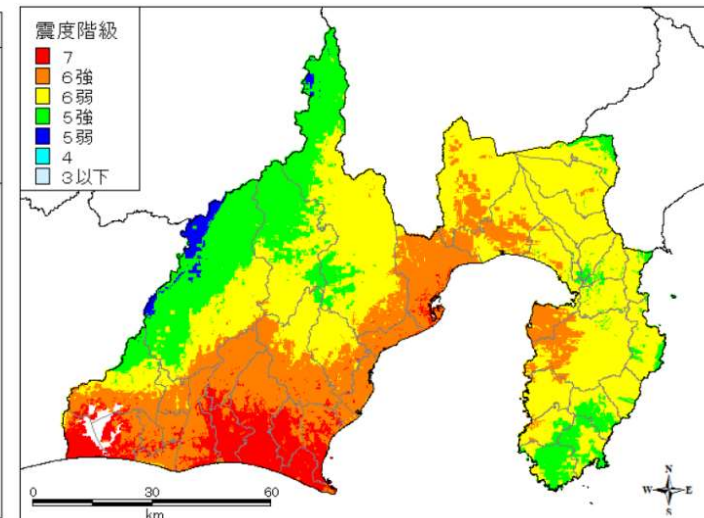
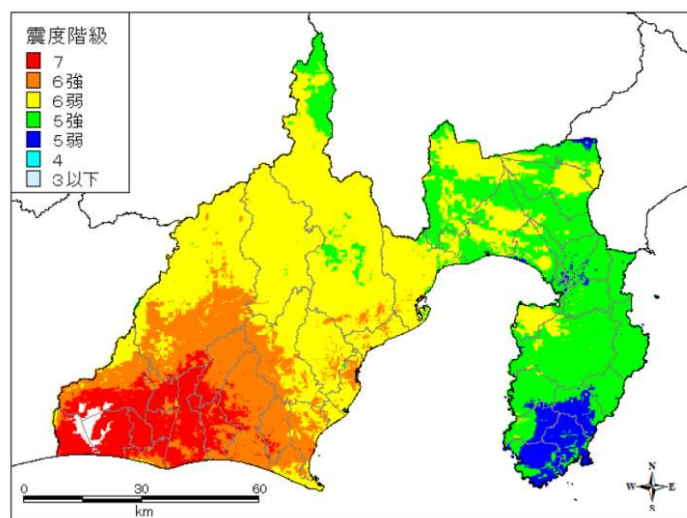
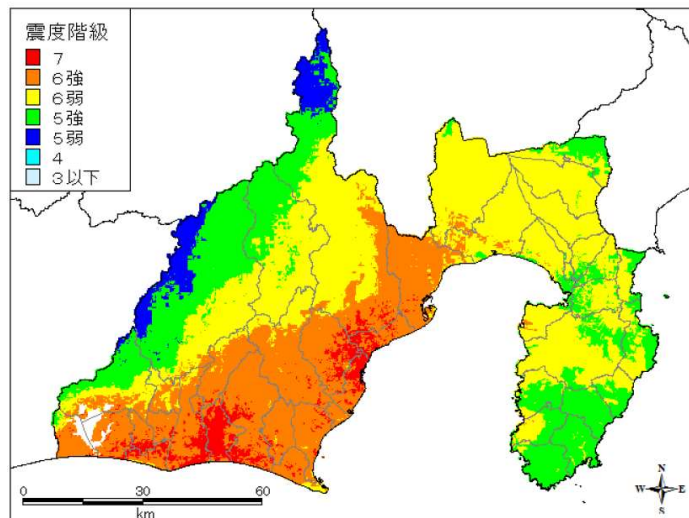
総被災物数

7574.3(万m³)

陸側ケース

総被災物数

7000.5(万m³)



基本ケースにおける震度分布

陸側ケースにおける震度分布

東側ケースにおける震度分布

使用重機の検討

災害時に使用される重機では凡庸性の高いグラップルが用いられることが多い

<グラップル>

- ・建設機械のアタッチメントの一種
- ・物を掴む機能を持つのが特徴
(林業の現場、家屋の解体、廃棄物の分別な等に使用される)

→使用重機をバックホウに決定

建設重機の被災物撤去能力

- ・ $0.6319\text{m}^3/\text{h}$ と設定した
(国土交通省:土木工事標準積算書より)

建設重機の移動速度

- ・ $35.1\text{km}/\text{h}$
(国土交通省:道路交通センサスより)



グラップル



バックホウ

建設業が保有する重機数

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

↑ 草柳,皆川らモデル

リース業が保有する重機数

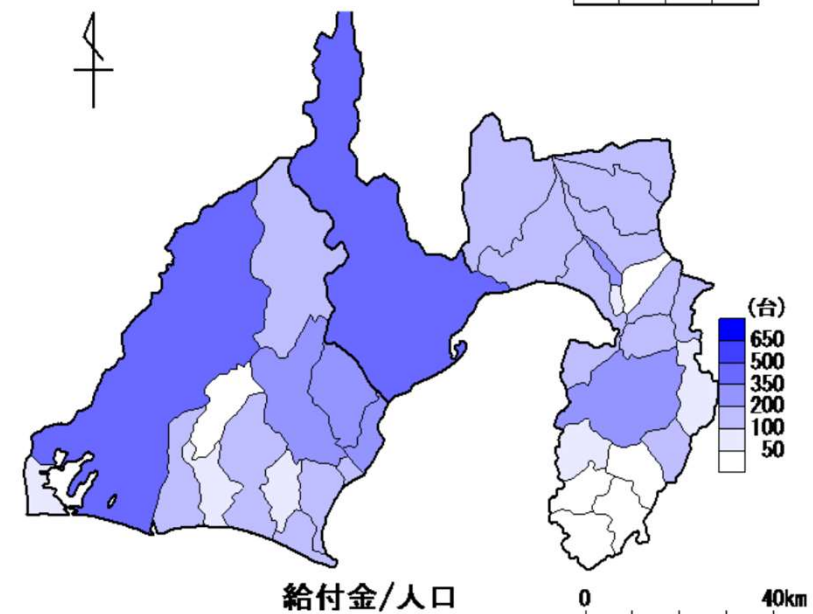
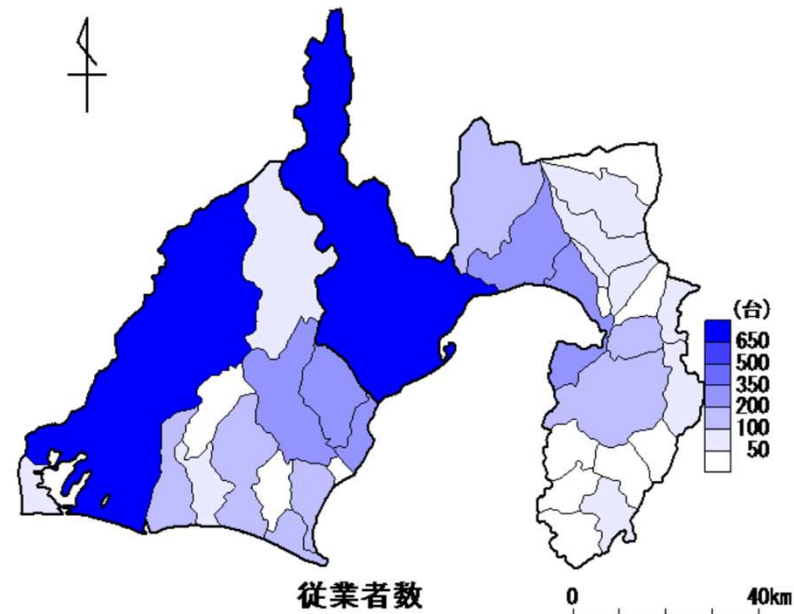
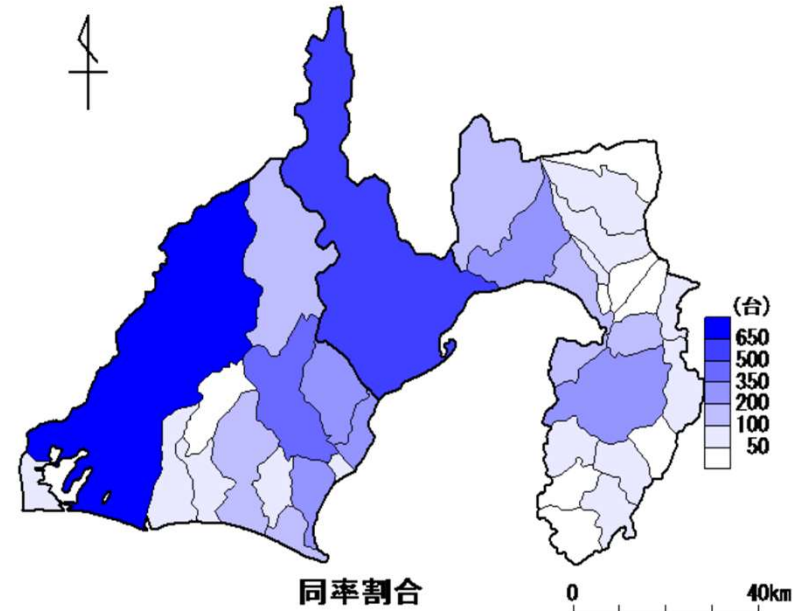
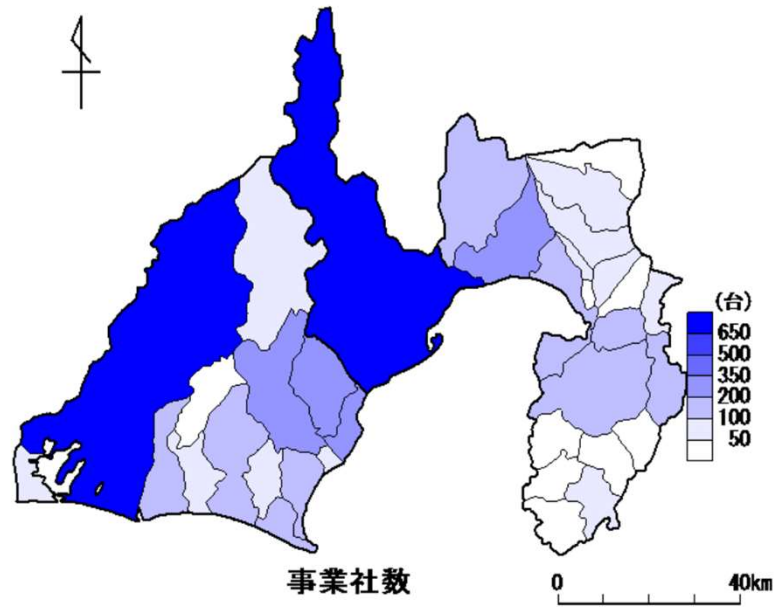
建設機械動向調査(国土交通省発表)より推定

- 1) 各地域毎の総重機数及び建設業とリース業の重機保有割合のデータより中部地方におけるリース業の重機数を推定
- 2) 各県(4県)の建設業(売上)上位20位までの企業売上の合計より振り分けた

その結果,2273台と推定した

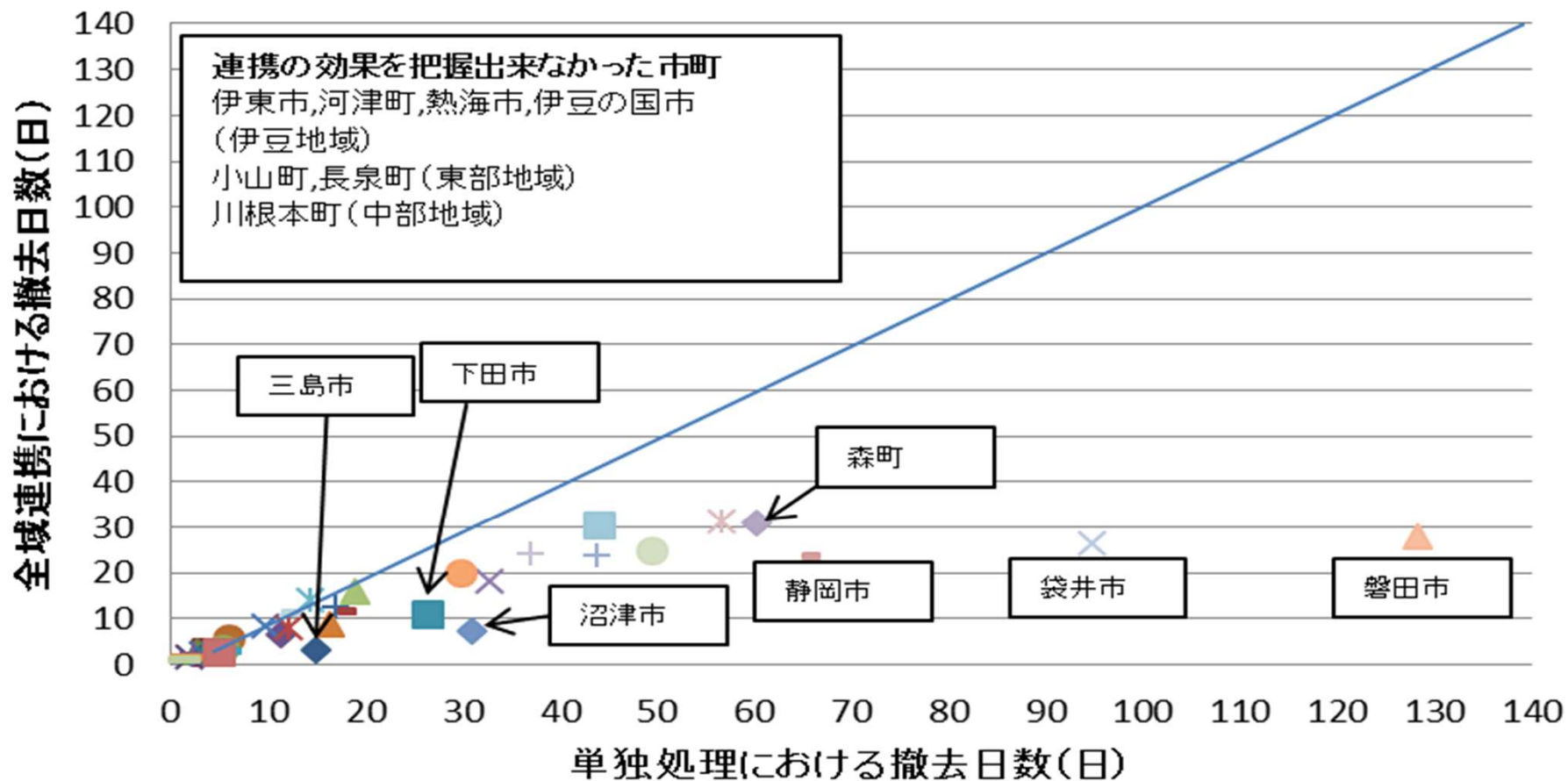
リース業の保有する重機(2273台)の初期配置

建設業重機と同じ割合(以下同率割合)、事業社数、従業者数、給付金/人口とする



第4次被害想定における建設業が保有する
重機のみを考慮したシュミレーション結果

単独処理と全域連携における効果



<単独処理> 磐田市 撤去日数128日
 <全域連携> 森町 撤去日数31.2日

75.7%の短縮
 (皆川、草柳同様に連携効果を把握できた)

50%以上短縮した市町

- ・伊豆地域(下田市)・東部地域(三島市)
- ・中部地域(静岡市)・西部地域(磐田市)

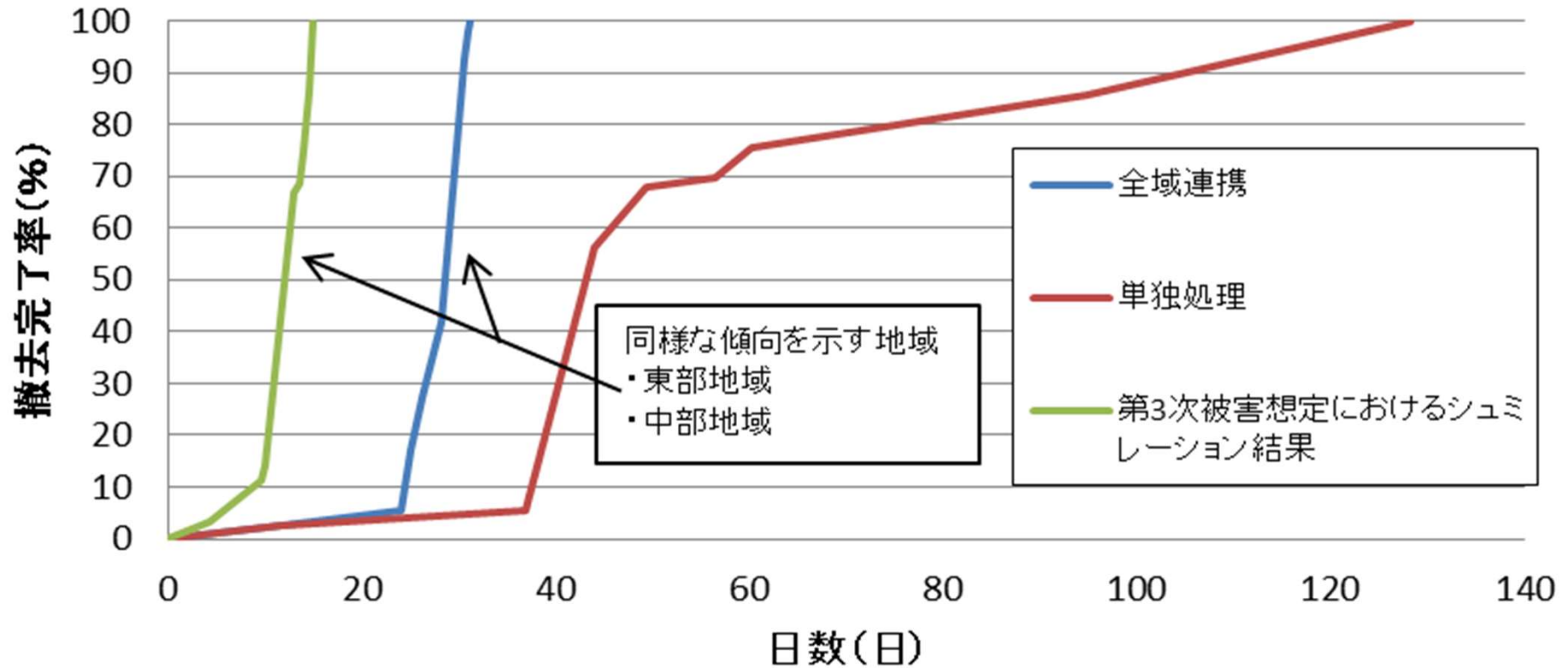
<伊豆地域、東部地域>

規模の大きい市町以外は効果が小さい

<中部地域、西部地域>

連携の効果が顕著に表れた

西部地域における草柳モデルとの比較

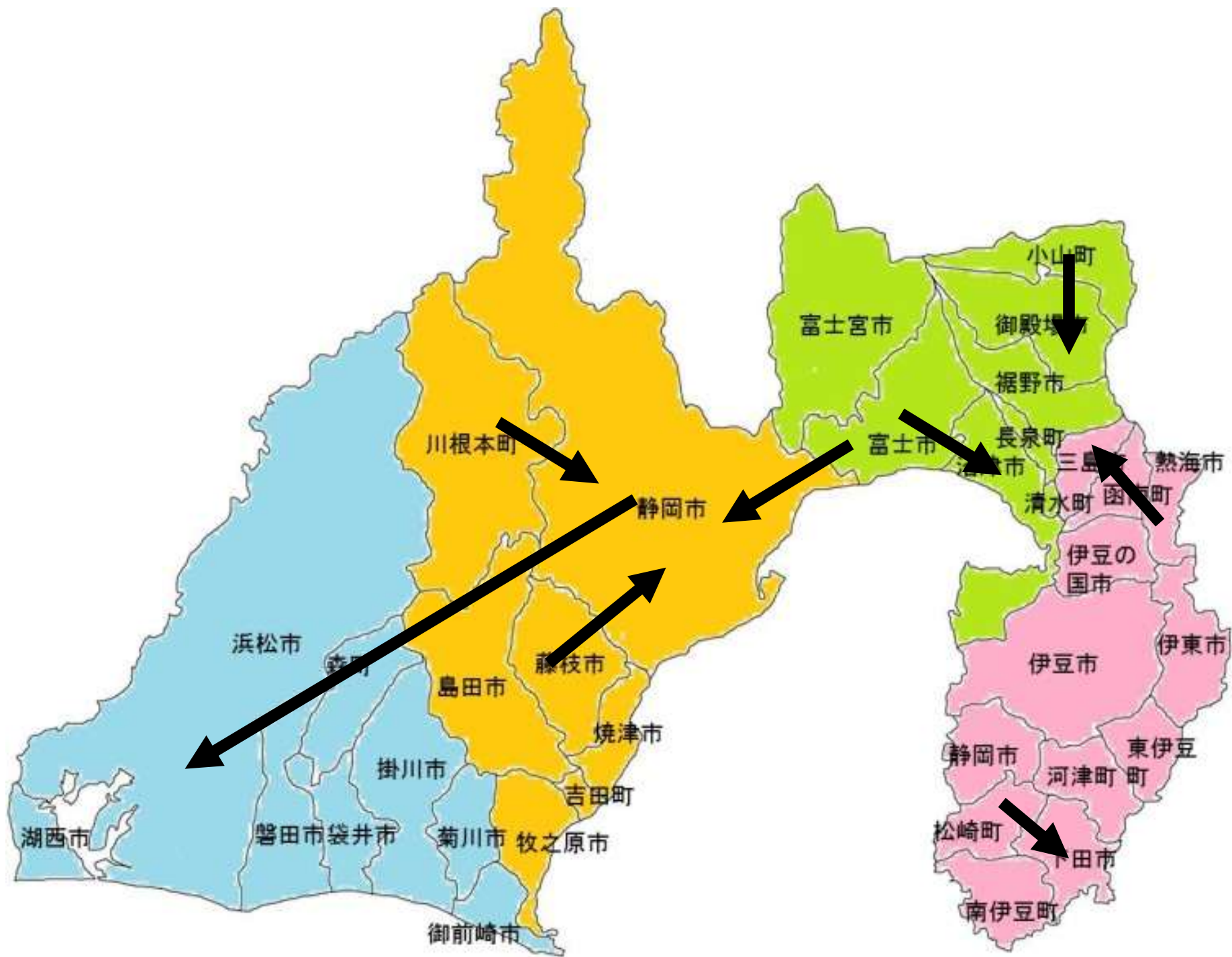


<第3次被害想定を加味したシュミレーションとの比較>

- ・撤去日数に差があるものの、グラフでは同様な曲線を描いた
- ・東部地域、中部地域も同様な傾向を示す

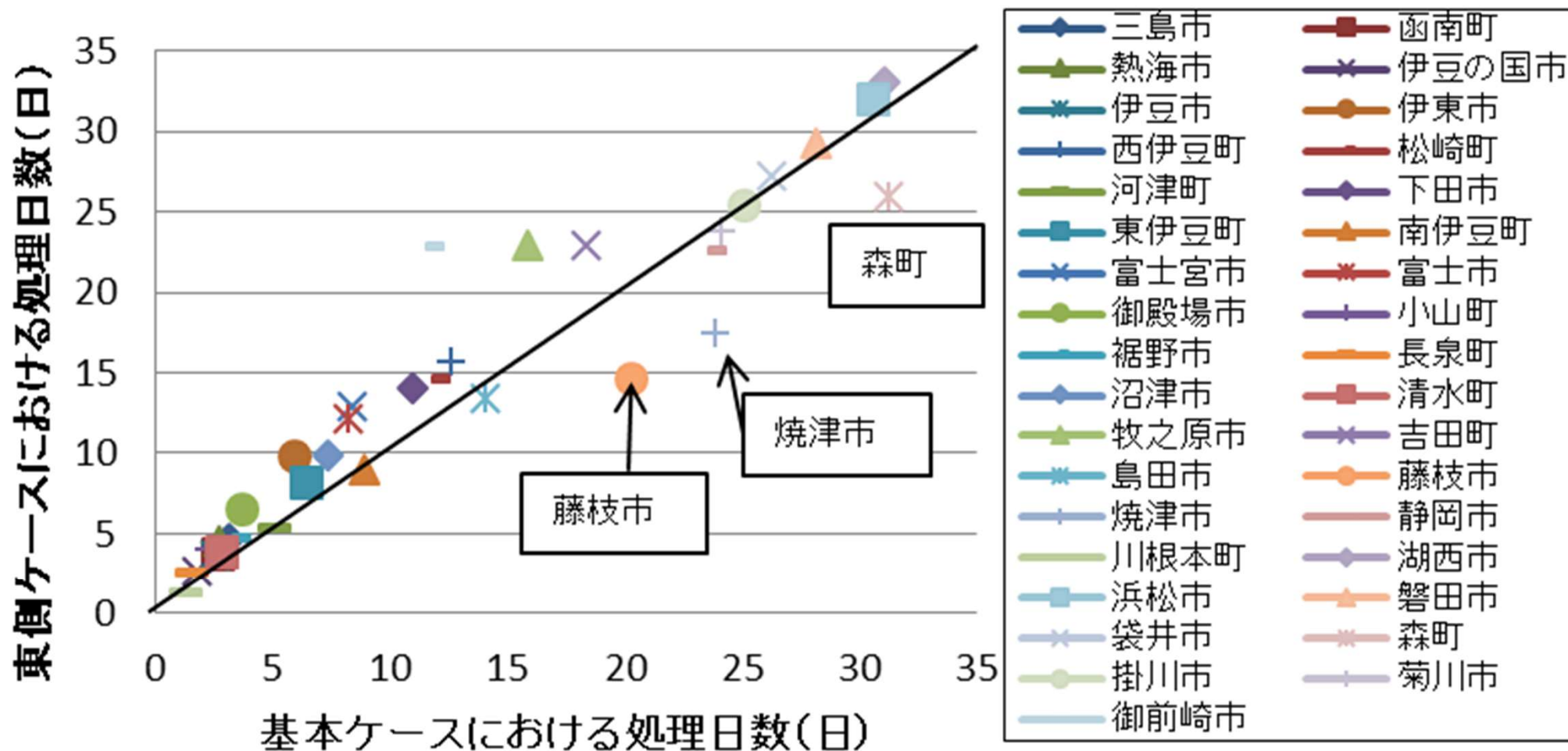
<重機の移動>

- ・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.



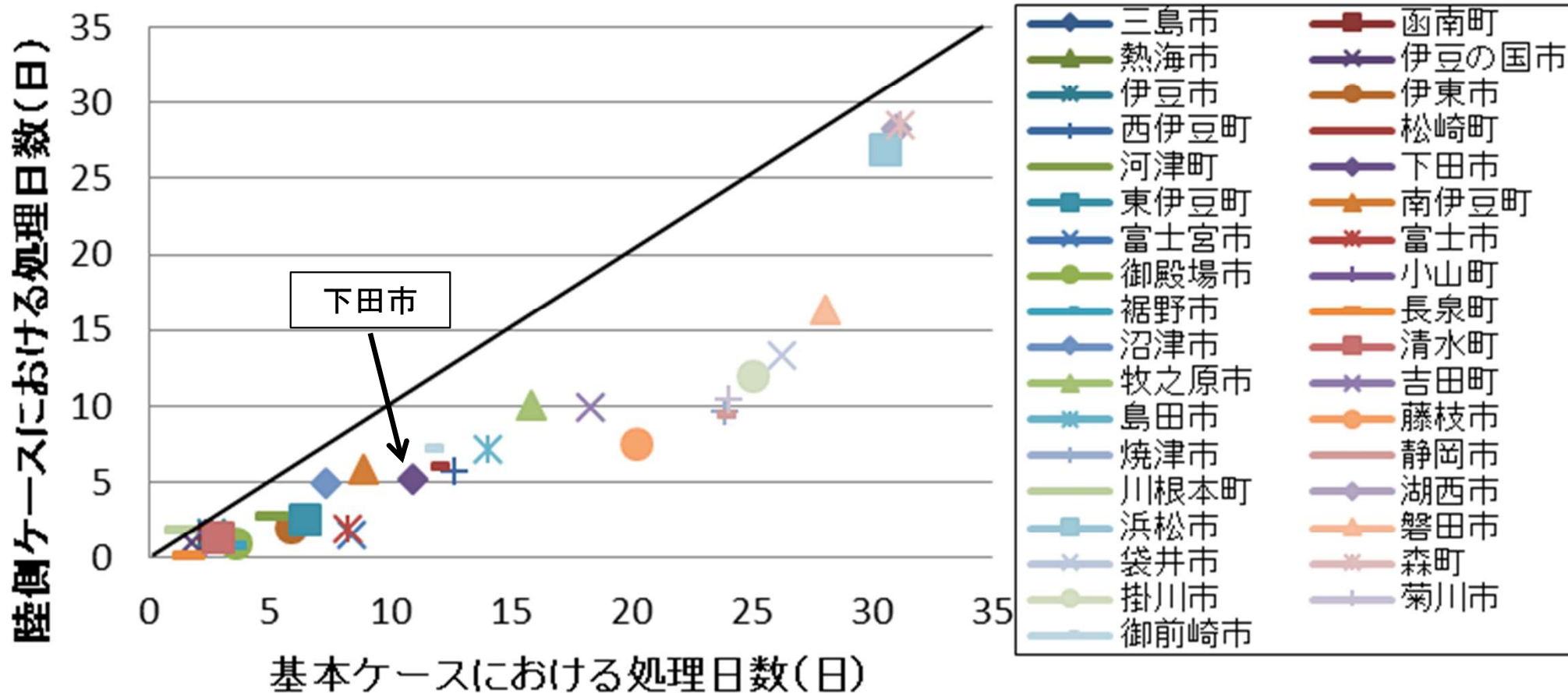
震源地における撤去日数に与える影響

基本ケースと東側ケースの比較



- ・多くの市町は東側ケースの方が処理日数が多い
- ・西部地域は御前崎市以外は大きな差はあまりない
(重機応援がないため、被災物量に比例して処理日数が大きくなる)
→沿岸部であるため

基本ケースと陸側ケースとの関係



- ・多くの市町で基本ケースの方が処理日数は大きい
- ・伊豆, 東部地域は5日以内に撤去完了(被害が軽微)

下田市

被災物数

基本ケースの1.06倍

撤去日数

50%短縮

- ・西部地域は50%弱日数が短縮する市町が存在した
- ・浜松市, 湖西市, 森町は連携の効果を得られなかった。
→ 県全体の撤去日数は他ケースに比べ若干短くなった

<伊豆地域(伊豆市)>

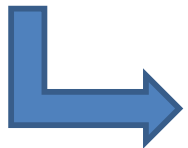
- ・早い時間帯から重機の移動を確認できた地域
- ・重機の流入時間は各ケース異なる
- ・重機の流入数は一定である



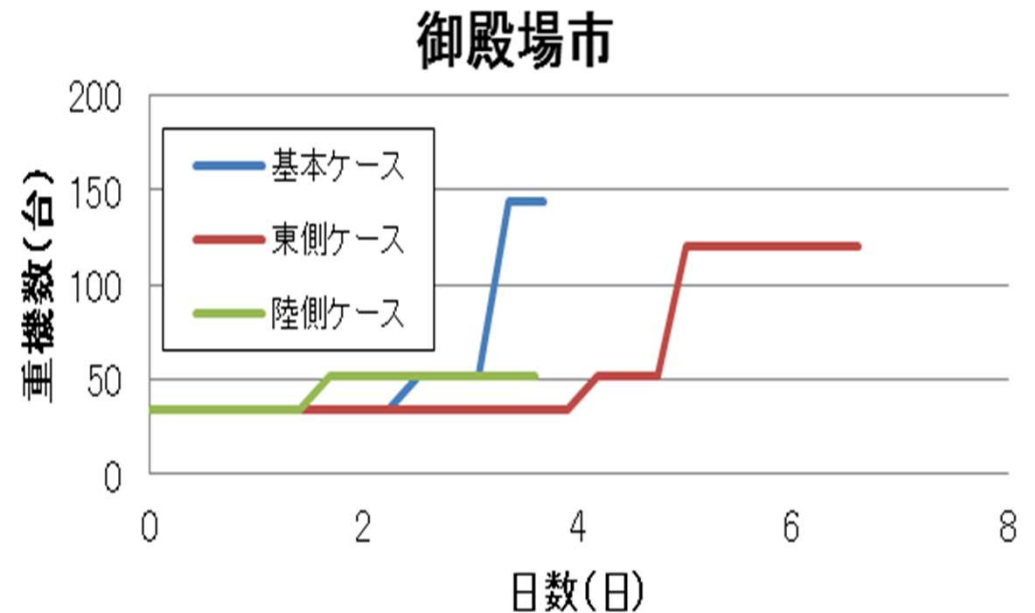
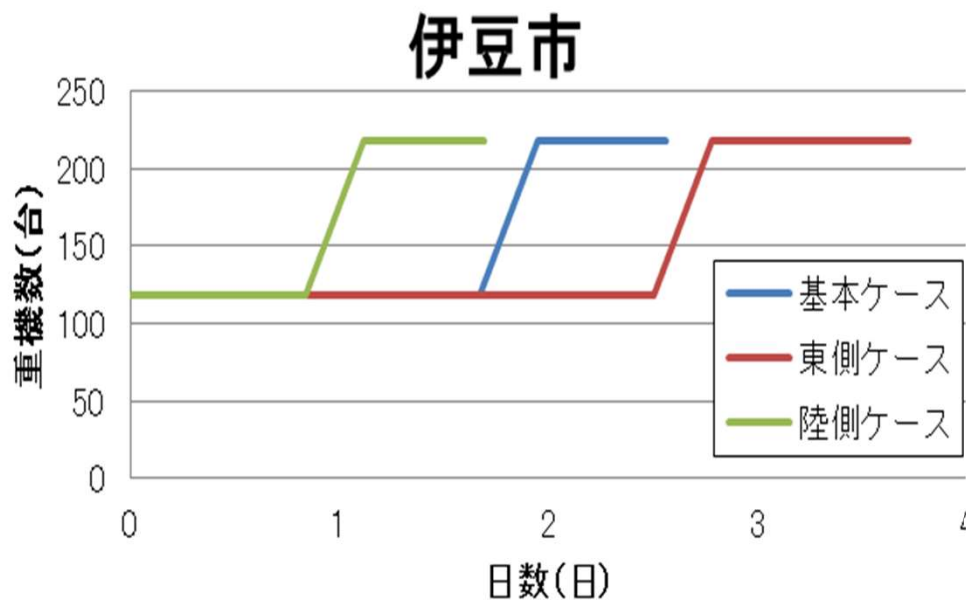
各ケースにおいて重機の応援にくる市町は変化がない

<東部地域(御殿場市)>

- ・伊豆地域同様に早い時間から重機流入がみられた
- ・重機の流入数は各ケース異なる



撤去が完了した市町の順番により撤去日数は変化



<中部地域(静岡市)>

- ・重機の流入回数が複数回確認できた(東側ケースでは初期配置の3倍以上)
 - ※中部地域の沿岸部に重機の流入はみられなかった
 - 伊豆、東部地域のみならず中部地域の応援も行われている



静岡市は他市町からの影響を大きく受ける

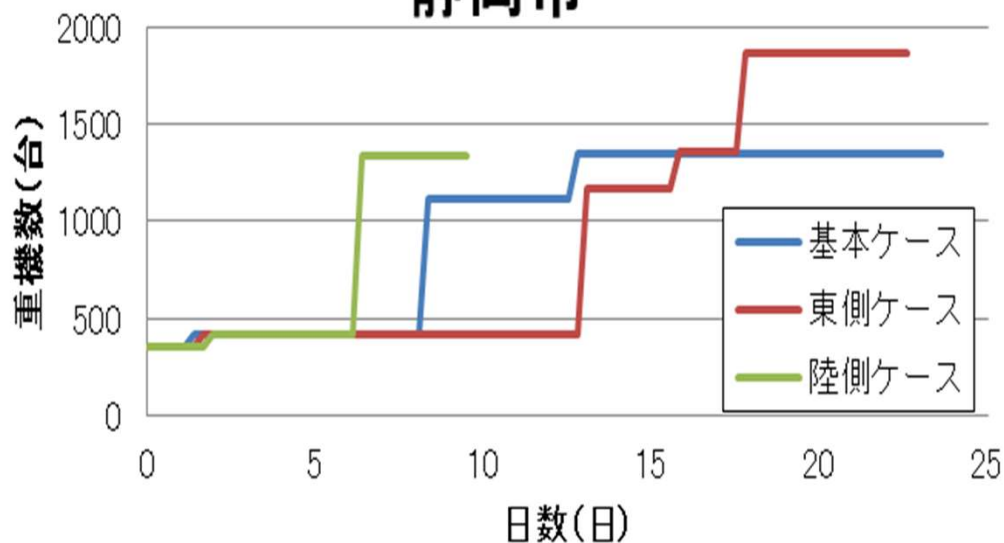
<西部地域(浜松市)>

- ・重機の流入が他地域よりも5~10日程度遅い
 - 重機移動が少なく単独処理の時間が長い
- ・重機の流入数は大きい
(磐田市は初期配置の10倍以上)

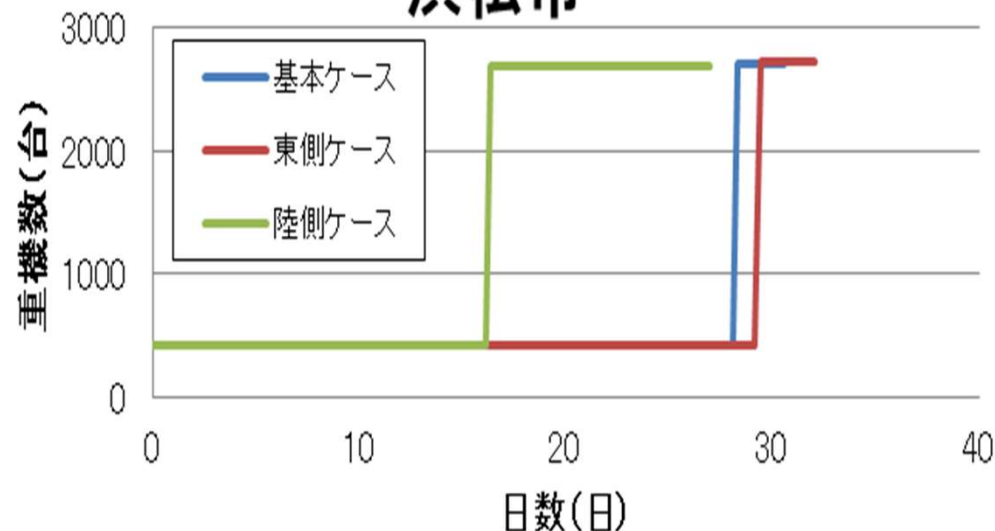


西部地域において重機の応援なしでの単独処理では厳しい現状が示唆された

静岡市



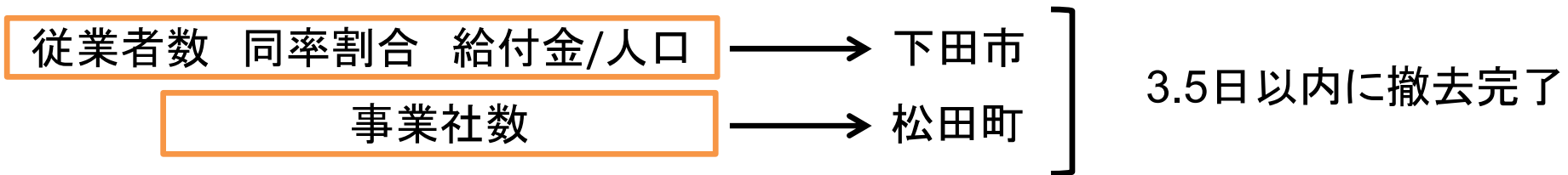
浜松市



リース業の保有する重機を加味した シュミレーション

<伊豆地域>

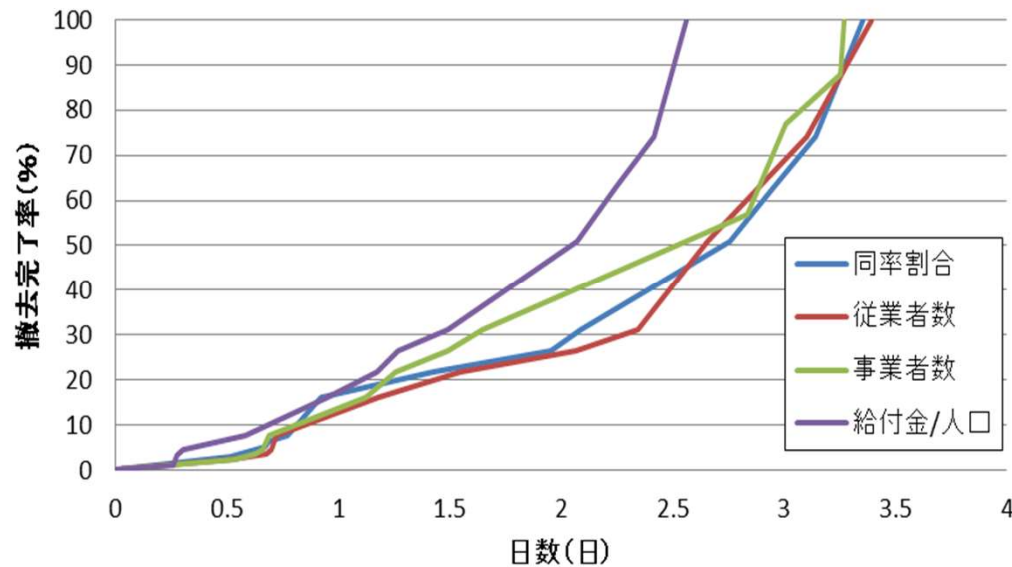
- ・給付金/人口ケースは他ケースよりも1日程度撤去が早い
- 東部地域の撤去作業の影響



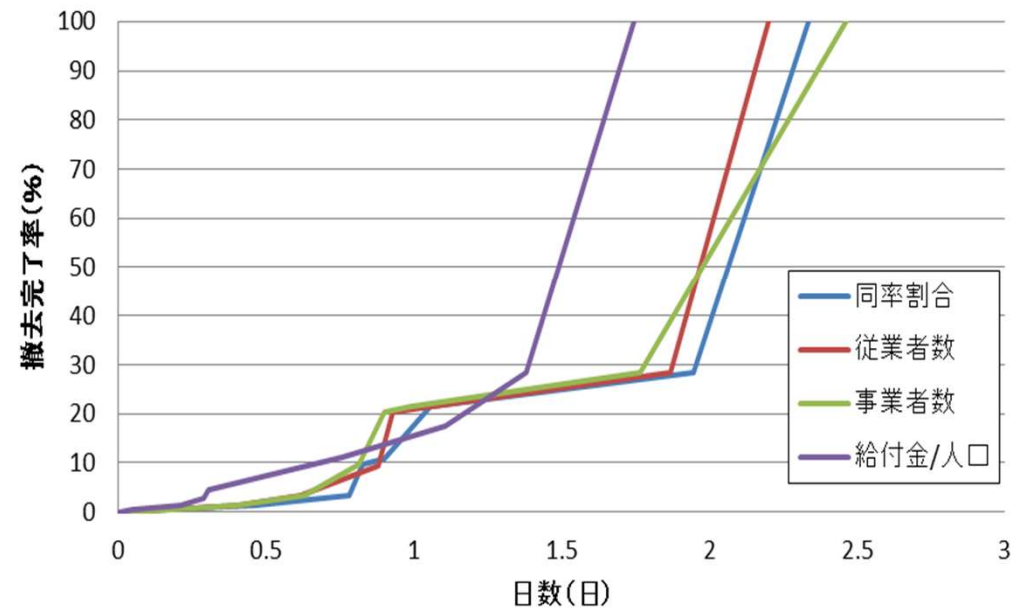
<東部地域>

- ・重機の流入により事業社数ケース以外は同じ傾きである(撤去効率は一様)
- 重機の流入数は最終的に一定である
- ・給付金/人口ケースは他ケースより早く中部地域に応援に向かっている
- 他ケースよりも重機の初期配置が伊豆、東部で50~100台の割り振りが多い

伊豆地域における撤去率の推移



東部地域における撤去率の推移



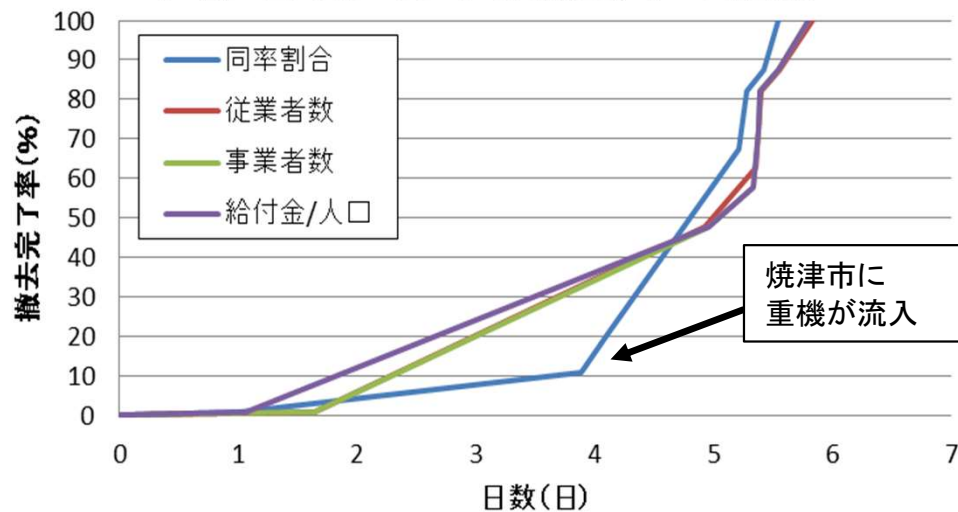
<中部地域>

- ・同率割合ケースは4日時点で撤去完了率が10%
 - 〔・静岡市の重機初期配置が少ない
 - 〔・藤枝市の重機が焼津市に流入

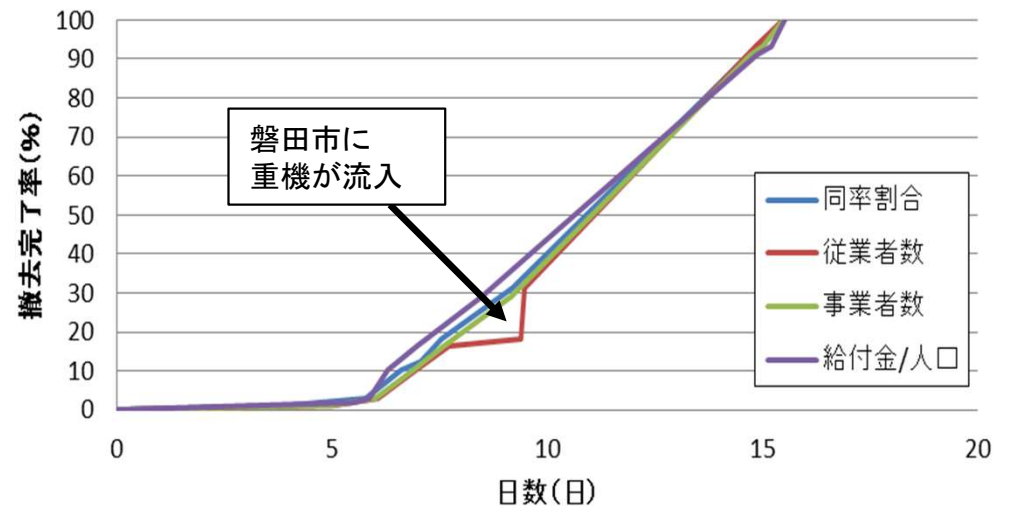
<西部地域>

- ・従業者数ケースは9日までの撤去完了率は小さい
(磐田市への重機流入により撤去率が上昇)

中部地域における撤去率の推移



西部地域における撤去率の推移



結論

<連携の有無>

- ・県内における連携の有無により最大75.7%短縮され連携効果を把握できた

伊豆地域 東部地域



規模が比較的大きい市町以外は効果が小さい

中部地域 西部地域



連携効果が顕著に表れる

<第3次被害想定加味したシュミレーションとの比較>

- ・撤去日数に違いはあるものの重機の移動経路等同様な傾向を示した

<震源地による比較>

- ・震源地の差による撤去日数に及ぼす影響は大きい
- ・西部地域における重機流入は基本、東側ケースで30日弱経過後
→単独処理を行っている時間が長い

<リース業の保有する重機を加味した結果>

- ・リース業社の重機を加味する事で被災物撤去日数は50%程度短縮
→災害時においてリース業社の保有する重機の影響は大きい
- ・重機の初期配置の違いにより伊豆、東部地域では1日程度撤去日数に差がでる
- ・建設業社の重機のみでのシュミレーション同様、西部地域への重機応援なしでは厳しい現状が示唆された

参考文献

- 参考文献
- 馬場太一郎:高知県の建設業と住民による地域防災に関する基礎的研究, 平成21年度フロンティアプロジェクト修士論文, 2010
- 2)国土交通省:国土交通白書,図表 100, 2011
- 3)国土交通省:国土交通白書,図表102, 2011.
- 4)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
- 5)宮島宇・堀宗朗・小国健二:多様な群集の雑然とした状況を想定した地震時避難行動シミュレーション, 土木学会地震工学論文集, pp765-772, 2007.
- 6)笹岡早姫: 災害現場における最短経路探索システムの構築宮崎隆穂, 第11回MASコンペティション, アブストラクト, pp.1-2, 2011.
- 7)前地一輝:DIGへの適用を目的としたマルチエージェント避難行動シミュレータの試験的開発, 第10回MASコンペティション, アブストラクト, 2010.

参考文献

- 8)野澤征司・渡辺公次郎・近藤光男:マルチエージェントシステムを用いた歴史的市街地における津波避難シミュレーションモデルの構築, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp. 230-231, 2005.
- 9)村木雄二:マルチエージェントモデルを用いた広域災害避難シミュレーションにおける情報伝達の有効性,情報処理学会研究報告2004号, pp. 69-72, 2004.
- 10)皆川勝・渡邊裕介・草柳満: 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
- 11) 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.
- 12)静岡県,第4次被害想定:
<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/>,2014.1.26閲覧
- 13) 国土交通省:建設機械動向調査. 2010
- 14)国土交通省:土木工事標準積算書, 2011
- 15)国土交通省:平成22年度 道路交通センサス一般交通量調査結果の概要について, pp1, 2011

ご清聴ありがとうございました

<リース業に関する重機数>

・2年毎に国土交通省が行っている建設機械動向調査

中部地方における建設業とリース業の重機数を推定
(静岡県、三重県、愛知県、岐阜県)

機械名	規 格		中部地方	建設業	リース業等
		区 分	台数	台数	台数
油圧式	標準バケット平積容量	0.2m3未満	41,357	15791	16471
ショベル系掘削機		0.2-0.6m3	22,119	11512	8141
(ハンドガイドを除く)		0.6m3以上	14,305	6848	4528
	計		77,781	34616	29038



中部地域における各県の建設業社の売上高より

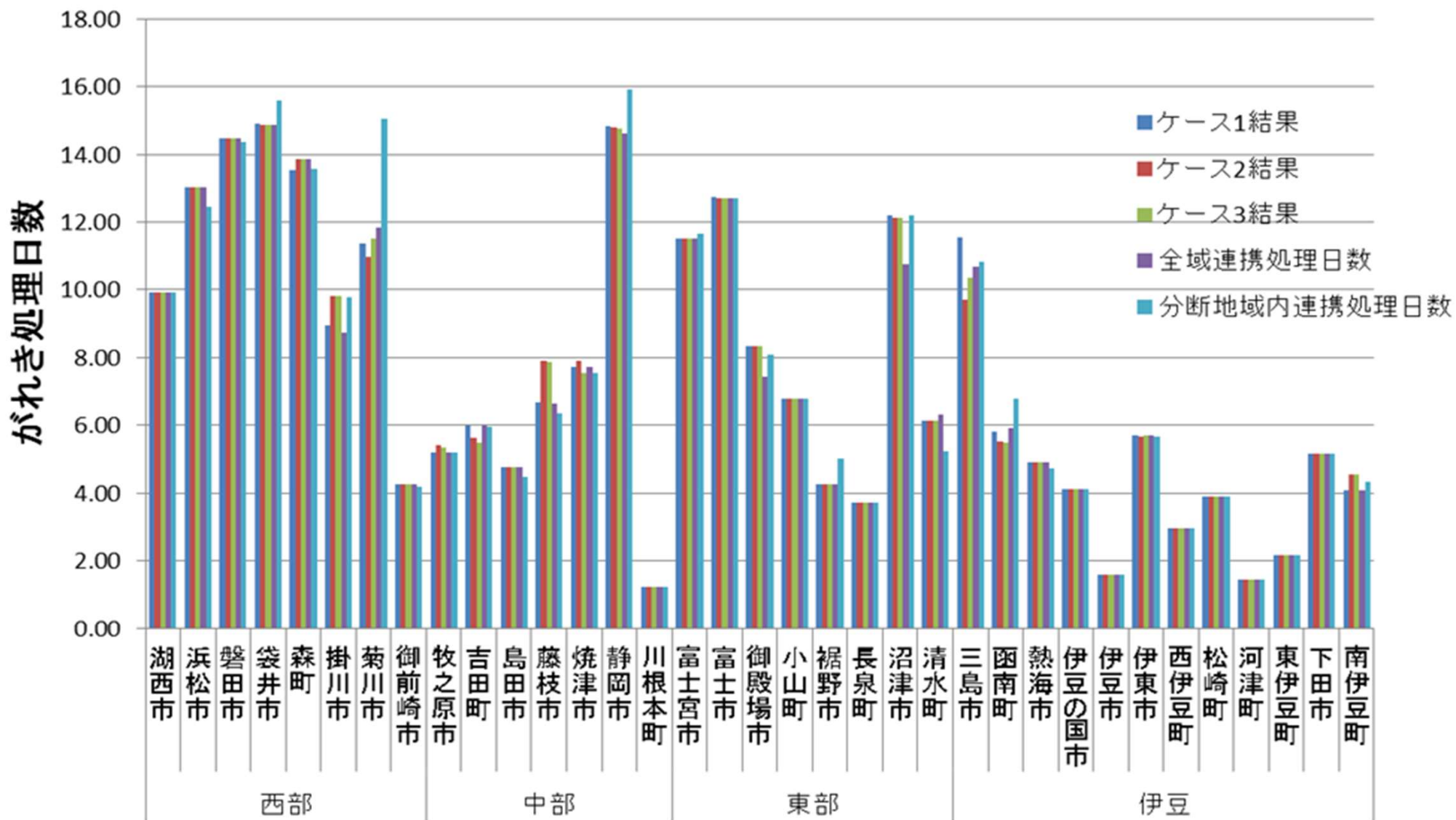
	建設業重機数	リース業
静岡県	12601	10571



21.7%

県合計	2733	2293
-----	------	------

※既存のデータより(静岡県交通基盤部より頂いたデータ)



草柳によるシミュレーション結果

アンケート調査

調査項目

1)会社名

2)県・建設機械の種類・処理能力

※バックホウ、トラクターシャベル、ダンプトラック

3)オペレーターの確保状況

※自由回答

東京都市大学
計画マネジメント
皆川研究室

郵送



建設機械レンタル・リース企業
正会員企業・・・22社
賛助会員企業・・・17社
その他・・・1社

返送



建設機械レンタル・リース企業
正会員企業・・・22社
賛助会員企業・・・17社
その他・・・1社

調査方法: アンケート(郵送)

対象: 静岡県リースレンタル会社

建設機械器具リース・レンタル企業の建設機械保有台数をアンケート調査

回答のあった企業
アンケート調査結果に基づき
地域・建設機械の種類・処理能力別に台数を集計

集計した保有台数を
「24時間処理能力($m^3/24h$)」
に換算

回答のなかった企業
回答のあった企業の「売上高と24時間処理能力」の関係から地域・建設機械の種類別に24時間処理能力($m^3/24h$)

静岡の地域・建設機械の種類別24時間処理能力を整理

<静岡県のレンタルリース会社>

日本建設機械レンタル協会

正会員22社	計40社
賛助会員17社	
その他	1社	

1.(株)アクティオ 〒420-0875 静岡県静岡市葵区美川町 19-30

2.(株)遠州レンタル 〒433-8116 静岡県浜松市中区西丘町 985-1

3.片岡建機リース(株) 〒410-0007 静岡県沼津市西沢田 124-1

4.キャタピラーウエストジャパン(株) 〒426-0005 静岡県藤枝市水守 260-1

入札方式

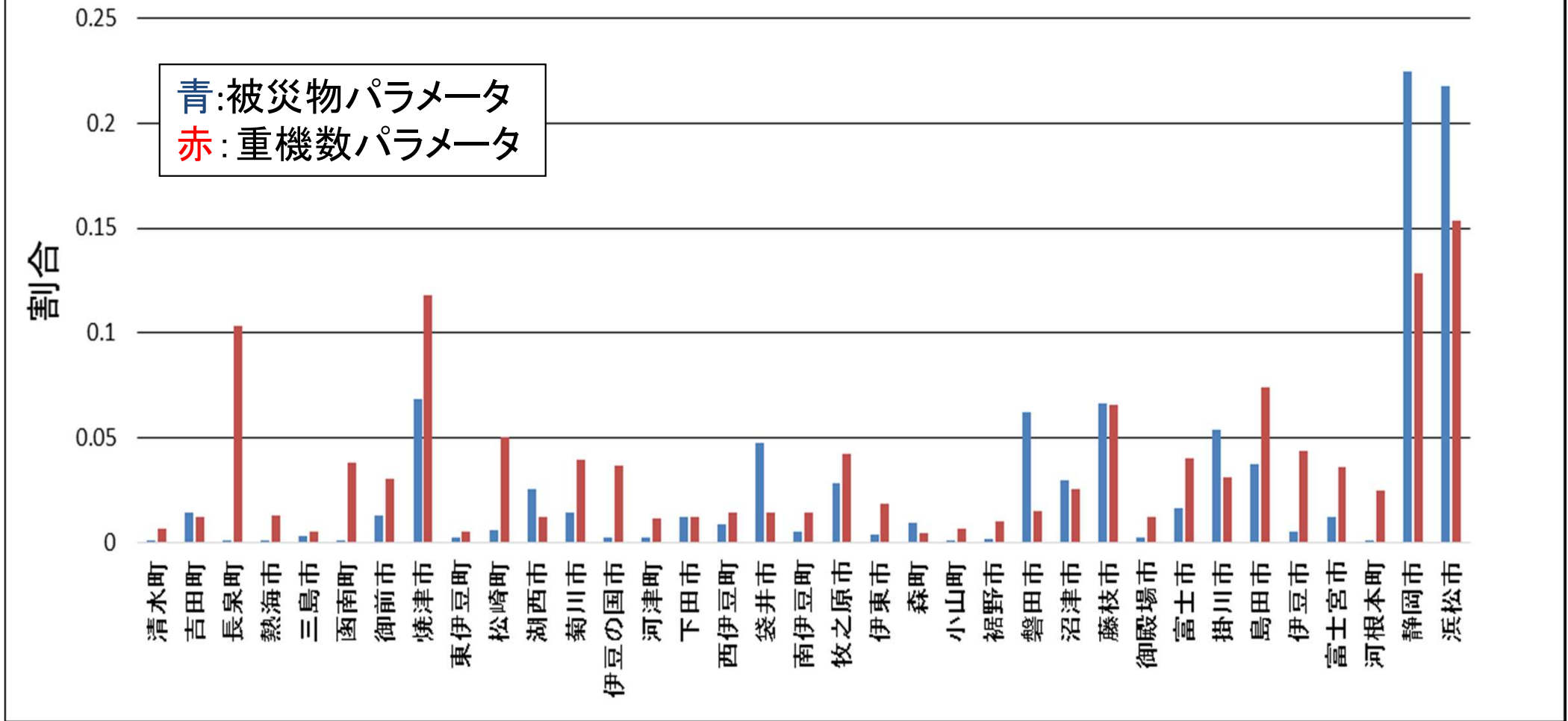
自動評価落札方式・・・価格のみで決定

総合評価落札方式・・・価格とその他の要素で決定(環境の影響等)

1999年に国交省が試行開始

平成17年入札談合の再発防止対策

被災物パラメータと重機パラメータ



被災物パラメータが重機パラメータを上回る市町村

→他の市町村よりも処理日数が大きい

重機パラメータが被災物パラメータを上回る市町村(重機が充足)

→連携有無に関係なく処理日数が一定

<被災物パラメータ>

各市町村の被災物数 $i=V$

各市町村の被災物数を無次元化した値

$$i=v (v=V/\Sigma V)$$

各市町村の面積 $i=A$

<重機数パラメータ>

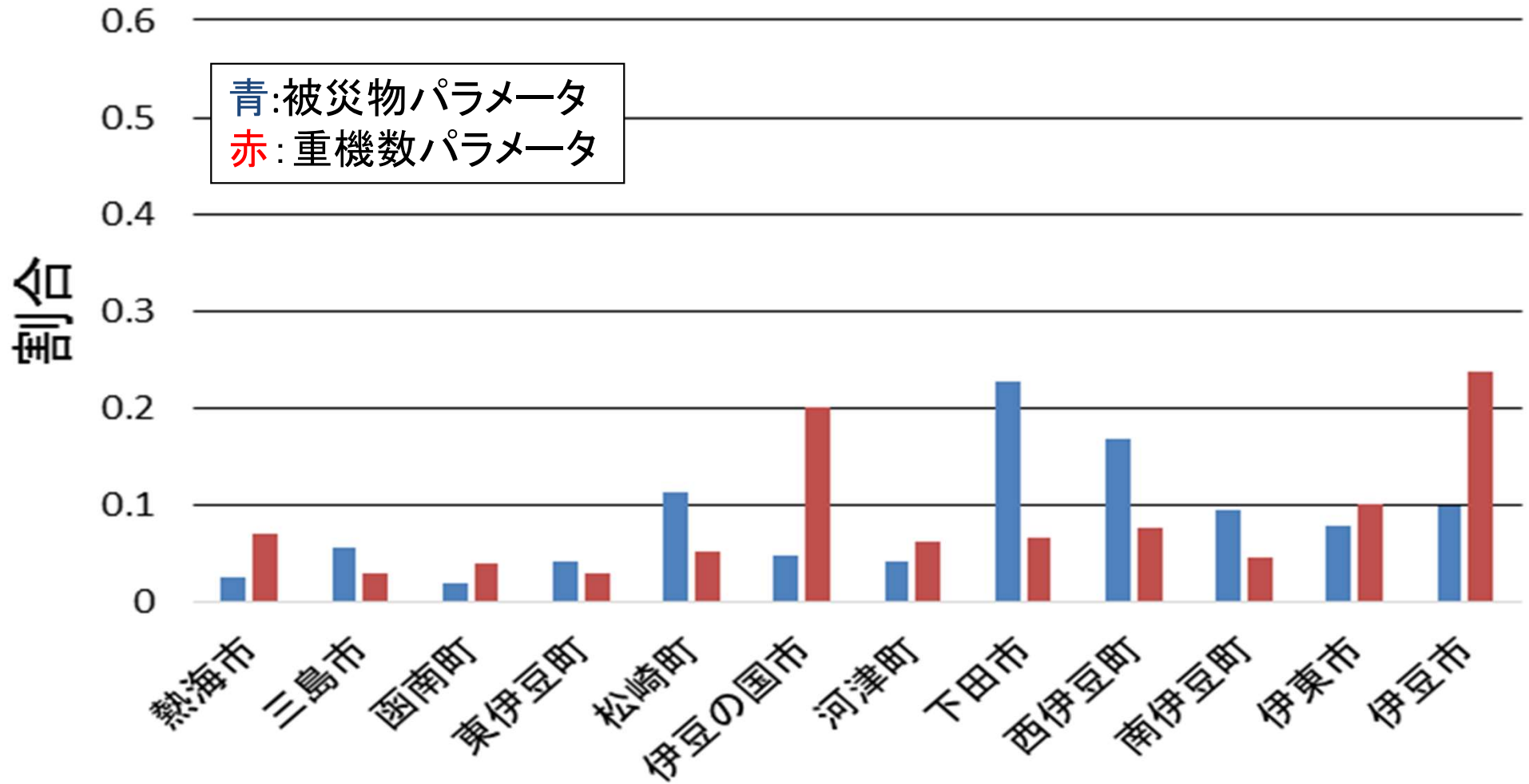
各市町村の重機数 $i=G$

各市町村の重機数を無次元化した値 $i=g (g=G/\Sigma G)$

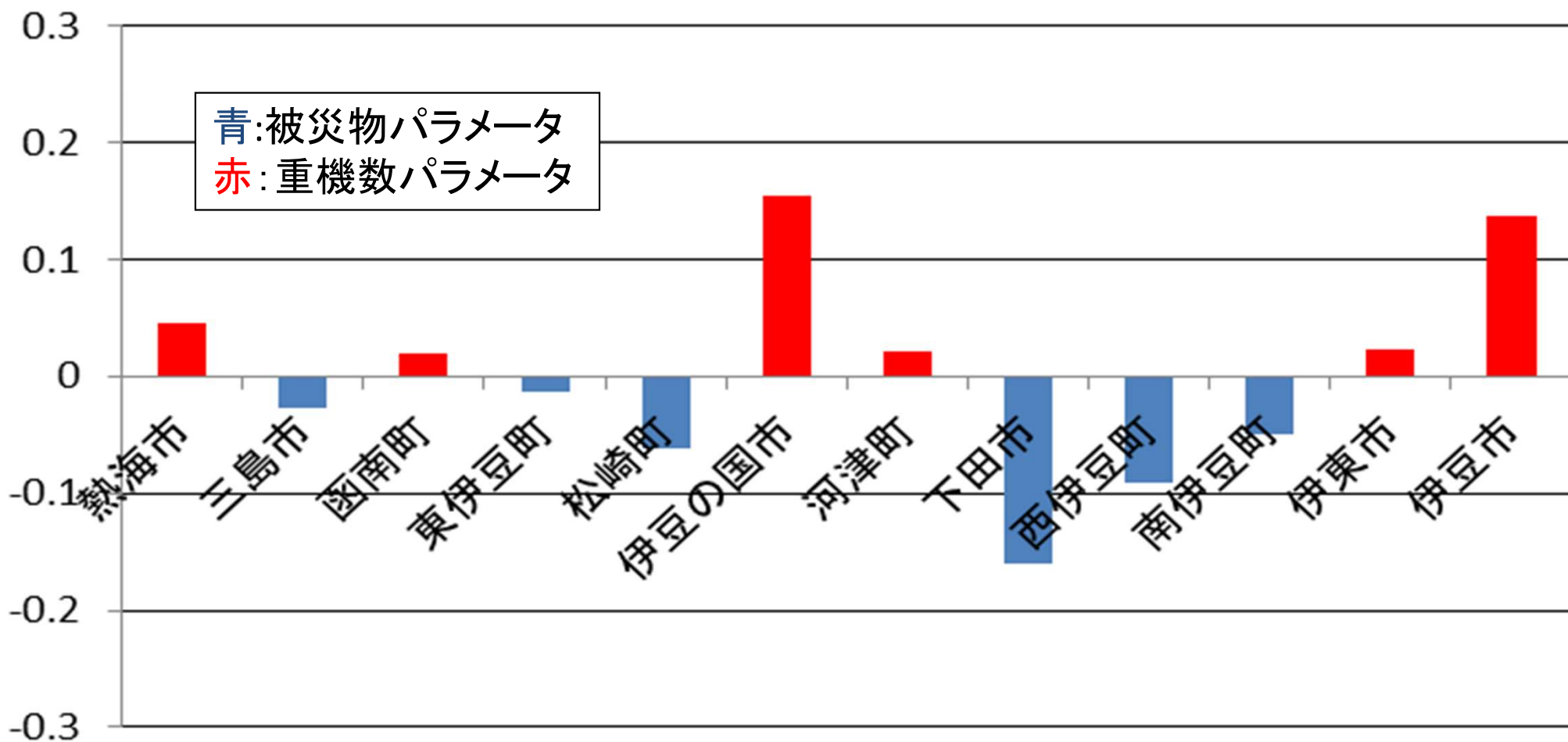
各市町村の面積 $i=A$

縦軸に被災物パラメータ v 、重機数パラメータ g
横軸に面積

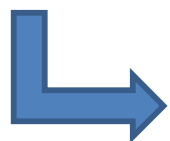
伊豆地域



伊豆地域

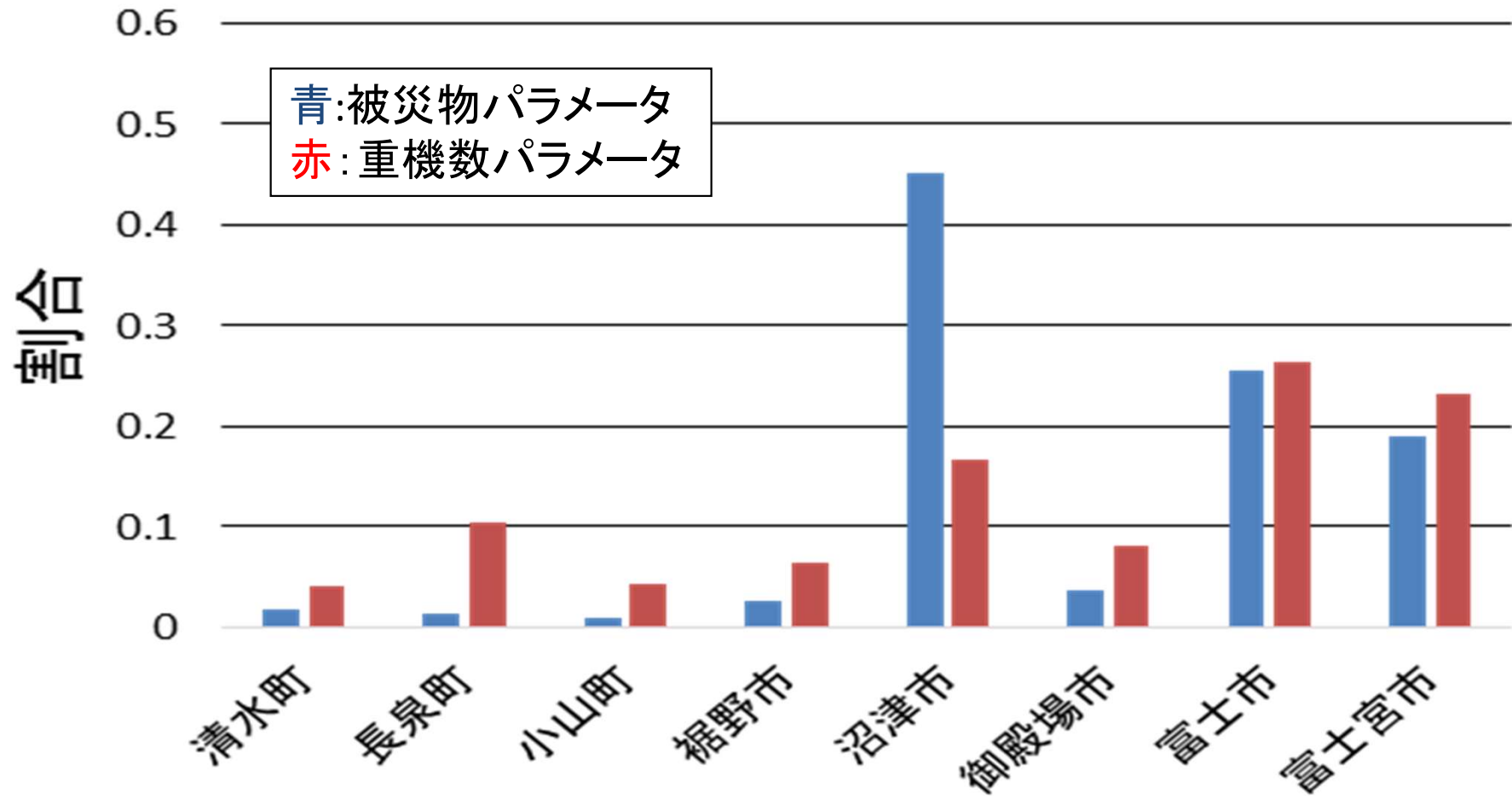


- ・被災物パラメータと重機パラメータの差が市町村毎で大きい
→しかし、処理日数はどの地域よりも早い

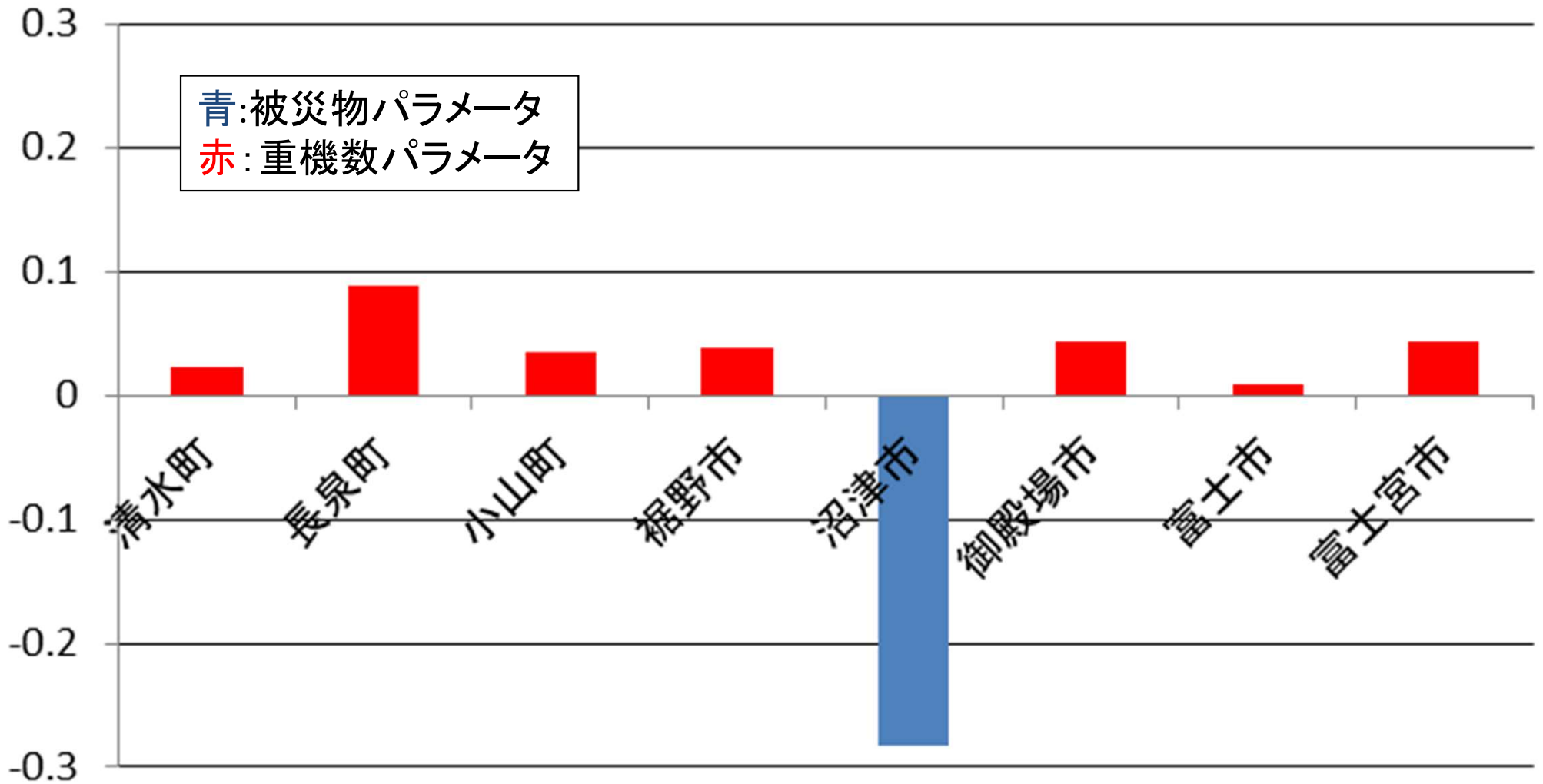


地域内での連携が効果を上げている

東部地域

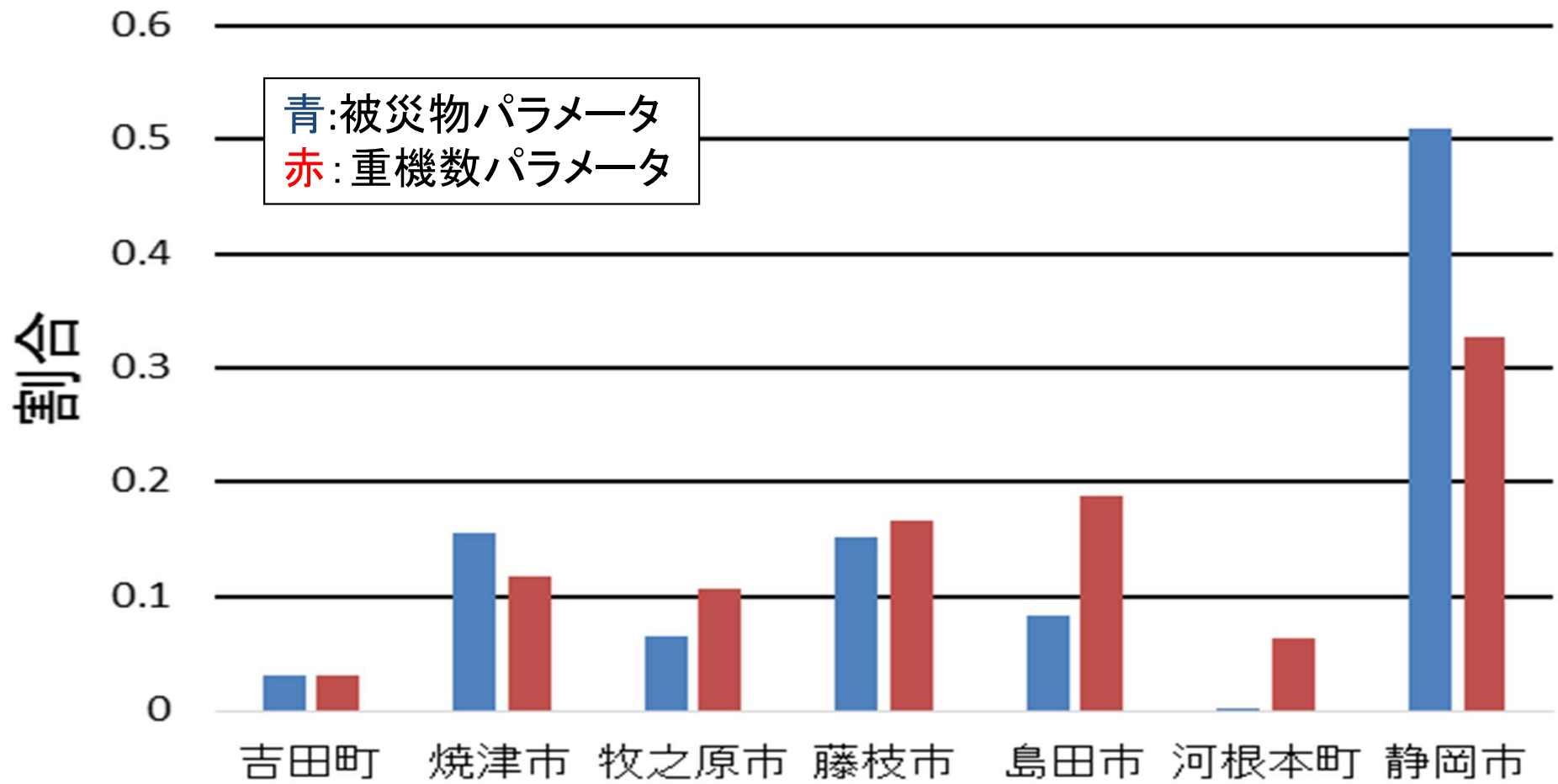


東部地域

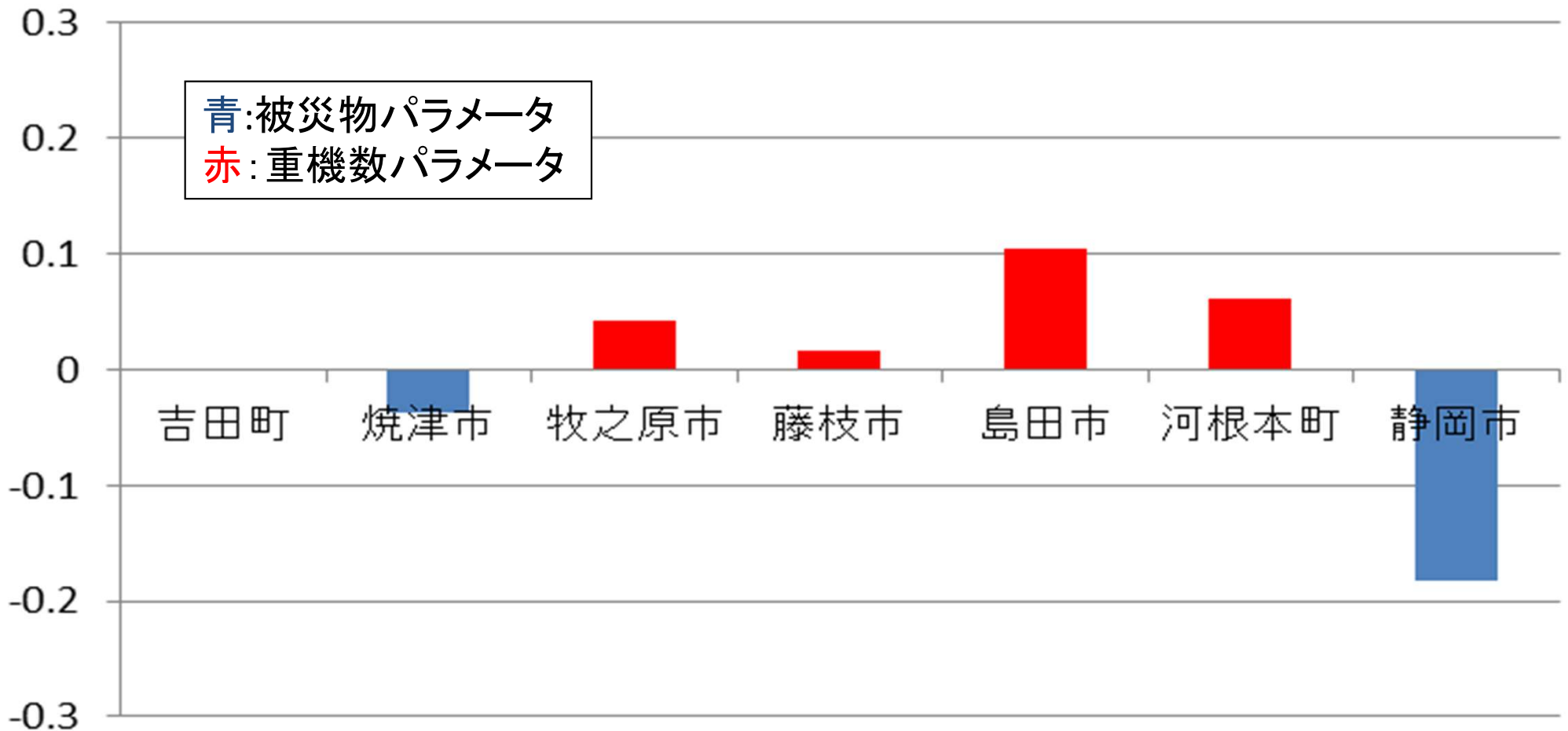


- ・伊豆地域に続いて偏在が大きい(処理日数では2番目に早い)
- ・富士宮市が最も処理日数が大きい
→しかし、富士宮の偏在は小さい

中部地域



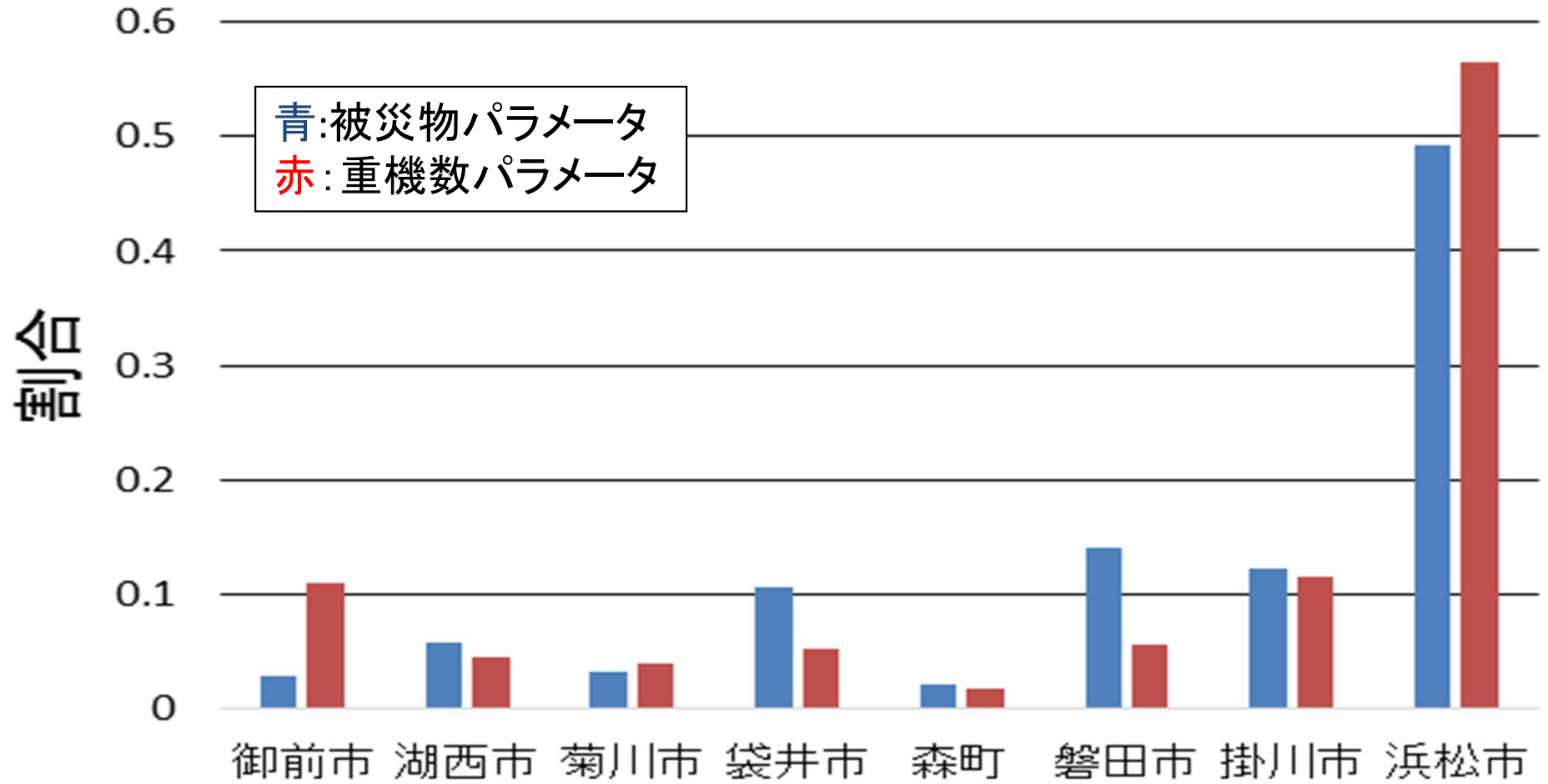
中部地域



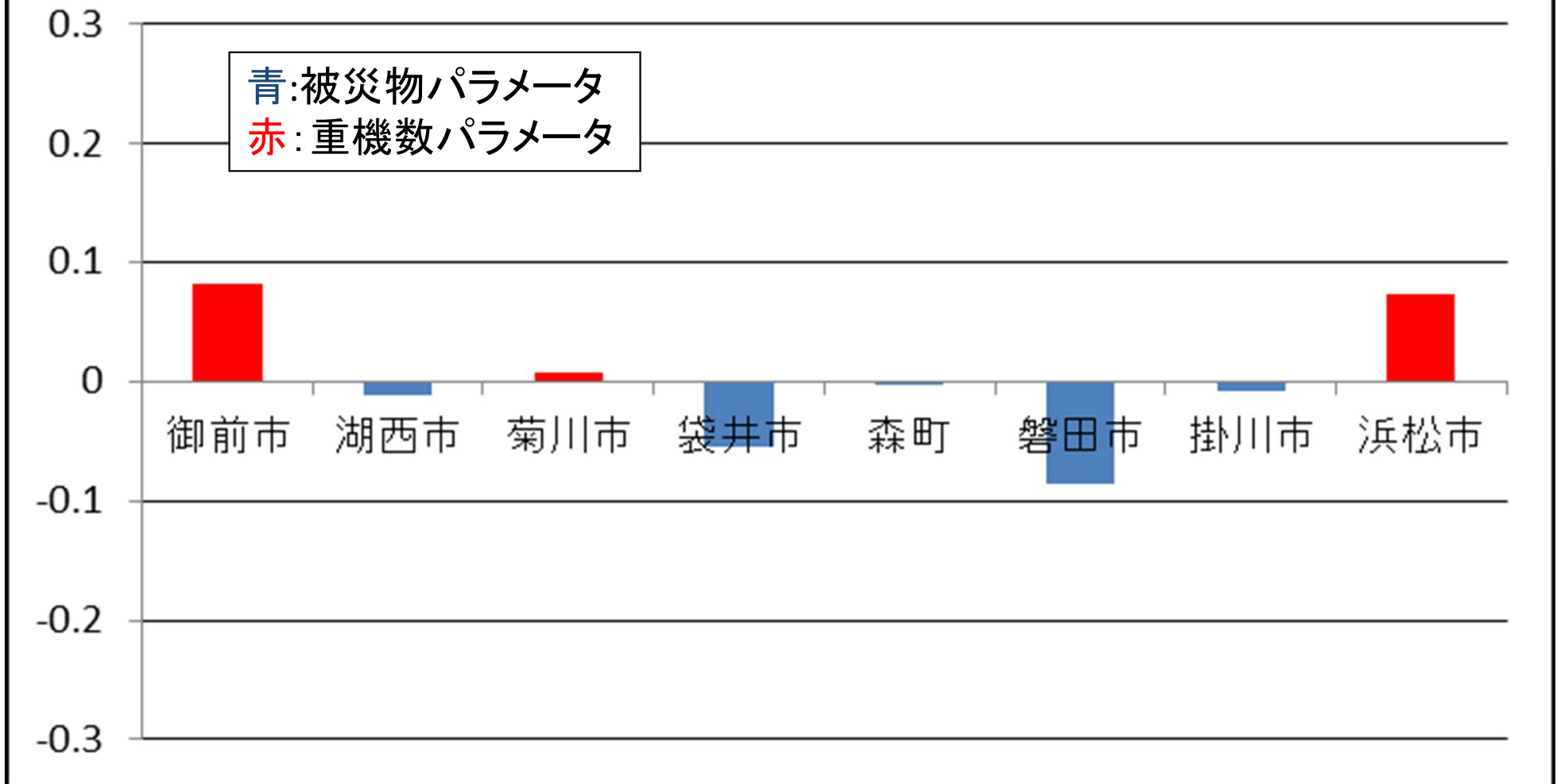
・焼津市は被災物パラメータが重機パラメータを上回っている(処理日数は藤枝市と同等)

→沿岸部である焼津市に連携している

西部地域



西部地域



- ・袋井市、磐田市が被災物パラメータが大きいため
→処理日数が大きい
- ・浜松市は逆に重機数パラメータが大きい
→しかし、処理日数が袋井市及び磐田市と同等

	がれき数(万 ³ m) ^V		v	面積(km ²) ^A	v/A
下田市	79.4		0.011798194	104.71	0.000112675
東伊豆町	14.3		0.002132204	77.83	2.73957E-05
河津町	14.3		0.002132204	100.79	2.11549E-05
南伊豆町	32.5		0.004832995	110.59	4.37019E-05
松崎町	39.2		0.005828024	85.24	6.83719E-05
西伊豆町	58.3		0.008670962	105.52	8.21736E-05
沼津市	197.0		0.029282265	187.13	0.000156481
熱海市	8.6		0.001279322	61.61	2.07648E-05
三島市	19.1		0.002842938	62.13	4.57579E-05
富士宮市	83.2		0.012366782	388.99	3.1792E-05
伊東市	26.8		0.003980114	124.13	3.20641E-05
富士市	111.9		0.01663119	245.02	6.78769E-05
御殿場市	16.3		0.002416498	194.85	1.24018E-05
裾野市	11.5		0.001705763	138.17	1.23454E-05
伊豆市	34.4		0.005117289	363.97	1.40596E-05
伊豆の国市	16.3		0.002416498	94.71	2.55147E-05
函南町	6.3		0.00093817	65.13	1.44046E-05
清水町	7.7		0.001137175	8.84	0.00012864
長泉町	6.1		0.00090974	26.51	3.43169E-05
小山町	3.8		0.000568588	136.13	4.1768E-06
静岡市	1511.0		0.224586736	1,411.93	0.000159064
島田市	248.7		0.036958199	315.88	0.000117001
焼津市	459.0		0.068230521	70.62	0.000966164
藤枝市	449.5		0.066809052	194.03	0.000344323
牧之原市	191.3		0.028429384	111.68	0.000254561
吉田町	93.7		0.013930398	20.84	0.000668445
河根本町	7.7		0.001137175	496.72	2.28937E-06
浜松市	1466.1		0.217913047	1,558.04	0.000139864
磐田市	420.8		0.062544644	164.08	0.000381184
掛川市	363.4		0.054015829	265.63	0.00020335
袋井市	318.5		0.047334924	108.56	0.000436025
湖西市	168.3		0.025017858	86.65	0.000288723
御前市	84.2		0.012508929	65.86	0.000189932
菊川市	96.6		0.014356839	94.24	0.000152343
森町	62.2		0.00923955	133.84	6.90343E-05

	重機数(台)G	g	面積(km ²)A	g/A
下田市	33	0.012074643	104.71	0.000115315
東伊豆町	14	0.005122576	77.83	6.58175E-05
河津町	31	0.011342847	100.79	0.000112539
南伊豆町	22	0.008049762	110.59	7.27892E-05
松崎町	25	0.009147457	85.24	0.000107314
西伊豆町	38	0.013904135	105.52	0.000131768
沼津市	70	0.02561288	187.13	0.000136872
熱海市	35	0.01280644	61.61	0.000207863
三島市	14	0.005122576	62.13	8.24493E-05
富士宮市	97	0.035492133	388.99	9.12418E-05
伊東市	50	0.018294914	124.13	0.000147385
富士市	110	0.040248811	245.02	0.000164267
御殿場市	34	0.012440542	194.85	6.38468E-05
裾野市	27	0.009879254	138.17	7.15007E-05
伊豆市	118	0.043175997	363.97	0.000118625
伊豆の国市	100	0.036589828	94.71	0.000386335
函南町	19	0.006952067	65.13	0.000106741
清水町	17	0.006220271	8.84	0.000703651
長泉町	43	0.015733626	26.51	0.000593498
小山町	18	0.006586169	136.13	4.83815E-05
静岡市	352	0.128796195	1,411.93	9.122E-05
島田市	202	0.073911453	315.88	0.000233986
焼津市	127	0.046469082	70.62	0.000658016
藤枝市	180	0.06586169	194.03	0.000339441
牧之原市	115	0.042078302	111.68	0.000376776
吉田町	33	0.012074643	20.84	0.000579397
河根本町	68	0.024881083	496.72	5.00908E-05
浜松市	419	0.153311379	1,558.04	9.84002E-05
磐田市	41	0.015001829	164.08	9.143E-05
掛川市	85	0.031101354	265.63	0.000117085
袋井市	39	0.014270033	108.56	0.000131448
湖西市	33	0.012074643	86.65	0.00013935
御前市	82	0.030003659	65.86	0.000455567
菊川市	29	0.01061105	94.24	0.000112596
森町	13	0.004756678	133.84	3.554E-05

被害想定目的

東日本大震災の教訓を生かし、レベル1、レベル2の地震・津波を想定し、今後の地震・津波対策の基礎的資料として活用

<レベル1地震・津波>

発生頻度が比較的高く、発生すれば大きな被害をもたらす(駿河・南海トラフでは約100~150年周期)

<レベル2地震・津波>

発生頻度は極めて低いが、発生すれば甚大な被害をもたらす、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震・津波

想定対象地震

区分	駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震	相模トラフ沿いで発生する地震
レベル1の地震・津波	東海地震 東海・東南海地震 (※) 東海・東南海・南海地震 (マグニチュード8.0~8.7)	大正型関東地震 (マグニチュード8.0程度)
レベル2の地震・津波	南海トラフ巨大地震 (マグニチュード9程度)	元禄型関東地震 (マグニチュード8.2程度)

(レベル1)

・建物被害

全壊・焼失 約26万棟(大破約19万棟)
地震動・液状化17万棟(大破約13万棟)

・人的被害

死者数約16000人(5851人)
うち津波による死者数9000人(227人)

(レベル2)

・建物被害

全壊・焼失 約30万棟(国想定約32万棟)
地震動・液状化19万棟(国想定約21万棟)

・人的被害

死者数約105000人(国想定109000人)
津波による死者数96000人(国想定95000人)

想定ケース

時間帯や季節によって火器器具等の使用状況は変化

→火災の出火件数に関係(昼、夜は多使用)

- ①通勤・通学時間帯としての「朝7～8時」「夕方17～18時」
- ②家にいる時間帯としての「深夜2～5時」
- ③勤務時間帯・在校時間帯としての「昼11～13時」

①冬・深夜

・多くが自宅で就寝中

→(家屋倒壊による死者が多い、津波からの避難が遅れる)

・オフィスや繁華街の滞留者や、鉄道・道路利用者が少ない

※家屋滞留人口は、深夜～早朝の時間帯でほぼ一定

②夏・昼

・自宅外で被災するケースが多い。

・老朽木造住宅の倒壊による死者数は①冬・深夜と比較して少ない。

・夏場の地震発生により避難所等では熱中症等や衛生上の問題が発生

※木造建物内滞留人口は、昼11～13時でほぼ一定

③冬・夕

・出火件数が最も多くなる。(飲食業)

・オフィスや繁華街周辺のほか、ターミナル駅にも滞留者が多数存在する。

・鉄道、道路もほぼ帰宅ラッシュ時に近い状況でもあり、交通被害による人的被害や交通機能支障による影響が大きい。