

南海トラフ地震において発生する 建築物Lost Stockの推計

高木 溪太¹・奥岡 桂次郎²・杉本 賢二²・谷川 寛樹²

¹学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町D2-1)
E-mail:keita.t1013@gmail.com

²正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町D2-1)

近い将来発生が予測されている南海トラフ地震において、甚大な津波被害が懸念されている。中央防災会議の報告書では津波による全壊建物棟数は 7.8 万棟と想定されており、減災に向けた一層の取り組みが望まれている。被災後の迅速かつ適切な復興も大きな課題の一つである。被災地域の社会活動の再建・復興は建築物やインフラの整備と強く関わりがあり、復興計画を立てる際には、被災地に蓄積されていた建築物の資材量を把握しておくことが重要である。そのような考えから、本研究では、三連動型南海トラフ地震発生による津波浸水予測の空間情報と全国の建築物に含まれる資材量の分布を示したマテリアルストックデータベースを重ね合わせることにより、津波被害を受け、サービスを失う建築物の資材量「Lost Stock」の推計を行った。

Key Words : *Material Stock Database, Lost Material Stock, Nankai Trough Earthquake*

1. はじめに

東日本大震災における津波は、東北地方太平洋沿岸部を中心に甚大な被害を引き起し、3 年が過ぎた現在においても克服すべき多くの課題を残している。近い将来発生するとされる南海トラフを震源とした巨大地震においても甚大な津波被害が懸念され、中央防災会議を中心として被害想定が行われている。中央防災会議の報告書¹⁾によると、東海地方が大きく被災するケースでは、津波による全壊建物棟数は、東海地方太平洋沿岸部三県において最大で約 7.8 万棟と想定されている。また、環境省²⁾による推計では、全被災地において最大約 3.5 億トン、中部地方で約 1 億トンの災害廃棄物の発生が予測されている。また、これらの処理に最大 20 年かかるとも推計されており、早急な対策の必要性が考えられる。

平常時からの被害を減じる対策と同時に、それが発生した後の対応を考えておくことも重要である。被災後、迅速かつ適切な廃棄物処理及び復興を行うためには、復興に必要な資材量の想定を行っておくことが重

要であり、この想定のためには、現在どこに、どれだけ
の資材量が蓄積されているかの情報が必要となる。

当研究グループ³⁾⁴⁾⁵⁾では、東日本大震災における津波遡上範囲の情報と全国の建築物とそれら一棟一棟が蓄積する資材量の空間分布を示したマテリアルストックデータベースを重ね合わせることで、津波遡上範囲内にある建築物と建設資材量の推計を行った。また、それらを本来提供すべきサービス失った物質重量“失ったストック(Lost Stock)”と定義した。この研究は、震災発生後に実際の津波遡上範囲の情報を用いて行われたものだが、今後発生が予測される災害の空間情報を利用することで、同様にして推計することが可能である。それにより、復興に必要な資材量のベースラインのベースラインを示すことが可能となる。

以上より、本研究では、マテリアルストックデータベースと川崎ら(2012)⁶⁾が算出した三連動型地震における津波浸水予測の空間情報を重ね合わせることにより、津波浸水被害が想定される地域に存在している建築物と発生する“Lost Stock”の推計を行う。

2. マテリアルストックデータベース

マテリアルストックデータベースは、全国の建築物が蓄積する建設資材量の空間分布を明らかとしたものである。基盤データとしてはゼンリンが提供している、住宅地図データベース Zmap-TOWN II (2003,2009)⁷⁾を利用している。Zmap-TOWN II は、建築物の形状をポリゴンデータとして保有しており、属性データとして、用途区分、階数、建築物の名称といった情報が付されている。建築物が蓄積する建設資材量をより正確に推計するには、各建築物の延床面積(階数×建築面積)に加え、各建築物の構造種別の情報が必要であるが、Zmap-TOWN II には、含まれていない情報があるため、用途区分の情報や他の統計情報を用いて、補正を行っている(谷川ら, 2011)³⁾。

建設資材蓄積量の推計には原単位法を用いている。原単位法では各建築物の延床面積に、構造種別ごとに整備された単位延床面積当りに投入される建設資材量(以下、資材投入原単位)を乗じることによって推計する。本研究で用いた資材投入原単位を表 1 に示す(東岸ら, 2008)⁸⁾。この原単位は、一般的な建築工程が掲載されている設計資料を用いて投入される部材を積算し、単位延床面積あたりに投入される資材別の重量を推計したものである。

以上により推計されたマテリアルストックデータベースには、建物毎に砂利、木材、鉄、コンクリート、ガラスなどといった資材別の蓄積量が示されている。また、建物一棟一棟を最小空間単位として整備されて

建設資材ストックの分布
(単位:万トン)

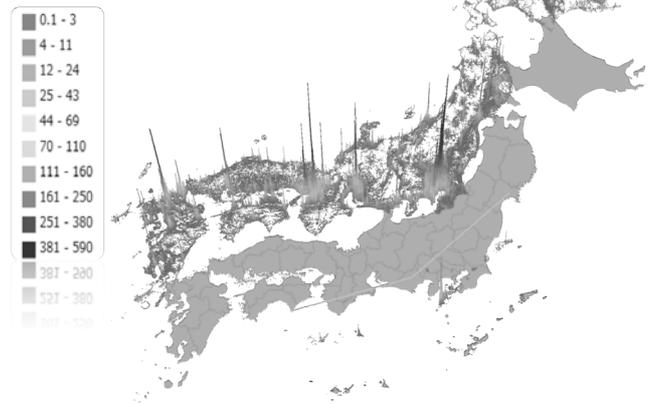


図 1 全国の資材蓄積量の 3D 表示 (2009)

おり、市区町村、地域メッシュ、都道府県など任意の空間単位で結果を集計することが可能である。また、災害の空間情報と重ね合わせることで一棟毎の被害想定を行うことが可能となり、狭い範囲で発生する災害についても被害想定を行うことができる。

図 1 は 1km メッシュで集計したものを 3D 表示したものである。また、基礎としてストックされる資材とそれ以外の上部構造としてストックされる資材に分けて推計が行われており、上部構造の建設資材量を、例えば津波災害のように、何らかの被害により上部構造だけ破壊されて流出する資材、基礎の建設資材量を、地中に残される資材として推計することも可能である。

表 1 資材投入原単位

資材投入原単位(kg/m ²)		砂利・石材	コンクリート	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他	合計
木造	上部構造	-	-	3	88	5	52	2	2	32	183
	基礎	78	221	-	-	-	-	5	-	-	304
鉄骨造(1階建て)	上部構造	-	-	67	8	0	2	132	0	25	235
	基礎	339	584	-	-	-	-	7	-	-	929
鉄骨造(2階建て)	上部構造	-	-	109	20	3	1	104	2	22	260
	基礎	100	587	-	-	-	-	14	-	-	701
鉄骨造(3階建て)	上部構造	-	-	143	4	1	1	165	1	-	314
	基礎	214	416	-	-	-	-	13	-	-	643
鉄筋コンクリート造	上部構造	-	1451	44	0	1	3	60	2	8	1568
	基礎	138	776	-	-	-	-	37	-	1	952

(東岸ら, 2008)

3. 推計方法

(1) 被害量の推計

マテリアルストックデータベースに津波浸水範囲の空間情報を重ね合わせて、津波によって被害をうける可能性のある建築物を抽出を行った。国土交通省⁹⁾¹⁰⁾は、東日本大震災において浸水深別・建物構造別被害率を分析し、津波浸水深毎の建物被害率を算出しており、浸水深 2m 以上の範囲に存在した木造住宅が高確率で全壊したこと、浸水深 4m以上の範囲において非木造建造物の全壊率が高いことがわかっている。したがって、本研究では浸水全範囲に存在する建築物を抽出し、さらに大きな被害が予測される範囲、つまり、木造については津波浸水深 2m 以上の範囲内に、非木造建造物(S 造, RC 造)については 4m以上の範囲内に存在する建築物をそれぞれ抽出した。

抽出された建築物、建設資材量を集計することにより、津波被害をうける可能性のある建築物と Lost Stock の推計を行った。谷川らが定義した“失ったストック (Lost Stock)”は、何らかの被害により本来提供すべきサービスを失った建造物の物質重量と定義されており、提供すべきサービス、つまりは機能を失っただけで、津波により直接流出しないものも含まれるため、直接的にがれきの量となるわけではないことに留意された。

(2) 津波浸水予測データ

津波浸水予測データは、川崎ら⁶⁾によって算出された浸水予測を用いた。中央防災会議による三連動型地震(M8.7)を基に、地殻変動量を推計したものであり、

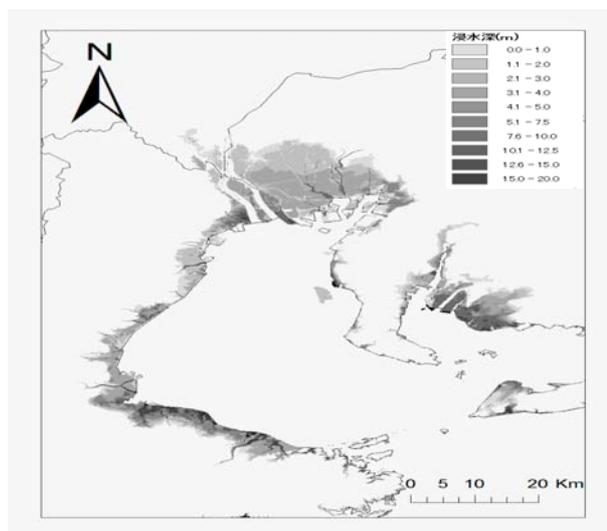
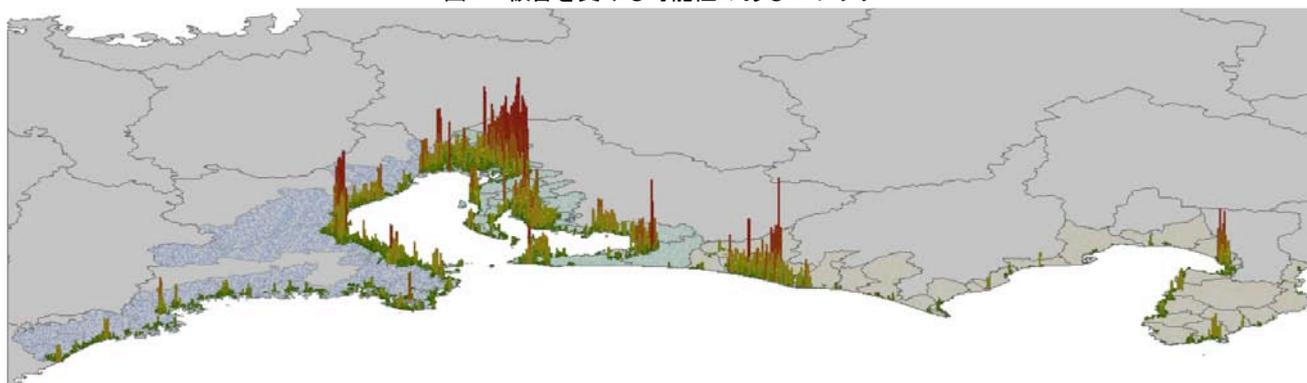


図2 推計に用いた浸水範囲

地震規模が M8.7 から M9.0 に増加した場合に、地震エネルギーが 2.82 倍となることから、波源域を変えずに地殻変動量を 2.82 とし、M9.0 の三連動型地震での津波浸水予測計算を実施している。また、一部の地域では震度 7 の強い揺れが予測され、地震動により防災構造物が破壊されることが考えられていることから、防潮堤や防波堤といった防災構造物が設計通りに完全に機能した場合と、地震動により全壊し、機能しない場合についてそれぞれ検討している。

本研究では、M9.0 で防災構造物が全壊した仮定での浸水予測範囲のデータを用いて、静岡県・愛知県・三重県における被害を受ける建築物とその建設資材量の算出を行った。今回使用したデータにおいて伊勢湾周辺の浸水予測範囲を図 3 に示す。海拔 0m地帯は完全に浸水し、浸水深 2~3m となる地域が広がっており、広範囲に被害がおよぶことが予想される。

図3 被害を受ける可能性のあるストック



4. 結果

推計した Lost Stock を 500m メッシュで集計し、3D 表示したものを図 3 に示す。津波浸水範囲上にある建築資材量を示したものであるが、名古屋市、浜松市、津市などの都市部では、浸水範囲内に存在する建築物が多くなるため大きな値となっている。特に、名古屋市を中心とした海拔 0m 地帯では、浸水範囲の広さから値の大きいメッシュが広く広がる。また、河川沿いでは内地まで被害が発生する可能性があることがわかる。

伊勢湾周辺の推計結果図を図 4 及び図 5 に示す。図 4 は津波浸水範囲内にあるすべての建設資材量の分布であり、図 5 は大きな被害が予測される建築物と資材量を示している。図 5 では木造は 2m 以上、非木造は 4m 以上の浸水深となる範囲で抽出・集計を行っているため、被害発生が予測される範囲も狭く、値としても小さくなっている。ビルなど非木造建築物が多いと考えられる都市域では特に傾向が強いことが考えられる。

図 4 の津波浸水範囲内にあり、津波被害を受ける可能性のある建築物数及び Lost Stock は、三県合計で、約 110 万棟、1.95 億トンとなった。また、図 5 の大きな被害が予測される建築物数及び Lost Stock は約 55 万棟、3,900 万トンとなった。比較として、表 2 に本研究で用いた浸水予測面積と推計結果、および中央防災会議による試算結果と浸水面積を合わせて示す。中央防災会議試算値は、中央防災会議が行っている数ケースの試算のうちで、東海地方が大きく被災するケースの値である。本研究で用いた浸水範囲のデータは、防災構造物が全壊し、機能しない最悪のケースを想定したものであり、浸水面積は三県合計で、中防災会議の浸水予想面積の約 3 倍の値となっている。

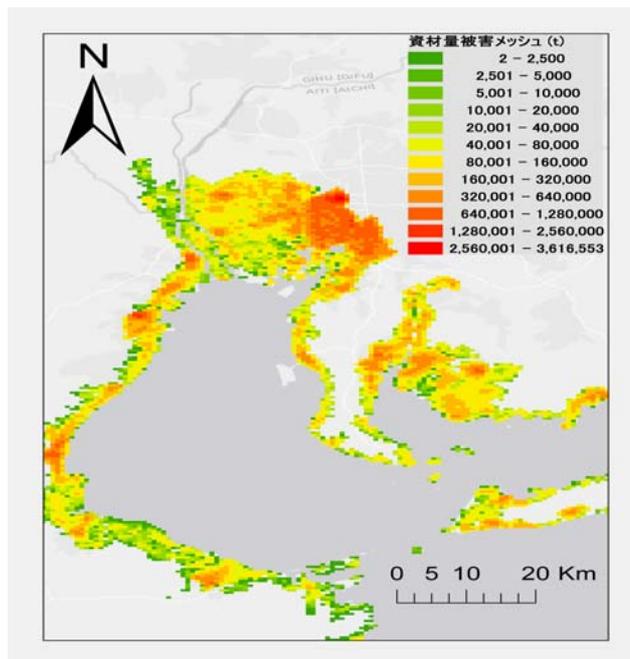


図 4 発生する Lost Stock (全津波遡上範囲)

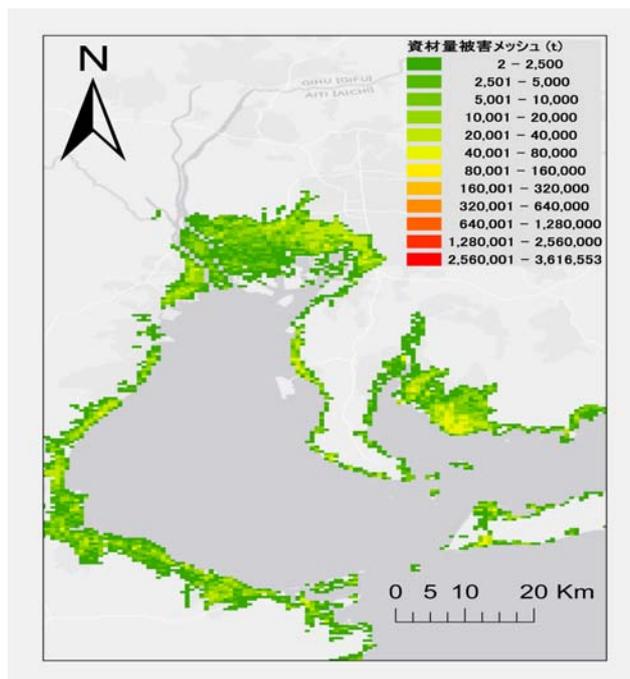


図 5 発生する Lost Stock (大きな被害が予測される範囲)

表 2 発生する Lost Stock

	推計結果										中央防災会議による試算		
	津波浸水全範囲内にある建築物		大きな被害が予測される範囲								浸水面積 (km ²)	全壊棟数 (棟)	浸水面積 (km ²)
	棟数(棟)	ストック量(万トン)	木造		S造		RC造		合計				
棟数(棟)	ストック量(万トン)	棟数(棟)	ストック量(万トン)	棟数(棟)	ストック量(万トン)	棟数(棟)	ストック量(万トン)	棟数(棟)	ストック量(万トン)	棟数(棟)	ストック量(万トン)		
静岡県	239,820	3,877	99,102	424	4,895	250	299	169	104,296	842	233	31,100	150
愛知県	581,654	12,369	224,322	1,053	7,516	630	180	120	232,018	1,803	640	4,500	99
三重県	284,584	3,325	212,008	898	4,916	297	155	79	217,079	1,274	460	42,800	157
合計	1,106,058	19,570	535,432	2,375	17,327	1,177	634	367	553,393	3,919	1,333	78,400	406

表3 市区町村別推計結果

		建物数 (棟)	上部部分 (千トン)	基礎部分 (千トン)	合計 (千トン)	
静岡県	静岡市	駿河区	215	7.5	17.7	25.2
		清水区	173	2.8	4.7	7.5
	浜松市	中区	10,588	447.2	729.6	1,176.8
		東区	-	-	-	-
		西区	26,293	831.5	1,298.8	2,130.3
		南区	29,500	697.0	1,062.7	1,759.7
		北区	94	1.2	2.1	3.3
	沼津市	17,017	618.8	1,024.8	1,643.6	
	熱海市	40	0.6	1.1	1.7	
	伊東市	94	1.6	2.6	4.1	
	富士市	234	3.8	6.5	10.4	
	磐田市	4,786	74.6	133.3	207.9	
	焼津市	355	5.1	8.5	13.6	
	掛川市	63	0.8	1.3	2.1	
	袋井市	15	0.1	0.2	0.3	
	下田市	3,816	166.6	222.1	388.8	
	湖西市	861	19.1	45.4	64.5	
	伊豆市	1,438	12.1	137.5	258.7	
	御前崎市	135	10.4	13.1	23.5	
	牧之原市	1,506	30.5	62.1	92.5	
賀茂郡	東伊豆町	211	3.8	7.1	10.9	
	河津町	18	0.4	0.8	1.3	
	南伊豆町	1,295	36.2	59.0	95.1	
	松崎町	2,130	51.8	104.1	155.9	
	西伊豆町	3,419	124.2	220.0	344.2	
駿東郡	清水町	-	-	-	-	
	吉田町	-	-	-	-	
小計		104,296	3,257.0	5,164.9	8,421.9	
愛知県	名古屋市中区	西区	-	-	-	-
		中村区	723	18.9	25.8	44.7
		瑞穂区	507	8.9	14.8	23.7
		熱田区	4,877	93.8	158.1	251.9
		中川区	29,196	596.3	966.1	1,562.4
		港区	30,904	595.5	904.9	1,500.3
		南区	16,970	331.8	589.4	921.2
	緑区	1,012	19.5	32.3	51.8	
	豊橋市	20,079	818.5	1,750.1	2,568.7	
	半田市	2,082	58.9	167.5	226.3	
	豊川市	3,411	144.9	324.5	469.4	
	津島市	1,431	24.7	41.0	65.7	
	碧南市	12,625	291.5	640.7	932.2	
	刈谷市	418	6.8	11.3	18.1	
	安城市	-	-	-	-	
	西尾市	11,291	235.8	479.1	714.9	
	瀬都市	7,792	211.7	370.7	582.4	
	常滑市	8,504	364.8	561.4	926.2	
	稲沢市	-	-	-	-	
	東海市	2,378	38.5	67.2	105.8	
	大府市	-	-	-	-	
	知多市	1,118	33.9	43.8	77.7	
	高浜市	316	4.6	8.1	12.6	
	田原市	7,475	361.5	824.0	1,185.5	
	愛西市	7,661	147.4	244.4	391.8	
	清須市	2	0.0	0.0	0.0	
	弥富市	14,156	254.5	423.5	678.0	
あま市	401	8.1	13.4	21.5		
海部郡	大治町	694	12.1	20.2	32.4	
	蟹江町	8,087	145.8	245.9	391.7	
	飛島村	1,885	42.3	77.3	119.6	
	阿久比町	-	-	-	-	
	東浦町	281	3.0	5.0	8.0	
知多郡	南知多町	3,761	171.4	260.1	431.6	
	美浜町	2,930	61.7	101.9	163.6	
	武豊町	746	10.7	18.0	28.6	
	一色町	17,428	713.1	1,952.7	2,665.8	
幡豆郡	吉良町	9,663	247.7	542.3	790.0	
	幡豆町	1,214	22.7	43.1	65.7	
小計		232,018	6,101.4	11,928.6	18,030.0	
三重県	津市	33,941	581.3	894.3	1,565.6	
	四日市市	5,157	87.6	158.6	246.2	
	伊勢市	30,012	555.6	984.9	1,540.4	
	松阪市	22,104	438.7	814.2	1,252.9	
	桑名市	18,364	373.6	662.2	1,035.9	
	鈴鹿市	12,949	242.9	394.5	637.3	
	尾鷲市	10,903	314.9	621.0	935.9	
	鳥羽市	7,983	332.5	456.4	789.0	
	熊野市	7,831	160.1	268.1	428.2	
	志摩市	20,610	419.3	685.1	1,104.4	
	桑名郡	木曾岬町	2,730	50.9	89.4	140.3
	三重郡	朝日町	387	5.2	8.6	13.8
	三重郡	川越町	5,728	139.0	223.9	362.9
	多気郡	明和町	5,936	135.0	300.7	435.6
	度会郡	玉城町	-	-	-	-
	度会郡	大紀町	1,638	51.8	113.2	165.0
	度会郡	南伊勢町	11,449	253.6	482.1	735.7
北牟婁郡	紀北町	12,705	266.0	531.7	797.6	
南牟婁郡	御浜町	2,257	50.7	97.9	148.6	
南牟婁郡	紀宝町	4,395	134.1	268.0	402.0	
小計		217,079	4,592.7	8,144.6	12,737.3	
合計		553,393	13,951.1	25,238.2	39,189.3	

表3に浸水深2m以上の範囲内での市区町村別の推計結果を示す。浸水全範囲で被害が予想される市町村の内、浸水深が2mに満たない地域については0としている。浜松市、名古屋市といった都市部では先述した理由から、値は大きいものとなっている。

4. おわりに

本研究では、M9.0の三連動型地震における津波浸水予測範囲とマテリアルストックデータベースを重ね合わせるにより、被害を受ける可能性のある建築物と発生するLost Stockの推計を行った。本研究と同様にして、マテリアルストックデータベースと災害の空間情報を活用することにより、被災前にどこにどれだけだけの資材が存在し、災害によってどれだけ失われるかの可視化、把握を行うことが可能である。今後の課題として、洪水などの自然災害での適用を行って行く。

また、このように可視化した情報を個人レベルで閲覧・活用することが可能なように環境情報配信サイト「Map Layered Japan」¹¹⁾において、配信を予定している。

謝辞：本稿は、環境省環境研究総合推進費(1-1402)、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)26281056)、文部科学省グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス(GRENE)事業の一環によって行われたものである。また、本研究で用いた津波予測範囲のデータは(株)ハイドロソフト技術研究所・川崎浩司氏(名城大学特任教授)に提供して頂いた。記して感謝する。

参考文献

- 1) 中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について(第一次報告) http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829_higai.pdf (2013,8月取得)
- 2) 環境省：災害廃棄物の発生量の推計方法 <http://www.env.go.jp/recycle/waste/disaster/earthquake/conf/conf01-05.html> (2014,3月取得)

- 3)谷川寛樹, 平川隆之, 韓驥, 鬼頭祐介, 田中健介, 黒岩史, 奥岡桂次郎: 東日本大震災の被災地域に存在した建築物・インフラストラクチャーの物質ストックの推計, 第39回環境システム研究論文発表会講演集, 407-414, 2011.
- 4)平川隆之, 黒岩史, 鬼頭祐介, 田中健介, 谷川寛樹: 東日本大震災により失った建設ストックの推計, 日本LCA学会誌, Vol.7, No.4, 374-378, 2011.
- 5) 谷川寛樹: 東日本大震災における「失ったストック」量の推計 -サービス機能を失った建築物・インフラの物質量-(第五版) http://www.urban.env.nagoya-u.ac.jp/~ensap/LostStock_ver20120925s.pdf
- 6)川崎浩司, 鈴木一輝, 高須吉敬: 東海・東南海・南海三連動地震による津波浸水予測に関する研究, 土木学会論文集B3, vol.68, I_150-I_155, 2012.
- 7)株式会社ゼンリン: Zmap-TOWNII2003,2009, <http://www.zenrin.co.jp/product/gis/zmap/zmaptown.html>
- 8)東岸芳浩, 稲津亮, 内藤瑞枝, 谷川寛樹, 橋本征二: 都市構造物における経年的資材投入原単位の推計に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vo.19, pp.147-149, 2008.
- 9)内閣府中央防災会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要, 8p, http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20120829_gaiyou.pdf
- 10)国土交通省: 東日本大震災による被災現況調査結果について (第1次報告) <http://www.mlit.go.jp/common/000162533.pdf>
- 11) 高木溪太, 奥岡桂次郎, 杉本賢二, 谷川寛樹: マルチレイヤーシステム型の環境・防災情報可視化システムの構築, 第47回土木計画学研究発表会講演集, Vol.47, CD-ROM.

(2014. 4. 25 受付)

ESTIMATION OF THE LOST STOCK OF BUILDINGS BY THE NANKAI TROUGH EARTHQUAKE AND TSUNAMI

Keita TAKAGI, Keijiro OKUOKA, Kenji SUGIMOTO and Hiroki TANIKAWA

Japan was damaged seriously by the East Japan great earthquake and tsunami, and destruction of a large area and serious tsunami damage is a major concern in the Nankai Trough Earthquake whose outbreak is predicted to occur in the near future. In this study, we estimated the number of buildings that might be damaged by tsunami and Lost Stock. The data source comprise the material stock database which established by our research group, and the tsunami inundation range in the case of M9.0 Nankai Trough Earthquake occurrence.