震災特集

研究資料

東日本大震災により失った建設ストックの推計

平川 隆之・黒岩 史・鬼頭 祐介・田中 健介・谷川 寛樹

Estimation of “Lost Material Stock” in the Great East Japan Earthquake

Takayuki HIRAKAWA, Fumi KUROIWA, Yusuke KITO, Kensuke TANAKA and Hiroki TANIKAWA

Synopsis: Following the disaster in Northeast Japan, it is important to obtain an estimation of the scale of lost buildings and infrastructures' material stock. Therefore the amount of materials necessary for future reconstruction as well as the subsequent waste flow generation could be estimated and, more importantly, proper policies could be proposed for the recovery of stricken areas. In this study, from detailed residential maps, we built a material stock database throughout Japan. And, by extracting material stock with the area affected by the tsunami, we built a lost material stock database. The amount of material stock in the area hit by the tsunami was calculated to be about 29 million tons. Superstructure of buildings is about 10 million tons, and the foundation of buildings is about 19 million tons. The problem lies in the amount of debris, and also the amount of materials in the ground. In this paper, lost material stock of each municipality, and the distribution of lost material stock in Ishinomaki and Higashimatsushima are described.

Keywords: Building; database; GIS; material stock; tsunami

1. はじめに

2011年3月11日に甚大な被害をもたらした東日本大震災から一定期間が経過し、復旧・復興へ向けた議論が活発になっている。被災地域の社会・経済活動の復旧・復興は、“住む”、“働く”、“運ぶ”等といった社会を支えるサービスの整備と強く結びついている。復興計画の策定を行う際には、目指す社会像が求めるサービスの量を見極め、それらサービスを提供する社会基盤施設（インフラストラクチャー、以下インフラ）や建築物の整備を、震災前の状況と比較しつつ検討を進める必要がある。

本研究では、全国の建築物に関する建設資材ストック重量のデータベースを整備し、東日本大震災において被害を受けた建築物の物質ストック量の把握を行う。震災前の社会がどの程度の物質ストックに支えられていたかを明確にすることにより、復旧・復興に向けて必要となる建設資材量のベースラインを示すことが本研究の目的である。

2.1 建築物 GIS データの整備

建築物・各種インフラストラクチャーの物質ストックを推計するには原単位法が多く用いられる。本研究において

も原単位法を用いる。物質ストック推計における原単位法とは、①構造種別ごとの各構造物の規模（建築物であれば延床面積）と、②各種構造物の単位量あたりに投入される建設資材量すなわち資材投入原単位のデータを整備し、これらに乗じることによって物質ストックを推計する方法である。既往研究では、①各構造物の規模のデータとして自治体毎に集計された統計情報を利用しているものが多く、それに伴い物質ストックの最小空間単位も自治体毎のものが多く、これに対して、本研究の特徴は、①各構造物の規模のデータとして構造物一つ一つの形状が示されている詳細なGISデータを利用し、個々の構造物の物質ストックデータベースを構築することである。これにより、任意の空間単位で物質ストックを推計することが可能となる。

個々の建築物の物質ストックを推計するための基盤となる建築物のGISデータは、ゼンリンが提供しているZmap-TOWN II（2009）を利用する。Zmap-TOWN II（2009）は個々の建築物の形状をポリゴンデータとして保有する住宅地図データベース（以下住宅データ）である。属性データとして、用途区分、階数および建築物の名称といった情報が付されている。用途区分は、ビル・マンション・アパー

平川 隆之／名古屋大学大学院工学研究科／〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町D2-1(510)

黒岩 史・鬼頭 祐介・田中 健介・谷川 寛樹／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(510)

Takayuki HIRAKAWA / Nagoya University, Department of Civil Engineering / D2-1(510) Furo-tyo Chikusa-ku Nagoya-shi Aichi-ken 464-8603

Fumi KUROIWA, Yusuke KITO, Kensuke TANAKA, Hiroki TANIKAWA / Nagoya University, Department of Environmental Studies / D2-1(510) Furo-tyo Chikusa-ku Nagoya-shi Aichi-ken 464-8603

ト、戸建住宅、事業所、目標物（役所や学校等の公共施設など）、無壁舍等に分類されている。建築物の物質ストックをより正確に推計するには、①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。今回利用する住宅データには階数、建築面積および構造種別の情報にそれぞれ不備な点があるため、用途区分などの情報を利用して以下のように設定する。

(1) 階数の設定

2階建て以下の建築物の多くには階数のデータが記載されていない。よって、階数データをもたない2階建て以下の建築物には、用途区分毎に階数の設定を以下に示すように行う。ビル・マンション・アパートは全て2階建てとする。戸建住宅には、住宅・土地統計調査を利用して2階建て以下の戸建住宅だけを対象とした平均階数を都道府県ごとに求め、都道府県ごとにその値を利用する。事業所とビル・マンション・アパートで用途区分が分けられていることから、事業所に該当する建築物の多くは住宅兼事業所もしくは工場・倉庫であると考えられる。よって、事業所については、住宅・土地統計調査から戸建住宅の95%が含まれるような建築面積の値を求め、その建築面積以下のものを住宅兼事業所として戸建住宅の平均階数を設定し、その建築面積以上のものを工場・倉庫として1階建てと設定する。

(2) 建築面積の設定

まずGISを利用してポリゴンの形状の面積を計算する。住宅データの建築物のポリゴンは航空写真から家形を抽出して作られている。すなわち、その形状は屋根形状の水平投影面積であり、実際の建築面積より若干大きな値となっている。そこで、ポリゴンを縦横にいくらか縮小したものの面積を建築面積とする。本研究における建築面積は、建築基準法における定義に従い、建築物の外壁や柱の中心線で囲まれた部分の水平投影面積と定義される。ポリゴンの縮小幅は、推計された建築面積に階数を乗じて得られる延床面積の総和と、固定資産の価格等の調書（以下、固定資産調書とする）に記載されている全建築物の延床面積の総和を比較して決定する。ポリゴンの縮小幅の決定に建築面積ではなく延床面積を利用する理由は、日本全国を対象とする建築面積についての統計が存在しないためである。

表1に、ポリゴンの縮小幅毎に、総延床面積の推計値、固定資産調書の総延床面積の値、固定資産調書の値に対する推計値の割合を示す。固定資産調書の値に対する推計値の割合を縮小幅ごとに比較すると、縮小幅-0m、-2.0m、-2.5m、-3.0mに対してそれぞれ、155%、112%、102%、94%であり、縦横の長さを2.5m縮小した場合が最も固定資産調書の値に近い値となる。よって、ポリゴンの形状から縦横2.5m縮小したものを、その建築物の建築面積とする。そして、建築面積に階数を乗じて得られた値をその建築物の延床面積とする。

(3) 建築物の構造の設定

住宅データには構造に関する属性データが含まれていない。また、航空写真などの概観から建築物の構造を判断するのは困難である。そこで今回は建築物の種類と階数から以下のように構造を仮定する。

2階建て以下のビル・アパート・マンションについては、まず住宅・土地統計調査より2階建て以下の共同住宅を対象に構造別（木造・鉄骨造）の割合を都道府県ごとに求め、その割合を利用して2階建て以下のビル・アパート・マンションの内の木造・鉄骨造のもの数を都道府県ごとに決定する。そして、建築面積の小さなものから、算出された木造棟数に達するまでの建築物を木造とし、それ以上のものを鉄骨造とする。建築物ストック統計¹⁾によると、日本全国の戸建・長屋住宅の約9割が木造である。よって、2階建て以下の戸建住宅は全て木造と仮定する。3階建ての建物は全て鉄骨造とし、4階建て以上の建築物は全て鉄筋コンクリート造と仮定する。

2.2 建築物物質ストックの推計方法

既に述べたように、物質ストックを推計するためには①構造種別ごとの各構造物の規模と、②各種構造物の資材投入原単位のデータを整備する必要がある。建築物においてこれらは、①構造別（木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造）の延床面積（建築面積×階数）と、②それら構造種別に応じた資材投入原単位に該当する。本研究において、①建築物の規模のデータとしては、2.1で整備した住宅データを利用し、②資材投入原単位としては、過去に筆者らの研

表1 推計値と固定資産調書における総延床面積の比較

イメージ図		縦横-0m	縦横-2.0m	縦横-2.5m	縦横-3.0m
推計値の 総延床面積 (億m ²)	127	92	84	77
	固定資産調書の 総延床面積 (億m ²)	82	82	82	82
	推計値/固定資産調書 (%)	155	112	102	94

究グループ^{2,3)}が整備した構造種別毎の資材投入原単位を利用する。資材投入原単位は、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ストックされる資材別の重量を推計したものである。また、過去に整備した資材投入原単位は地下部分にストックされる物質と地上部分にストックされる物質とに分けて整備されていたが、今回はその境界を変更し、基礎としてストックされる物質とそれ以外の上部構造としてストックされる物質とに分けて整備し直した。今回の震災では、津波により倒壊した建築物がほとんどであり、基礎を残し上部構造が流され崩壊したものが多く。原単位を上部構造と基礎で分けて整備することにより、上部構造の物質ストックを津波により地表に流出した物質ストック、基礎の物質ストックを地中に残されている物質ストックとして推計することが可能となる。表2に今回使用した資材投入原単位を示す。

物質ストックの推計には以下の式を利用した。

$$MS_{i,n} = \sum_a (A_{n,a} \times MI_{i,a}) \quad (1)$$

ここで、MS: エリアn内に存在する、材料種別iの合計物質質量 (Stock)、A: エリアn内に存在する建物構造種別aである建築物の延床面積、MI: 建物構造種別aである建築物の単位延床面積あたりに投入される材料種別iの物質質量(資材投入原単位)とする。

2.3 津波により失った物質ストックの推計方法

2.1の手法により整備された物質ストックの空間情報に、津波による被災範囲 (1.家屋の多くが流される被害を受けた範囲、2.津波の遡上範囲) の空間情報を重ね合わせ、津波によって被害を受けた建築物を抽出する。抽出された建築物の物質ストックを集計することにより、津波被害を受けた物質ストックを推計する。本研究では、2.津波の遡上範囲により抽出された物質ストックを「失った物質ストック」として定義する。図1に被災範囲における建築物の抽出イメージを示す。

図1 建築物抽出のイメージ

津波による被災範囲の空間情報は、日本地理学会の津波被災マップ作成チームにより作成された、①家屋の多くが流される被害を受けた範囲、②津波の遡上範囲、この二つを利用する。これらのマップは震災後に撮影された空中写真を実体視判読し、家屋の流出等の甚大な被害を受けた範囲と津波の遡上範囲を縮尺1/25,000の地形図に記したものである。データの範囲は、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県の沿岸部である。

3. 失った物質ストックの推計結果

被災範囲 (1.家屋の多くが流される被害を受けた範囲、2.津波の遡上範囲) に含まれる建築物の数、物質ストックを市区町村単位で集計した結果を表3に示す。集計の対象とした市区町村は、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県内の何らかの人的被害又は建物被害を受けた市区町村である。比較のため、消防庁災害対策本部から発表されている被害状況 (第136報、8月11日)⁴⁾と、環境省から発表されている沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況 (8月2日)⁵⁾を合わせて記す。

家屋の多くが流される被害を受けた範囲内の建築物棟数は、消防庁が発表している建築物の全壊棟数の7割程の値

表2 資材投入原単位表

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
木造	上部構造	-	-	3	88	5	52	2	2	32
	基礎	78	221	-	-	-	-	5	-	-
S造 (1階建て)	上部構造	-	-	67	8	0	2	132	0	25
	基礎	339	584	-	-	-	-	7	-	-
S造 (2階建て)	上部構造	-	-	109	20	3	1	104	2	22
	基礎	100	587	-	-	-	-	14	-	-
S造 (3階建て)	上部構造	-	-	143	4	1	1	165	1	-
	基礎	214	416	-	-	-	-	13	-	-
RC造	上部構造	-	1451	44	0	1	3	60	2	8
	基礎	138	776	-	-	-	-	37	-	1

となった。多くの市区町村で推計された建築物棟数の方が小さな値となったが、これは今回の推計では津波被害だけを考慮したためであると考えられる。しかし、陸前高田市、

釜石市、大槌町、山田町、女川町、南三陸町などの被害が大きかった市区町村では推計値の方が3～8割程大きな値となっており、さらなる精査が必要である。

表3 建築物物質ストックの推計結果(青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県内の人的被害、又は建物被害を受けた市区町村)

	消防庁 全壊 棟	環境省 瓦礫 千t	家屋の多くが流された範囲			津波の遡上範囲		
			建物数 棟	上部 千t	基礎 千t	建物数 棟	上部 千t	基礎 千t
青森県 弘前市	-	-	-	-	-	-	-	-
八戸市	250	-	-	-	-	2,967	551	956
三沢市	19	-	-	-	-	43	2	7
藤崎町	-	-	-	-	-	-	-	-
大鰐町	-	-	-	-	-	-	-	-
七戸町	-	-	-	-	-	-	-	-
おいらせ町	26	-	-	-	-	4	0	0
三戸町	-	-	-	-	-	-	-	-
五戸町	-	-	-	-	-	-	-	-
田子町	-	-	-	-	-	-	-	-
南部町	-	-	-	-	-	-	-	-
階上町	12	-	-	-	-	96	2	5
小計	307	0	0	0	0	3,110	554	967
岩手県 盛岡市	-	-	-	-	-	-	-	-
宮古市	3,669	860	3,058	66	115	180	10,722	327
大船渡市	3,629	756	4,235	130	244	373	8,315	319
花巻市	4	-	-	-	-	-	-	-
北上市	26	-	-	-	-	-	-	-
久慈市	65	74	-	-	-	2,698	83	231
遠野市	-	-	-	-	-	-	-	-
一関市	50	-	-	-	-	-	-	-
陸前高田市	3,159	865	5,871	168	289	457	8,599	258
釜石市	3,188	762	4,178	171	244	415	9,398	499
二戸市	3	-	-	-	-	-	-	-
奥州市	38	-	-	-	-	-	-	-
雫石町	-	-	-	-	-	-	-	-
岩手町	-	-	-	-	-	-	-	-
滝沢村	1	-	-	-	-	-	-	-
紫波町	-	-	-	-	-	-	-	-
矢巾町	-	-	-	-	-	-	-	-
西和賀町	-	-	-	-	-	-	-	-
金ヶ崎町	-	-	-	-	-	-	-	-
平泉町	-	-	-	-	-	-	-	-
鷹巣町	-	-	-	-	-	-	-	-
住田町	-	-	-	-	-	-	-	-
大槌町	3,677	276	5,162	94	181	274	7,154	161
山田町	2,789	553	4,197	78	154	232	5,486	111
岩泉町	177	29	265	4	7	11	512	9
田野畑村	225	176	235	4	9	14	588	11
普代村	-	10	48	0	1	1	97	3
九戸村	-	-	-	-	-	-	-	-
野田村	309	130	402	7	12	19	1,017	20
洋野町	10	20	-	-	-	-	114	5
小計	21,019	4,511	27,651	721	1,255	1,977	54,700	1,805
宮城県 仙台市	19,922	1,352	3,364	76	142	218	12,977	1,084
石巻市	19,065	6,163	11,643	264	481	745	58,554	2,042
塩竈市	682	251	172	3	6	9	3,934	273
気仙沼市	8,533	1,367	9,233	296	610	906	15,794	594
白石市	45	-	-	-	-	-	-	-
名取市	2,786	636	2,682	65	137	202	5,597	229
角田市	13	-	-	-	-	-	-	-
多賀城市	1,662	612	-	-	-	-	5,665	685
岩沼市	720	520	929	38	89	127	5,055	282
登米市	184	-	-	-	-	-	-	-
栗原市	53	-	-	-	-	-	-	-
東松島市	4,589	1,657	2,625	52	98	150	16,547	442
大崎町	498	-	-	-	-	-	-	-
蔵王町	13	-	-	-	-	-	-	-
大河原町	9	-	-	-	-	-	-	-
村田町	9	-	-	-	-	-	-	-
柴田町	13	-	-	-	-	-	-	-
川崎町	-	-	-	-	-	-	-	-
丸森町	1	-	-	-	-	-	-	-
亘理町	2,459	1,267	989	23	43	66	7,507	218
山元町	2,200	533	1,918	46	87	133	5,231	127
松島町	213	43	-	-	-	-	513	51
七ヶ浜町	729	333	913	19	34	53	2,475	83
利府町	59	15	-	-	-	-	65	2
大和町	39	-	-	-	-	-	-	-
大郷町	33	-	-	-	-	-	-	-
富谷町	13	-	-	-	-	-	-	-
大衡村	-	-	-	-	-	-	-	-
色麻町	-	-	-	-	-	-	-	-
加美町	8	-	-	-	-	-	-	-
涌谷町	124	-	-	-	-	-	-	-
美里町	124	-	-	-	-	-	-	-
女川町	2,939	444	3,909	100	193	293	4,760	128
南三陸町	3,167	645	5,178	119	239	358	6,522	157
小計	70,904	15,838	43,555	1,099	2,160	3,259	151,196	6,397
福島県 福島市	161	-	-	-	-	-	-	-
会津若松市	4	-	-	-	-	-	-	-
郡山市	1,930	-	-	-	-	-	-	-
いわき市	6,585	880	877	15	28	43	14,175	581
白河市	221	-	-	-	-	-	-	-
須賀川市	736	-	-	-	-	-	-	-
相馬市	1,049	217	1,548	31	57	88	4,242	148
二本松市	7	-	-	-	-	-	-	-
田村市	11	-	-	-	-	-	-	-
福島県 南相馬市	4,682	640	2,785	65	118	182	5,893	165
伊達市	24	-	-	-	-	-	-	-
本宮市	13	-	-	-	-	-	-	-
桑折町	50	-	-	-	-	-	-	-
国見町	60	-	-	-	-	-	-	-
川俣町	28	-	-	-	-	-	-	-
大玉村	2	-	-	-	-	-	-	-
鏡石町	217	-	-	-	-	-	-	-
大栄村	53	-	-	-	-	-	-	-
南会津町	-	-	-	-	-	-	-	-
磐梯町	-	-	-	-	-	-	-	-
猪苗代町	10	-	-	-	-	-	-	-
会津坂下町	2	-	-	-	-	-	-	-
湯川村	-	-	-	-	-	-	-	-
会津美里町	-	-	-	-	-	-	-	-
西郷村	35	-	-	-	-	-	-	-
泉崎村	46	-	-	-	-	-	-	-
中島村	3	-	-	-	-	-	-	-
矢吹町	283	-	-	-	-	-	-	-
棚倉町	1	-	-	-	-	-	-	-
矢祭町	-	-	-	-	-	-	-	-
塙町	-	-	-	-	-	-	-	-
鮫川村	-	-	-	-	-	-	-	-
石川町	1	-	-	-	-	-	-	-
玉川村	-	-	-	-	-	-	-	-
平田村	1	-	-	-	-	-	-	-
浅川町	-	-	-	-	-	-	-	-
古殿町	-	-	-	-	-	-	-	-
三春町	24	-	-	-	-	-	-	-
小野町	4	-	-	-	-	-	-	-
広野町	102	25	38	1	2	3	420	63
楢葉町	50	58	225	4	7	11	583	38
富岡町	-	49	208	5	9	13	467	50
川内村	-	-	-	-	-	-	-	-
大熊町	30	37	114	3	6	9	604	66
双葉町	58	60	273	5	10	16	771	29
浪江町	-	147	1,305	37	71	108	1,594	45
葛尾村	-	-	-	-	-	-	-	-
新地町	548	167	730	18	33	51	1,569	59
飯館村	0	-	-	-	-	-	-	-
小計	17,031	2,280	8,103	183	342	525	30,318	1,243
茨城県 水戸市	325	-	-	-	-	-	131	2
日立市	403	-	-	-	-	-	2,163	123
土浦市	6	-	-	-	-	-	-	-
古河市	8	-	-	-	-	-	-	-
石岡市	13	-	-	-	-	-	-	-
結城市	2	-	-	-	-	-	-	-
龍ヶ崎町	1	-	-	-	-	-	-	-
下妻市	38	-	-	-	-	-	-	-
常総市	-	-	-	-	-	-	-	-
常陸太田市	104	-	-	-	-	-	-	-
高萩市	131	-	-	-	-	-	75	16
北茨城市	339	-	-	-	-	-	2,310	65
笠間市	15	-	-	-	-	-	-	-
取手市	20	-	-	-	-	-	-	-
牛久市	3	-	-	-	-	-	-	-
つくば市	7	-	-	-	-	-	-	-
ひたちなか市	79	-	-	-	-	-	1,031	27
鹿嶋市	368	-	-	-	-	-	893	48
潮来市	87	-	-	-	-	-	-	-
守谷市	-	-	-	-	-	-	-	-
常陸大宮市	11	-	-	-	-	-	-	-
那珂市	59	-	-	-	-	-	-	-
筑西市	5	-	-	-	-	-	-	-
坂東市	4	-	-	-	-	-	-	-
稲敷市	123	-	-	-	-	-	-	-
かずみぐら市	6	-	-	-	-	-	-	-
桜川市	15	-	-	-	-	-	-	-
神栖市	139	-	-	-	-	-	549	20
行方市	103	-	-	-	-	-	-	-
鉾田市	96	-	-	-	-	-	97	1
つくばみらい市	11	-	-	-	-	-	-	-
小美玉市	17	-	-	-	-	-	-	-
茨城町	20	-	-	-	-	-	-	-
大洗町	10	-	-	-	-	-	1,230	53
城里町	13	-	-	-	-	-	-	-
東海村	56	-	-	-	-	-	104	28
大子町	1	-	-	-	-	-	-	-
美浦村	-	-	-	-	-	-	-	-
阿見町	-	-	-	-	-	-	-	-
河内町	7	-	-	-	-	-	-	-
八千代町	-	-	-	-	-	-	-	-
五霞町	-	-	-	-	-	-	-	-
境町	-	-	-	-	-	-	-	-
利根町	20	-	-	-	-	-	-	-
小計	2,665	0	0	0	0	0	8,583	383
合計	111,926	22,629	79,309	2,004	3,757	5,761	247,907	10,383

図2 宮城県石巻市、東松島市周辺における失った物質ストックの分布

津波の遡上範囲内の建築物物質ストックを推計した結果、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県における津波被害を受けた物質ストックの合計は約2900万トンとなり、その内訳は、上部構造が約1000万トン、基礎が1900万トンとなった。また、岩手県、宮城県、福島県、3県の合計は2700万トンとなった。環境省は岩手県、宮城県、福島県、3県合計の瓦礫の推計量を約2300万トンと発表している⁵⁾。推計値の差異の要因としては、ポリゴン形状から建築面積を推計する際の縮小幅の違いや、資材投入原単位の値の違いが考えられる。津波により流出し、地表に山積みとなっている瓦礫だけでなく、基礎として地中に残されている物質も大きな問題であると考えられる。

また、図2に宮城県石巻市、東松島市周辺における失った物質ストックの分布を示す。

4. おわりに

本研究では、全国の建築物に関する建設資材ストック重量のデータベースを整備し、東日本大震災において被害を受けた建築物の物質ストック量を推計し、震災前の社会がどの程度の物質ストックに支えられていたかを明確にした。

本研究の課題としては以下の点が挙げられる。

住宅データより推計した総延床面積は、日本全体としては統計と近い値となったが、各都道府県の値を統計と比較すると一致率にばらつきがある。建築面積及び階数の設定にはさらなる精査が必要である。

本研究による失ったストックの推計値と環境省による瓦礫の推計値には差異が見られた。その第一の要因としては資材投入原単位の値の違いが考えられ、今回使用した資材投入原単位と他の原単位を比較し、環境省の推計値との違いについて検討する必要がある。

謝辞

本推計の遂行にあたり、(株)ゼンリン、東京大学空間情報科学研究センター、名古屋大学減災連携研究センター、環境省復興地域研究会、日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チームには大変貴重なデータの利用を快諾頂き、ここに深謝申し上げます。

(平成23年8月22日受付、平成23年9月9日採択)

参考文献

- 1) 国土交通省, 報道発表資料 既存建築物ストック量の把握のための統計手法の公表について, 国土交通省ホームページ, 入手先<http://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000180.html>, (参照 2011-8-15)
- 2) 坂本辰徳, 谷川寛樹, 橋本征二, 森口祐一 (2004): 環境情報科学論文集, 18, 271-276
- 3) 東岸芳浩, 稲津亮, 内藤瑞枝, 谷川寛樹, 橋本征二 (2008): 第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 21, 37-42
- 4) 総務省消防庁, 平成23年東北地方太平洋沖地震 (第136報), 総務省消防庁ホームページ, 入手先<<http://www.fdma.go.jp/bn/2011/detail/691.html>>, (参照 2011-8-15)
- 5) 環境省, 沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況, 環境省ホームページ, 入手先<<http://www.env.go.jp/jishin/shori110906.pdf>>, (参照 2011-8-15)