

# 都市地域における鉄筋コンクリート造建築物の 解体・処理・輸送段階のシステム分析と環境負荷

首都直下地震 解体廃棄物 解体作業 都市  
がれき処理ルート 輸送時環境負荷評価

山縣翔太\*1, 田村雅紀\*2

## 1 はじめに

今日、世界的に地球温暖化問題が重要視されている。そんな中建物解体・廃棄物処理の運搬・廃棄時に大量の廃棄物・CO<sub>2</sub>が発生する。しかし、あまり建物解体・廃棄物処理段階の環境影響の評価はされていない。大きな被害が想定されているため、今から首都直下地震が発生した場合の廃棄物による環境影響（廃棄物量・CO<sub>2</sub>排出量）を考える必要がある。

そこで、本研究ではまず今回の東日本大地震の被害状況やがれき・建物の解体・処理作業の調査と、実際の解体現場の作業時の廃棄物量・CO<sub>2</sub>排出量の算出を行い、それら二つの調査から首都直下地震が発生した場合のがれき処理フローの作成を行う。（図1参照）

## 2 研究概要

### 2.1 災害時における都市地域がれき処理調査（研究1）

表1に大震災がれき量の比較、東日本大震災廃棄物量算出方法を示す。災害時における都市地域がれき処理調査データを表2に示す。今回の大震災は3県の人口1人あたり8.89tに相当する量の廃棄物量である。大震災で家屋のがれき量は岩手、宮城、福島で3県で阪神・淡路大震災の1.7倍である約2246万トンになると推定されている。また今回は津波による被害が大きく、水分や塩分を含んだがれきをどのように処理するかが問題になっている。東日本大震災・阪神大震災と首都直下地震のがれき量の比較を図2に示す。首都直下地震が発生した場合東日本大震災の約4倍になる9600万tのがれきが発生すると想定されている。

また、今回の東日本大震災で太平洋海岸線が大きな被害を受けた。被害からこの先どのようにすれば早急に復興を進められるか考えるため、被災地都市地域の1つである茨城県のひたちなか市周辺を被災地見学した。表2に実態調査の内容を示す。

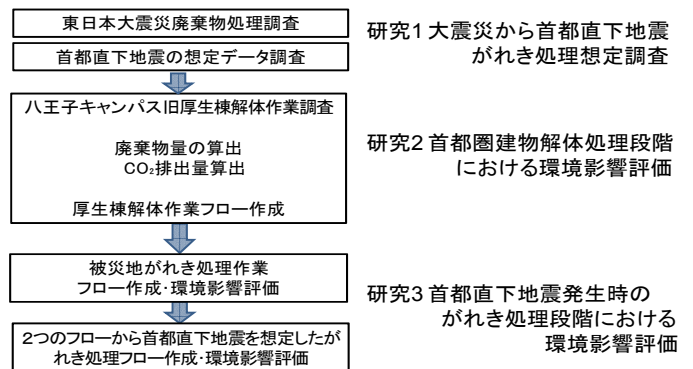


図1 研究概要図

表1 都市地域を含めた災害時のがれき発生量の知見

項目	内容
大震災のがれき量の比較	それぞれの阪神・淡路大震災、東日本大震災のがれき量を算出。首都直下地震は発生するであろうという今想定されているデータである。地震が朝・昼・夕飯時に発生した場合、建物全壊棟数・火災焼失棟数は約85万棟、がれき発生量約9600万t、死者数は約11000人になると推定されている <sup>1)</sup> 。今回の東日本大地震の影響により政府の地震調査委員会は、首都圏の埼玉県飯能市から東京都府中市まで続く「立川断層帯」で地震発生確率が高まったと公表した <sup>2)</sup> 。また、地震予知学会の専門家からも立川断層帯は、活動周期からみて、いつ活動してもおかしくないという声が多く上がっている <sup>3)</sup> 。立川断層は長さが33kmあり、ここを震源とするマグニチュード7.4程度の規模の地震が発生すると予測されている。このように首都直下地震が起こった場合に東日本大震災を超える被害が想定されており、対策を考えなくてはならない。
東北一人あたりの廃棄物量	今回の東北3県それぞれの震災廃棄物量を調べ、その量をそれぞれの県の人口で割ることで算出。

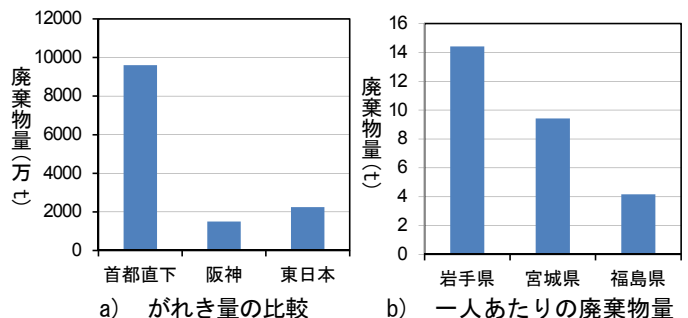


図2 都市地域を含めた災害時のがれき発生量の推定・比較値

\*1 工学院大学建築系学科・学部生 \*2 工学院大学建築学部・准教授

表2 都市地域を含めた災害時のがれき処理対策ヒアリング調査結果

都市地域の被災地調査		
日時：平成23年6月2日(木) 場所：茨城県日立市河原子漁港付近、日立市役所		
調査結果		
場所	内容	
河原子漁港	津波により防波堤が破壊されており、そこから波が入り込み海岸近くの家屋を破壊していた。さらに海岸から少し離れた場所にテトラポッドが設置されており、そこから津波が周り込んでくることにより被害が大きくなった。海岸線近くの砂浜を臨時収容所にして木くずを山積みしていた(右写真参照)。	
H市役所のヒアリング	<b>材料</b> 木くず (6×15cm以下)	木くずは日立市の清掃センターで処理している。しかし、全て清掃センターで処理すると2~4年かかる。また海水の塩分を含んでおりそのまま焼却すると炉が傷んでしまう。
	木くず (6×15cm以上)	清掃センターの焼却炉は1時間サイクルで処理を行っており、6×15cm以上の木くずは1時間で燃えきらない為焼却できない。そのため大きな木くずや塩分を多く含むものは民間業者に委託して処理している。
	コンクリート・瓦等の無機廃棄物	公共工事等廃棄物処分場に埋め立てしている。しかし、コンクリートや瓦など部材別に分けずに混ぜて廃棄してしまったため、再資源化が困難になっている。
首都直下地震発生時の想定被害	建物は約85万棟・死者数は約11000人と大きな被害が想定されている。	
東日本大震災のがれき処理費用に対する特例処置	図2に東北3県の一人あたりの震災廃棄物量を示す。今回の大震災で家屋のがれき量は岩手、宮城、福島県の3県で阪神・淡路大震災の1.7倍である約2246万トンになると推定されている。これは3県の人口一人あたり8.89tに相当する量の廃棄物量である。	
がれき撤去の指針	市町村への国の補助率を現行の5割から引き上げることになる <sup>3)</sup> 。被災市町村の税収などに応じて、がれき処理費に対する国の補助率を最高で9割弱まで引き上げる特例処置を実施する。さらに残りの部分についても全額を交付税で補う。これにより自治体負担は実質ゼロになることになる。1995年に起こった阪神大震災では、国庫補助と交付税で処理費用の97.5%を国が負担したが、今回はそれ以上負担することになる。また今回の震災でがれき処理にかかる総額は阪神・淡路大震災時の約3200億円を大きく上回るとみられている。	
東日本大震災のがれき処理短縮方法の各社の方法	東日本大震災からの復旧の妨げになっている大量の災害廃棄物を最短2年で最終処理する手法を、IHIなど重工各社が開発した。人工浮島に設置した焼却炉で木材などを処理したり、コンクリート製の巨大な箱に不燃がれきを詰め込んで防波堤にする。これをにらみ民間企業は技術開発のペースを上げている。現在は各自治体が生活地域から仮置き場に搬出する1次処理を進めている。IHIは縦50メートル、横25メートルの鋼製の人工浮島に焼却炉を乗せる工法を開発した。可燃のがれきを1日80トン焼却できる。	

表3 工学院八王子キャンパス厚生棟概要

<b>a) 厚生棟</b>
1.敷地概要 (1)地名・地番 東京都八王子市中野町 2665-1 (2)敷地面積 162.103㎡
2.建物概要 (1)主要用途 大学 (2)面積(㎡) A 建築面積 11988.67 B 延床面積 26121.833 (3)床面積表階別(㎡) 2階 355.730 1階 341.483 合計 697.213 (4)建物高さ 最高高さ 7.650m、最高の軒高 7.200m
3.構造概要 柱 鉄筋造 / 梁 鉄骨造 / 外壁 ALC版 / 階段 鉄骨造 床 デッキプレート+RC / 屋根 デッキプレート+RC
<b>b) 排水処理施設</b>
1.敷地概要 (1)地名・地番 東京都八王子市中野町 2665-1 (2)敷地面積 158.125㎡
2.建物概要 (1)主要用途 機械室 (2)面積(㎡) A 建築面積 78336.213 B 延床面積 22166.96 (3)建物高さ 最高高さ 4.430m、最高の軒高 3.830m
3.構造概要 柱 RC造 / 梁 RC造 / 外壁 RC造 / 階段 RC造 床 RC造



a) 移動式再生砕石製造機



b) 排水処理施設解体現場



c) 解体時汚泥集積現場



d) ALC版集積現場

写真1 都市地域内の鉄筋コンクリート造建築物解体状況

2.2 平常時における都市地域建築物解体処理段階調査(研究2)

2.2.1 八王子キャンパス厚生棟・排水処理施設解体処理概要

現在工学院大学八王子キャンパスの厚生棟と排水処理施設の解体作業及び新築作業が進められている。旧厚生棟・排水処理施設の概要を表3に示す。写真1a.b.c.dは解体作業現場のものである。また、解体作業について大成建設現場所長の原さんに図3の解体作業の評価領域について作業ごとに分けて説明してもらった。ヒアリング結果は表4に示す。これら厚生棟解体作業から首都圏のコンクリート建物解体・廃棄物処理時の廃棄物量・CO<sub>2</sub>排出量等の算出を行う。

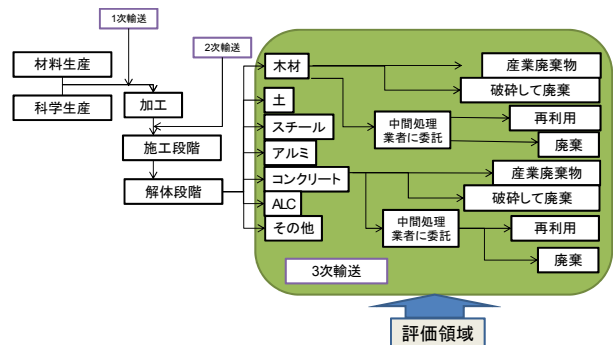


図3 解体作業評価領域図

表4 八王子キャンパス旧厚生棟・排水処理施設解体現場ヒアリング結果(ヒアリング日時 2011年7月7日)

<b>Aパート 材料別解体方法について</b>	
Q1. 材質別に解体するとき異物混入している廃棄物はどのように分別するのか。	A1. 基本的に重機を使用して大きく分別し、最終的に手作業で分別する。
Q2. どうしても分別できない廃棄物はどのように処理するのか。	A2. 基本的に設備機械等も分別して処理するが、一部できないものは混合廃棄物として処理する。
<b>Bパート 運搬時について</b>	
Q1. 解体で生じたがれきはどのように運ぶのか。	A1. コンクリートガラは10t ダンプ、スクラップ屑・廃プラ・木屑・ALC等は、分別してアームロール車(20 m <sup>3</sup> 等状況に応じて)で運ぶ。
Q2. トラックで運ぶ場合は、輸送距離は何キロになるのか。	A2. 本現場では、スクラップ屑やコンクリートガラは15~20km、木くずは約150kmものによって違う。
Q3. 重機の燃料は何か。また一日にどれほど使うのか。	A3. 本現場では軽油を一日に100~120ℓ使用する。
Q4. 解体時に生じたがれきはどこに運ぶのか。	A4. 現場で生じた廃棄物はそれぞれに分別して、それぞれの間処理場や最終処分場へ運ぶ。場合によっては場内でストックして、そのまま再利用することもある。
Q5. 中間処理施設での再資源化の方法は。	A5. コンクリートガラは細かく砕いて、再生砕石(RC40 ゼロ)等の規格に合わせて加工する。木材等はチップにして、バイオマス燃料や公園に敷く等に利用する。ただし、アスベストやヒ素が含まれた再利用できないものについては埋め立て処理をする。大成建設の解体現場では95%以上の資源を再利用化している。
<b>Cパート がれき処理・廃棄方法について</b>	
Q1. 廃棄物となるがれきの量はいくつになるのか。	A1. 本現場では約3000t程度のコンクリートガラが発生する。
Q2. 今回解体作業で破砕したコンクリートの再利用方法は。	A2. 今回解体したコンクリートガラは、移動式再生砕石製造機で再生砕石として場内でストックして捨てコンクリート前の砕石敷等で利用する。また大学内の駐車場整備に使用する。

2.2.2 旧厚生棟・排水処理施設解体段階廃棄物量推計結果

今回の大成建設廃棄物量と建物解体時の解体作業マニフェストデータから解体段階廃棄物量を算出した。表5に廃棄物量算出方法を示す。解体段階廃棄物量を図4に示す。このグラフから汚泥・コンクリートガラ・木くずの廃棄物量が多いことがわかる。建物解体時にはできるだけ混合廃棄物を出さないようにしていることもわかる。また、コンクリートガラは10t ダンプ、スクラップくず、廃プラスチック、木くず、ALC等は、分別してアームロール車(20 m<sup>3</sup>等状況に応じて)で運ぶ。

2.2.3 旧厚生棟・排水処理施設解体廃棄物輸送距離

次に解体作業マニフェストの中間処分場・最終廃棄場の場所へ工学院大学八王子キャンパス旧厚生棟・排水処理施設からの距離を全国デジタル道路地図データベースに使用しているGISの最短距離検索を用いて試算を行った。輸送時負荷の試算条件を表5に、処理場の位置を表6、廃棄物輸送距離を図5に示す。廃プラスチック、木くず、ガラス及び陶磁器くずが群馬県沼津市に輸送しているため、運搬距離が長いことがわかる。

表5 廃棄物量算出方法と輸送時負荷の試算条件

項目	内容	
廃棄物量算出方法	体積(m <sup>3</sup> )	解体作業マニフェストからそれぞれの廃棄物別に体積を試算。
	質量(t)	上記で算出した体積に産業廃棄物種類別重量換算係数を掛けて算出を行う。
輸送距離の設定方法	10トントラックにより工学院大学八王子キャンパス(東京都八王子市中野町)から各中間処理場まで輸送した片道距離をGIS(インクリメントP社ルート検索)を用いて、非高速道路・最短距離の条件で試算。	
環境負荷の算定方法	トラック輸送(改良トンキロ法) 輸送重量と輸送距離の積による輸送トンキロ値を求め、改良トンキロ法燃料使用原単位(表6参照)、二酸化炭素排出係数(軽油:2.62t-CO <sub>2</sub> /kℓ)により算出	

表6 輸送トンキロ当たりの燃料使用量と廃棄物処理場の位置

最大積載荷重(kg)	輸送トンキロ当たり燃料使用量(ℓ/t・km)		
	20%	80%	100%
6000~7999	0.17	0.0551	0.0459
8000~9999	0.144	0.0467	0.039
10000~11999	0.126	0.041	0.0342
12000~16999	0.105	0.0342	0.0285

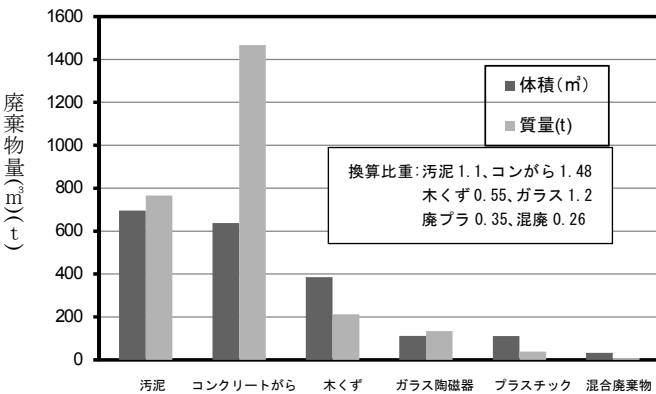
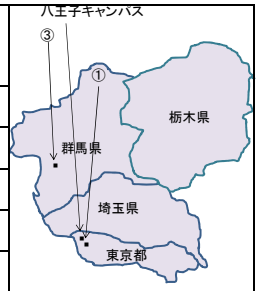


図4 解体段階廃棄物量

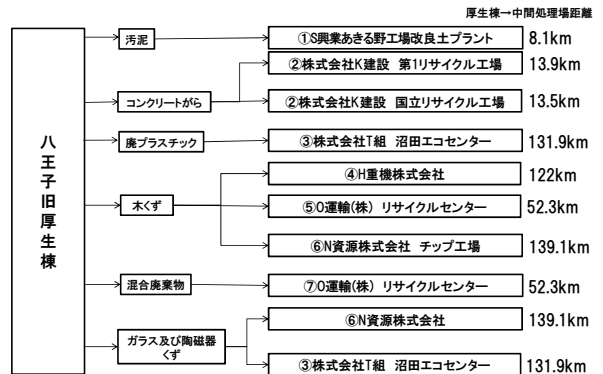


図5 解体廃棄物材別輸送場所・輸送距離



表 6 輸送時の廃棄物別環境影響計算結果

廃棄物名	中間処理場・廃棄場名	廃棄物量 (t)	距離 (km)	輸送回数 (回)	総トン・キロ値 (t・km)	輸送時総CO <sub>2</sub> 排出量(t-CO <sub>2</sub> )
汚泥	S 興業あきるの工場 改良土プラント	765.6	8.1	116	719316	64.457
コンクリートがら	株式会社 K 建設 第1リサイクル工場	1451.9	13.9	64	1291584	115.731
	株式会社 K 建設 国立リサイクル工場	14.38	13.5	7	1358	0.122
廃プラスチック	株式会社 T 組 沼田エコセンター	38.85	131.9	13	66612	7.156
木くず	H 重機株式会社	189.75	122	11	2541	84.063
	O 運輸(株) リサイクルセンター	1.38	52.3	1	72	0.024
	N 資源株式会社 チップ工場	20.9	139.1	4	11628	3.839
混合廃棄物	O 運輸(株) リサイクルセンター	8.58	52.3	4	1796	0.161
ガラスくず及び 陶磁器くず	N 資源株式会社	0.11	139.1	1	15	0.0014
	株式会社 T 組 沼田エコセンター	134.4	135	9	1063296	14.632

### 2.2.4 旧厚生棟・排水処理施設解体廃棄物輸送時環境負荷評価

廃棄物を運送する際の CO<sub>2</sub>排出量はトラック・アームローラー車の運搬回数と処分場までの輸送距離があることで CO<sub>2</sub>排出量 CO<sub>2</sub> カルク 燃費法より求めることができる<sup>4)</sup>。また産業廃棄物種類別重量換算係数<sup>5)</sup>より体積から質量に変換を行いトンキロ値・CO<sub>2</sub>排出量を出した。表 6 に輸送時の廃棄物別環境影響計算結果を示す。この回数と図 4 の輸送距離より廃棄物別運送時の CO<sub>2</sub>排出量を図 5 に示す。さらに各種エネルギー係数<sup>6)</sup>(10t トラック軽油 Sox=9.41・e<sup>-5</sup>、NOx=9.14・e<sup>-4</sup>、PM=7.68・e<sup>-5</sup>)を掛けた、SOx・NOx・ばいじん排出量をそれぞれ図 6 に示す。このグラフからコンクリートがら・木くずの運搬時に CO<sub>2</sub>排出等の環境負荷が多いことがわかる。このことから、できるだけ大きなトラックを使い、輸送回数を減らすことで CO<sub>2</sub>排出量等を抑えることができることがわかる。

### 2.3 震災時のがれき処理ルート検討結果(研究 3)

解体作業工程図を震災時のがれきルートに置き換えると図 7 のようになる。震災時のがれき処理の場合、解体作業のような分別作業が難しい為、混合廃棄物の量が多くなることが考えられる。また、再資源化よりも廃棄物として処分することが多くなることが考えられる。

### 3. まとめ

- 被災地のコンクリート・瓦等は混ぜて廃棄したため、今後再利用方法の検討が課題として残っており、これが首都直下地震発生時に同じことが起こると予想される。
- 今回の解体作業では廃棄物量はコンクリートがら、汚泥が多かった。輸送距離では廃プラスチック・木くず・ガラスくず及び陶磁器くずが長い。コンクリートがら・木くずの輸送時CO<sub>2</sub>排出量が多い。汚泥は木くず等に比べ廃棄物量が多いが、一度にたくさんの量をトラックに積むことができる為、CO<sub>2</sub>排出量が抑えられている。
- 10t トラックを使用しているが、大きなトラックを使うことにより輸送回数を減らし、CO<sub>2</sub>排出量等を減らすことができる。

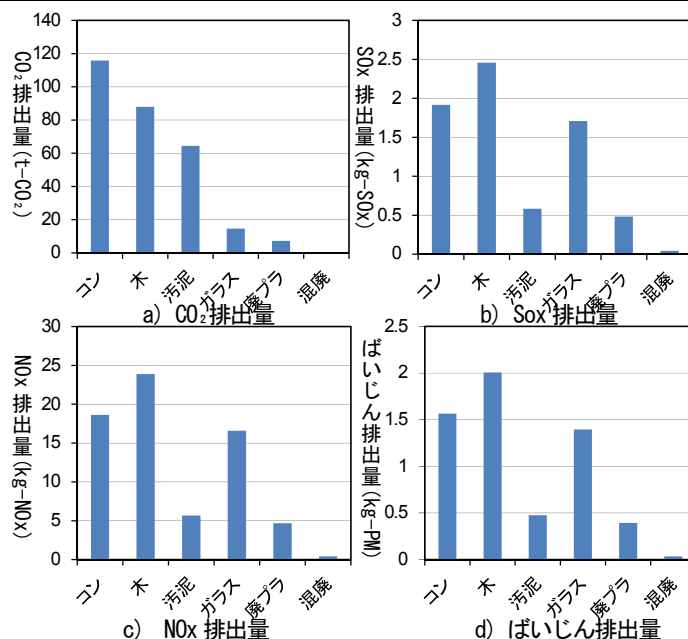


図 6 廃棄物運搬時の環境負荷量

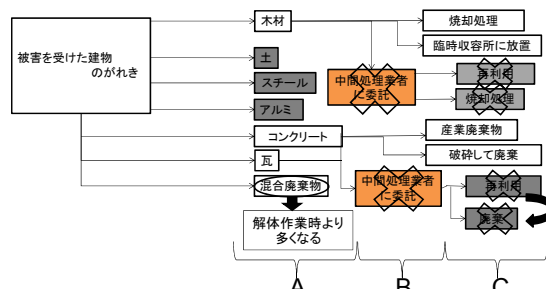


図 7 震災時のがれき処理ルート想定図

### 謝辞

本研究にあたり、大成建設(株)東京支店 原 史彦様に助力を得た。また、本研究は、科研費(若手 A)都市震災・早期復興に資する震災廃棄物期限材料の高度利活用研究(代表:田村雅紀)、工学院大学 UDM・PJ 研究費の一部による。

### 参考文献

- 内閣府首都直下地震対策：首都直下地震対策の概要，2007
- 朝日新聞データベース：地震発生確率高まる可能性記事，2011.6.10
- 朝日新聞データベース：記事，2011.3.24
- 環境省公表資料：CO<sub>2</sub>排出量計算機-CO<sub>2</sub>カルク 燃費法使用トラック(軽油)用車両単位
- 国立環境研究所：災害廃棄物の重量容積変換について(第一報)2011.4.1
- 土木学会：コンクリートの環境負荷影響(その 2)，P39

