

南海トラフ巨大地震の発生予測による災害廃棄物処理の 物流ネットワークに関する研究

日大生産工(院) ○齊藤 伊智朗 日大生産工 宮崎 隆昌 日大生産工(研究員) 宮原 俊介
東京美装興業(株) 古橋 秀夫 日大生産工 中澤 公伯

1. 背景と目的

本研究は、南海トラフ巨大地震により、膨大な量の発生が予測される災害廃棄物の物流ネットワークの分析と、各ヤード^{注1)}の立地について検証したものである。

我が国は2011年3月11日に発生した東日本大震災の被害により膨大な災害廃棄物を発生させた。この発生した災害廃棄物は約3年を経て、処理・処分の終息を向かえると予測されているが、処理・処分に膨大な時間を費やすこととなった。NPO 法人建設政策研究所の「災害廃棄物(ガレキ) 処理に関する見解と提言」¹⁾による「提言2」では、処理プロセスにおいてストックヤード^{注2)}に関して設置数や配置にも原因があることを示唆している。

このような示唆より、今後起こり得る大災害によって発生が予測される災害廃棄物の処理を円滑にする為にも物流ネットワークの明確化と、各ヤードの立地の最適化を図ることが重要であるといえる。

そこで本研究は、東日本大震災より更に大きな被害が予測される、南海トラフ巨大地震によって発生する災害廃棄物を、CFD (Computer Fluid Dynamics) の一種である格子ボルツマン法を参考とし²⁾³⁾、数値的に分析するとともに、各ヤードの物流と立地について検証することを目的としている。

2. 研究方法

2-1. 研究対象領域と現状の災害廃棄物処理プロセス

研究対象領域は南海トラフ巨大地震による大きな被害が予測される静岡県磐田市とする。

東日本大震災により甚大な被害を被った宮城県石巻市は平成17年度、人口数(167,324)・世帯数

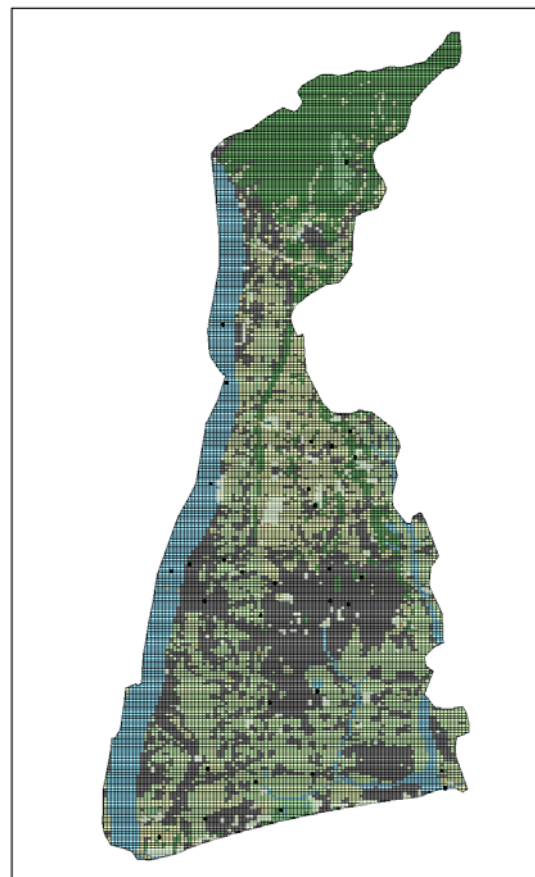


図1 磐田市における3次メッシュ

(56,857)⁴⁾であり、磐田市は平成17年度、人口数(170,899)・世帯数(57,918)⁵⁾と近似値である。また国土交通省が提供している国土数値情報の土地利用メッシュ⁶⁾のカテゴリー(建物用地)の総数が石巻市は5038メッシュに対し、磐田市の3次メッシュ(図1)からは4491メッシュ抽出され、近似しているため、石巻市の災害廃棄物処理工程にヒントを得て解析を行っている。

石巻市における災害廃棄物の静脈物流システ

A Study on Logistic Network of Disaster Waste Disposal by the Occurrence Prediction
of Nankai Trough Earthquake

Ichiro SAITO, Takamasa MIYAZAKI, Shunsuke MIYAHARA, Hideo FURUHASHI, and
Kiminori NAKAZAWA

表 1 SY の選定情報（石巻市）

市町村	No.		震災前の利用状況	補足説明
石巻市	Y1	市女商高校校庭(石巻市遠波字浜管根山1番地)	学 校	被災し機能喪失
	Y2	雄勝海洋センター前芝生広場(石巻市雄勝町雄勝字船戸明神17番地)	運動施設	被災し機能喪失
	Y3	雄勝町民グラウンド(石巻市雄勝町雄勝字寺24番地)	グラウンド	被災し機能喪失
	Y4	雄勝保育所(石巻市雄勝大字雄勝字寺85番地)	保育所	被災し機能喪失
	Y5	長浜(石巻市魚町3丁目9番地)	公 園	被災し機能喪失
	Y6	雲雀野グラウンド(石巻市雲雀野長1丁目)	公 園	被災し機能喪失
	Y7	魚町西公園(石巻市魚町1丁目3番地)	公 園	被災し機能喪失
	Y8	北上水辺センター(石巻市北上町橋浦字南釜谷崎地内)	公 園	被災し機能喪失
	Y9	石巻市南境字大坪	公園予定地(未使用)	
	Y10	山鳥駐車場(石巻市鮎川浜駒ヶ峯地内)	駐車場	
	Y11	にっこりサンパーク第1(石巻市北上町十三浜字小田地内)	土取り場	
	Y12	にっこりサンパーク第2(石巻市北上町十三浜字小田地内)	森 林	
	Y13	谷川県水産公社跡地(石巻市谷川浜前田地内)	水産試験場	被災し機能喪失
	Y14	表浜漁港(石巻市給分浜後山山地内)	漁 港	被災し機能喪失
	Y15	工業港南浜埠頭(石巻市潮見町)	埠頭(未使用)企業誘致用	被災し機能喪失
	Y16	工業港雲雀野埠頭(石巻市雲雀野町2丁目)	埠頭(未使用)企業誘致用	被災し機能喪失
	Y17	旧龍ノ口最終処分場跡地(石巻市前谷地字龍ノ口山27番地)	未使用(旧衛生処理場)	
	Y18	桃生 西嶺(石巻市桃生町城内字西嶺52番地2)	未使用(遊休地)	
	Y19	旧河北地区衛生センター跡地(石巻市成田字成沢18番地1)	未使用(河川敷)	
	Y20	御所入(石巻市湊字御所入山)	未使用(旧砕石場)	
	Y21	不動沢(石巻市湊字葛和田山)	未使用(旧砕石場)	
	Y22	川口町(石巻市川口町3丁目1番地)	未使用(遊休地)	被災し機能喪失
	Y23	清崎(石巻市十八成浜清崎山地内)	未使用(遊休地)	
	Y24	桃生 カントリー邸(石巻市桃生町太田字新小塚1番地1)	震災廃棄物置場	

表 2 SY の選定情報（磐田市）

市町村	No.		利用状況
磐田市	Y1	向陽中学校	学校
	Y2	豊田国際カントリークラブ	ゴルフ場
	Y3	磐田南小学校	学校
	Y4	つつじ公園	公園
	Y5	稲田西部グラウンド	グラウンド
	Y6	磐田市立南公民館グラウンド	グラウンド
	Y7	磐田城山球場	グラウンド
	Y8	稲田豊浜グラウンド	グラウンド
	Y9	浜松シーサイドゴルフクラブ	ゴルフ場
	Y10	稲田漁港	漁港
	Y11	安久路公園	公園
	Y12	磐田スポーツ交流の里ゆめりあ	グラウンド
	Y13	かぶと塚グラウンド	グラウンド
	Y14	電洋東小学校	学校
	Y15	豊田中学校	学校
	Y16	静岡県立磐田西高校	学校
	Y17	豊岡天竜川グラウンド3	グラウンド
	Y18	豊田加茂グラウンド	グラウンド
	Y19	電洋海洋公園	公園
	Y20	電洋スポーツ公園サッカー場	グラウンド
	Y21	電洋昆虫自然観察公園	公園
	Y22	豊岡天竜川グラウンド1	グラウンド
	Y23	豊岡天竜川グラウンド2	グラウンド

ムは、災害廃棄物の発生現場から、一次仮置場に集められ、災害廃棄物の選別作業を行い再資源化または、最終処分等に選別される。二次仮置場においては、選別された災害廃棄物ごとに破碎、焼却等の処理が施される。このプロセスで細分化された災害廃棄物は、中間処理場等を経て再資源化施設、最終処分場へ輸送される。このような物流のネットワーク形成がなされている。

2-2. 計算空間の設定

石巻市における災害廃棄物の静脈物流システムを基に、3 次メッシュ 1/10 細分区画（約 100m メッシュ・総数 16,016）を 4 レイヤー（16,016 × 4 = 42,464 メッシュ）作成した。

レイヤー1 においては、一般的に地震または津波によって倒壊または使用不能となることが予測される建築物を、メッシュによって微細に表現しているレイヤーである。災害廃棄物に成り得る建物用地メッシュは、国土交通省の数値情報より算出しており、建物用地メッシュの総数は 4,491 メッシュ存在している。

レイヤー2 においては、ストックヤード（SY）の選定を行った上で位置情報を入力し、メッシュ化を行ったものであり、ストックヤードの選定においては、石巻市を事例としている。石巻市（石巻ブロック）のストックヤードは、24 ヶ所存在し、それらの被災前の用途と選定理由は表 1 の通りである。選定理由に着目すると、主に「グラウンド・田畑など開けたスペース」「公有地」の 2 パターンの特性が抽出できる。本研究では、「開けたスペースであるグラウンド・ゴルフ場・公園又は漁港」「公有地」と、2 つのキーワードと、石巻市の津波被害による建築物の損害事例と重

ね合わせながら考察すると、地震による建築物の損害の他、津波による倒壊や浸水など甚大な被害が予測されるため、ストックヤードの配置数は、土地利用による建物用地密集区域周辺≧津波被害予測区域＞内陸部と選定を行っている（表 2）。

レイヤー3 では、中間処理施設の位置情報をまとめており、全 6 施設となっている。施設の配置特性として、内陸部の山側・川側に立地している。また、1 施設は沿岸部に位置しており、明らかに津波による浸水被害が予測されるため、本研究では対象外とした。

レイヤー4 においては、最終処分場の位置情報をまとめており、磐田市内に全 3 施設存在している。そのうち 1 施設は、中間処理も行っているため、レイヤー3 の施設数に 1 加算している。なおレイヤー3・レイヤー4 における各業者は、静岡県産業廃棄物協会⁷⁾の加盟業者を参考としており、本研究は、がれき類の修理能力がある施設のみを対象とした。

3. 災害廃棄物処理プロセス

災害廃棄物の広域処理を最小限に抑え、地域内で円滑に処理するためには、各施設との輸送プロセス（距離）と災害廃棄物のストック量、各処理施設の処理量の均一化を可能にすることが重要だと言える。

3-1. 輸送経路の最適化

輸送経路の最適化は、輸送費を最小限に抑え、輸送時間を最小にするという仮定に基づくならば、災害廃棄物の流れは、磐田市の場合図 2 のようなトポロジーに一致すると考えられる。

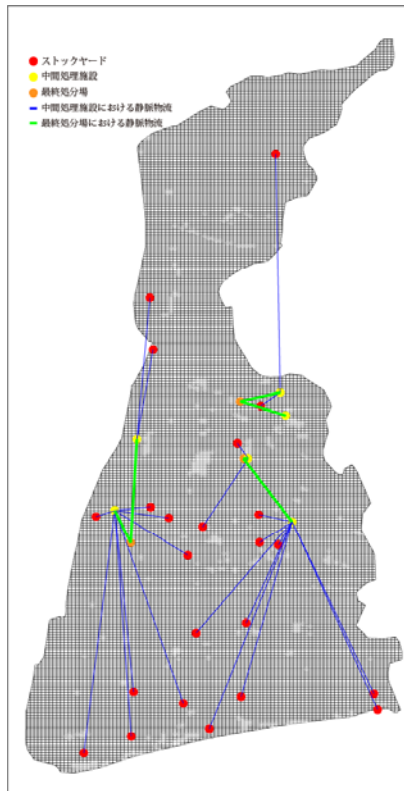


図2 予測災害廃棄物の物流ネットワーク

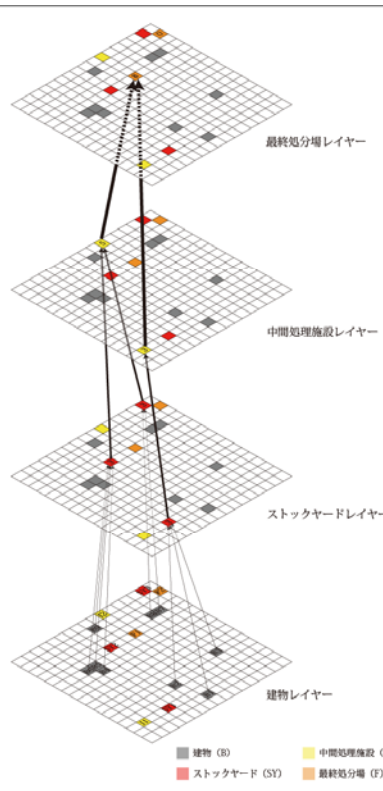


図3 各レイヤーのQDW値算定方法

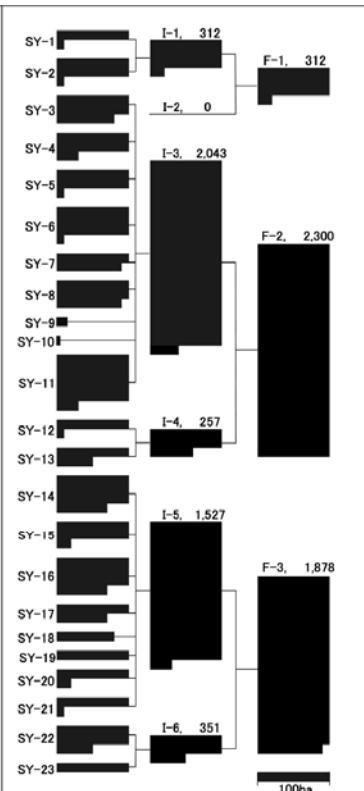


図4 各レイヤーのQDW値

3-2. 各レイヤーの災害廃棄物の流れ

各レイヤーが管轄する災害廃棄物(がれき類)量を建物用地面積(=災害廃棄物発生予想面積,以下QDW(Quantities of Disaster Waste)値とする)から求める。

例えば,図3のような矩形領域において,建物用地(B):9,ストックヤード(SY):3,中間処理施設(I):2,最終処分場(F):2を含む空間を考える。建物レイヤー,ストックヤードレイヤー,中間処理施設レイヤー,最終処分場レイヤー,の4レイヤーに分割し,各レイヤーごとに順を追って検証していく。

まず建物用地とストックヤードの関係は,B1,B2,B3の最近隣ストックヤードはSY1であるから,SY1が管轄するQDW値は $+1+1+1=3$ となる。同様にSY2は $+1+1+1=3$,SY3は $+1+1=2$ となる。

次にストックヤードと中間処理施設の関係を見ると,I1はSY1の最近隣中間処理施設であり,他のストックヤードを管轄しないため,管轄する災害廃棄物発生予測量=3となる。同様にI2は,SY2,SY3を管轄するため $+3+2=5$ となる。

最後に中間処理施設と最終処分場を考えると,F1はI1,I2を管轄するため, $+5+3=8$ となる。またF2は管轄する中間処理施設は存在しないため,QDW値は0となる。

このように対象メッシュに各レイヤーで順を追って数値を加算する手法は,格子ボルツマン法における併進する粒子運動モデルを参考としている。

3-3. 各レイヤーの災害廃棄物管轄量

図4は,災害廃棄物発生現場～ストックヤード～中間処理施設～最終処分場のトポロジーと,各ヤードが管轄するQDW値を図示したものである。

各ストックヤードが管轄するQDW値の平均は195haとなったが,最小値と最高値との差は525haとなり,均一が取れていないことがわかる。

次に各中間処理施設においては,平均値は約750haとなっており,明らかにI3,I5において飽和状態に陥ることがわかる。また,中間処理施設において,1施設は管轄するストックヤードが存在しないのは,中間処理施設が内陸部に集積し,他施設との近接化によるものと推測できる。

最後に最終処分場においては,各施設とも2つの中間処理場からの災害廃棄物を請け負うことを示しており,管轄数に関しては均一化が取れるが,平均値は約1500haとなっており,F1が大幅に下回っている。これは,F1の管轄する中間処理施設I2のQDW値が0haになっているからだとと言える。

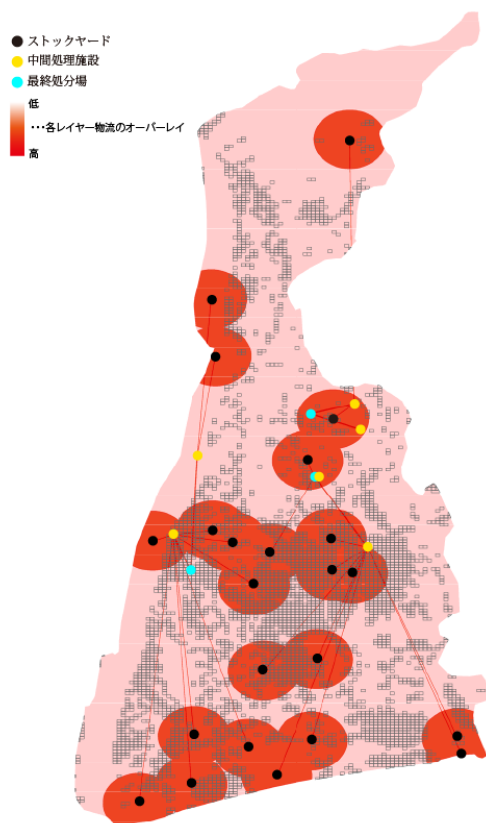


図5 予測物流ネットワークのオーバーレイ

3-3. 災害廃棄物発生予測面積と物流ネットワークの関係

災害廃棄物の物流ネットワークに成り得る範囲は、ストックヤードレイヤーでは、各ストックヤードが広範囲かつ QDW 値を多く管轄するため、少なくとも半径 1km 圏内は含まれると言える。また、中間処理施設・最終処分場の物流は図4を参考とし、これらの各ヤードの予測物流ネットワーク範囲をオーバーレイにより、より物流の活発な範囲は図5のようになった。

4. まとめ

以上より、本研究は、宮城県石巻市の東日本大震災により発生した災害廃棄物の処理プロセスを事例として、南海トラフ巨大地震により発生が予測される災害廃棄物の処理・処分を円滑に行うべく災害廃棄物の発生量を数値的に分析するとともに、各ヤードへの物流ネットワークと立地について検証し、基礎資料としてまとめた。予測される災害廃棄物発生量は 4,490ha となり、石巻を事例としたストックヤードの選定を行い、災害廃棄物発生予測面積～ストックヤード～中間処理施設～最終処分場と順を追って解析を行

うと、各レイヤーにおいて管轄する災害廃棄物量に偏りが見られた。その要因としてストックヤードに対しての中間処理施設・最終処分場の少なさ、中間処理施設・最終処分場の密集・近隣化が挙げられる。また、各レイヤーの物流ネットワークの観点からは、磐田市中央部が物流の活発な範囲と読み取れ、この範囲においては、各処理場が集積し、能力としては高くなることが予測されるが、輸送プロセスにおいては中央部に輸送する際、多くの QDW 値メッシュを通過していることも読み取れる。QDW 値メッシュ上は、災害時に倒壊の可能性があるため、従って物流基盤の損傷も予測される。

これらの結果から、各レイヤーのヤード数の増設と配置の変更が考えられるが、ヤード数の増加に関して言えば、中間処理施設・最終処分場は、NIMBY (Not In My Back Yard) ^{注3)}の背景もあり、ストックヤードにおいてもこの傾向が少なからず有るといえる。従って各レイヤーのヤード数の増設という解決方法は適切ではないといえる。

今後の課題として、ストックヤードの減少化と仮置き期間の短縮化を図るため、高いポテンシャルを持った高ストックヤード（高集積・早期撤退）のメカニズムを増設ではなく物流や立地の観点から検証を行いたい。

【注釈】

- 1) 各ヤード
各レイヤーに存在する施設（中間処理施設・最終処分場・ストックヤード）を指す
- 2) スtockヤード
災害廃棄物の一時的な集積場である仮置場を指す
- 3) NIMBY
住民が施設の重要性は理解しつつも近隣立地に反発する傾向がある施設

【参考文献】

- 1) NPO 法人建設政策研究所、大震災復興政策プロジェクト、生活・経営支援・防災計画部会：災害廃棄物（ガレキ）処理に関する見解と提言、<http://homepage2.nifty.com/kenseiken/sinsai/opinion/seikatsu.1st.op.suggestion.pdf>, 2011
- 2) 葛原道久ほか：格子気体法・格子ボルツマン法、コロナ社、1990
- 3) 中澤公伯ほか：建設副産物の流通と処理施設立地に関する数理的考察、日本建築学会第31回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.25-30, 2008
- 4) 石巻市、石巻市公営住宅ストック総合活用計画：公営住宅需要の把握 pp.12, <https://www.city.ishinomaki.lg.jp/cont/10503500/50772.pdf>
- 5) 磐田市、都市計画マスタープラン全体構想：1 都市づくりの主要課題、2 都市づくりの基本理念、目標とする都市像、pp.10, <http://www.city.iwata.shizuoka.jp/keikaku/pdf/toshikeikaku/05.pdf>
- 6) 国土交通省、国土地理院：国土数値情報ダウンロードサービス
- 7) 公益社会法人静岡県産業廃棄物協会：業者検索、<http://www.shizuoka-sa.npai.or.jp/cgi-bin/member/search.cgi>