

図3 磐田市における3次メッシュ

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砕、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(図3)。

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カ

表1 SYの選定情報(石巻市)

No.	震災前の利用状況	補足説明
Y1	市女商高校校庭(石巻市津波字浜菅根山1番地)	学校
Y2	雄勝海洋センター前芝生広場(石巻市雄勝町雄勝宇船戸明神17番地)	運動施設
Y3	雄勝町民グラウンド(石巻市雄勝町雄勝宇等24番地)	グラウンド
Y4	雄勝保育園(石巻市雄勝大字雄勝宇等85番地)	保育所
Y5	長浜(石巻市魚町3丁目9番地)	公園
Y6	雲雀野グラウンド(石巻市雲雀野長1丁目)	公園
Y7	魚町西公園(石巻市魚町1丁目3番地)	公園
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
Y9	石巻市南境字大坪	公園予定地(未使用)
Y10	山鳥駐車場(石巻市鮎川浜野ヶ峯地内)	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	谷川康永堂公社跡地(石巻市谷川浜前地内)	水産試験場
Y14	浜島漁港(石巻市総分浜後山山地内)	漁港
Y15	工業港南浜埠頭(石巻市潮見町)	埠頭(未使用)企業誘致用
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
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 西園(石巻市桃生町城内字西園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(石巻市湊字裏和山)	未使用(旧砕石場)
Y22	川口町(石巻市川口町1丁目1番地)	未使用(遊休地)
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(磐田市)



図4 SYの配置(磐田市)

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

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(図4、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、

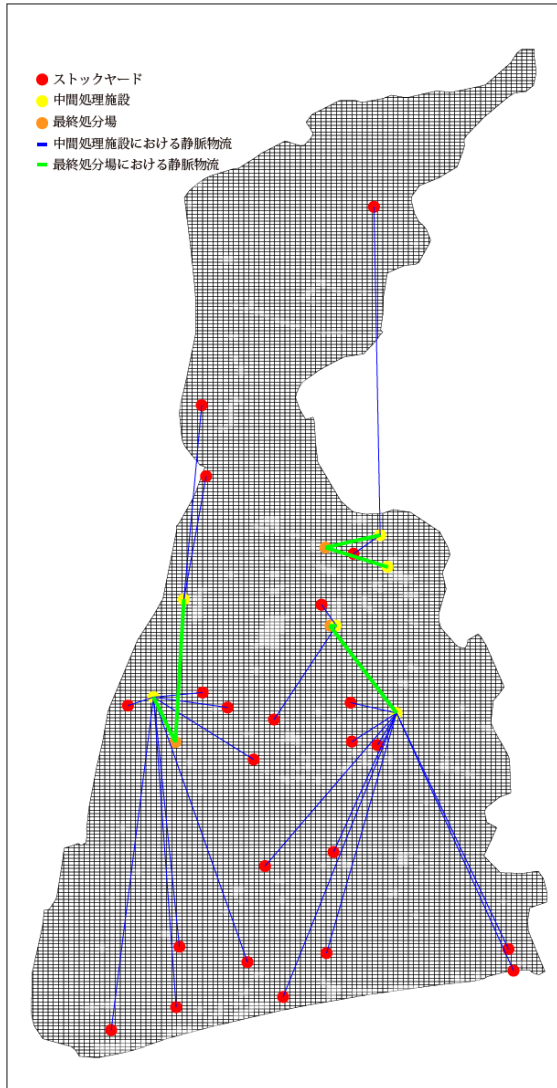


図5 予測災害廃棄物の静脈物流

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図5のようなトポロジーに一致すると考えられる。

3-2. 各レイヤーの災害廃棄物管轄量

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）から求める。

例えば、図6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、

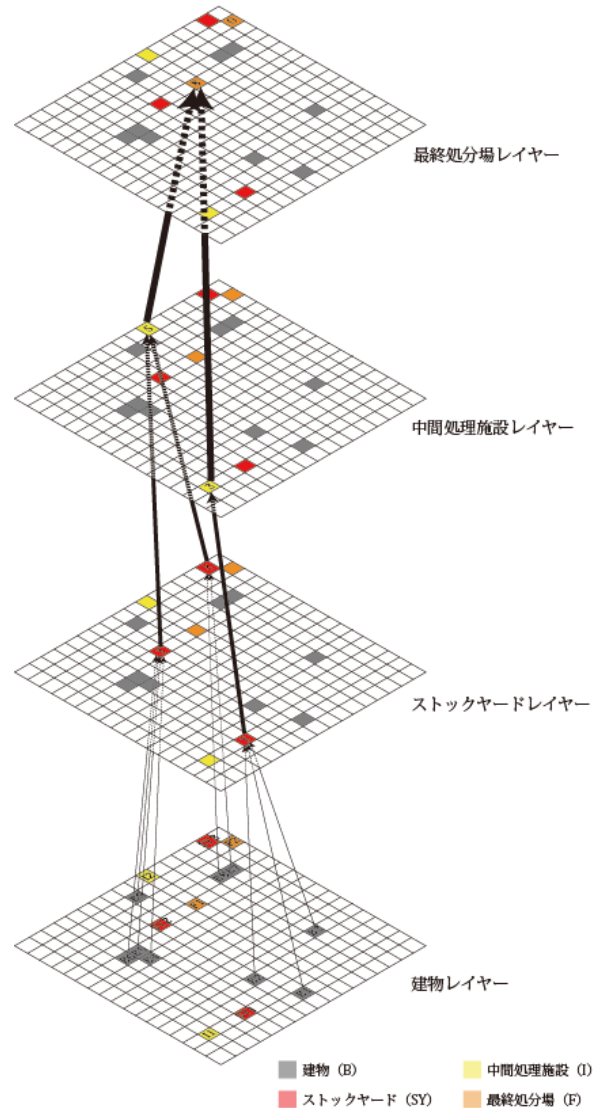


図6 各レイヤーが管轄する予測災害廃棄物量

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が管轄する災害廃棄物発生予測量は $+1+1+1=3$ 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考えて、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、災害廃棄物発生予測量の指数は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。

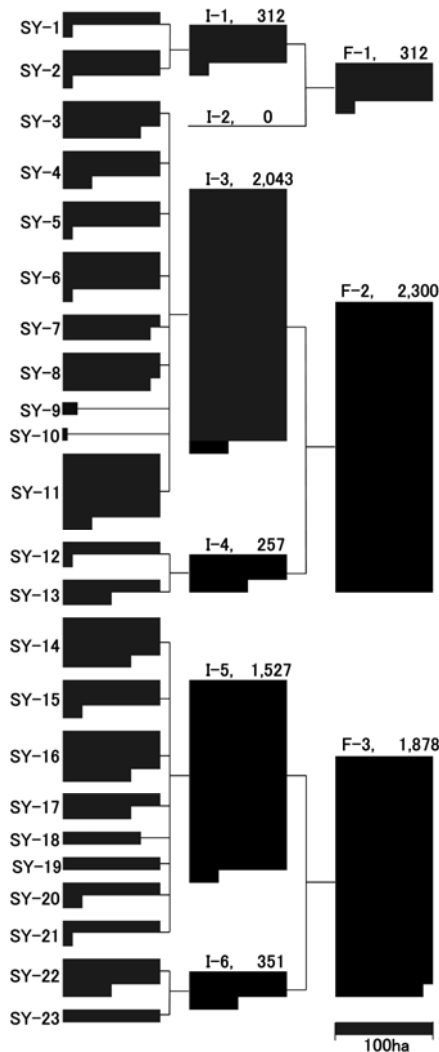


図7 各レイヤーの災害廃棄物発生予測面積

3-2. 各レイヤーの災害廃棄物ストック量

図7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災害廃棄物発生予測面積を明示したものである。

各ストックヤードが管轄する災害廃棄物量の平均は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、I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のI2の災害廃棄物が0haになっているからだと言える。

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用ストックヤード最適化の基礎資料としてまとめた。

磐田市の災害廃棄物発生予測面積は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。

各レイヤーの輸送プロセスと管轄量の均一化し、最適化するためには、中間処理施設・最終処分場の視点から考察すると、数を増やす、又は配置を分散し、密集を防ぐ、が考えられる。また、ストックヤードの視点から考えると、公有地のみに焦点を置かず、私有地ではあるが事前に所有者の理解を得、田畑等の開けたスペースの活用を検討を行うことが考えられる。

最後に、今後の我が国において、発生し得る大災害による災害廃棄物の効率的かつ安全な地域内処理・処分プロセスの一つの指標とし、被災後の早急な復興を可能にするための一助となる資料として提供する。

【謝辞】

本論文をまとめるにあたり、快く資料提供して頂きました石巻市、磐田市役所関係各位に厚く御礼申し上げます。

【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/10503500/5077/2.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-sanpai.or.jp/cgi-bin/member/search.cgi>

- *1 日本大学大学院生産工学研究科 大学院生
- *2 日本大学生産工学部建築工学科 教授・工学博士
- *3 日本大学生産工学部 客員研究員・博士(工学)
- *4 東京美装興業株式会社 技術顧問
- *5 日本大学生産工学部創生デザイン学科 准教授・博士(工学)