ISSN 2186-5647

4-58

建設副産物静脈物流における処理施設の最適化に関する研究

日大生産工（院）　○宮原　俊介　日大生産工　　中澤　公伯
日大生産工　　宮崎　隆昌

1.背景と目的

今日における，わが国の建築物は，物理的な耐用年数より前に，社会的なニーズに合わないなどの理由で取り壊されるケースが多く，首都圏のオフィスビルの約 3 分の 1 が旧耐震基準による建物と推定され，危険なものは耐震補強や建て替えを誘導する仕組みが求められている。[1)]

このような背景より，今後，更新が行われる際には，多量の建設副産物の発生が懸念されることから，従来型の「スクラップ＆ビルド」から「ストック＆メンテナンス」へ社会構造の転換が求められる。また，東日本大震災における災害で生じた多量の建設副産物の発生の処理も，わが国の災害復興に対しての重大な課題であり，喫緊の対策が求められている。

宮崎らは既往研究 [2),3),4)] において，建設副産物の物流経路に着目し，これまでに首都圏を対象に建設副産物排出状況を微小単位で推定することで，建設副産物排出量と中間処理施設の経済的・環境項目で評価を行ってきたが，分析のベースとした国土地理院・細密数値情報は，最終処分場が立地する地域をカバーしていないために，地理的分析における対象が発生現場と中間処理施設に限られており，追加調査分析が必要であった。

そこで本研究では，日本全国で整備されている国土交通省・国土数値情報 3 次メッシュ 1/10 細分区画データと GIS を用いて，建設副産物発生から中間処理施設，最終処分場までを視野に入れた最適な静脈物流システムの解明を試み，千葉県における建設副産物静脈物流の最適な静脈物流解析を試みたものである。

2.研究方法

2-1.研究対象領域

静脈物流モデルを形成する対象領域は，国土交通省発行の国土数値情報（土地利用）より千葉県に該当する領域とした。3 次メッシュ 1/10 細分区画（100m メッシュ）の 11 カテゴリーから構成されており，本領域の総メッシュ数は 80 万メッシュとする。これらは，発生現場，中間処理施設，また最終処分場が立地する郊外をカバーしているため，地域分析のシュミレーションとして適当であると考えた。

2-2.建設副産物処理施設の対象選定基準

千葉県産業廃棄物協会に登録されており，建設リサイクル法に基づく指定建設副産物であるコンクリート塊，アスファルト塊を扱う中間処理施設 70 施設，最終処分場 15 施設とし，アドレス情報を東京大学空間情報科学研究センターが提供の「CSV アドレスマッチングサービス」より緯度経度情報に変換することで処理施設の位置データを取得した。

3.建設副産物静脈物流システム

3-1.建設副産物の発生

建設副産物は，発生現場から中間処理施設に運ばれ，中間処理を受け入れた後に最終処分場に運搬される。そこで，国土数値情報・土地利用分類「建物用地」から発生すると仮定として，本研究における対象領域から 84335 ha が建設副産物発生現場となる可能性のある面積となる。

3-2.最適な静脈物流の提案

処理施設の最適化における考察は，過去にも挙げられ，中澤・河合ら [3),5)] の「既存施設による効率的利用からの静脈物流最適化」はされてきていたが，現状を考慮した上での提案はなされてこなかった為，実現性に欠けていた。

宮崎らは，実際の解体業者によるマニフェスト伝票の情報から得られた静脈物流の形成原因 [4)] や業者間アンケートを通じた建設副産物の受け入れ側の視点における発生地域の特定 [6)] より，現状の静脈物流は，中間処理施設が立地している地域，または，その近隣地域

A Study on Optimization of the Intermediary Disposal Facilities in Reverse Logistics of Construction Byproducts

Shunsuke MIYAHARA, Takamasa MIYAZAKI and Kiminori NAKAZAWA

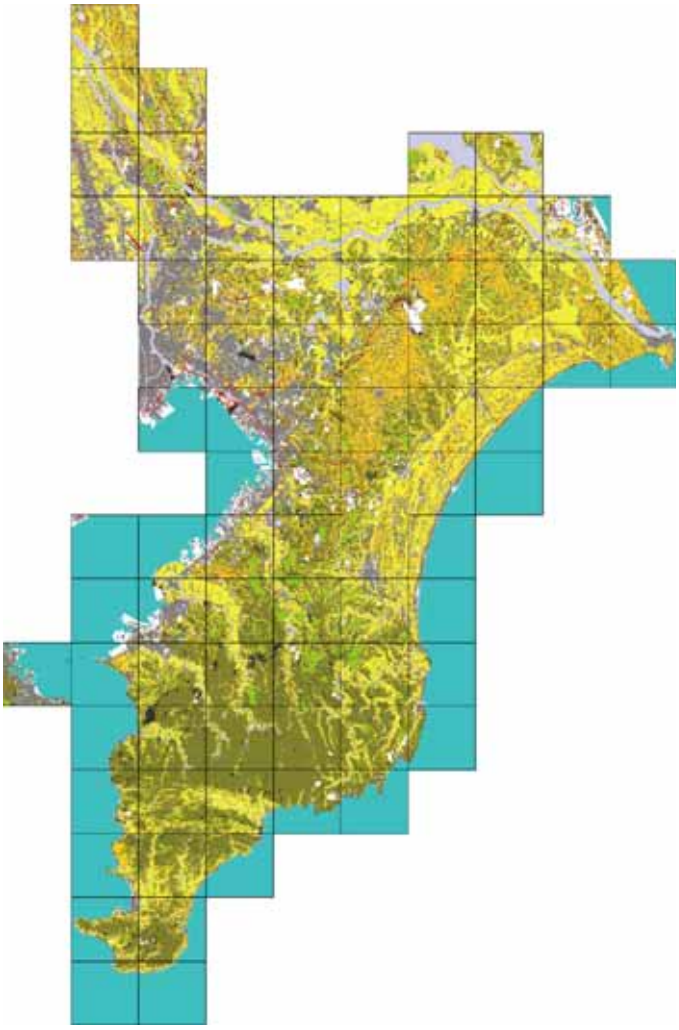
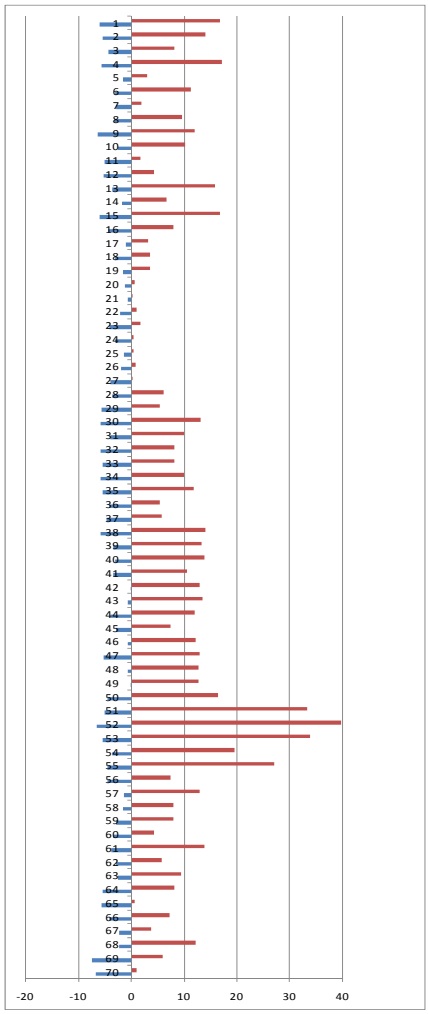


図 1　概要対象図



排出現場←・・●・・・・→最終処分場

図 2　中間処理施設を基準とする距離関係図

からによるものが多数を占めている現象と運搬処理業者は輸送費が最小になるように，比較的現場に近接する中間処理施設，最終処分場に運ばれる物流経路を選択する傾向がみられる事を明らかにした。

そこで，運搬処理業者が近距離の処理施設を選ぶ選択条件をもとに定義化し，現場で発生した建設副産物が，最近隣にある中間処理施設に運ばれ中間処理を施され，再び最近隣にある最終処分場に輸送される仮定を提案する。これは，運搬処理業者による最適な静脈物流を構成するための選択決定要因として検討できると考えられる。

4.結果

4-1.現場～中間処理施設間および中間処理施設～最終処分場間の最近隣距離

図 1 は，建物用地（建設副産物発生現場）から最近隣の中間処理施設，中間処理施設から最近隣の最終処分場を示したものである。

ここで，研究対象領域における全建物用地 84,335 箇所の中間処理施設メッシュ最近隣距離の平均値は 3.8km，研究対象領域における全中間処理施設の最終処分場メッシュ最近隣距離の平均値は 9.7km であり，中間処理施設～最終処分場間距離よりも建設副産物発生現場～中間処理施設間距離のほうが 2.6 倍も長い。

また，**図** 2 は，全中間処理施設 70 施設を起点として，発生現場～中間処理施設間距離，中間処理施設～最終処分場間距離を示したものである。発生現場～中間処理施設間距離の決定係数（標準変差／平均値）は 4.0，中間処理施設～最終処分場間距離の決定係数は 6.7 となっており，中間処理施設～最終処分場間距離のバラツキのほうがが大きく，施設間平均距離が最も長かったのは発生現場～No-69 間の 7.6km，中間処理施設～最終処分場では，No-52～F5 間の 39.6km で，最も短距離なのは発生現場～No-42 間の 0.2km ，中間処理施設～最終処分場間では No-27～F5 間の 0.05km で

あった。

4-2.処理施設を最近隣施設とする建物用地面積

上述の通り，長期的，マクロ的には，輸送費が最少になるように，発生現場から発生した建設副産物は最近隣にある中間処理施設，さらに最近隣にある最終処分場に運ばれると考えられる。

ここでは，各中間処理施設を最近隣施設とする建物用途面積，さらに，各最終処分場を最近隣処理施設とする中間処理施設が処理する建築用地の面積を加算して，各処理施設が「管轄する」建物用地面積（＝建設副産物発生予想面積，以下 QCB 値とする）を求めると各中間処理施設が「管轄する」QCB 値の平均値は 1,204.8ha，決定係数は 1.1 の結果となった。また,各最終処分場を最近隣施設とする各中間処理施設が持つ QCB 値の合計値＝各最終処分場が管轄する QCB 値の平均値は 5,622.3ha，決定係数は 1.6 となり，最終処分場が管轄する QCB 値のほうが大きい。

最も QCB 値が大きい中間処理施設は，I－50 で 6,895ha からの建設副産物の集積圧力がある。最も QCB 値が小さな中間処理施設は I－39 ,I－41~44, I－47~49 で 0ha となっており，建設副産物の集積圧力が小さく，長期的には非効率な施設なることが予測される。

中間処理施設を経由して最も管轄する QCB 値が大きい最終処分場は F－5 で 24 ヶ所の中間処理施設を経由して 37,317ha から建設副産物の集積圧力があることを示している。一方，最も QCB 値が小さい最終処分場は，F－7,8,10,11,15 の経由なしで，建設副産物発生量は発生しなかった。

5.考察

以上より，千葉県を研究対象領域とした建設副産物処理の最適化に対しては，二つのアプローチを考えることができる。

ひとつは，4-2.で求めた建設副産物の集積圧力に対して，それぞれの処理施設の処理能力で最適化するというアプローチと，中間処理施設の配置で最適化するというアプローチである。

5-1.副産物処理量と処理施設処理能力の比較

平成 17 年度の千葉県建設副産物排出量は，合計 271 万 t であり [5]，各処理施設が管轄建物用地面積から，中間処理施設ごとに合計排出量を按分すると，**表** 1 のようになる。また，第 2・第 7 列には処理能力を，第 3 列，第 8 列には処理量を処理能力で除した施設稼働率を示した。求めた施設稼働率の内，稼働率 5%以下のものを*斜体*（I-2～3，I-12，I-16，I-23，I-28，I-31，I-34，I-37，I-48，I-56，I-62，I-64～66，I-69～70），90%以上のものを**太字**（I-22，I-27，I-36，I-39，I-52～53，I-60）で示したが，これら前者は施設能力過大，後者は施設能力不足である。

表 1　中間処理施設ごとの合計排出量

	メッシュ数	処理能力	施設稼働率	主な土地利用		メッシュ数	処理能力	施設稼働率	主な土地利用
I-1	93	758	12%	森林	I-36	35	24	**146%**	農用地
I-2	23	640	*4%*	森林	I-37	22	1,123	*2%*	森林
I-3	13	1,200	*1%*	森林	I-38	16	24	68%	森林
I-4	135	267	51%	建物	I-39	120	120	**100%**	建物
I-5	72	114	63%	農用地	I-40	56	63	89%	海水
I-6	73	823	9%	森林	I-41	143	210	68%	建物
I-7	206	300	69%	建物	I-42	64	524	12%	海水
I-8	132	480	28%	建物	I-43	105	1,600	7%	建物
I-9	38	350	11%	農用地	I-44	87	480	18%	建物
I-10	28	76	37%	森林	I-45	103	480	21%	建物
I-11	26	400	7%	農用地	I-46	80	336	24%	建物
I-12	7	640	*1%*	森林	I-47	80	806	10%	建物
I-13	30	342	9%	農用地	I-48	54	1,444	*4%*	海水
I-14	68	400	17%	森林	I-49	65	86	76%	海水
I-15	93	480	19%	建物	I-50	155	320	48%	建物
I-16	31	800	*4%*	森林	I-51	120	200	60%	建物
I-17	210	360	58%	建物	I-52	41	10	**423%**	農用地
I-18	186	1,720	11%	建物	I-53	134	107	**125%**	建物
I-19	193	480	40%	建物	I-54	92	800	12%	建物
I-20	20	300	7%	その他	I-55	168	320	53%	建物
I-21	144	300	48%	建物	I-56	9	712	*1%*	荒地
I-22	55	10	**573%**	森林	I-57	100	1,160	9%	その他
I-23	25	576	*4%*	森林	I-58	122	360	34%	建物
I-24	184	480	38%	建物	I-59	122	360	34%	建物
I-25	206	360	57%	建物	I-60	121	16	**756%**	建物
I-26	189	1,205	16%	建物	I-61	41	494	8%	農用地
I-27	95	24	**396%**	建物	I-62	30	800	*4%*	海水
I-28	33	4,768	*1%*	森林	I-63	97	33	**292%**	建物
I-29	50	360	14%	農用地	I-64	5	256	*2%*	森林
I-30	54	808	7%	森林	I-65	5	169	*3%*	森林
I-31	15	808	*2%*	森林	I-66	8	960	*1%*	森林
I-32	53	661	8%	森林	I-67	114	404	28%	建物
I-33	46	320	14%	森林	I-68	84	480	18%	田
I-34	17	429	*4%*	森林	I-69	7	250	*3%*	森林
I-35	14	245	6%	農用地	I-70	5	226	*2%*	森林

また，**表** 2 は，中間処理施設でのリサイクル率を全国のコンクリート塊の再資源化率である 98.1%[6]を基準として算定した各最終処分場の年間処分量と，最終処分場面積を示したものである。大半の処分場で余裕があるが，F-5 については，処分量も多く，他の廃棄物の最終受入れ重量を考慮すると，飽和する可能性が高いといえよう。

5-2.中間処理施設の最適配置

中間処理施設の周辺環境は最終処分場と異なり，多様な土地利用となっているとともに，建設副産物発生現場～中間処理施設間距離に

表 2　最終処分場ごとの合計処分量

	メッシュ数	年間処分量(m³)	最終処分場面積(m²)
F-1	12	418,900	33604
F-2	45	7,500,000	167973
F-3	137	331,200	2411
F-4	228	-	-
F-5	384	98,895	257
F-6	40	1,456,020	35978
F-7	-	286,000	-
F-8	-	553,246	-
F-9	32	164,795	5225
F-10	-	1,070,000	-
F-11	-	922,357	-
F-12	130	2,366,607	18184
F-13	3	3,873,031	1132465
F-14	3	2,201,455	827615
F-15	-	143,314	-

は不規則に分布されており，これらを適正化することにより都市環境の向上および建設副産物処理の効率化を図る余地がある。I-4，I-7，I-8，I-15，I-17，I-18，I-19，I-21，I-24，I-25，I-26，I-27，I-39，I-41，I-43，I-44，I-45，I-46，I-47，I-50，I-51，I-53，I-54，I-55，I-58，I-60，I-67 の中間処理施設は周辺 1km で卓越する土地利用が建物用地となっている。比較的少量の建設副産物に対応する中間処理施設は,発生場所の近辺に立地すべきとする考えもあるが，一般的に建物用地への立地は NIMBY の要因 [7), 8)]となりやすい。その一方，I-12，I-56，I-64，I-65，I-66，I-69，I-70 の中間処理施設は逆に建設副産物発生現場から遠すぎると考えられる。

6.まとめ

以上のように，千葉県を事例に建設副産物の発生状況と総体的な物流システムを推定すると,処理能力調査では，市街地に近接している中間処理施設において，処理能力過大施設,能力不足施設が存在していることから，これらを適正な能力で，適正な位置に是正する余地がある。

これらより，GIS で示した運搬距離の環境指標と既往研究で議論した廃棄物運搬時による環境指標を環境省の「地球温暖化対策の推進に関する法律」[9)] に定義されているガソリン１ℓ 当たり消費の CO_2 排出量 2.32kg を用いて比較すると本研究における排出量が 6.3kg であり，既往研究 [4)]の排出量が千葉市・市原市エリアで 15.1kg，京葉・東葛エリアで 28.8kg,であることから CO_2 排出量比は最大 22.5kg の削減となり，環境的視野で算出された環境指標よりも更なる運搬時の CO_2 排出量の削減が見込めると考えられる。

また，最終処分場においては，近年，中間処理施設における再資源化率の向上より，今回対象としていない東京都をはじめとした近隣他都県からの搬入に配慮したとしても，最終処分場には余裕があることが推測できる。しかし，現在，大都市圏域の産業廃棄物最終処分場の残余容量は 7.2 年と推定されており [10)]，また最終処分における産業廃棄物は土壌に永久に残り，土壌汚染の防止する遮水シートの老朽化による損傷の懸念も考慮すると，最終処分量の更なる削減が課題であると考えられ，産業廃棄物のゼロエミッション化および残量要領に応じた最終処分への分配計画が今後求められる課題である。

「参考文献」

1) FM 推進連絡協議会：総解説ファシリティマネジメント，日本経済新聞社,2003
2) 名知洋子，宮崎隆昌，中澤公伯：東京圏における建設副産物（がれき類）排出量の推定と建設副産物中間処施設の立地に関する一考察，日本建築学会計画論文集，No589，pp.161-167，2005.3
3) 河合康統，宮崎隆昌，中澤公伯：千葉県における既設中間処理場を核にした建設副産物の再資源化・再利用化に関する考察，日本建築学会計画系論文集，第 634 号，pp.2733-2738，2008.12
4) 宮原俊介，宮崎隆昌，名知洋子，中澤公伯：建築解体プロセスにおける建設副産物の静脈物流に関する一考察，日本建築学会技術報告集，第 32 号，pp367-372，2010.2
5) 中澤公伯，三井和男,宮崎隆昌，菅雅幸,河合康統：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.25-30，2008.12
6)宮原俊介，名知洋子，中澤公伯，宮崎隆昌：千葉県における建設副産物を扱う処理施設の静脈物流に関する研究,日本建築学会大会学術講演会概要集 F-1,pp.1555-1556,2009.8
7)千葉県：建設副産物対策実態調査：2007.3
建設リサイクルハンドブック編纂研究会：建設リサイクルハンドブック 2007，大成出版社，2007
8)片岡裕介，及川清昭，浅見泰司：迷惑施設の立地適性に関する数理的考察，都市計画論文集，No.39-3，pp.829-834，2004
9)安藤朝夫：隣接自治体による NIMBY 施設の個別整備と都市形状，都市計画論文集，No43-3，pp.151-156，20059)
10)菅野和夫，江頭憲治郎，小早川光郎，西田典之：六法全書Ⅰ，p.2065，2006
11)環境省：平成 21 年度版　循環型社会白書