

産業廃棄物の広域処理による物流システムの効率化に関する研究

Efficiency of Logistics System by Wide Area Treatment of Industrial Waste

北海道大学大学院工学院 ○学生員 山崎 康平 (Kohei Yamazaki)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 中辻 隆 (Takashi Nakatsuji)

1. 本研究の背景と目的

近年、環境意識の高まりから排出される廃棄物量の減少やリサイクルの促進、焼却の効率化など環境への負荷を低減させる取り組みがなされている。物が消費され排出から焼却や埋め立てによる最終処分または再資源化への流れを体の血液の流れに例えて静脈物流と言い、その効率化が低炭素社会や循環型社会の構築へ向け注目されている。

今後日本全体で人口減少や地域経済の低迷による廃棄物量の減少が予想されている。それは北海道も例外ではなく、広域分散社会のなかで厳しい条件のもと廃棄物の処理も行わなくてはならない。

現在多くの廃棄物処理場が稼働しており、今後維持管理費だけでなく耐用年数を迎えた施設の更新費も多くなっていく。北海道だけでも産業廃棄物処理場の数はおよそ 1350 カ所あり、将来も果たしてそれだけの数が必要なのか考慮しなければならない。また廃棄物の最終処分場の埋立残余年数には限りがあり、現在の廃棄物処理のシステムを変え、稼働率や処理能力の向上を目指し、効率的に処理していく必要がある。

一方、通常の物流においても片荷輸送の課題は、厳しい経営状況の運送業界にとって重要なものとなっている。そこで本研究は廃棄物の広域処理化を提案する。人口減少が進む北海道で処理場を集約化するためには、広大な土地を有効に活用しつつ広域的に処理していく必要が生じてくる。

そこで本研究は、通常の物流と廃棄物輸送を組み合わせることでそれぞれの課題を補い、廃棄物輸送の広域処理による静脈物流も含めた物流システムの効率化の可能性を明らかにする。

2. 産業廃棄物の広域処理の意義

2.1 産業廃棄物処理の流れ

本研究では産業廃棄物を対象とする。産業廃棄物とは「事業活動に伴って生じた廃棄物であって廃棄物処理法で規定された 20 種類の廃棄物」のことであり、排出事業者が処理責任がある。産業廃棄物の処理の流れを図-1 に示す。

産業廃棄物の効率的な処理が行われているかどうかを判断する基準としては、中間処理により減量化を増やして残渣量を減らす、または廃棄物の再生利用量を増やして最終処分量を減らすといったことが考えられる。ここで中間処理とは破砕、焼却、脱水、中和を行うプロセスのことであり、最終処分とは遮断型、安定型、管理型

と分かれ埋立や海洋処分を行うプロセスのことである。

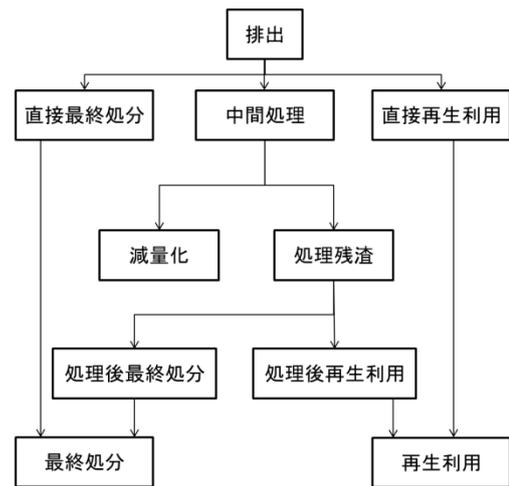


図-1 産業廃棄物処理フロー

2.2 北海道の産業廃棄物処理の現状

図-2 に北海道内の産業廃棄物排出量の内訳を示す。日本全体で排出される産業廃棄物のうち、汚泥の排出量が最も多いが、北海道の産業廃棄物排出の特徴として、酪農など農林漁業が盛んなため総排出量およそ 4 千万トンのうち 56% が動物のふん尿が占めている。この廃棄物は直接再生利用という形により排出域内にて肥料になるなどほぼ全量が再利用される体制が出来上がっているため、本研究の対象から除外した。汚泥も焼却の中間処理により排出量の大半が失われるため対象から除外した。

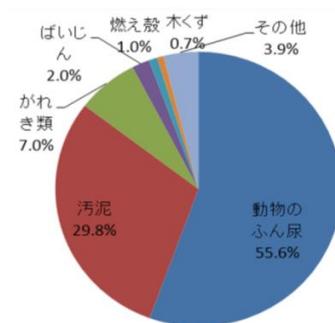


図-2 種類別産業廃棄物排出量の割合

次に中間処理場や最終処分場の立地状況について把握した。現在北海道にはがれき類の中間処理を行う施設は 125 市町村にあるが、札幌市や旭川市、函館市といった北海道の中心都市には施設がなく、近隣での処理が行われていると考えられる(図-3)。



図-3 中間処理場の立地状況

埋立最終処分される場所は 78 市町村にあり、図-4 にその立地状況を示す。排出されたがれきは破碎の中間処理により減容化したのちに、埋立ての最終処分が行われる。

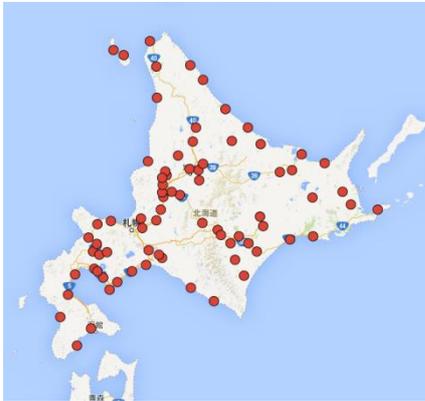


図-4 最終処分場の立地状況

2.3 広域処理のメリットとデメリット

本研究での産業廃棄物の広域処理体制とは、現在各市町村や近隣で行われている処理体制を変え、全道規模の中間処理施設を作り、そこで各市町村から排出される産業廃棄物を集約して処理する体制に変えるものとする。

産業廃棄物の広域処理のメリットとして、大規模施設による効率的な処理、建設費や維持管理費などコスト削減、安定した廃棄物の確保による処理場稼働率の向上などが挙げられる。ただし一方ではデメリットとして、移動距離やそれに伴う運搬コストの増加、一極集中による交通量の増加などがある。

廃棄物のコストには処理そのもののコストよりも運搬コストが大きな割合を占めており、削減するためには広域処理は逆効果となる。しかし今後の人口減少などによる産業廃棄物量の減少から、現在の処理場の数が維持されるのかを判断しなければならない。また、貨物輸送など物流面との連携により、デメリットの吸収をすることで新たな交通ネットワークの構築ができる。

今後このように変化していく状況のなかで、産業廃棄物処理について、より効率的な処理を目指し広域化をすることで、廃棄物輸送だけでなく多くの連携を生み出すことに意義があると考えられる。

3. 産業廃棄物の広域処理体制の分析

3.1 分析対象

本研究は排出元である北海道内の各市から排出される産業廃棄物の処理に至るまでの流れを分析対象とする。本研究における広域処理拠点とは中間処理を大規模に行う拠点のことであり、その立地場所は苫小牧市を想定している。苫小牧市は工業都市として栄え、港を中心とした北海道内外の物流の拠点となっている場所である。北海道外からの多くの貨物は苫小牧を出発し、北海道各地へ運ばれており、片荷輸送の課題を有していることから、産業廃棄物輸送との組み合わせの可能性があると考える。

本研究で対象とする品目は、産業廃棄物のなかでも建設業から排出される、建設廃棄物の大半を占めるがれき類とする(表-1)。図-5 に建設廃棄物の品目別割合を占めず。がれき類は破碎の中間処理を行い、埋立ての最終処分を行うという、処理の流れを比較的容易に捉えやすいため対象とした。

表-1 建設廃棄物の品目と内訳

品目	内訳
がれき類	工作物の新築、改築、除去に伴って生じたコンクリートの破片、その他これに類する不要物、コンクリート破片、アスファルト・コンクリート破片、レンガ破片
廃プラスチック類	廃発泡スチロール等梱包材、廃ビニール、合成ゴムくず、廃タイヤ、廃シート類、廃塩化ビニル管、廃塩化ビニル継手
ゴムくず	天然ゴムくず
金属くず	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず、足場パイプ、保安堀くず
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	ガラスくず、コンクリートくず、タイル衛生陶磁器くず、コンクリートくず及び陶磁器くず(耐火レンガくず(廃石膏ボードを除く))

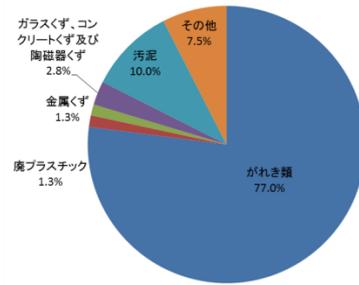


図-5 建設廃棄物排出量の品目別割合

3.2 分析の流れ

図-6 の分析の流れを示す。それぞれの体制時における廃棄物排出量 OD 推計を行い、経路探索モデルを用いて道路ネットワーク上に配分、指標を用いて評価を行う。そして通常の物流との組み合わせによる、物流システムの効率化に関する考察を行い、廃棄物広域処理の可能性を検討する。

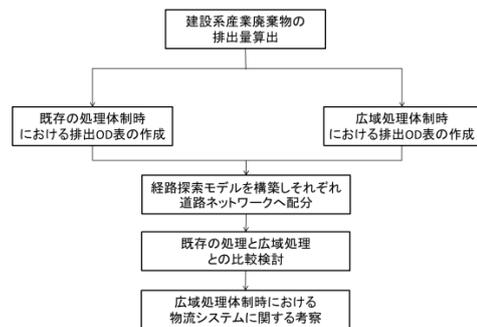


図-6 分析の流れ

4. 産業廃棄物の排出量 OD 表の作成

4.1 排出量 OD 表の概要

本研究では建設系産業廃棄物のがれき類がどの市でどれだけ排出され処理されていくのか、を分析するために OD 表(以下、排出量 OD 表)を作成する。北海道内の各市で排出されたがれき類の輸送状況について単位をトンにして表す。

産業廃棄物の既存処理体制と広域処理体制の2つの排出量 OD 表を図-7 に示すような概略図のように作成する。起点は北海道内全 35 市として、終点は中間処理場とする。中間処理場は既存処理体制と広域処理体制では立地場所が異なる。また本研究では道路ネットワークの評価を主とするために、輸送手段はトラックのみとする。

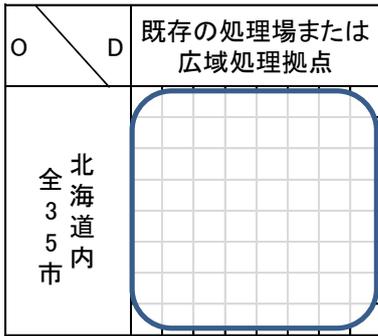


図-7 排出量 OD 表の概念図

4.2 がれき類の排出量算出

北海道内の各市における平成 24 年度の土木費を用いて、建設系産業廃棄物のがれき類の総排出量を算出した。土木費は北海道各市の決算カード¹⁾を使用し、次式(1)のようにがれき類の排出量の按分を行った。その結果を以下の表-2 に示す。札幌都市圏や各地方都市からの排出量が多くなっている。

$$E_n = E_{all} \times \frac{C_n}{C_{all}} \quad (1)$$

E_n : 各市の排出量 E_{all} : 北海道内の総排出量
 C_n : 各市の土木費 C_{all} : 北海道内の総土木費

表-2 各市におけるがれき類の排出量

市名	土木費(千円)	がれき量(t)	がれき量(t/day)	市名	土木費(千円)	がれき量(t)	がれき量(t/day)
夕張市	1,267,038	8,398	23.0	伊達市	2,876,357	19,064	52.2
網走市	9,636,810	63,871	175.0	函館市	12,252,010	81,205	222.5
美幌市	2,792,945	18,511	50.7	北斗市	3,576,118	23,702	64.9
芦別市	1,301,297	8,625	23.6	旭川市	23,715,514	157,183	430.6
赤平市	1,102,208	7,305	20.0	士別市	1,853,461	12,284	33.7
三笠市	1,634,447	10,833	29.7	名寄市	2,206,892	14,626	40.1
滝川市	4,147,233	27,487	75.3	高島野市	1,423,577	9,435	25.9
砂川市	2,333,738	15,468	42.4	留萌市	2,332,525	15,460	42.4
歌志内市	541,588	3,590	9.8	樺内市	2,793,756	18,517	50.7
深川市	2,243,497	14,870	40.7	北見市	9,584,256	63,523	174.0
札幌市	119,922,682	794,830	2,177.6	網走市	3,631,163	24,067	65.9
江別市	5,727,862	37,963	104.0	紋別市	2,824,169	18,718	51.3
千歳市	12,044,962	79,832	218.7	帯広市	8,068,325	53,476	146.5
鳳凰市	3,717,988	24,642	67.5	釧路市	7,544,321	50,003	137.0
北広島市	2,606,629	17,276	47.3	根室市	1,613,602	10,695	29.3
石狩市	8,767,419	58,109	159.2				
小樽市	7,617,365	50,487	138.3				
室蘭市	5,023,441	33,295	91.2				
苫小牧市	10,210,571	67,674	185.4				
釧路市	2,407,828	15,959	43.7				

4.3 排出量 OD 表の作成

産業廃棄物の輸送は通常の物流のように起点と終点が明確になっていない。そこで排出元すなわち出発地を各市役所と仮定し、到着地は各処理場として排出量 OD 表の作成を行う。

排出量 OD 表を作成する段階で以下のようにそれぞれ

前提条件を設定し、それぞれのネットワーク図を作成する。これらのネットワーク図に従い、両体制における排出量 OD 表をそれぞれ完成させる。

中間処理場では実際に再利用施設を兼ねていることが多いため、中間処理を行われた後にリサイクル率を設定することにより、最終処分量とリサイクル量の2つを導くことができる。

(1) 既存処理体制(図-8) :

排出元である各市から最も近い中間処理場で処理を行う。ここで各市の合計中間処理容量を排出量が超えてしまわないように注意し、超えている場合は近隣の市に振り分ける。

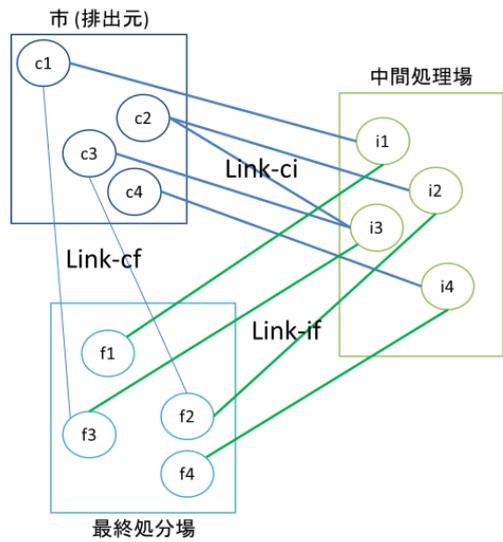


図-8 既存処理体制のネットワーク

(2) 広域処理体制(図-9) :

各市から大規模処理施設へ運ぶと想定し、苫小牧市へ運び処理を行う。

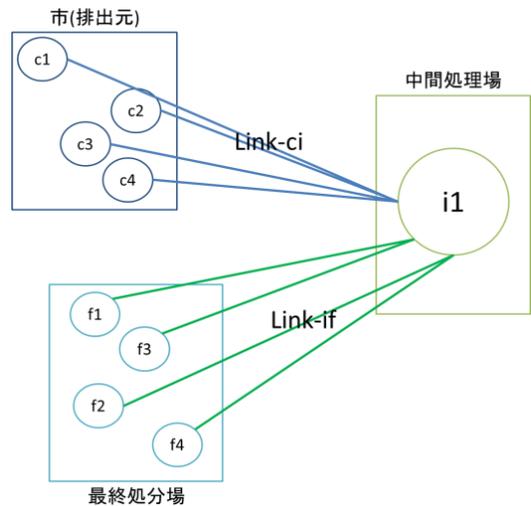


図-9 広域処理体制のネットワーク

- Link-ci : 排出元から中間処理場までのリンク
- Link-if : 中間処理場から最終処分場までのリンク
- Link-cf : 排出元から中間処理場までのリンク

5. 広域処理体制における物流システムの評価

5.1 道路ネットワークへの配分

図-10 に本研究で使用する道路ネットワークを示す。対象ネットワークは高速道路、高規格道路、一般国道、道道とする。排出量 OD 表を作成し最短経路探索法を用いて道路ネットワーク上へ配分を行う。その結果を用いて物流システムの評価を行っていく。



図-10 対象ネットワーク

5.2 総輸送時間

表-3 に既存処理体制と広域処理体制の輸送時間について示す。トラックはがれき類の運搬で一般的に用いられている 8.5t トラックを想定し、各市からの排出量を 8.5 で除したものを輸送に用いるトラック台数とした。総輸送時間は各市から処理場までの輸送時間に、各市で必要なトラック台数を掛け合わせることで導いた。

苫小牧市に産業廃棄物の広域処理拠点をつくることで、輸送時間や総輸送時間が大幅に伸びた。それに伴い輸送コストが増大していくというデメリットが生まれる。その一方で広域処理化の大きなメリットである維持管理費、建設費の削減を含めることで全体のコストでは抑えられることが考えられる。そして、輸送時間の短縮効果として、主に北見市や根室市など遠方から運ばれる産業廃棄物輸送に高規格幹線道路の整備が有効である。

表-3 産業廃棄物の輸送時間

	8.5tトラック[台]	輸送時間[min]	総輸送時間[min*台]
既存処理体制	638	510	13656
広域処理体制		5003	71992

5.3 片荷輸送の解消

表-4 に貨物地域流動調査²⁾より主要都市間の貨物輸送量の差から、片荷輸送についてまとめたものを示す。表中の正の値が逆方向の輸送量よりも少なく、片荷状態に

なっていることを示す。室蘭には苫小牧港が含まれており、港から道内各地へ運ばれる貨物が多く、逆に各地から室蘭へ運ぶ物がなく空荷の状態になっていると考えられる。

表-4 貨物片荷輸送分析 ※()はマイナスを示す

発\着	札幌	旭川	函館	室蘭	釧路	帯広	北見	合計
札幌		(2,053,066)	17,435	8,968,358	(466,829)	(1,321,963)	383,192	5,527,127
旭川	2,053,066		(87,563)	2,301,893	215,031	(298,151)	1,899,879	6,084,155
函館	(17,435)	87,563		652,016	46,574	1,635	3,097	773,450
室蘭	(8,968,358)	(2,301,893)	(652,016)		440,437	1,095,168	(486,397)	(10,873,059)
釧路	466,829	(215,031)	(46,574)	(440,437)		(1,645,061)	(2,308,549)	(4,188,823)
帯広	1,321,963	298,151	1,635	(1,095,168)	1,645,061		486,212	2,657,854
北見	(383,192)	(1,899,879)	3,097	486,397	2,308,549	(486,212)		28,760
合計	(5,527,127)	(6,084,155)	(763,986)	10,873,059	4,188,823	(2,654,584)	(22,566)	9,464

次に北海道の道路ネットワーク評価に関する既存研究として、岩館らによる研究³⁾が挙げられる。北海道の食料供給機能に着目した道路評価を行っており、そのなかで食料 OD 表を作成している。その食料 OD 表を利用し農産物の輸送余剰分を貨物輸送余剰分と同様に導いた(表-5)。その結果、オホーツクや十勝といった農業が盛んな地域から各地域へ運ばれた農産物の帰り荷に余剰があることが分かった。

産業廃棄物輸送に関しても処理場などへ運ばれた後の荷物がなく空でトラック輸送が行われている。そのため、行き荷、帰り荷の確保の観点から、貨物や農産物の物流と産業廃棄物の輸送である静脈物流の連携により物流全体の片荷輸送の解消に繋がると考えられる。

6. おわりに

これまで輸送について焦点があてられてこなかった、産業廃棄物輸送を対象として輸送状況を把握するための排出量 OD 表を作成し、物流システムに関する考察を行った。そして広域処理拠点の可能性を探ることができた。

今後再利用品の需要も考慮することで再利用品の流れも含めたより詳細な物流ネットワークを考えることができる。大規模処理施設の導入により、現在の処理よりも安定した廃棄物量の確保やより効率的な処理が期待できる。

参考文献

- 1) 総務省：平成 24 年度地方財政状況調査関係資料，2013
- 2) 国土交通省：平成 23 年度貨物地域流動調査，2013
- 3) 岩館慶多，岸邦宏，中辻隆：「食料供給機能に着目した北海道の道路ネットワークの評価に関する研究」土木計画学研究・講演集，Vol.50，CD-ROM，2014

表-5 地域振興局間の農産物の片荷輸送分析

※()はマイナスを示す

発\着	石狩	後志	空知	胆振	日高	渡島	檜山	上川	留萌	宗谷	オホーツク	十勝	釧路	根室	合計
石狩		56,300	93,642	20,117	1,221	(4,425)	(313)	38,853	1,422	(392)	63,763	61,415	2,948	1,916	336,467
後志	(56,300)		8,264	(5,744)	(848)	(5,175)	(242)	4,397	168	(252)	6,730	5,648	(2,175)	(965)	(46,494)
空知	(93,642)	(8,264)		(11,213)	(941)	(10,423)	(310)	3,003	87	(281)	5,959	949	(5,233)	(2,569)	(122,878)
胆振	(20,117)	5,744	11,213		(128)	(2,855)	(127)	5,694	185	(92)	10,045	8,282	(645)	(236)	16,963
日高	(1,221)	848	941	128		(354)	(15)	705	14	4	1,504	1,022	(37)	(8)	3,531
渡島	4,425	5,175	10,423	2,855	354		10,100	(356)	(42)	(55)	12,465	1,133	285	158	46,920
檜山	313	242	310	127	15	(10,100)		(249)	(12)	(24)	427	111	28	15	(8,797)
上川	(38,853)	(4,397)	(3,003)	(5,694)	(705)	356	249		(3,806)	(17,228)	9,923	11,230	(2,645)	(773)	(55,346)
留萌	(1,422)	(168)	(87)	(185)	(14)	42	12			(440)	865	576	(118)	(21)	2,846
宗谷	392	252	281	92	(4)	55	24	17,228	440		1,783	1,417	145	135	22,240
オホーツク	(63,763)	(6,730)	(5,959)	(10,045)	(1,504)	(12,465)	(427)	(9,923)	(865)	(1,783)		18,770	(44,521)	(20,495)	(159,710)
十勝	(61,415)	(5,648)	(949)	(8,282)	(1,022)	(1,133)	(111)	(11,230)	(576)	(1,417)	(18,770)		(19,423)	(8,443)	(138,419)
釧路	(2,948)	2,175	5,233	645	37	(285)	(28)	2,645	118	(145)	44,521	19,423		8,250	79,641
根室	(1,916)	965	2,569	236	8	(158)	(15)	773	21	(135)	20,495	8,443	(8,250)		23,036
合計	(336,467)	46,494	122,878	(16,963)	(3,531)	(46,920)	8,797	55,346	(2,846)	(22,240)	159,710	138,419	(79,641)	(23,036)	