【原著論文】

人口減少下の北海道における一般廃棄物焼却施設の統廃合 － GIS を用いたコスト分析を通して －

板谷侑生*

Integration and Consolidation of General Waste Incineration Facilities in Hokkaido in an Era of Population Decline: Cost Analysis by Using GIS

Yui ITAYA*

Abstract: This paper is based on a study of 52 general waste incineration in Hokkaido. By considering – from economical and geographical perspectives – the degree to which each facility promotes the fiscal efficiency of its surrounding local government, the study recommends that the number of facilities in Hokkaido be reduced to 33 by the year 2025, principally by merging them with larger scale facilities in and around urbanized and populated areas. Factors central to this recommendation include the gradual decline of the Hokkaido population, new construction costs and waste transit costs. The study also recommends ongoing evaluation of remaining facilities post-2025, given that Hokkaido's population decline is likely to cause a reduction in the amount of waste in the region.

Keywords: 一般廃棄物 (general waste), 最適立地 (optimal location), 焼却施設 (incineration facilities), 中継輸送施設 (waste transfer station), 立地配分モデル (location allocation model)

1. はじめに

人口減少社会を迎えた日本においては効率的な社会インフラの利用・維持管理が求められている。1975年～2000年にかけて人口減少を経験した918自治体にアンケート調査を行った宇都(2012)によると、アンケートに回答した自治体(回収率50.5%)のうち91%の自治体が新規投資を削減するとしており、財政負担を抑えたインフラ整備が必要とされていることがうかがえる。

本研究課題である一般廃棄物焼却施設(以下焼却施設とする)をめぐるのは、1997年の「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」発表や2000年の「ダイオキシン類対策特別措置法」が施行されて以降、新基準に満たない焼却施設を持ち、なおかつ単独で新設、改修する余裕のない自治体を中心に中小の焼却施設を統合し、炉の連続運転化と大型化を行うことでごみ処理の広域化が進められてきた。このごみ処理の広域化は都道府県・国が主導

し、1990年代後半に大きく進んだ処理圏の再編を後押しした(栗島, 2004)。田崎ほか(2013)は廃棄物処理施設の稼働率低下を指摘し、CO₂排出量およびコストの観点からごみ処理の広域化を実施した場合を想定し、システム境界の分断設定アプローチによるライフサイクル評価を実施した。しかし、そこでの議論はCO₂排出量とコストの最小化が主要課題として議論されており、具体的な施設配置の検討とはなっていない。ごみ処理は公共財としての色彩が極めて強い公共サービスであり、サービス提供の拠点となる処理施設の統廃合をめぐるのは、その分布状況を考慮した空間分析的な視点からの議論は欠かせない。

ピンチ(1990)は公共サービスを空間分析的視点から検討する必要性の背景として、①行政域の編成に起因する問題、②距離減衰効果、③外部性の問題を挙げており、実証研究としては図書館(足立, 1997)や保育園(瀬川・貞広, 1996)など多岐にわ

* 学生会員 北海学園大学経済学部経済学科 (Hokkai-Gakuen University)
〒062-8605 北海道札幌市豊平区旭町4丁目4-40
E-mail: reach.in.holophantom@gmail.com

たり、これまで公共施設へのアクセス指標を考える立地配分モデルに基づく施設の最適配置問題がしばしば議論されてきた。立地配分モデルとは、施設の最適配置を考える数理モデルであり、代表的な基本モデルとして p -メディアン問題、 p -センター問題、カバー問題がある（石崎，2003，2013）。 p -メディアン問題とは、ある地点から施設までの総移動距離を最小化するモデル、 p -センター問題とはある地点から施設までの最大距離を最小化するモデル、カバー問題とは施設数を最小化したうえで需要地点のカバー範囲を最大化するモデルである。近年では、人口減少社会の局面における施設の統廃合を目的とした、最適配置に関する研究もみられる（鈴木・安藤，2013）。

一般廃棄物処理施設の統廃合に限ってはそれほど多くの研究が蓄積されているわけではないが、上記の栗島（2004）や田崎ほか（2013）の他に、施設統廃合の経済効果を建設費・維持管理費に着目し分析した塩屋・中村（2016）、下水汚泥を焼却施設で焼却することで下水処理施設の統廃合を進めるとした中尾ほか（2015）などがある。また、今回扱う中継輸送施設の最適配置について、GISを利用した手法により分析を行った藤原・日下部（2008）や、一般に廃棄物処理の広域化は施設にかかるコストと廃棄物収集のコストとのトレードオフ関係であると議論した藤井（2005）もある。しかし、いずれの先行研究も、実在する焼却施設の分布関係に着目し、それら施設が提供する公共サービスの地理的範囲を考慮に入れた施設統廃合を議論する視点はみられない。

そこで本稿では、人口減少、高齢化、ライフスタイルの変化と非資源ごみの有料化に伴う資源物の増加などによるごみ発生量の減少によって効率的な運用が困難となっている北海道内の焼却施設を対象に、2025年までに更新の必要があるものを取り上げ、現在から2025年までの人口動態に対応したごみ発生量を考慮しながらコスト面から焼却施設の統廃合を検討した。検討するにあたり、施設統廃合後の施設新設、または施設跡地における中継輸送施設の建設のいずれかコストの面でより効率的な方を選択するとの仮定に基づいて、将来の焼却施設の配置をシ

ナリオ分析した。

また、本分析ではコスト計算において人件費、維持管理費、施設解体費、各種税金は考慮していない。人件費、維持管理費、各種税金については、焼却施設と中継輸送施設で共通の指標によるデータの取得が困難であるため除外した。施設としては中継輸送施設の方が小規模なため、これらのコストは焼却施設に比べ少なくなると考えられる。施設解体費については焼却施設、中継輸送施設の場合は一部ではあるが、どちらを建設する場合でも発生するコストであるため除外した。

なお、一般的に焼却施設の耐用年数は25年前後といわれている。2000年の「ダイオキシン類対策特別措置法」に合わせて焼却施設の建て替えを行った市町村が多いと考えられるため、それらの更新時期である2025年を対象年度とした。

2. 研究の方法

研究対象となる焼却施設は、道内52箇所である。本研究における分析の手順は（図1）の通りである。

Step1：北海道に立地する52箇所の焼却施設を、2025年までに耐用年数を迎える施設（Step2へ進む）と、そうではない施設（類型Ⅰ）に分類した。類型Ⅰについては2025年までに耐用年数を迎えないため、建て替えないものとした。

Step2：2025年までに耐用年数を迎える施設を、北海道本島に立地する施設（Step3へ進む）と、離島に立地する施設（類型Ⅱ）に分類した。類型Ⅱについては離島という地理的制約から、現地で建て替えるものとした。

Step3：施設が廃止となった場合に行き場を失うごみを受け入れられる施設が、近隣の耐用年数を迎えていない施設のなかにあるか否かを検討した（いずれの場合も、より細かい類型に分ける必要があるため、Step4の手順へ進むことになる）。検討にあたっては、近隣にある耐用年数を迎えていない施設を施設A、耐用年数を迎える施設を施設Bとした場合、「施設Aの1日当たり処理可能量－施設Aの年間処理量÷年間運転日数」>「施設Bの年間処理量÷年間運転日数」が成り立つ施設の組み合わせを受け入れ可

能と判定した。年間運転日数については、環境省公表の施設ごとの年間処理量と1日当たり処理可能量のデータを利用し、365日からメンテナンスにかかる日数を引いた300日とした。近隣に受け入れ可能な施設が複数箇所ある場合は、ESRI ジャパン株式会社の『ArcGIS データコレクション道路網2015』の道路ネットワークデータを使用し、輸送コストがより少なくなる施設として、道路距離に基づく最寄り施設を受け入れ可能施設とした。

Step4：Step3での分類（近隣で受け入れ可能な施設が「あり」「なし」）ごとに、近隣に廃止対象となる施設がある場合とない場合に分類した。近隣に受け入れ可能施設があり（Step3での分類）、かつ近隣で同様に廃止対象となる施設がない施設は類型Ⅲ、近隣に受け入れ可能施設がなく（Step3での分類）、かつ近隣で同様に廃止対象となる施設がない施設は類型Ⅳに分類し、それ以外の施設についてはStep5の分析を行った。

Step5：近隣で同じく廃止対象となった複数の施設間で搬入されるごみの量（t）を7.2（本研究で中継輸送施設として採用するコンパクト・コンテナ方式に利用するアームロール車の最大積載量7.2tを意味する）で除した商の一の位の差が1以上か否かで分類した。ここで、商の一の位が重要になってくるのは、商が1以下の正の値を取った場合、たとえ7.2t未満だったとしてもアームロール車で1往復する必要がある、逆に商が1より大きい値を取ることはアームロール車の最大積載量を超えることを意味し、必然的に2往復しなければならなくなるためである（仮に2を超えると3往復することになる）。すなわち、商の一の位の差が1以上になると、ごみ搬入量の多い施設跡地に焼却施設を、ごみ搬入量の少ない施設跡地に中継輸送施設を建設すれば、ごみ輸送費をアームロール車1往復分以上、抑制できることになる（ただし、この判定は近隣の同じく廃止対象となった焼却施設が4箇所未満の場合のみで有効であり、詳しくはStep6で場合分けを行う）。

まず、Step3で近隣に受け入れ可能施設があり、Step4で同じく廃止対象となる施設がある場合で、その搬入されるごみの量を7.2で除した商の一の位

の差が一未満の場合は廃止対象のどの施設を焼却施設とするかが決定できない。この場合は、該当するごみ発生地点から道路距離で一番近い跡地に立て替えるものとした。もちろん、焼却施設として立て替えずに、受け入れ可能施設へと輸送し、廃止対象施設をすべて中継輸送施設とするケースもありうる。この両方で想定されるコストを比較して、新設か廃止かを決定するとした（類型Ⅴ）。

一方で、Step3で近隣に受け入れ可能施設がなく、Step4で同じく廃止対象となる施設がある場合で、その搬入されるごみの量を7.2で除した商の一の位の差が一未満の場合は、該当するごみ発生地点（市町村役場）から道路距離で一番近い跡地の焼却施設を建て替え、それ以外の跡地には中継輸送施設を建設するものとした（類型Ⅵ）。

Step6：Step5で廃止対象となった複数の施設間で搬入されるごみの量（t）を7.2で除した商の一の位の差が1以上の時、近隣で廃止対象となった施設が4箇所以上の場合と、4箇所未満の場合とで場合分けを行った。施設の数が3箇所までは、一番大きい廃止対象施設跡地に焼却施設を建設し、それ以外の跡地には中継輸送施設を建設することで、ごみの総輸送距離を最小化することが可能であるが、4箇所になると、必ずしも搬入量の大きい施設跡地に焼却施設を建設し、それ以外の跡地には中継輸送施設を建設することが正しいとは言えず、別途計算する必要があるためである。

まず、Step3で近隣に受け入れ可能施設があり、Step6で近隣に同じく廃止対象となった施設が4箇所以上の場合、道路距離の組み合わせで、輸送に必要な距離が最小となる施設跡地に焼却し施設を建て替え、それ以外の跡地には中継輸送施設を建設する。ただし、廃止対象施設から受け入れ可能施設に輸送し、各施設跡地には中継輸送施設を建設するコストの方が安価な場合もある。そこで、焼却施設と中継輸送施設を建設（焼却施設は必ず1箇所）する場合と近隣の受け入れ可能施設を利用する場合のコストを比較し、より経済的に効率的なのはどちらであるかを検討した（類型Ⅶ）。

次に、Step3で近隣に受け入れ可能施設があり、

図2 人口増減率 2015 年～ 2025 年

図3 人口密度 2015 年

図4 焼却施設位置

注：図中の番号は表1と対応するもの。塗分けは以下考察での区分ごとに分けたもの。

図5 2025 年の焼却施設位置と委託関係

注：塗分けは以下考察での区分ごとに分けたもの。

表 1 施設統廃合結果⁽²⁾

区分	番号	施設名称	統合前 (2015)				分析結果	統合後 (2025)		
			人口	ごみ発生量 t/日	施設規模 (t)	稼働率 (%)		人口	ごみ発生量 t/日	施設規模 (t)
道央	1	札幌市駒岡清掃工場			600	66.6	建て替え			400
	2	札幌市白石清掃工場			900	68.6	存続			900
	3	札幌市発寒清掃工場			600	76.5	建て替え			519
		札幌市合計	1,952,356	1,848.9	2,100			1,959,506	1,855.7	1,819
	4	北石狩衛生センター	74,714	70.8	180	33.1	廃止			
	5	いわみざわ環境クリーンプラザ	124,455	117.9	100	69.4	存続	110,465	104.6	100
	6	江別市環境クリーンセンター	123,965	117.4	140	78.8	存続	123,965	117.4	140
	7	千歳市焼却処理場	179,029	169.5	195	42.9	建て替え	170,715	161.7	84
	8	登別市クリンクルセンター	67,365	63.8	123	52.3	存続	59,848	56.7	123
	9	中・北空知エネクリーン	126,969	120.2	85	93.7	存続	108,227	102.5	85
	10	北しりべし広域クリーンセンター	151,453	143.4	197	70.1	存続			
	11	岩内地方衛生組合じん芥処理場	22,041	20.9	50	46.6	廃止	177,104	167.7	197
	12	倶知安町清掃センター	34,310	32.5	44	0	廃止			
	13	西胆振地域廃棄物広域処理施設	140,071	132.6	210	66	存続	131,741	124.8	210
	14	南後志清掃センター	7,718	7.3	18	37.4	廃止			
	15	苫小牧市沼ノ端クリーンセンター			210	61.2	存続			
	16	苫小牧市糸井清掃センター			200	21.8	廃止	191,487	181.3	210
		苫小牧市委託合計	185,723	175.9	410					
	17	平取町外 2 町衛生施設組合清掃センター	26,289	24.9	40	54.5	廃止			
道南	18	函館市日乃出清掃工場 (3 号炉)			180	100.6	廃止			
	19	函館市日乃出清掃工場 (1, 2 号炉)			240	50.5	建て替え	228,300	216.2	303
		函館市合計	265,979	251.9	420					
	20	南部松山衛生処理組合ごみ処理施設	21,079	20.0	44	43	存続	28,954	27.4	44
	21	北部松山衛生組合処理施設	14,101	13.4	25	52.3	廃止			
十勝・日高	22	クリーンおしま	138,819	131.5	126	81.7	存続	125,464	118.8	126
	23	日高中部環境センター	28,823	27.3	38	82.7	存続	57,503	54.5	38
	24	浦河町クリーンプラザ	13,075	12.4	17	不明	存続	3,844	3.6	17
	25	様似町クリーンセンター 焼却施設	4,518	4.3	10	34	存続	25,264	23.9	10
	26	えりも町清掃センター	4,906	4.6	10	41.4	廃止			
	27	北十勝 2 町環境衛生処理組合ごみ処理施設	10,897	10.3	15	40.4	存続	9,232	8.7	15
	28	新得町一般廃棄物中間処理施設	6,288	6.0	12	43.1	存続	8,450	8.0	12
	29	くりりんセンター	281,512	266.6	330	67.6	存続			
	30	南十勝環境衛生センター	12,768	12.1	28	46.1	廃止	244,109	231.2	330
	31	清水町清掃センター	9,599	9.1	15	36.3	廃止			
道東	32	名寄地区炭化センター	38,086	36.1	20	60.5	存続	34,824	33.0	20
	33	南宗谷廃棄物処理施設	16,759	15.9	22	68.1	存続	14,726	13.9	22
	34	西紋別地区広域ごみ処理センター	29,669	33.5	26	91.4	存続	29,669	28.1	26
	35	北見市廃棄物処理場ごみ処理施設	129,418	122.6	165	69.1	存続			
	36	清里町清掃センター	4,221	4.0	10	20.4	廃止	217,223	205.7	165
	37	遠軽町清掃センター	35,466	33.6	25	64.8	廃止			
	38	大空町一般廃棄物焼却処理施設	46,437	44.0	6	50.6	廃止			
	39	津別町クリーンセンター	25,304	24.0	10.4	0	廃止			
	40	幌加内町一般廃棄物焼却施設	1,525	1.4	1	55.7	存続	1,236	1.2	1
	41	愛別町外 3 町塵芥処理組合富沢衛生センター	17,486	16.6	50	51.6	存続	14,423	13.7	50
	42	旭川市近文清掃工場	346,623	328.3	280	93.6	存続	332,360	314.7	280
	43	上富良野町クリーンセンター	10,826	10.3	15	59.7	存続	15,814	15.0	15
	44	しらかば清掃センター	28,636	27.1	75	34.5	廃止			
	45	釧路広域連合清掃工場	212,935	201.6	240	88.4	存続			
	46	厚岸町ごみ焼却処理場	9,778	9.3	16	46.6	廃止	194,479	184.2	240
	47	標茶町クリーンセンター	7,742	7.3	13.4	49.5	廃止			
	48	根室市じん芥焼却場	32,978	31.2	100	43	建て替え	30,284	28.7	100
	49	根室北部広域ごみ処理施設	49,704	47.1	62	69.2	存続	38,049	36.0	62
	50	奥尻町環境センター焼却処理場	2,690	2.5	8	44.1	存続	2,078	2.0	8
離島	51	礼文町衛生センターごみ焼却施設	2,773	2.6	15	17.3	建て替え	2,241	2.1	15
	52	利尻郡ごみ焼却処理場	5,090	4.8	15	5.9	建て替え	4,009	3.8	15
	計		5,088,679	4,819.0	6,156.8			4,695,593	4,446.8	5,151

表2 広域化の変化⁽³⁾

区分	焼却処理委託関係(2015)	焼却処理委託関係(2025)
道央	札幌市	札幌市委託
	石狩市委託	
	江別市委託	江別市委託
	岩見沢市委託	岩見沢市委託
	中・北空知廃棄物処理広域連合	中・北空知廃棄物処理広域連合
	道央廃棄物処理組合	道央廃棄物処理組合
	苫小牧市委託	苫小牧市委託
	平取町外2町衛生施設組合	
	登別市委託	登別市委託
	北しりべし廃棄物処理広域連合	北しりべし廃棄物処理広域連合
	岩内地方衛生組合	
	羊蹄山麓地域広域処理協議会	
	南部後志環境衛生組合	西いぶり広域連合
	西いぶり広域連合	
道南	北部松山衛生処理組合	南部松山衛生処理組合
	南部松山衛生処理組合	
	渡島廃棄物処理広域連合	渡島廃棄物処理広域連合
	函館市	函館市
十勝・日高	新得町	新得町
	清水町	
	南十勝複合事務組合	十勝環境複合事務組合
	十勝環境複合事務組合	
	北十勝環境衛生処理組合	北十勝環境衛生処理組合
	日高中部衛生組合	日高中部衛生組合
	浦河町	浦河町
	様似町	様似町
	えりも町	
道東	南宗谷衛生施設組合	南宗谷衛生施設組合
	名寄地区衛生施設事務組合	名寄地区衛生施設事務組合
	西紋別地区環境衛生施設組合	西紋別地区環境衛生施設組合
	幌加内町	幌加内町
	愛別町外3町塵芥処理組合	愛別町外3町塵芥処理組合
	旭川市委託	旭川市委託 上富良野町委託
	大雪清掃組合	
	上富良野町	
	遠軽地区広域組合	北見市委託
	北見市	
	大空町委託	
	津別町委託	
	清里町	
	根室北部廃棄物処理広域連合	根室北部廃棄物処理広域連合
	釧路広域連合	釧路広域連合
	標茶町	
	厚岸町	
	根室市委託	根室市委託

Step6で近隣に同じく廃止対象となった施設が4箇所未満の場合は、どの焼却施設を焼却施設として建て替え、それ以外を中継輸送施設とするのかを決定することができる。もちろんこの場合も、廃止対象施設から受け入れ可能施設に輸送し、各施設跡地には中継輸送施設を建設するコストの方が安価な場合があるため、焼却施設と中継輸送施設を建設（焼却施設は必ず1箇所）する場合と近隣の受け入れ可能

施設を利用する場合のコストを比較し、より経済的に効率的なのはどちらであるかを検討した（類型Ⅷ）。

一方で、Step3で近隣に受け入れ可能施設がなく、Step6で近隣に同じく廃止対象となった施設が4箇所以上の場合は、道路距離の組み合わせで、輸送に必要な距離が最小となる施設跡地に焼却施設を建て替え、それ以外の跡地には中継輸送施設を建設するものとした（類型Ⅸ）。逆に、近隣で同じく廃止対象となった施設が4箇所未満の場合は、どの焼却施設を焼却施設として建て替え、それ以外を中継輸送施設とするのかを決定することができる。したがって、搬入量の大きい施設跡地に建て替え、それ以外の跡地には中継輸送施設を建設するものとした（類型Ⅹ）。

以上のStep1～Step6が本研究における分析プロセスである。ただし実際には、本分析で扱ったデータでは類型Ⅴ・Ⅵ・Ⅸに該当するものは存在しなかった。

本研究の立地配分モデルとしては、ごみの移動に関しての費用を最小限に抑えることを目的に、 p -メディアン問題によるモデルを利用した。焼却施設の新設コストは国への情報公開請求を行って作成された処理規模1tあたりの建設費を、青山(2004)⁽¹⁾を参考に算出した。中継輸送施設の新設コストは焼却施設建屋の再活用ができるコンパクト・コンテナ方式とし、鳥取県境港市(2013)より $y=183,687 \times x^{-0.643}$ とした。ここで、 x は施設の処理能力(単位:t)、 y は中継輸送施設1t当りの新設コスト(単位:千円)である。中継輸送施設から新設、もしくは既存の焼却施設へのごみを運ぶ際に利用するアームロール車(最大積載量7.2t)の購入コストは1台1,500万円とし、輸送に5時間以上かかる場合は複数台購入するものとした。軽油代は本研究開始時(2016年12月)の日本における平均価格であった1ℓ当たり105円とし、燃費は国土交通省、自動車燃費一覧(2009)を利用し、4km/ℓとした。焼却施設の新設、中継輸送施設の建設どちらの場合でも、施設の規模は現在(2015年)の稼働率を考慮し、必要最低限の規模(小数点以下切り上げ)で建設するものとした。なお減価償却にかか

る期間は減価償却資産の耐用年数等に関する省令より、焼却施設および中継輸送施設は35年、車両は4年とした。本研究における最寄り施設の抽出と、立地配分モデルを使った分析にはESRI ジャパン株式会社のArcGIS 10.4.1を利用した。

3. 北海道における焼却施設の選択的統廃合

3.1. 北海道における焼却施設の立地と現状

国立社会保障・人口問題研究所(2013)によると2025年までに人口の増加する自治体は道内で5市町(札幌市中央区、札幌市清田区、鹿部町、月形町、北竜町、音更町)のみであり、旧炭鉱都市を中心に深刻な人口減少が推定されている(図2・3)。このような状況下で自前の小さな焼却施設を維持管理するのは大きな財政負担であり、ごみ処理の広域化は持続可能な財政運営のためにも必須である。

北海道内の焼却施設の特徴をみると、全国的にみて小規模なものが多い。また、北海道は国土面積の20%を占めるにも関わらず焼却施設数は全体の5%にとどまる。これらのことから、全国に比べて1広域処理単位当たりサービス提供のカバー面積は広い傾向にあるが、単位面積当たりのカバー人口は少ないことがわかる。

このような中で国が目指す処理能力300t/日、最低でも100t/日という数値目標は人口の集中している都市部では達成可能であるものの、その他の人口密度地域ではごみの絶対量の関係からも目標達成のハードルは高い。施設の建設年代は北海道内でもばらつきがあり、とりわけ1970年代に建設された焼却炉は、すぐにでも更新の必要がある。そして焼却施設は、人口密集地域に多く分布する傾向にある一方で、人口低密度地域に行くほど焼却炉の数は少なくなり、広い範囲で広域処理が行われていることも確認できる。2025年までに耐用年数を迎える焼却施設の多くは、この人口低密度地域に多く分布する小型の施設である。現在北海道内で広域処理を行っている自治体の協力関係は、一部事務組合、広域連合を設置したもの、単に焼却処理を委託する形で広域化をおこなったものなど様々な形態がとられている。

3.2. 分析結果と考察

分析の結果、本研究のシナリオに基づく、現在52箇所存在する北海道内の焼却施設は2025年までに33箇所に削減されることになる(図4・表1)⁽⁴⁾。表1のごみ発生量t/日は日本国民一人が一日に排出するごみの量から算出したものであり、必ずしもその施設で処理しているごみの量ではないことに注意されたい。稼働率は環境省公表の施設ごとの年間処理量を基に算出したものである。廃止の対象となる焼却施設の多くは人口低密度地域に立地し、なおかつ小規模な焼却施設が多い傾向にある。これらの焼却施設は、近隣の大規模焼却施設に統合される形で広域化が進められることになる(図5・表2)。表2は本分析結果によって変化するとした広域処理関係の変化(2015年～2025年)を表したものである。現在の委託関係(2列目)から、2025年に本分析で広域処理を行うとした委託先の名前への変化を読み取ることができる(3列目)。反対に、現時点の人口密集地域、大規模な広域化の進んでいる地域では焼却施設が大型であったり、比較的新しかったりするため存続対象となる。具体的な統廃合の過程については、下記3.2.1.～3.2.4.でみていく。施設ごとのコスト比較は以上の通りである(表3)。なお、自治体の協力関係名称は一部事務組合、広域連合などで名称があるものについてはそれを使用し、名称のない協力関係については北海道の「ごみ処理の広域化計画」に基づく各ブロックの広域化基本計画の概要を参考に名付けた。

3.2.1. 道央

道央では、3箇所が建て替え、6箇所が廃止の対象とされる結果が得られた。北海道で最大級の焼却施設が立地する札幌市では発寒清掃工場と駒岡清掃工場が廃止の対象となったが、これらの施設は他の施設に比べて桁違いに規模が大きく、現在それらの施設で受け入れている処理量を受け入れ可能な施設は存在しない。そのため、本研究のシナリオに基づく、両施設は現在地で建て替えられたうえで、新設される発寒清掃工場では石狩市と現在石狩市に委託している当別町のごみを受け入れることになる。

表3 結果とコスト比較

区分	類型	廃止施設名称	プラン 1 焼却施設を新設 初年度～4 年 目（円/年）	ごみ処理受け入れ 施設名称	プラン 2 近隣の受け入れ可能 施設を利用 初年度～4 年 目（円/年）
道央	IV	札幌市駒岡清掃工場	575,200,000		
	X	札幌市発寒清掃工場	832,604,421		
		北石狩衛生センター			
	IV	千歳市焼却処理場	52,340,571		
	VIII	岩内地方衛生組合じん芥処理場	98,474,624	北しりべし広域クリーンセンター	59,580,148
		倶知安町清掃センター		西胆振地域廃棄物広域処理施設	15,805,844
		南後志清掃センター			
	VIII	苫小牧市糸井清掃センター	132,686,558	苫小牧市沼ノ端クリーンセンター	53,035,269
		平取町外 2 町衛生施設組合清掃センター			
	道南	X	函館市日乃出清掃工場（3 号炉）	435,714,000	
函館市日乃出清掃工場（1, 2 号炉）					
III		北部桧山衛生組合処理施設	29,732,000	南部桧山衛生処理組合ごみ処理施設	26,099,672
十勝・日高	III	えりも町清掃センター	21,832,857	様似町クリーンセンター焼却施設	13,630,179
	VIII	南十勝環境衛生センター	55,461,143	くりりんセンター	32,551,406
		清水町清掃センター			
	VII	清里町清掃センター	93,448,716	北見市廃棄物処理場ごみ処理施設	64,477,843
		遠軽町清掃センター			
		大空町一般廃棄物焼却処理施設			
		津別町クリーンセンター			
	III	しらかば清掃センター	47,542,857	旭川市近文清掃工場 上富良野町クリーンセンター	25,800,028
	VIII	厚岸町ごみ焼却処理場	46,809,468	釧路広域連合清掃工場	35,296,815
		標茶町クリーンセンター			
	IV	根室市じん芥焼却場	78,628,571		
離島	II	礼文町衛生センターごみ焼却施設	13,099,714		
	II	利尻郡ごみ焼却処理場	4,366,571		

注：表中の類型は図1のものと対応する。

これにより、当地域では北海道内最大の人口を抱える広域処理圏が誕生することになる。

また、岩内地方衛生組合、南部後志衛生施設組合、羊蹄山麓地域広域処理協議会では合計3箇所の施設が廃止対象となるが、3つの広域処理範囲で1つの施設を新設する案と近隣の施設へと中継輸送施設を利用して輸送する案とを比較検討した結果、それぞれ近隣の施設へ輸送するのが一番コストのかからない方法だという結果が得られた。すなわち、岩内地方衛生組合と羊蹄山麓地域は小樽市を中心とする北しりべし廃棄物処理組合、南部後志衛生施設組合は室蘭市を中心とする西いぶり広域連合に組み込まれる形で大規模な広域処理が形成されることになった。これにより、北しりべし廃棄物処理組合は約200t/日、西いぶり広域連合は約150t/日の処理を行うことになり、国の最低目標を達成することにな

る。倶知安町清掃センターの稼働率が0%であったためそのまま計算を行うと中継輸送施設の処理規模が0t/日と現実的ではなくなるため、便宜上北海道に立地する焼却施設の平均的な稼働率である56%を利用した。

道央廃棄物処理組合の施設で処理しているごみの量は100t/日未満だが、近隣で受け入れ可能な施設がないため現広域処理範囲で施設を建て直す必要がある。しかし、隣の恵庭市は脱焼却処理を行っているものの今後焼却処理を行う計画もあるため、互いに利害が一致すれば共同で処理を行うこともできる。

苫小牧市にあった低稼働率の2箇所の焼却施設は1箇所に集約され、平取町外2町衛生施設組合のゴミを受け入れることによって200t/日を超える運転が可能となる。道央は道内で最も人口が集中する地区ということもあり、国の目標を達成する結果が得

られた。今回の分析では苫小牧市糸井清掃センター跡地に中継輸送施設を建設することになったが、施設Bが同じ市内にあるため中継輸送施設の建設は必要ない可能性もある。その場合、必要なコストはさらに低くなる。

3.2.2. 道南

道南では、1箇所が建て替え、2箇所が廃止の対象とされる結果が得られた。廃止対象の1つとされた北部桧山衛生処理組合焼却施設のごみを南部桧山衛生処理組合が受け入れることで、2025年までに広域処理を行うことが可能である。しかし、それでも国の目指す処理能力の最低目標(100t/日)には遠く及ばない。しかし2017年現在、中継輸送施設を利用している渡島廃棄物処理広域連合と共同で処理が可能な施設を2025年以降に建設することができれば国の目標が達成されるため、検討に値すると思われる。

函館市については、2箇所ある施設を統廃合することで、単独で目標を達成することができた。函館市にある施設の統廃合にあたっては、本来であれば類型Ⅹが適用され、中継輸送施設が建設される。しかし、2箇所の立地が極めて近いことから中継輸送施設は建設せず、さらに函館市日乃出清掃工場(1, 2号炉)の方が先に寿命となることから、こちらの跡地に焼却施設を新設するとした。ただし、今後さらなる人口減少が続く場合はこれらの統廃合では不十分であり、場合によっては道南全体で広域処理を行う必要もあるかも知れない。

3.2.3. 十勝・日高

十勝・日高では建て替え対象はなく、3箇所が廃止の対象とされる結果が得られた。シナリオに基づく、えりも町にある施設の廃止に伴って行き場を失うごみは北方に位置する様似町の施設で受け入れられることとなる。しかし、両者の統合が実現しても当該地域は人口密度が極めて低いため、統合後であっても処理能力は10t/日以下にとどまる。そのため、えりも町の施設が廃止になる2025年以降に十勝環境複合事務組合と統合するなどしての目標達成

を検討する必要がある。その十勝環境複合事務組合は超広域処理組合であること、人口が比較的多いことなどから200t/日以上処理を実現しているが、南十勝複合事務組合と清水町のごみを受け入れることとなり、更に国の目標である300t/日に近づく結果となった。

3.2.4. 道東

道東では、1箇所が建て替え、7箇所が廃止の対象とされる結果が得られた。まず、遠軽地区広域連合、大空町委託、津別町委託、清里町では4箇所の施設が耐用年数を迎える。そこで、これらの地域で広域処理をする場合と、4つの施設のごみを受け入れ可能な北見市の施設で受け入れる場合のコストを比較したところ、北見市の施設で受け入れる方が、コストが安くなる結果が得られた。なお、廃止となる4箇所の施設で広域処理を行う場合のコストは類型Ⅶに従い、輸送コストを一番抑えることのできる、遠軽町清掃センター跡地に焼却施設を建て替えるとした。また、倶知安町清掃センターと同様に、津別町クリーンセンターの稼働率が0%であり、そのまま計算を行うと中継輸送施設の処理規模が0t/日と現実的ではなくなるため、便宜上北海道に立地する焼却施設の平均的な稼働率である56%を利用した。

次に、大雪清掃組合の施設が耐用年数を迎える。通常であれば、この施設の近隣には廃止となった際にごみを受け入れることのできる施設がないため類型Ⅳとなり、焼却施設の建て替えとなる。しかし、大雪清掃組合の施設(しらかば清掃センター)で処理しているごみの量が少ないことや、近隣の施設を2箇所利用すれば受け入れが可能であることから、例外的に類型Ⅲとし、小規模な焼却施設を建て替えず、中継輸送施設を建設するとした。以上により、1番近い旭川市委託の施設と、2番目に近い上富良野町の施設も含めて2箇所に分配することとした。

さらに、標茶町と厚岸町は今まで単独で焼却処理を行っていたが、釧路広域連合に組み込むことで広域化を実現できる。最後に、根室市委託では廃止対象となった施設があるものの比較的大型の施設

(45t/日)であり、受け入れ可能施設が見つからないことから今回は建て替えが妥当だと判断される。

3.3. 考察

本研究における統廃合のシナリオでは、現在地にて施設を新設する場合に比べ、近隣の受け入れ可能施設へ輸送する場合のコストの方が小さくなるという結果が得られた(表3)。そこでは、小規模施設を中心に、近隣の人口密集地域に立地する大規模施設へと統合が進み、北海道の提案している広域処理圏に近づく結果となった(表2)。この結果は、処理圏の再編は、大都市圏やその郊外地域よりもむしろ農村地域に生じやすい(栗島, 2004)との指摘と対応する。ただし、鈴木・安藤(2013)は医療施設を念頭に立地論の考え方にに基づき施設統廃合を議論し、場合によっては施設閉鎖後の周辺地価下落への補償の必要性も考えられるとしているが、本研究で扱う焼却施設はNIMBY施設であるため、むしろ関連施設の新規建設地周辺住民に対するコストが生じる可能性も考えられる。また、本分析に基づく、輸送コストを理由に周辺人口に乏しく、小規模で非効率的な焼却施設は人口が集中する地区の焼却施設への統合が進むという結果が得られたが、世論などの影響も考慮する必要があると考えられる。栗島(2004)でも言及されているが、実際に2025年に向けた焼却施設の統廃合を推進すると仮定した場合、自治体の政治・経済の力関係をはじめ、コスト面以外の要素も十分に検討する必要があると考えられる。この点に関連して、ピンチ(1990)は廃棄物処理場などの有害施設は上・中流階級の人々が住民を組織化し反対するため、貧困地区に立地することが多いとしており、その点についても十分考慮する必要があると考えられる。

今回の分析では、振興局を跨ぐ統廃合は行われないう結果になったが、栗島(2004)が最終処分施設について「廃棄物移動は都県レベルや関東地方外への移動など非常に広範囲になっている」と述べているように、焼却施設についても振興局を跨ぐ統廃合が今後起きることも十分に考えられることである。ただし、本研究の結果はコストのみに着目した

ものであり、栗島(2004)で言及されているように自治体の政治力や財政力によっては、必ずしもコスト面からの広域化は効率的に進まない点に留意すべきである。

また、廃止対象となった施設が一定以上の規模になると受け入れ先の処理能力の制約から施設を建て直す他なく、現状よりも広域化が進むとも限らない。すなわち、国が最低限の目標とする100t/日を満たしていない焼却施設も依然として多く、国が示す目標の達成を目指すならば、今後さらに時間をかけて施設の統廃合を進める必要もある。

そして、2035年頃になれば本研究では統廃合の対象外であった焼却施設も更新時期となる。その頃には本研究に基づき2025年に建て替えられる焼却施設はまだ現役であり、更新時期を迎えた施設と現役施設とが混在する状況も想定される。もしこれらの自治体でより広域化を進めることを想定する場合は、2035年を見越し、本研究で想定した2025年の建て替えの際により大型の焼却施設を新設する必要が生じる。

本分析では、焼却処理を行っていない自治体は今後も焼却処理を行わない、また、行っている自治体は今後も行うものとして分析を行ったが、恵庭市のように今後焼却処理を行う計画がある自治体も考えられるため、それらを考慮した焼却処理の広域化も検討すべきである。反対に、ごみ発生量が少なく、急激な人口減少が考えられる自治体では中継施設を作ったとしてもそれすら数年後には稼働率の低い状態となってしまうことも考えるため、脱焼却処理を含めた分析も必要になってくると思われる。

4. おわりに

本研究では、北海道内の焼却施設を対象に、2025年までに更新の必要があるものを取り上げ、2015年から2025年までのごみ発生量を考慮しながらコスト面から中継輸送施設を利用した焼却施設の統廃合、あるいは建て替えを行うかを検討した。本研究で得られた成果と課題は、以下の様にまとめることができる。

- 1) 焼却施設の耐用年数・新設コスト、中継輸送施

設の新設コスト、ごみの輸送コストに着目した分析からは、更新の迫った焼却施設を建て直すよりも、近隣のごみ処理量に余裕のある焼却施設へと統合させる方がコストを抑えられるということが示された。しかし、今回扱うことのなかった人件費、維持管理費、施設解体費、各種税金を含めた場合に結果が変化する可能性があることを留意する必要がある。

2) コスト面からのみ焼却施設の統合を検討した場合、大規模な焼却施設と小規模な焼却施設が廃止となる際は、大規模な焼却施設のほうへ統合され、大規模施設が立地していた地点に新たな焼却施設が新設されるという結果になった。これは、輸送コストに着目した際、よりごみの輸送量・輸送距離が少なくなるパターンを選んだからである。

3) 現在稼働中の焼却施設の稼働率をみると、現時点でも非効率的な運用がされている焼却施設が多数あるうえに、北海道のほとんどの地域では2025年以降も人口減少が続くことが推定されている。このことから、2025年以降も一般廃棄物の排出量が減少を続けることが予想され、本研究の分析で得られた施設統廃合が達成されたとしても、さらなる効率的な運用を行わなければいけなくなる焼却施設がでてくることが想定される。この点に鑑みると、併せてより長期的な視野に基づいた分析も求められる。

本研究は、今後全国的に更なる広域化が必要となってくると思われる焼却施設について、一定の基準を持って統廃合を行う事例研究であり、今後の在り方について議論の少なかった、実在する焼却施設への考察において意義のあるものだと考えられる。

謝辞

本稿をまとめるにあたり北海学園大学人文学部准教授の村中亮夫先生と経済学部教授の浅妻裕先生には丁寧なご指導を賜りました。英語要旨の作成に当たっては、同じく北海学園大学人文学部講師のJeremie Bouchard先生に校閲していただきました。ここに感謝の意を表します。また、本研究はゼミナール活動の延長線上で行われたものであり、浅妻ゼミナールの皆様にもこの場をお借りしてお礼申し上げます。

注釈

- (1) 青山(2004)の表3にある施設規模別の処理能力1tあたりの建設事業費を利用した。例えば、処理能力が0～10t/日の施設1tあたりの建設事業費は15,283万円であり、500～1,000t/日の施設1tあたりの建設事業費は5,364万円である。
- (2) 番号42から44の統合後(2025)の数値(人口等)が二つずつ示されているのは、統合後に2つの施設が稼働するためである。上段の数値が施設番号42、下段の数値が施設番号43の存続後の数値である。
- (3) 委託関係名称の変化について便宜上、現在(2017年)存在が確認されている広域連合・一部事務組合の施設に組み込まれる施設については、そのまま広域連合・一部事務組合の名称を使用した。それ以外の広域連合を持たない共同処理・委託関係や、新たに共同処理もしくは委託を行う施設に関しては、〇〇〇(〇は受け入れ施設の立地する市町村名)委託とした。
- (4) 表1のごみ発生量t/日は該当する焼却施設を利用する市町村の人口に、環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等(平成25年度)について」<<http://www.env.go.jp/press/102117.html>>より1人1日当たりのごみ排出量平均の947gを乗じて算出したものである。

参考文献

- 青山貞一(2004)「廃棄物焼却主義」の実証的研究－財政面からのアプローチ－「武蔵工業大学環境情報学部紀要」, 5, 54-59.
- 足立理(1997)枚方市における公共図書館の最適立地問題:立地-配分モデルによる分析,『人文地理』, 49, 378-394.
- 石崎研二(2003)立地・配分モデル,『シリーズ〈人文地理学〉3 地理空間分析』(杉浦芳夫編), 朝倉書店, 61-83.
- 石崎研二(2013)立地・配分モデル,『人文地理学事典』(人文地理学会編), 丸善出版, 206-207.
- 宇都正哲(2012)人口減少下におけるインフラ整備を考える視点,『日本不動産学会誌』, 25(4), 43-49.

- 環境省 (1997) ごみ処理の広域化計画について. 「環境 173 号」.
- 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課 (2017) 一般廃棄物処理実態調査結果 (平成 27 年度調査結果). < http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h27/index.html >.
- 栗島英明 (2004) 東京都, 埼玉県における一般廃棄物の処理圏とその再編動向. 「季刊地理学」, **56**, 1-18.
- 経済産業省資源エネルギー庁 (2016) 石油製品価格調査. <http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html>.
- 国土交通省, 自動車燃費一覧 (2009) 12. トラック等・トラクタ燃費. <<http://www.mlit.go.jp/common/000037095.pdf>> を参照した.
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2013) 日本の地域別将来推計人口 (平成 25 年 3 月推計). <<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson13/3kekka/Municipalities.asp>>.
- 塩屋望美・中村修 (2016) 焼却施設広域化の経済効果に関する研究－長崎県, 全国を事例として－. 「九州地区国立大学教育系・文系研究論文集」, **3**(2), No.2.
- 鈴木一輝・安藤朝夫 (2013) 線形市場における人口減少下のサービス供給施設配置. 「都市計画論文集」, **48**(3), 339-344.
- 瀬川祥子・貞広幸雄 (1996) GIS を利用した保育施設計画立案支援システムの開発. 「GIS－理論と応用」, **4**(1), 11-18.
- 田崎智宏・藤井実・佐野彰・稲葉陸太・山口直久・千葉俊彦 (2013) 人口減少下における廃棄物処理システムの戦略的転換. 「廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集」, **24**, 61-62.
- 鳥取県境港市 (2013) 一般廃棄物処理基本計画. 「資料 2」.
- 中尾彰文・山本祐吾・吉田登 (2015) 人口減少社会における静脈系インフラの統合・連携と技術選択の評価. 「土木学会論文集 G (環境)」, **71**(6), 475-486.
- ピンチ・S, 神谷浩夫訳 (1990) 『都市問題と公共サービス』, 古今書院. Pinch.S (1985) Cities and services; the geography of collective consumption. London: Routledge and Kegan Paul.
- 藤井実 (2005) 廃棄物処理・リサイクルの広域化のトレードオフについて. 「廃棄物学会誌」, **16**(6), 328-333.
- 藤原健史・日下部友祐 (2008) GIS を用いた収集輸送の距離計算と中継輸送施設の最適配置に関する研究. 「環境システム研究論文集」, **36**, 299-308.
- 北海道環境生活部循環型社会推進課 (2006) 「ごみ処理の広域化計画」に基づく各ブロックの広域化基本計画の概要. <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/grp/07/kouiki_gaiyou.pdf>.
- (2017年7月26日原稿受理, 2017年12月25日採用決定, 2018年2月28日デジタルライブラリ掲載)