

【研究報告】

ごみ処理の広域化に伴う中継基地導入効果の検討

A Study on Economical and Environmental Effect of Rely Center with Area-wide MSW Management System

田中一幸*、増淵淳一*、河邊安男*、藤吉秀昭*

Kazuyuki TANAKA*, Junichi MASUBUCHI*, Yasuo KAWABE* and Hideaki FUJIYOSHI*

キーワード：中継基地、費用効果、広域処理、ごみ収集

1. はじめに

ごみ焼却処理施設がダイオキシン類の主要発生源として指摘されて以来、種々の調査、対策が実施されてきている。

その対策のひとつとして、ダイオキシン類の排出抑制とごみの適正処理の推進を図るために、平成9年5月に厚生省から「ごみ処理の広域化について」とする水道環境部環境整備課長通知が出され、都道府県レベルでのごみ処理広域化計画が策定された。この計画に基づき今後約20年の期間をかけて順次処理の広域化が図られていくものと思われる。広域化の実現に際しては、遠隔地からのごみの運搬の問題は避けて通れない問題であり、これを効率よく実施するために中継施設の設置を検討する市町村が今後増えるものと予想される。

本報告では、中継基地の導入効果についてまとめるとともに、導入効果の検討においてポイントとなるコスト低減効果等について定量的な検討を行ったので結果を報告する。

2. ごみ処理のイメージ

本検討に当たって、図-1に示すような広域処理をイメージした。広域処理のための中間処理施設をB市に建設するとした場合、A町のごみを中間処理施設へ運搬する必要がある。その際に中継基地を設置することの効果について検討した。

3. 中継基地導入効果

中継基地導入の効果としては、大きく分けて以下のものが考えられる。

- ① コスト低減効果
- ② 環境負荷低減効果
- ③ その他の効果

これらについて以下に検討する。

3.1 コスト低減効果

コスト低減効果については、従前から様々な検討例が示されており、一般的に中継基地規模60t/日以上、運搬距離が10km以上の場合にコスト低減効果が期待されるとしている。¹⁾しかし、これらの試算には、収集車両、運搬車両の大きさ、ごみ排出量（季節変動、週変動を含む）、1車当たりの収集人員等多くの影響因子が含まれており、影響因子によって効果に対する影響の度合いが異なるため、その評価は一定しない。したがって、コスト低減効果の検討

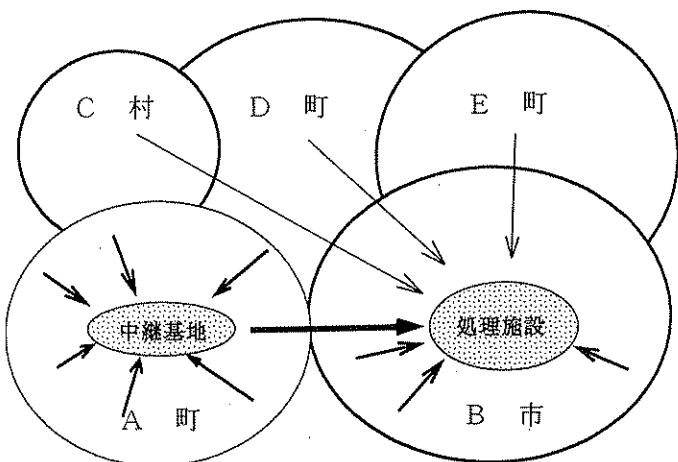


図-1 広域処理イメージ図

* (財) 日本環境衛生センター東日本支局環境工学部
Dept. of Environmental Engineering, East Branch, JESC

に際しては、諸条件を精査した上で定量的な検討を行いう必要がある。また、評価に当たっては諸条件を明確化しておく必要がある。

3.2 環境負荷低減効果

環境負荷の低減効果について以下のものが考えられる。

- ① 排ガス量の削減効果
- ② 自動車騒音低減効果
- ③ 惡臭飛散防止効果

これらはいずれも運搬車両の減少に負うところが大きい。直接搬送方式と中継基地方式の収集運搬イメージは図-2に示すとおりであり、中継基地方式の方が運搬車両の交通量が減少する。①排ガス量の削減効果は、中継基地における電力使用量を含めて、化石燃料の使用量に置き換えて効果を試算することが可能と考えられる。この効果の定量的な検討結果については後述する。②自動車騒音低減効果、③悪臭飛散防止効果は、定量的な評価が難しいが、収集運搬に伴う必要車両数が減少すること及び中継基地からの施設騒音、悪臭は施設側で発生防止が可能したことから、使用的する車両の種類が同一でないことを考慮しても、定性的には環境負荷低減効果が期待できる。

なお、収集車両に対して中継運搬車両の積載量が大きいほど収集運搬効率は高くなるが、日本においては道路事情、法的問題等があり、10t車が最大であることから中継基地による運搬の効率化にはこの面からの限界がある。

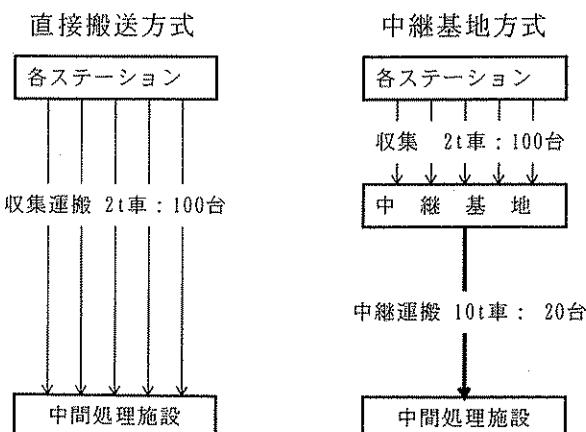


図-2 直接搬送方式と中継基地方式の
収集運搬イメージ

3.3 その他の効果

中継基地の導入に関しては、コスト削減効果、環境負荷低減効果といった直接的な効果の他にも次に示すような副次的な効果が期待される。

3.3.1 運搬負荷の均等化

今回のシミュレーションではごみの排出は、各収集日に均等に排出され、かつ排出当日に運搬するという条件で行ったが、実際のごみ排出は、収集地区、曜日による変動が大きく無視できない。週2回収集の場合、月・火曜日のごみ排出量は、木・金曜日の1.3~1.5倍程度になることも珍しくない。直接搬送方式の場合、この変動を緩和する方法がないため、排出量の多い日を基準として収集運搬計画を立案する必要がある。一方、中継基地方式の場合、ある程度の貯留機能を持たせることによって運搬に対する自由度が増し、この変動を均等化することが可能になる。

3.3.2 緊急時の一次貯留効果

中間処理施設の建設に際しては、補修時のごみ処理、緊急時のごみ処理を考慮して、ピット容量等ごみ貯留設備の容量が決定されているが、補修時に稼働中の施設がトラブルで停止するなど、極めて確率の低いリスクまでは考慮していない。また、予想に反してごみ排出量が増加した場合など補修時の対応にも苦慮する場合がある。このような場合、たとえ僅かであっても中継基地に貯留能力があれば、対応が非常に容易になる。

3.3.3 直接搬入の利便性の確保

従来、近くにあった中間処理施設が広域化によって遠方となった場合、直接搬入者の負担は大幅に増大し、住民サービスが低下する。一方、中継基地を設置した場合は、直接搬入ごみを中継基地で受け入れることにより、直接搬入者への負担の増大は抑制され、住民サービスの低下を招かずに済む効果が認められる。

3.3.4 中継基地の共同設置

ごみの収集運搬は、従来市町村の責任とされており、市町村単位で実施してきた。市町村単独で中

中継基地の導入を検討した場合、ごみ量が少ないと導入効果が認められないケースがある。しかしこのような場合でも、図-3に示すように複数の市町村が共同で中継基地を計画することで、中継基地規模が大きくなり効果が期待できる場合がある。

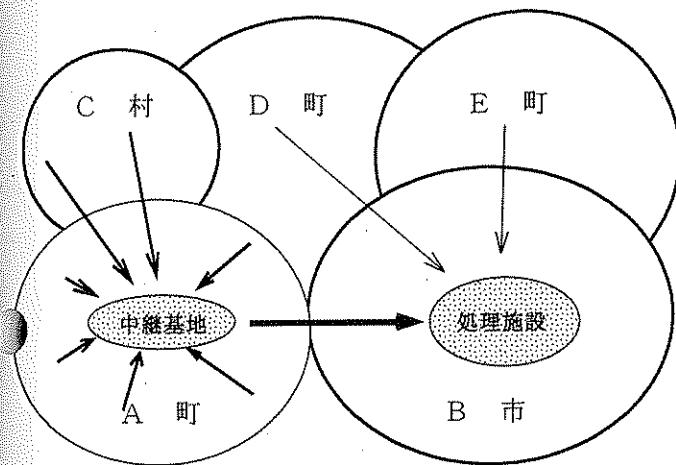


図-3 中継基地イメージ図（共同設置）

3.3.5 中間処理施設への搬入量調整

中間処理施設を複数設置するケースでは、中継基地で一旦収集ごみを集約することで、それぞれの施設を適切な条件で運転できるよう各中間処理施設への搬入量を調整する効果が期待できる。

4. 中継基地導入効果のシミュレーション

定量的に導入効果を検討できるコスト低減効果、環境負荷低減効果について、どのような条件でどの程度の効果が期待できるかを明確化する目的で以下のとおりシミュレーションを行った。

4.1 シミュレーション方法

シミュレーションに当たっては、図-1に示す広域処理をイメージし、A町のごみをB市にある中間処理施設へ運搬するものとして、ごみの運搬量、運搬距離、運搬時の移動速度の各影響因子を変化させることで中継基地の導入効果がどのように変化するかを検討した。なお、結果は中継基地方式／直接搬送方式の比で評価した。すなわちこの比が1.0を下まわった場合に効果が認められることになる。

試算に用いたワークシートを表-1に示す。基本

的な試算方法は従来から行われている試算方法に準じているが、以下の点に工夫を加えている。

- ① 収集計画に不燃・粗大ごみを考慮
可燃ごみ 週2回（月木、火金）
不燃・粗大ごみ 週1回（水）
- ② 可燃ごみは収集当日の搬送、不燃・粗大ごみは、量が多い場合中継基地に一次貯留して分散して搬送することを考慮
- ③ 複数市町村が共同で中継基地を建設するケースを考慮（共同設置の場合中継基地関係費用等を各市町村に按分）

なお、表-1において備考欄に★印を付けたものは影響因子であり、数値の設定が必要な項目である。シミュレーションの際は該当する影響因子のみ変動させ、他の影響因子は表-1の数値をそのまま使用した。

試算に際してごみ量は、可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみの比率を100:10:5と仮定し、中継基地規模が5t/日、10t/日………となるように設定した。（本条件では可燃ごみ量が中継基地規模の決定因子になる）また、A町からB市へごみを運搬した車両は、空荷でその日のうちにA町まで回送するものとした。

収集ごみとしては上記の他に、資源物（びん、カゴ等）が考えられ、これらを加えた評価も可能である。しかし、資源物は多種分別の実施により、中間処理を必要としないケースも多く、また中間処理を必要とするケースでも、設備は小規模で済む。したがって、広域処理を行うより各市町村において処理し、直接資源化ルートに載せる方が効率的であると考え、本検討から除外した。

4.2 コスト低減効果

4.2.1 中継基地規模及び運搬距離の影響

中継基地規模及び中間処理施設までの運搬距離の影響をみるために、以下のとおり影響因子を変化させシミュレーションを行った。

- ① 中継基地規模の影響：5～100t/日
- ② 運搬距離の影響：5～100km（片道）

中継基地規模の影響に関するシミュレーション結果は図-4に、運搬距離の影響に関する結果は図-5に示すとおりである。また、これらを合わせて図-6に表現した。

表 1 中継基地設置効果検討シート

【A町】			輸送経路：A町 → (町内) → B市			備考		
直接搬送方式			中継基地方式					
可燃ごみ	粗大ごみ	不燃ごみ	可燃ごみ	粗大ごみ	不燃ごみ			
収集関係								
ごみ排出量 (t/年)	4,160	208	416	4,160	208	416	*	
収集日数 (日)	208	52	52	208	52	52	*	
ごみ排出量 (t/日)	20.0	4.0	8.0	20.0	4.0	8.0	*	
収集車種載量 (t/台)	1.4	0.6	1.6	1.4	0.6	1.6	*	
班べ収集回数 (台/日)	15	7	5	15	7	5	*	
平均収集距離								
市町村内 (km)	15	—	—	15	—	—	*	①
市町村～処理施設 (km)	30	—	—	30	—	—	*	②
市町村～中継施設 (km)	—	—	—	0	—	—	*	③
1工事所要時間 (min)	200	—	—	90	—	—	式 (①+②+③+④×2) ×60+⑤ ○ r (①+②+③+④×2) ×60+⑥	
収集時移動速度 (km/h)	15	—	—	15	—	—	*	④
運搬時移動速度 (km/h)	30	—	—	30	—	—	*	⑤
作業時間 (min)	20	—	—	20	—	—	*	⑥
一日班べ作業時間 (min)	360	—	—	360	—	—	*	
一日作業回数 (回)	1	—	—	4	—	—	*	
必要車両台数 (ごみ種類) (台)	15	7	5	4	2	2	*	
(市町村) (台)	15	7	—	4	2	—	*	
必要人員 (人)	30	可燃業務	—	8	0	—	1車あたりの人員	2 (人)
中継施設からの輸送								
中継施設距離 (t/日)	—	—	—	—	—	—		
中継ごみ量 (t/日)	—	—	—	20.0	4.0	8.0		
中継施設運搬量 (t/台)	—	—	—	7	3	6	*	
班べ輸送車両台数 (台/日)	—	—	—	3	2	2		
中継施設からの運搬距離 (km)	—	—	—	38	—	—	*	⑦
運搬移動速度 (km/h)	—	—	—	38	—	—	*	⑧
運搬所要時間 (min)	—	—	—	120	—	—	式 ⑦ ÷ ⑧ × 2 × 60	
一日班べ作業時間 (min)	—	—	—	360	—	—	*	
一日運搬回数 (回)	—	—	—	3	—	—	*	
必要車両台数 (ごみ種類) (台)	—	—	—	1 不燃業務	2	—		
(中継施設) (台)	—	—	—	2	—	—	1車あたりの人員	1 (人)
必要人員 (運搬車両台数) (人)	—	—	—	—	—	—	施設運転員 (1車)	5 (人)
車両関係単価表								
車両購入費 2t 収集車 (円)	90,000,000	21,000,000	—	24,900,000	6,000,000	—		
10t 運搬車 (円)	—	—	—	48,000,000	—	—		
車両償却費 2t 収集車 (円/年)	18,000,000	4,200,000	—	4,800,000	1,200,000	—		
10t 運搬車 (円/年)	—	—	—	8,000,000	—	—	*	運搬復却期間 5 (年)
車両維持費 2t 収集車 (円/年)	7,500,000	2,450,000	—	2,000,000	700,000	—	*	車両価格の5% + 税金等 200,000 (円/台)
10t 運搬車 (円/年)	—	—	—	2,400,000	—	—	*	車両車両 (2t バッカーレ) 6,000,000 (円/台)
走行距離 2t 収集車 (km/年)	140,400	16,380	11,700	48,800	5,460	3,900	*	(2tダンプ車) 3,800,000 (円/台)
10t 運搬車 (km/年)	—	—	—	18,720	3,120	3,120	*	(10t運搬車) 20,000,000 (円/台)
燃料使用量 2t 収集車 (l/年)	42,120	4,914	3,510	14,940	1,638	1,170	*	燃料消費量 2t車 0.30 (l/km)
10t 運搬車 (l/年)	—	—	—	9,360	1,560	1,560	*	10t車 0.50 (l/km)
車両関係コスト 小計 (円/年)	35,588,080	—	—	21,152,360	—	—	式 車両償却費 + 車両維持費	
車両費 25,500,000	6,850,000	—	—	17,200,000	1,900,000	—		
燃料使用料								
2t 収集車 円/年)	2,948,400	343,980	245,700	982,800	114,560	81,900	*	燃料単価 70 (円/l)
10t 運搬車 (円/年)	—	—	—	655,200	108,200	108,200		
中継施設関係コスト 小計 (円/年)	—	—	—	78,160,908	—	—		
施設建設費 (円)	—	—	—	780,000,000	可燃に含む	可燃に含む	中継施設関係費用 = 基本額 + 調査 (可燃ごみ) × トン単価	
償却年数 (年)	—	—	—	20	—	—	基本額 トン単価	
施設償却費 (円/年)	—	—	—	39,000,000	—	—	*	施設建設費 (円) 600,000,000 9,000,000
施設維持費 (円/年)	—	—	—	32,760,000	—	—	*	施設年間維持費 (対建設費%) 4 0.01
ランニングコスト (円/年)	—	—	—	6,400,000	—	—	*	ランニングコスト (円) 6,000,000 20,000
人件費 小計 (円/年)	186,000,000	—	—	37,000,000	—	—		
収集 (円/年)	180,000,000	0	—	48,000,000	0	—	*	人件費単価 6,000,000 (円/人・年)
運搬 (円/年)	—	—	—	14,000,000	—	—	*	7,000,000 (円/人・年)
中継施設運転 (円/年)	—	—	—	35,000,000	—	—	*	7,000,000 (円/人・年)
総計 (円/年)	215,588,080	—	—	198,312,980	—	—		
化石燃料消費量 (1/年)	50,544	⑥	71,578					
備考：中継基地方式による 電力の燃料換算基準	燃料消費量 (29328 l/年) + 電力使用量 (162500kWh/年) 電力使用量 = (基本量 + 規模(可燃ごみ) × 営業量) × 260日			太: 電力使用量 基本量 500 (kWh/日) * 単位量 5 (kWh/ごみ) * 使用電力の石油換算係数 0.26 (1/kWh)				
設定条件								
収集日数	可燃ごみ：週2回収集(月木、火金)、不燃・粗大ごみ：週1回同日収集(水) よって可燃ごみ収集日 208日：週4日 × 52週、不燃・粗大ごみ収集日 52日：週1日 × 52週							
収集車両構成量	2t車を前提とし、ごみの見掛比重を考慮して積載量を設定。							
中継輸送車両構成量	10t車を前提とし、ごみの見掛け量を考慮して積載量を設定。							
一日班べ作業時間	1日の労働時間を8時間とし、うち車両の消掃、点検等の時間を考慮して収集運搬作業に従事する時間を6時間とした。							
一日作業回数	6時間以内に可能な収集運搬の回数。(一工程当たりの所要時間が60分であれば360 ÷ 60 = 6回、100分であれば360 ÷ 100 = 3.6 ≈ 3回としている)							

この図から中継施設規模20t/日以上、運搬距離30km以上の条件でコスト削減効果（中継／直搬比=0.9102）が認められ、15t/日以下の規模では運搬距離にかかわらずコスト削減効果は認められない。また、80t/日以上の規模においては、搬送距離15kmでも

もコスト削減効果が認められる。

なお、直接搬送方式で運搬距離75km、中継基地方式で運搬距離95km以上の条件では、運搬車両が1日の間に処理施設まで往復できなくなるためコスト試算不能となっている。

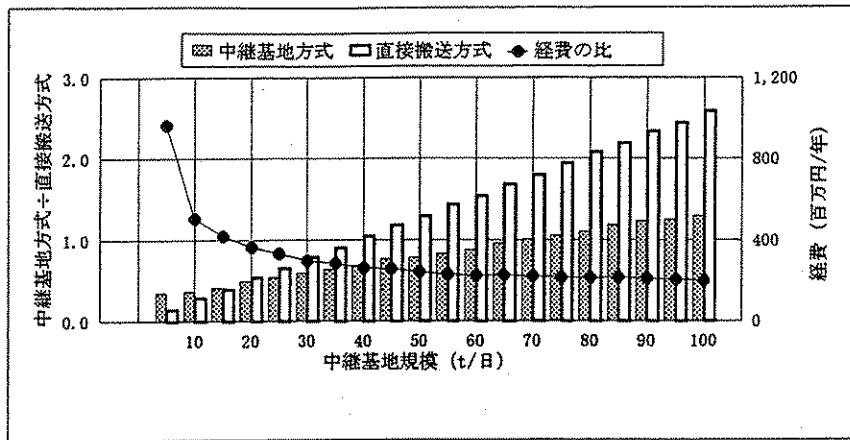


図-4 中継基地規模と経費の関係（運搬距離30km、運搬速度30kmの場合）

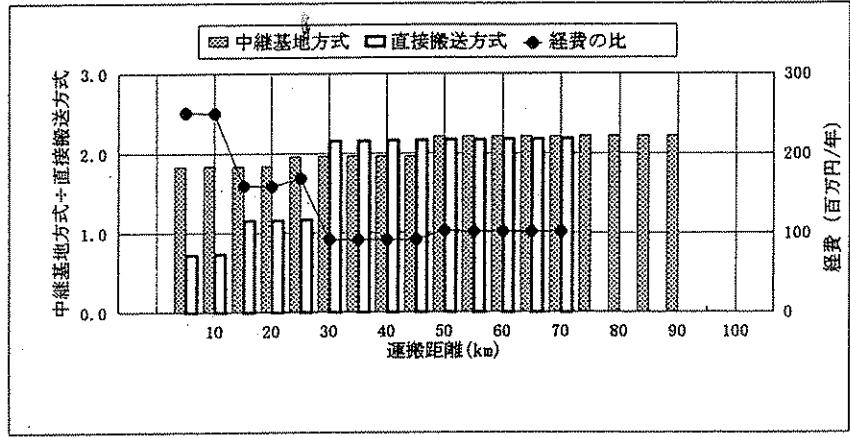


図-5 運搬距離と経費の関係-1（中継基地規模20t/日、運搬速度30kmの場合）

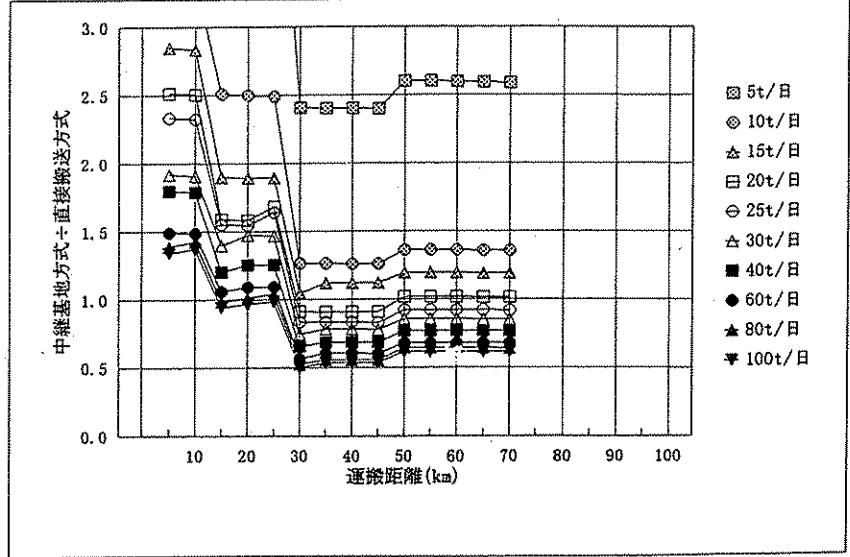


図-6 運搬距離と経費の関係-2

4.2.2 交通事情の影響

交通事情の影響については、渋滞等の状況を運搬時移動速度をもって表現した。移動速度の変化範囲は5~50km/hとした。なお、運搬時移動速度が変化すると当然搬送距離当たりの燃料使用量が変化するが、ここではこれを一定とした。

シミュレーション結果は図-7に示すとおりである。

設定条件においては移動速度15~35km/hの条件で中継基地によるコスト削減効果（中継／直搬比=0.8592~0.7434）が認められるが、40km/hを超えるような条件では、直接搬送における1車1日当たりの作業可能回数が倍増するためコスト削減効果は現れない。また、移動速度10km/hを下まわるような激しい渋滞を生じる条件では、収集運搬そのものが困難になってしまう。

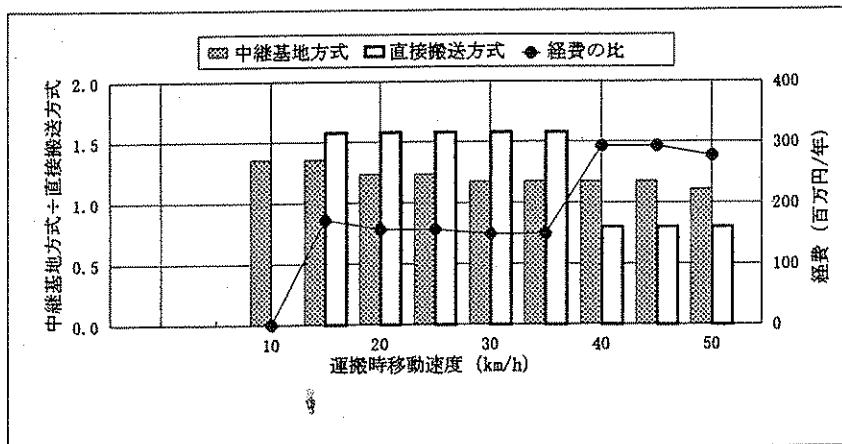


図-7 運搬時移動速度と経費の関係（ごみ量20t/日、搬送距離30kmの場合）

4.2.3 コストの内訳

コストの内訳については、以下に示す2つの視点から整理した。なお、図中の経费率とは各コストの内訳の全体コストに占める割合を示す。

- ① コストの種別による整理（表-2、図-8）
- ② 収集運搬工程による整理（表-3、図-9）

コストの種別の視点から見ると、人件費の占める割合が圧倒的に大きく全体の45~60%に達している。一方中継基地関係の設備に係る費用は、規模が大きくなるほどその割合が小さくなり、小規模施設で全体の約45%、大規模施設で約30%となっている。

収集運搬工程の視点から見ると、小規模施設では、中継基地関係コスト（人件費を含む）が最も高く、全体の約70%を占めているのに対し、大規模施設では

35%程度まで低下する。特に施設建設費、補修費の占める割合が高い。中継基地の場合、その中核をなす積替設備（圧縮設備を含む）設置に係る費用が、100t/日以下程度では施設規模に大きく影響されない。また、環境保全のために必要な脱臭設備、排水処理設備等の設置コストの占める比率も相対的に高くなるものと考えられる。これらが、小規模施設においてコスト削減効果が表れ難い原因となっていると考えられる。

収集関係コストは、小規模施設では20%程度であるが、大規模施設では約50%に達する。また、収集関係コストはその大半が人件費である。

運搬関係コストは中継基地規模にかかわらず10%程度で大きな変化はない。

表-2 中継基地コストの内訳(1)
(コスト種別による整理)

中継基地規模	小規模 (10t/日)	中規模 (50t/日)	大規模 (100t/日)
車両関係コスト	7.4%	13.3%	14.9%
車両費	6.6%	11.7%	13.0%
燃料費	0.8%	1.6%	1.9%
中継基地関係コスト	47.3%	32.9%	28.1%
施設償却費	23.7%	17.2%	14.9%
施設補修費	19.4%	13.7%	12.0%
ランニングコスト	4.2%	2.0%	1.2%
人件費		24.0%	11.5%
人件費	45.3%	53.8%	57.0%
収集運搬	21.3%	42.3%	50.0%
中継基地管理	24.0%	11.5%	7.0%
合計	100.0%	100.0%	100.0%

表-3 中継基地コストの内訳(2)
(収集運搬工程による整理)

中継基地規模	小規模 (10t/日)	中規模 (50t/日)	大規模 (100t/日)
中継基地関係コスト	71.3%	44.4%	35.1%
施設償却費	23.7%	17.2%	14.9%
施設補修費	19.4%	13.7%	12.0%
ランニングコスト	4.2%	2.0%	1.2%
人件費	24.0%	11.5%	7.0%
収集関係コスト	19.9%	42.9%	51.9%
車両費	3.0%	6.6%	7.8%
燃料費	0.4%	0.9%	1.1%
人件費	16.5%	35.4%	43.0%
運搬関係コスト	8.8%	12.7%	13.0%
車両費	3.6%	5.1%	5.2%
燃料費	0.4%	0.7%	0.8%
人件費	4.8%	6.9%	7.0%
合計	100.0%	100.0%	100.0%

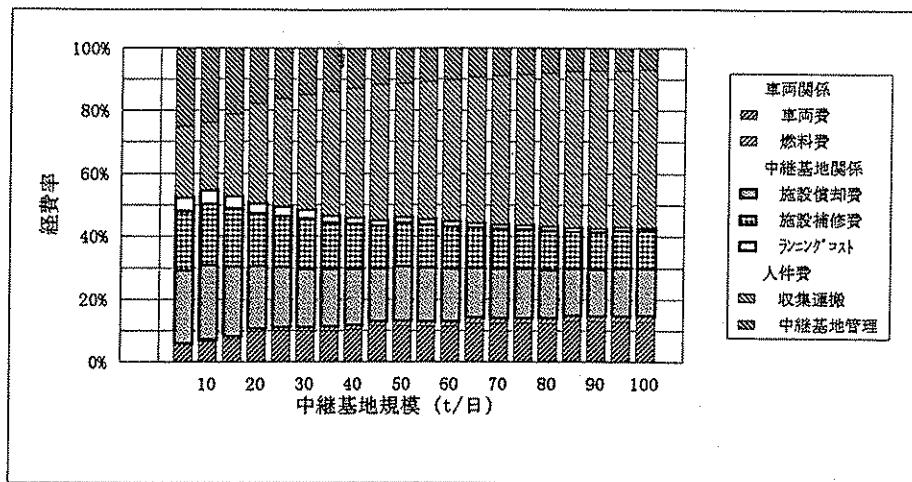


図-8 中継基地コストの内訳(1)

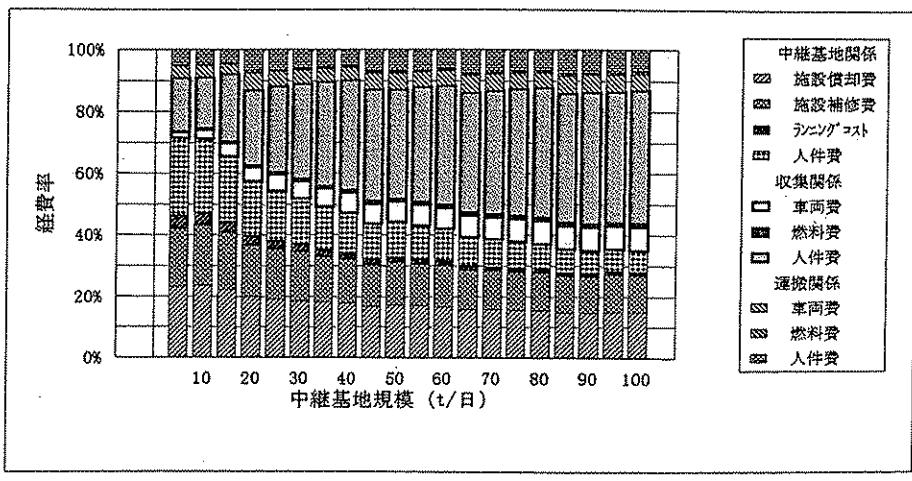


図-9 中継基地コストの内訳(2)

4.3 環境負荷低減効果

環境負荷低減効果は、中継基地における電力使用量を含めて化石燃料使用量に置き換えて検討した。シミュレーション結果は、図-10のとおりである。なお、変化させた影響因子は、①中継基地規模、②運搬距離である。これを見ると中継基地規模20t/日では運搬距離60km以上、運搬距離30kmでは中継基地規模60t/日以上の条件で化石燃料使用量の削減効果（それぞれ中継／直搬比=0.9778、0.9417）が認められる。全般にコスト削減効果と比較して効果の認められる範囲が狭くなっている。

一方、ごみ処理の広域化のメリットとして余熱利

用の拡大がある。中間処理を焼却とした場合、施設が大型化すれば、発電等の余熱利用が可能である。

100t/日程度の焼却施設を想定した場合、施設の設備条件、ごみ質等による差が大きいが、定常運転時において100kWh/ごみt以上の発電が可能と考えられる。可燃ごみのみが発電に供すると仮定して、その分で中継基地の電力使用量を相殺するとしてシミュレーションを行った結果を図-11に示す。なお、中継基地で必要な電力以上の発電が可能な場合は、中継基地での電力使用量をゼロとして処理し、余剰電力の売電等による環境負荷低減効果は無視した。

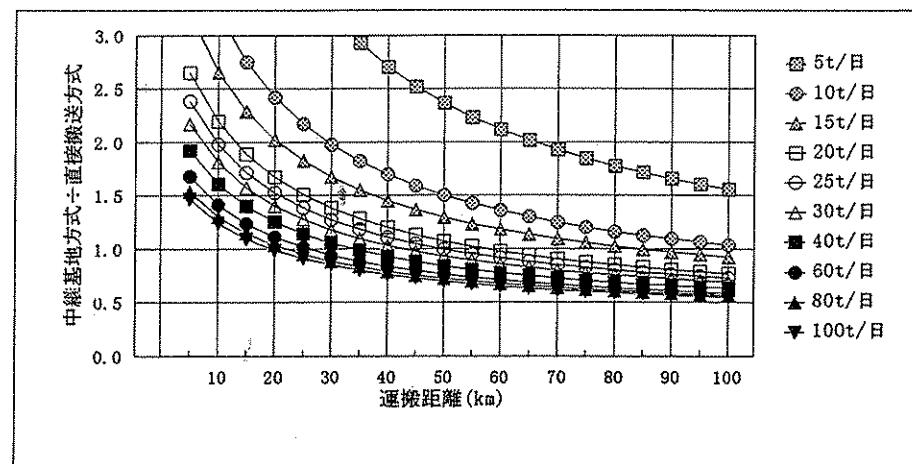


図-10 化石燃料使用量の削減効果（1）
(発電による効果を考慮しない場合)

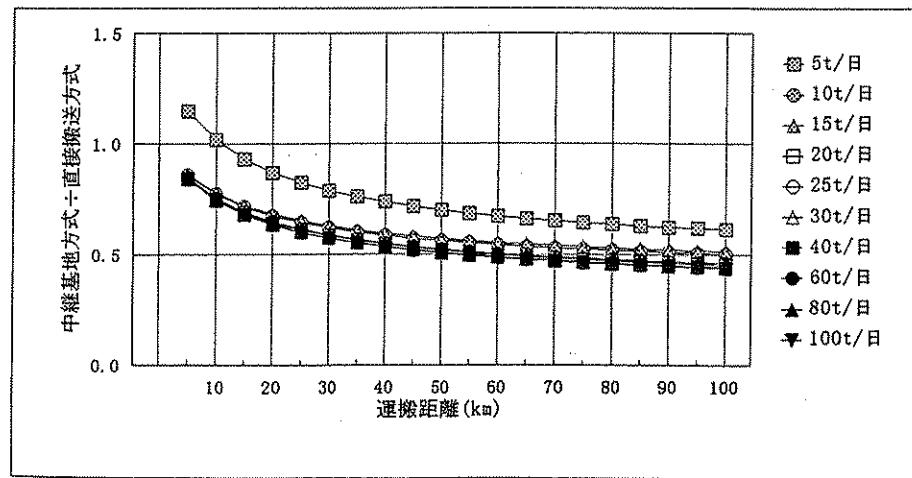


図-11 化石燃料使用量の削減効果（2）
(発電による効果を考慮した場合)

この結果、中継基地規模5t/日では、運搬距離10km以下の条件で環境負荷低減効果が認められなかつたものの、それ以外の条件では全て環境負荷低減効果が認められた。さらに、発電量が130kW/ごみt以上確保可能であれば、5t/日を含む全ての条件で環境負荷低減効果が認められる。

以上のことから、ごみ処理の広域化に伴う施設の大型化による余熱利用の促進（発電）を考慮すれば、騒音、悪臭も含めて、中継基地の導入により環境負荷の低減効果が期待できると言える。

4.4 シミュレーション結果のまとめ

以上、シミュレーション結果をまとめると以下のとおりである。

【コスト低減効果】

- ① 中継基地規模20t/日以上、運搬距離30km以上の条件でコスト削減効果が期待できる。
- ② 特に80t/日以上の規模では運搬距離が15km程度でもコスト削減効果が期待できる。
- ③ 小規模施設では、全体コストに対して中継基地関係コストの占める割合が、大規模施設では、収集関係コストの占める割合が高い。
- ④ 中継基地規模15t/日以下の小規模施設では、中継基地関係コストの占める割合が非常に高く、コスト削減効果が表れにくい。

【環境負荷低減効果】

- ⑤ ごみ処理の広域化による余熱利用の促進（発電）を考慮すれば、環境負荷の低減効果が期待できる。

5. 今後の課題

今後のごみ処理において、ダイオキシン対策、余熱利用の促進の観点から、広域化の促進が考えられる。この際に、収集運搬負荷が増加する市町村も多く現れると思われる。したがって、効率的な収集運搬方法の検討が今後必要となると思われる。その方法のひとつとして中継基地導入は検討に値すると思われる。

しかし、小規模施設においては中継基地建設費及び補修費が割高となり、コスト低減効果が表れ難い。したがって、建設費等のコスト削減が課題となると考えられる。この解決のために騒音対策、悪臭対策等を犠牲にすることは、周辺環境保全の観点から認められない。これらを考慮すると以下に示すような施設建設コスト低減対策が考えられる。

- ① リサイクルプラザ等との併設
- ② 古いごみ焼却施設建屋を利用した改造

6. おわりに

本検討結果は一例であり、市町村の状況により必ずしもこのような効果が表れない場合もあり得る。しかし、導入効果の検討を行うことは必要であることから、本報告がそういった市町村にとって何らかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) ごみ運搬中継・中間処理施設技術ガイドブック(1988)：ごみ中継施設研究会, pp1-7
- 2) 長谷川誠(1997)：焼却における広域処理－コストの視点から－, 廃棄物学会第8回研究発表会・計画部会小集会論文集, pp16-23