

ランニングコスト：6千円/トン×46.5トン/日×365日/年＝101百万円/年

⑥コンポスト化（広域モデル4）の場合

仁シャルコスト：20百万円/トン・日×55トン/日/15年＝73百万円/年

ランニングコスト：2千円/トン×32.8トン/日×365日/年＝24百万円/年

以上から、仁シャルコストとランニングコストの合計で最も経済性のあるのは、広域モデル4で次いで、広域モデル1、広域モデル2の順となっている。しかし、これらの間には余り大きな差はなく、広域モデル4と広域モデル1の間では年間で68百万円（総額の約7%）程度である。また、仁シャルコストでみると、広域モデル1と広域モデル4が最も安いですが、広域モデル2と広域モデル3では複数の施設建設が必要となっているため割高となっている。

また、ランニングコストでは焼却・溶融施設や燃料化・燃料利用施設の費用が高いため、一部をコンポスト化や燃料化しても、全体処理経費としては、それほど大きな差として現れていない。

このことは、広域対象地域の全域で生ごみコンポスト化を導入すると、仁シャルコスト、ランニングコスト面では有利になるということである（言い換えれば、焼却・溶融量を削減することが経費面でのメリットが大きくなる）。しかし、コンポスト化を採用した場合、①製品コンポストの流通経路の確保、品質面の確保が保証されない場合、それを最終処分する必要がある、②今回の経費面の検討では建屋費用や土地代を含んでいないが、コンポスト施設は広い敷地・建屋面積が必要となり、それら費用が大きな割合を占めることから、単純に生ごみコンポスト化が経費的に有利とは言えない側面もある、③ごみ中にコンポスト化できないものが多く、埋立量が多くなる、などの点に留意が必要である。

3. 環境保全面の検討

1) 二酸化炭素の排出・削減効果

二酸化炭素の排出量及び削減量については、主に下記のような計算に従って求め、結果を表4-6-20に示した。なお、最終処分では、不燃物やスラグなどの残渣からの二酸化炭素の発生は無いものとして、計算していない。

表 4-6-20 広域モデルの二酸化炭素の排出・削減効果の比較

モデル	施設等種類	排出原単位	負荷量	排出量 kg/日	削減量 kg/日	合計量 排出量-削減量	%
広域 モデル1	中継輸送車両	893 g/km	775 km	692			0.6 99
	中継基地	473 g/kwh	480 kwh	227			
	焼却・溶融	848 g/kg	116 t/日	98,876			
		473 g/kwh	34980 kwh	16,546			
	(発電)	120 g/kwh	40810 kwh		4,897		
	合計			116,341	4,897	111,444	
広域 モデル2	中継輸送車両	893 g/km	725 km	647			0.6 92
	中継基地	473 g/kwh	320 kwh	151			
	焼却・溶融	848 g/kg	97 t/日	82,510 (*)			
		473 g/kwh	29190 kwh	13,807			
	(発電)	120 g/kwh	34055 kwh		(*) 4,087		
	燃料化	473 g/kwh	11625 kwh	5,499			
		740 g/l	2790 l	2,065			
	合計			104,679	4,087	100,592	
広域 モデル3	中継輸送車両	893 g/km	775 km	692			0.5 84
	中継基地	473 g/kwh	480 kwh	227			
	燃料化	473 g/kwh	31800 kwh	15,041			
		740 g/l	7632 l	5,648			
	燃料利用	848 g/kg	127 t/日	107,696			
		473 g/kwh	19080 kwh	9,025			
(発電)	120 g/kwh	31800 kwh		3,816			
	合計			138,329	3,816	134,513	
広域 モデル4	中継輸送車両	893 g/km	1011 km	903			0.9 92
	中継基地	473 g/kwh	480 kwh	227			
	焼却・溶融	848 g/kg	94.5 t/日	80,136			
		473 g/kwh	28350 kwh	13,410			
	(発電)	120 g/kwh	33075 kwh		3,969		
	コンポスト化	77 g/kg	32.8 t/日	2,526			
		473 g/kwh	6560 kwh	3,103			
			740 g/l	1640 l	1,214		
	合計			101,519	3,969	97,550	

(*) RDF 燃料の燃焼も含む。

(CO2 排出量削減量算出例)

①中継基地からの輸送（広域モデル1）の場合

$$893 \text{ g/km} \times (33.5 \times 4 + 47.7 \times 6 + 59.2 \times 6) \text{ km/日} = 692 \text{ kg/日}$$

②中継基地（広域モデル1）の場合

$$473 \text{ g/kwh} \times (20 \text{ kw} \times 8 \text{ h/d} \times 3 \text{ 施設}) = 227 \text{ kg/日}$$

③焼却・溶融（広域モデル1）の場合

$848 \text{ g/kg} \times 116.6 \text{ t/d} = 98,876 \text{ kg/日}$ (焼却による発生量)

$473 \text{ g/kwh} \times 300 \text{ kwh/t} \times 116.6 \text{ t/24h} = 16,546 \text{ kg/日}$ (電力使用による発生量)

$120 \text{ g/kwh} \times 350 \text{ kwh/t} \times 116.6 \text{ t/24h} = 4,897 \text{ kg/日}$ (発電による削減量)

④燃料化 (広域モデル2) の場合

$848 \text{ g/kg} \times 97.3 \text{ t/d} = 82,510 \text{ kg/日}$ (RDF 焼却による発生量)

$473 \text{ g/kwh} \times 250 \text{ kwh/t} \times 46.5 \text{ t/24h} = 5,499 \text{ kg/日}$ (電力使用による発生量)

$740 \text{ g/l} \times 60 \text{ l/t} \times 46.5 \text{ t/d} = 2,065 \text{ kg/日}$ (燃料使用による発生量)

⑤燃料化 (広域モデル3) の場合

$120 \text{ g/kwh} \times 500 \text{ kwh/t} \times 127.2 \text{ t/24h} \times 0.5 = 3,816 \text{ kg/日}$

(RDF 発電による削減量)

⑥コンポスト化 (広域モデル4) の場合

$77 \text{ g/kg} \times 32.8 \text{ t/d} = 2526 \text{ kg/日}$ (コンポスト過程による発生量)

$473 \text{ g/kwh} \times 200 \text{ kwh/t} \times 32.8 \text{ t/24h} = 3,103 \text{ kg/日}$ (電力使用による発生量)

$740 \text{ g/l} \times 50 \text{ l/t} \times 32.8 \text{ t/d} = 1,214 \text{ kg/日}$ (燃料使用による発生量)

以上から、二酸化炭素の発生総量から見ると、広域モデル4のコンポスト化方式の一部導入が最も有利となり、次いで広域モデル2のごみ燃料化方式の一部導入、広域モデル1の焼却・溶融方式の順番となっている。焼却・溶融 (または燃料利用設) による負荷が全体の負荷に占める割合は、二酸化炭素の排出量ではコストにおいて占める割合よりも更に大きく、各モデルの全負荷量の約 90%以上と非常に高くなっている。一方、広域化による 10トンコンテナ車の輸送距離増加に伴う車両からの二酸化炭素の増量は、全体の負荷量の 1%以下であり、発電による二酸化炭素の削減量の 4分の1以下である。

2. ダイオキシン類の排出量

ダイオキシン類の排出量については、排出原単位と負荷量から求め、結果を表 4-6-21 に示した。なお、最終処分でのダイオキシン類については、焼却・溶融、ごみ燃料化やコンポスト化の過程で既に残渣分として考慮しているため、計算していない。

表 4-6-21 広域モデルのダイキソ類の排出量の比較

モデル	施設等種類	排出原単位* TEQ μ g/t	負荷量 t/日	排出量 μ g/日
モデル1	焼却・溶融	2.9	117	339
モデル2	焼却・溶融	2.9	97	281
モデル3	燃料利用	4.25	127	540
モデル4	焼却・溶融	2.9	95	276
	コンポスト化	0.12	33	4

* RDF 燃料の燃焼も含む。

以上の結果、表 4-6-17 に示したような前提条件では、ダイキソ類の発生は、一部 RDF 化し、可燃性ごみと併せて焼却・溶融する広域モデル2と一部コンポスト化と焼却・溶融を組み合わせた広域モデル4がほぼ同じであり、次いで可燃性ごみを全量焼却・溶融する広域モデル1の順となった。

4. 6. 9 分散処理方式（と広域モデル）の比較検討

1. 分散処理方式の前提条件

分散処理方式とは、従来の事務組合単位で、それぞれ焼却やごみ燃料化、コンポスト化を実施することを想定したものであり、前述した広域モデルと経済性や環境保全面について比較してみる。

分散処理方式のごみ量やごみ質の設定は前述と同様として、その場合の処理方式と処理施設規模をまとめるため、4.6.5の3で述べたごみ排出原単位や表 4-6-14の最終処分率等を用いる。ごみ量の計算方法の一例を示すと以下の通りである。

A1 事務組合の焼却の場合、

可燃ごみ量 $626 \text{ g/人} \cdot \text{日} \times 93,859 \text{ 人} = 58.7 \text{ t/日}$

不燃ごみ量 $157 \text{ g/人} \cdot \text{日} \times 93,859 \text{ 人} = 14.7 \text{ t/日}$

B1 事務組合の RDF の場合

RDF ごみ量 $683 \text{ g/人} \cdot \text{日} \times 31,287 \text{ 人} = 21.4 \text{ t/日}$

RDF 不適ごみ $100 \text{ g/人} \cdot \text{日} \times 31,287 \text{ 人} = 3.1 \text{ t/日}$

また、施設規模は、構造指針に基づき設定した。以下に焼却炉の場合の計算例を示す。焼却炉は2炉とし、その場合の計画月変動係数を0.88(月変動係数最大1.2)、稼働率を連続炉で0.96、機械化バッチ炉で0.83とする

施設規模 = 日平均処理量 \times 月間変動係数 \div 稼働率 \times 2 炉

で示されるから、A1 事務組合の連続式焼却炉の場合の施設規模は、

$$A1 \text{ の焼却炉施設規模} = 58.7 \times 0.88 / 0.96 \rightarrow 54 \text{ t/日} \times 2 \text{ 炉}$$

同じく、B1 事務組合の機械化バッチ炉の場合の施設規模は、

$$B1 \text{ の焼却炉施設規模} = 19.6 \times 0.88 / 0.83 \rightarrow 21 \text{ t/日} \times 2 \text{ 炉}$$

となる。

また、コンポスト化の場合のその他ごみを焼却する場合や RDF など 1 系列の場合は、月変動係数の最大値 1.2、稼働率を 0.83 として求めた。例えば、A2 事務組合でのその他ごみを焼却する場合の施設規模は、

$$A2 \text{ のその他ごみ焼却施設規模} = 7.3 \times 1.2 / 0.83 \rightarrow 10.6 \text{ t/日} \times 1 \text{ 系列}$$

と設定される。これらの結果をまとめて、表 4-6-22 に示した。

表 4-6-22 分散処理方式の施設内容や施設規模

①計画年間日平均処理量 ②施設規模

処理方式 事業主体	焼 却	RDF	コンポスト化	最終処分 *不燃 **灰
A1 93,859 人 (収集人口)	① 58.7 t/日 ② 54 t/日×2 炉 (全連続式)			14.7 t/日* 5.9 t/日**
A2 24,296 人	① 15.2 t/日 ② 16 t/日×2 炉 (機ハッチ式)			3.8 t/日* 1.5 t/日**
		① 16.6 t/日 ② 25.2 t/日×1		2.4 t/日* 1.7 t/日**
	① 7.3 t/日 (その他ごみ) ② 10.6 t/日×1 (機ハッチ式)		① 11.1 t/日 (生ごみ) ② 19.5 t/日×1	1.1 t/日 (コンポスト不適物) 1.0 t/日**
B1 31,287 人	① 19.6 t/日 ② 21 t/日×2 炉 (機ハッチ式)			4.9 t/日* 2.0 t/日**
		① 21.4 t/日 ② 32.5 t/日×1		3.1 t/日* 2.1 t/日**
	① 9.4 t/日 (その他ごみ) ② 13.6 t/日×1 (機ハッチ式)		① 15.1 t/日 (生ごみ) ② 25.1 t/日×1	1.5 t/日 (コンポスト不適物) 1.0 t/日**
B2 36,769 人	① 23.0 t/日 ② 24 t/日×2 炉 (機ハッチ式)			5.8 t/日* 2.3 t/日**
		① 25.1 t/日 ② 38.2 t/日×1		3.8 t/日* 2.5 t/日**
	① 11.1 t/日 (その他ごみ) ② 16 t/日×1 炉 (機ハッチ式)		① 17.7 t/日 (生ごみ) ② 29.5 t/日×1	1.8 t/日 (コンポスト不適物) 1.1 t/日**

2. 建設費や維持管理費の比較

1) 条件の設定

焼却施設の建設費については、前掲の表 4-6-13 に示した施設規模に応じた単価を用いる。コンポスト化施設や RDF 施設の建設費については、施設規模を考慮する必要があるため、上記の焼却炉の施設規模と建設費の関係を用いて検討する。

焼却炉 100t/日以上 16 炉の平均施設規模と平均建設費 313.9 t/日、144.4 億円

焼却炉 49t/日以下 16 炉の平均施設規模と平均建設費 18.75 t/日、16.69 億円以上の数値を、下式のスケールメリットを示す一般式に当てはめ、係数を計算すると、 $a=177$ 、 $b=0.766$ が得られ、よく言われる 0.75 乗則に近い結果となった。

$$\text{建設費(百万円)} = a \times (\text{施設規模})^b$$

そこで、コンポスト化施設、RDF 施設の建設費を上式により、表 4-6-22 に設定した施設規模に当てはめて計算すると、以下のようになる。

RDF 施設	25.2 t/日	64 百万円/年
	32.5 t/日	78 百万円/年
	38.2 t/日	88 百万円/年
コンポスト化施設	19.5 t/日	48 百万円/年
	25.1 t/日	61 百万円/年
	29.5 t/日	72 百万円/年
最終処分施設	20.6 t/日	15 百万円/年
	8.1 t/日	6 百万円/年
	6.9 t/日	5 百万円/年
	5.2~5.3 t/日	4 百万円/年
	4.1 t/日	3 百万円/年
	2.1~2.9 t/日	2 百万円/年

一方、ランニングコストは、表 4-6-19 に示した単価と同じとする。

2) 建設費・維持管理費の計算

以上の条件設定から、各分散処理方式の経済性を比較した結果が、表 4-6-23 である。同表に見られるように、分散処理方式の場合、建設費は各事務組合でそれぞれ焼却する場合で最も高くなり、そのため 仁シャルコスト、ランニングコストの合計でも最も高くなっている。これは、焼却炉を各事務組合で 2 炉ずつ保有しているため、施設規模が大きく算定されていること、また、施設規模が小さいことから建設費のスケールメリットが生じたことが原因である。

また、焼却とコンポスト化を組み合わせた方式が、仁シャルコスト、ランニングコスト いずれも最も経済性の良い方式となっている。この背景は前述の広域モデルでの項で触れたように、コンポスト化施設の仁シャルコストには建物費用を含んでいないこと、ランニングコストにスケールメリットを考慮せず、原単位を一定にしたこと、その他ごみの焼却を各 1 炉としたこ

とが原因である。しかしながら、この焼却とコンポストを組み合わせた分散処理方式でも、前述した広域モデルの焼却・溶融方式の仁シャル・ランニングコストの合計より若干高くなっている。

表 4-6-23 分散化処理方式の経済性の比較

分散化方式	施設等種類	仁シャルコスト 百万円/年	ランニングコスト 百万円/年	合計 百万円/年	
焼却方式	焼却	A1	248	214	
		A2	142	55	
		B1	187	71	
		B2	213	84	
	最終処分	A1	15	15	
		A2	4	4	
		B1	5	5	
		B2	6	6	
	合計		820	454	
焼却+RDF方式	焼却	A1	248	214	
		A2	64	36	
		B1	78	47	
		B2	88	55	
	RDF利用*		131	138	
	最終処分	A1	15	15	
		A2	3	3	
		B1	4	4	
		B2	5	5	
合計		636	517	1,153	
焼却+コンポスト 方式	焼却	A1	248	214	
		A2	47	27	
		B1	61	34	
		B2	71	41	
	コンポスト	A2	48	8	
		B1	61	11	
		B2	72	13	
	最終処分	A1	15	15	
		A2	2	2	
		B1	2	2	
		B2	2	2	
	合計		629	369	

* RDF利用施設は共有するとしているが、そこへの輸送等は考慮していない。

3. 環境保全面の検討

1) 二酸化炭素の排出

分散処理方式での二酸化炭素の排出量は、広域化モデルに比べると焼却発電による削減効果を期待できず、一方で中継基地からの輸送及び中継基地での電気使用量が不要となる。この両者を比較すると前掲の広域モデルでの計算結果を示した表 4-6-20 から明らかなように、削減効果が大きい発電がないため分散化処理方式の方が広域化モデルより、二酸化炭素の排出量では不利である。一例を表 4-6-24 に示した。

表 4-6-24 分散処理方式の焼却での二酸化炭素の排出量

分散モデル	施設等種類	排出原単位	負荷量	排出量 kg/日	削減量 kg/日	合計量 排出量-削減量
焼却方式	焼却	848 g/kg	116 t/日	98,368	0	
	電気使用	473 g/kwh	34980 kwh	16,546		
	合計			114,914	0	114,914

2. ガイキシンの排出

ガイキシンの排出量については、排出原単位と負荷量から求め、結果を表 4-6-25 に示した。

表 4-6-25 分散処理方式のガイキシンの排出

モデル	施設等種類	排出原単位* TEQ μ g/t	負荷量 t/日	排出量 μ g/日
焼却方式	焼却	4.25	117	497
焼却+RDF	焼却	4.25	59	251
	RDF*	4.25	63	268
焼却+コンポスト化	焼却	4.25	87	370
	コンポスト化	0.12	44	5

* RDF 燃料の燃焼も含む。

分散処理方式の場合のガイキシンの排出量は、広域化モデルの排出量（表 4-6-21）と比べると、広域モデル3を除いていずれも多くなっている。これはガイキシンの発生原単位の設定が、焼却・溶融した場合（2.9 μ g/t）と単なる恒久対策の設定値（4.25 μ g/t）との差異が大きく影響しているためである。

4. 広域化モデルと分散処理方式のまとめ

以上の広域化モデルと分散処理方式による経済性、二酸化炭素の排出・削減効果、ガイキシンの排出量をまとめると、それぞれ表 4-6-26、表 4-6-27、表 4-6-28 のようになる。

表 4-6-26 広域化モデルと分散処理方式の経済性比較のまとめ

	モデル	施設等種類	イニシャルコスト	ランニングコスト	イニシャルコスト	ランニングコスト	コスト
			単価 百万円/トン・日	単価 千円/トン	合計 百万円/年	合計 百万円/年	合計 百万円/年
広域	広域 モデル1	中継輸送車両	10	1	6	3(*)	
		中継基地	10	2	67	42	
		焼却・溶融	46	10	403	425	
		最終処分	10	2	23	26	
		合計			499	496	995
	広域 モデル2	中継輸送車両	10	1	6	3(*)	
		中継基地	10	2	40	35	
		焼却・溶融	46	10	345	355	
		燃料化	30	6	140	101(**)	
		最終処分	10	2	22	24	
	合計			553	518	1,071	
	広域 モデル3	中継輸送車両	10	1	6	3(*)	
		中継基地	10	2	67	46	
		燃料化	30	6	400	278	
		燃料利用	50	6	250	139(**)	
最終処分		10	2	21	23		
合計			744	489	1,233		
広域 モデル4	中継輸送車両	10	1	8	4(*)		
	中継基地	10	2	67	37		
	焼却・溶融	46	10	334	345		
	コンポスト化	20	2	73	24		
	最終処分	10	2	17	18		
合計			499	428	927		
分散	焼却方式	焼却	46	10	790	424	
		最終処分	10	2	30	30	
		合計			820	454	1,274
	焼却 +RDF 方式	焼却	46	10	248	214	
		RDF	30	6	230	138	
		RDF 利用 (***)	50	6	131	138	
		最終処分	10	2	27	27	
	合計			636	517	1,153	
	焼却 +コンポスト 方式	焼却	46	10	427	316	
		コンポスト	20	2	181	32	
最終処分		10	2	21	21		
合計				629	369	998	

(*) 燃費・人件費除く車両の維持管理費のみである。

(**) RDF 焼却量は燃料化対象ごみ量の半分としている。

(***) RDF 利用施設は共有するとし、そこへの輸送等は考慮していない。

表 4-6-27 広域化モデルと分散処理方式の二酸化炭素の排出・削減のまとめ

処理方式	モデル	施設等種類	排出原単位	負荷量	排出量 kg/日	削減量 kg/日	合計量 排出量－削減量	
広域	広域 モデル1	中継輸送車両	893 g/km	775 km	692			
		中継基地	473 g/kwh	480 kwh	227			
		焼却・溶融		848 g/kg	116 t/日	98,876		
				473 g/kwh	34980 kwh	16,546		
		(発電)	120 g/kwh	40810 kwh		4,897		
		合計				116,341	4,897	111,444
	広域 モデル2	中継輸送車両	893 g/km	725 km	647			
		中継基地	473 g/kwh	320 kwh	151			
		焼却・溶融		848 g/kg	97 t/日	82,510	(*)	
				473 g/kwh	29190 kwh	13,807		
		(発電)	120 g/kwh	34055 kwh		(*)	4,087	
		燃料化	473 g/kwh	11625 kwh	5,499			
			740 g/l	2790 l	2,065			
	合計				104,679	4,087	100,592	
	広域 モデル3	中継輸送車両	893 g/km	775 km	692			
		中継基地	473 g/kwh	480 kwh	227			
		燃料化		473 g/kwh	31800 kwh	15,041		
				740 g/l	7632 l	5,648		
		燃料利用		848 g/kg	127 t/日	107,696		
				473 g/kwh	19080 kwh	9,025		
		(発電)	120 g/kwh	31800 kwh			3,816	
合計				138,329	3,816	134,513		
広域 モデル4	中継輸送車両	893 g/km	1011 km	903				
	中継基地	473 g/kwh	480 kwh	227				
	焼却・溶融		848 g/kg	94.5 t/日	80,136			
			473 g/kwh	28350 kwh	13,410			
	(発電)	120 g/kwh	33075 kwh			3,969		
	コンポスト化	77 g/kg	32.8 t/日	2,526				
		473 g/kwh	6560 kwh	3,103				
		740 g/l	1640 l	1,214				
	合計				101,519	3,969	97,550	
分散	焼却 方式	焼却	848 g/kg	116 t/日	98,368			
		電気使用	473 g/kwh	34980 kwh	16,546			
	合計				114,914	0	114,914	

(*) RDF 燃料の燃焼も含む。

表 4-6-28 広域化モデルと分散処理方式のダイキシン類排出量のまとめ

処理方式	モデル	施設等種類	排出原単位* TEQ μ g/t	負荷量 t/日	排出量 μ g/日
広域	モデル1	焼却・溶融	2.9	117	339
	モデル2	焼却・溶融	2.9	97	281
	モデル3	燃料利用	4.25	127	540
	モデル4	焼却・溶融 コンポスト化	2.9 0.12	95 33	276 4
分散	焼却方式	焼却	4.25	117	497
	焼却+ RDF	焼却	4.25	59	251
		RDF*	4.25	63	268
	焼却+ コンポスト化	焼却 コンポスト化	4.25 0.12	87 44	370 5

* RDF 燃料の燃焼も含む。

4. 6. 10 まとめ

今回検討した結果をまとめると、以下の通りである。

- ①人口密度 250 人/km² 以下の市町村において、広域化を進めるに際して、そこでの
ごみ収集に必要な車両台数を一般化できるモデルを提示した。
- ②そうした地域では、中継保管施設を確保することにより、広域的な処理体制が推進
できるが、その際、処理施設の建設費では、単一の処理方式を1つ建設する方式の
採用が有利となる。特に、ごみ燃料化では、ごみ燃料化施設以外に、ごみ燃料利用
施設を新たに広域対象地域内に建設する場合は、建設費、維持管理費、さらには
二酸化炭素の排出量の面でも不利となる。
- ③中継保管施設を設けて10トコンテナ車で処理施設まで輸送する広域化モデルの場合、中継
輸送の距離が増大することになるが、それら輸送距離増加による二酸化炭素排出量
の増加分は、施設の大規模に伴うごみ発電による二酸化炭素の削減量の4分の1以
下と小さい。
- ④広域化モデルは分散処理方式に比べて、施設の建設費や維持管理費の面で有利となっ
ており、経費面から見ても広域化の推進が望まれる。また、ダイキシン類の削減対策
についても、広域化に伴う高度な焼却・溶融システムの採用などにより、分散処理方式
に比べて、削減効果が期待できる。

今後、広域化とごみ処理方式の選定においては、今回検討した方式以外にも多様な

方式の組み合わせの検討が必要であり、より具体的で詳細な評価が望まれる。今後は例えば、以下のような検討課題の解決に向けて取り組みが必要である。

- ①容器包装材の分別収集・リサイクルによるダ イキ シ ン類や二酸化炭素の削減効果の検討。この場合、特に容器包装材を焼却しない場合のダ イキ シ ン類の削減効果に関する知見の収集が必要となる。
- ②ごみ燃料化においては、それが固形化燃料かワフ 燃料かによって、輸送効率や利用用途先が異なってくる。すなわち、輸送効率の面から見れば、車両による二酸化炭素の排出量が影響を受け、利用用途先の面ではダ イキ シ ン類の削減対策の違い等が想定され、そうした設定条件に対する検討・評価が必要となる。
- ③ダ イキ シ ン類の削減効果については、ごみ燃料化及びごみ燃料利用施設やコ ンポ スト化施設での挙動に関する十分な資料が整備されていない。ごみ燃料化施設やごみ燃料利用施設でのダ イキ シ ン類の挙動解析などの知見の集積が望まれる。
- ④広域対象地域内の一部地域に生ごみのコ ンポ スト化施設を設けることは、二酸化炭素の排出量やランニ ン グ コ ストの削減に繋がるが、コ ンポ スト化の採用に当たっては、製品コ ンポ ストの流通の問題などを含めて検討する必要がある。

4. 7 コンポストによるリサイクルフローの解析

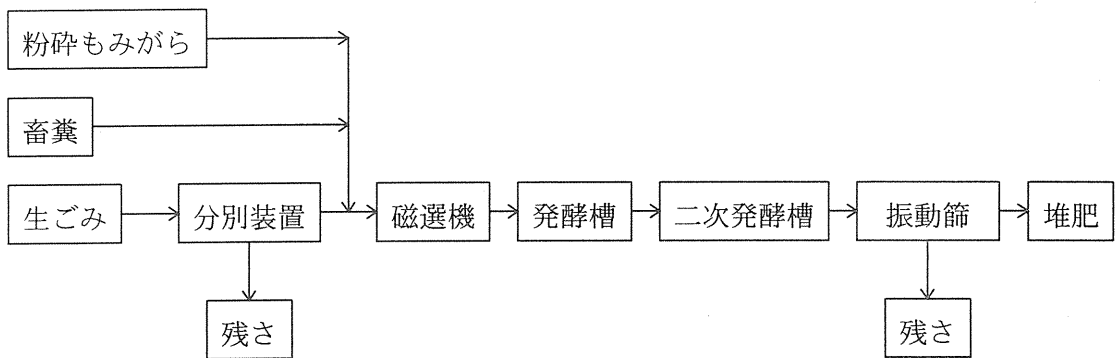
4. 7. 1 調査対象

コンポストによるリサイクルフローのうち、厨芥を主体としたコンポストを対象とした。

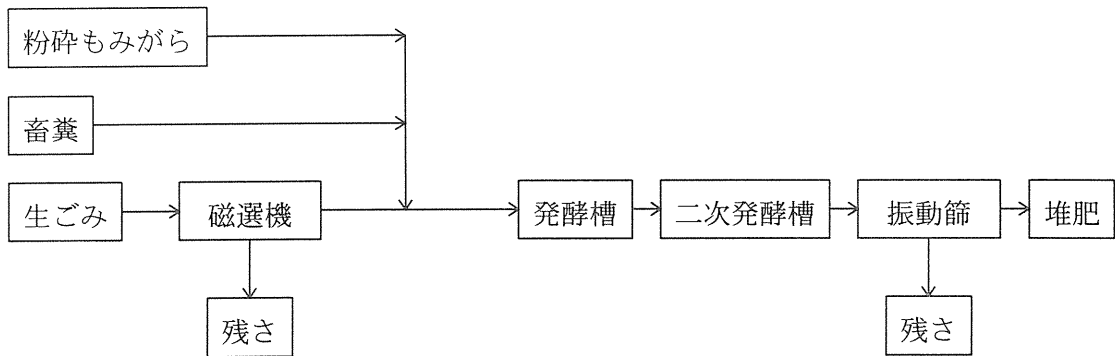
4. 7. 2 調査対象施設のフロー

調査は3施設において実施した。各施設のフローを以下に示す。

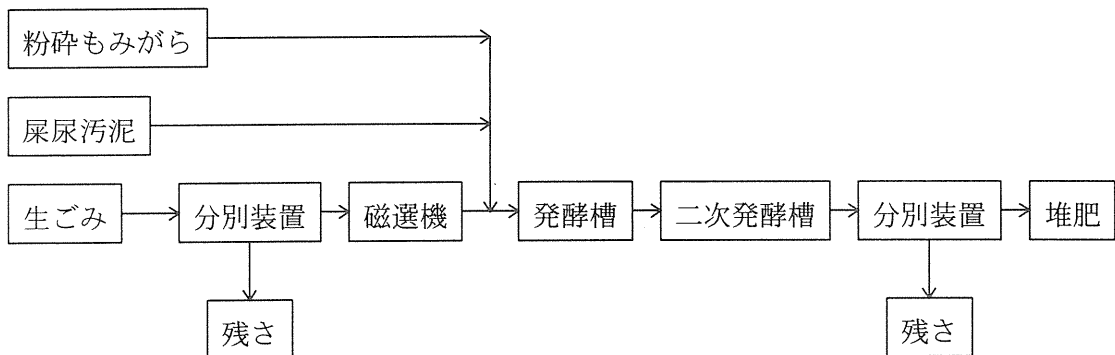
① A堆肥生産センター



② B堆肥生産センター



③ C堆肥生産センター



4. 7. 3 調査方法

コンポスト化処理におけるダイオキシン類の挙動を下記により把握する。

- ① 原料、一次発酵コンポスト、二次発酵コンポストのダイオキシン類を分析する。
- ② 上記各試料の有機物含有率（熱灼減量）を測定し、発酵過程における有機物の分解による減量を把握する。
- ③ 発酵過程での減量とダイオキシン類分析値からマスフローを算出する。
- ④ マスバランスは各施設の運転収支によっても確認する。

4. 7. 4 分析項目

分析対象及び分析項目を表 4-7-1 に示す。

表 4-7-1 各処理施設における分析対象、分析項目及び検体数

施設	試料	分析項目	検体数
A	投入原料（籾殻、畜糞、ごみ）	ダイオキシン、水分、熱灼減量	3
A	発酵槽投入物	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
A	一次発酵コンポスト	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
A	製品コンポスト	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
B	投入原料（籾殻、畜糞、ごみ）	ダイオキシン、水分、熱灼減量	3
B	発酵槽投入物	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
B	一次発酵コンポスト	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
B	製品コンポスト	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
C	投入原料（籾殻、汚泥、ごみ）	ダイオキシン、水分、熱灼減量	3
C	発酵槽投入物	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
C	一次発酵コンポスト	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
C	製品コンポスト	ダイオキシン、水分、熱灼減量	2
合計検体数			27

4. 7. 5 マスバランス把握用データ

各施設において以下のデータを取得する。

- ① 原料投入量（各々の原料について）
- ② 製品コンポスト出荷量

4. 7. 6 調査結果

1. ダイオキシン類分析結果

各試料のダイオキシン類分析結果を表 4-7-2 に示す。

表 4-7-2 各試料のダイオキシン類及び水分・熱灼減量分析値

施設	試料	ダイオキシン (pg-TEQ/g)	水分 (%)	熱灼減量 (%)
A	籾殻	0.12	20.48	80.21
	畜糞	0.1	68.65	80.70
	ごみ	0.0041	80.35	84.66
	発酵槽投入物	0.094	58.02	80.03
	発酵槽投入物	0.062	57.18	80.06
	一次コンポスト	0.062	53.75	79.07
	一次コンポスト	0.063	55.00	80.09
	製品コンポスト	0.065	54.19	73.72
	製品コンポスト	0.084	52.00	76.43
B	籾殻	0.012	12.14	84.87
	畜糞	0.081	74.96	87.68
	ごみ	0.78	85.22	91.15
	発酵槽投入物	0.12	51.91	83.20
	発酵槽投入物	0.044	63.41	83.93
	一次コンポスト	0.21	32.36	79.75
	一次コンポスト	0.68	33.72	79.84
	製品コンポスト	0.055	30.24	78.87
	製品コンポスト	0.21	30.38	78.65
C	籾殻	0.049	34.37	83.10
	汚泥	3.1	74.20	84.22
	ごみ	0.17	84.49	94.32
	発酵槽投入物	0.40	59.52	84.31
	発酵槽投入物	0.24	61.11	84.78
	一次コンポスト	0.24	30.64	79.90
	一次コンポスト	0.14	29.45	76.21
	製品コンポスト	2.7	53.91	68.54
	製品コンポスト	2.1	53.61	68.62

堆肥化施設では籾殻、畜糞及びごみの各原料がコンベヤで発酵槽に投入され、回転パドルによる切り返しと移送により発酵が促進され、一次コンポストが生産され、さらに水分調整を行って微量の曝気により後熟が行われる。このため後段の試料ほど混合が進み代表サンプルが得易くデータが安定する傾向にある。

製品コンポストのダイオキシン類濃度は 0.055～2.7pg-TEQ/g であり Fiedler の報告¹⁾

に比して低レベルであった。(末尾の参考表参照)

2. 堆肥化施設の物質収支

各堆肥化施設の物質収支を表 4-7-3 に示す。

表 4-7-3 各堆肥化施設の物質収支

施設	投入原料	原料合計	製品コンポスト
A	籾殻 1.7t/d	6.0t/d	3.8t/d (3.9 t/d)
	畜糞 2.0t/d		
	ごみ 2.3t/d		
B	籾殻 1.8t/d	9.6t/d	3.5t/d (2.6 t/d)
	畜糞 2.3t/d		
	ごみ 5.5t/d		
C	籾殻 2.5t/d	9.8t/d	2.8t/d (2.8 t/d)
	屎尿汚泥 2.0t/d		
	ごみ 5.3t/d		

注) 表中 () 内数値は試料分析値からの計算値

4. 7. 7 検討

1. 物質収支

堆肥化ではごみ、畜糞及び屎尿汚泥を原料とし、通気性改善及びC/N比調整のために籾殻が添加される。

操業記録の物質収支と各試料の分析値から求めた物質収支の関係は表 4-7-3 に示した通りである。表からA及びC施設では操業記録の製品堆肥量と分析値からの計算値がほぼ合致しているが、B施設では製品堆肥量が計算値の1.4倍となっている。

試料分析値から求めた各施設の堆肥化過程における物質収支を図 4-7-1 に示す。

堆肥化の過程では有機物の分解安定化が行われ、有機分が減少する。これに伴う発酵熱により水分蒸発が行われる。この結果発酵原料に比べて製品コンポストでは熱灼減量と水分が低減する。また後熟の過程では発酵促進のために水分調整(加水)が行われることもあり、C施設では一次コンポストより製品コンポストのほうが水分が増加している。

B施設製品コンポストの水分分析値は30%であるが、通常は発酵促進のために後熟段階で50%程度に水分調整を行い、後熟段階では水分揮散も少ない(発酵による減量が小さい)ため製品コンポストの水分はA及びC施設と同程度の53%程度である。B施設の製品コン

ポスト水分を 50% とすると製品コンポスト量は 3.6 t/d となり操業実績と合致する。

2. ダイオキシン類挙動

1) 原料中ダイオキシン類

前掲の表 4-7-2 に示すように、籾殻で 0.012~0.12 pg-TEQ/g、畜糞で 0.081~0.1 pg-TEQ/g、尿尿汚泥で 3.1 pg-TEQ/g、ごみで 0.0041~0.78 pg-TEQ/g とそれぞれの原料がダイオキシン類を含んでいる。

図 4-7-2 に各発酵原料のダイオキシン類の同族体分布を示す。

籾殻に含まれるダイオキシン類は濃度にばらつきはあるものの共通して T4CDDs 及び OCDD の割合が大きく、これらは主として除草剤のクロロニトロフェン (CNP) 及びペンタクロロフェノール (PCP) にそれぞれ由来するものと思われる。

畜糞に含まれるダイオキシン類も籾殻とほぼ同様の同族体分布を示す。

尿尿汚泥に含まれるダイオキシン類では OCDD の割合が大きく次いで T4CDDs が多いが生体試料で多く検出される 1, 2, 3, 6, 7, 8-H6CDD が検出されており、生体由来の可能性もある。

ごみに含まれるダイオキシン類も T4CDDs 及び OCDD の割合が比較的大きいが、他の同族体の存在比率も多い。

2) 発酵過程におけるダイオキシン類挙動

発酵過程におけるダイオキシン類の挙動について Rappe 等²⁾ は前駆体からのデノボ合成を示唆している。

図 4-7-3 に発酵過程におけるダイオキシン類の毒性等価換算濃度の挙動を示す。図中計算値は発酵原料に含まれるダイオキシン類が発酵過程で全く変化せずに発酵過程における減量により単に濃縮される想定での値である。また各試料は同一時期に施設各部で採取しているので、計算値では常に原料性状 (ダイオキシン濃度を含む) が一定である (変動が無い) こと及び投入比率も一定であることをも想定していることになる。

この図から A 及び B 施設では計算値とほぼ同レベルの毒性換算濃度で推移し、製品コンポストでは計算値よりダイオキシン類濃度が低下している。一方、C 施設では一次発酵過程で減少し、後熟段階で増加している。

これらの相違は主として一次コンポスト及び製品コンポストで代表サンプルの取得が困難なことや、操業条件 (投入比率等) の変動等の誤差に起因すると考えられる。製品コン

ポストのダイオキシン分析値は計算値に対し 0.1~1.9 倍、差は-0.52~+1.3 pg-TEQ/g であり、ばらつきはあるものの堆肥化の過程においては減量による濃縮はあるもののダイオキシン類は殆ど変わらないと考えるのが妥当である。

各施設の発酵過程における同族体の挙動を図 4-7-4~図 4-7-6 に示す。どの施設においても T4CDDs 及び OCDD の割合が比較的大きいパターンは共通であり、データにばらつきはあるものの、発酵過程においてそのパターンは変わらず、計算値と合致するものが多い。

図 4-7-7~図 4-7-9 に各施設における異性体分布の挙動を示すが、これも同族体と同様に発酵過程における変化は少なく、計算値と符合している。

各施設のダイオキシン類の収支は表 4-7-4 のようにまとめられる。

表 4-7-4 各施設のダイオキシン類収支

施設	投入原料	原料合計	製品コンポスト
A	籾殻 0.162 $\mu\text{g/d}$	0.237 $\mu\text{g/d}$	0.113 $\mu\text{g/d}$
	畜糞 0.063 $\mu\text{g/d}$	0.159 $\mu\text{g/d}$	0.153 $\mu\text{g/d}$
	ごみ 0.002 $\mu\text{g/d}$	(0.227 $\mu\text{g/d}$)	
B	籾殻 0.332 $\mu\text{g/d}$	0.554 $\mu\text{g/d}$	0.192 $\mu\text{g/d}$
	畜糞 0.047 $\mu\text{g/d}$	0.154 $\mu\text{g/d}$	0.731 $\mu\text{g/d}$
	ごみ 0.634 $\mu\text{g/d}$	(1.013 $\mu\text{g/d}$)	
C	籾殻 0.080 $\mu\text{g/d}$	1.587 $\mu\text{g/d}$	3.484 $\mu\text{g/d}$
	尿尿汚泥 1.600 $\mu\text{g/d}$	0.915 $\mu\text{g/d}$	2.728 $\mu\text{g/d}$
	ごみ 0.140 $\mu\text{g/d}$	(1.820 $\mu\text{g/d}$)	

() 内数値は計算値

各施設ともほぼ原料と同レベルのダイオキシン類が製品コンポストに含有される。

(まとめ)

厨芥コンポストのダイオキシン類挙動を調査し、以下の知見を得た。

- ①製品コンポストに含まれるダイオキシン類濃度は 0.055~2.7pg-TEQ/g と低かった。
- ②発酵過程におけるダイオキシン類の増減はデータのばらつきの範囲であり、発酵による減量で濃縮はされるものの、ダイオキシン類に変化はみられない。
- ③発酵過程におけるダイオキシン類の同族体分布は投入原料のパターンを保持し変化は見られなかった。
- ④発酵過程におけるダイオキシン類の異性体分布においても発酵過程における変化は見られなかった。

④発酵過程におけるダイオキシン類の異性体分布においても発酵過程における変化は見られなかった。

⑤原料のダイオキシン類は T4CDDs 及び OCDD の割合が大きく、主として除草剤のクロロニトロフェン (CNP) 及びペンタクロロフェノール (PCP) にそれぞれ由来するものと思われる。

参考表

Table Overview on PCDD/PCDF Contents in Dioxin Reservoirs

Matrix	Concentration
<i>Sewage Sludge:</i>	
1986/87:	202 ng TEQ/kg d.m. (Range: 28-1,560 ng DM)
1990:	50-60 ng TEQ/kg d.m. (80% <100 ng TEQ/kg = Sewage Sludge Ordinance)
<i>Compost:</i>	
Municipal Waste Compost:	38±22 ng TEQ/kg d.m.
Bio Compost:	14± 9 ng TEQ/kg d.m.
Green Compost:	11± 8 ng TEQ/kg d.m.

参考文献

- 1) Heldelore Fiedler : 'Formation and sources of PCDD/PCDF'ORGANOHALOGEN COMPOUNDS' Vol.11 pp.221-228 1993
- 2) Rappe, C. et.al : 'De novo formation of PCDD/Fs in compost and sewage sludge -a status report' ORGANOHALOGEN COMPOUNDS Vol.11 pp.297-302 1993