

日中協力事業
都市廃棄物循環利用推進プロジェクト

政策大綱
《第2部 食品廃棄物》

中華人民共和國 國家發展改革委員會資源節約環境保護司
日本國際協力機構

2015年1月

目次

1. 中国食品廃棄物の発生源及び発生情報と管理、資源化の現状と課題 ...	1
1.1 中国食品廃棄物発生の実況	1
(1) 中国食品廃棄物の発生量	1
(2) 中国食品廃棄物の成分の特徴	3
(3) 食品廃棄物の有害性	5
1.2 中国食品廃棄物管理の実況	6
(1) 中国の食品廃棄物の管理体制	6
(2) 中国食品廃棄物管理政策の実況分析	7
1.3 中国食品廃棄物リサイクルの実況及び運営モデルの検討	11
(1) 食品廃棄物回収システム	11
(2) 中国食品廃棄物処理業界の実況分析	18
2. 国家レベルの食品廃棄物管理政策研究	64
2.1 国家レベルの食品廃棄物管理責任体系分析	64
2.2 中国の従来国家レベル食品廃棄物管理政策の分析	66
(1) 中国の従来国家レベル食品廃棄物管理政策の分析	66
2.3 中国の従来地方レベル食品廃棄物管理制度の分析	68
(1) 総則	68
(2) 整備計画および施設建設	72
(3) 発生・収集・運搬・処分	74
(4) 監督管理	80
(5) 罰則	84
(6) 附則	90
2.4 地方食品廃棄物管理立法に存在する問題	91
2.5 国家レベル食品廃棄物管理弁法草案の枠組み	95
3. 日本及びその他の国・地域での食品廃棄物管理の実況と課題	97
3.1 日本における食品廃棄物管理政策	97
3.2 日本における食品廃棄物に関するガイドライン等	99
(1) 廃棄物処理法に基づく基準	99
(2) 各種ガイドライン等	99
(3) 中国に対する示唆	100
3.3 市町村における廃棄物処理施設の建設、維持管理	102
3.4 韓国における食品廃棄物管理政策と資源化の実況	104
3.5 台湾における食品廃棄物処理管理政策と資源化の実況	105
3.6 その他の国・地域における食品廃棄物管理の実況と推進方策	106
3.7 まとめ	108
4. 食品廃棄物管理条例の制度構築	114
4.1 制度設計に際しての基本的事項	114
4.2 食品廃棄物管理弁法素案当初案(2013年8月)に関する検討	116
4.3 食品廃棄物管理条例案(2013年10月)に関する検討	118
4.4 食品廃棄物管理条例案最終案(2014年1月)とそれに対する意見	119

5. 中国に適した食品廃棄物管理、資源化のための技術ガイドライン(案)	126
5.1 各地の事情に適した食品廃棄物管理方法の選択	126
5.2 食品廃棄物処理技術	127
(1) 共通事項	127
5.3 食品廃棄物の前処理技術	131
(1) 食品廃棄物による肥料製造	131
(2) 好気性堆肥化プロセス	132
5.4 食品廃棄物の好気性堆肥化への影響要因	135
5.5 食品廃棄物の好気性堆肥化の主要設備	139
5.6 食品廃棄物の好気性発酵による堆肥製品	144
5.7 食品廃棄物嫌気性発酵技術	147
(1) 嫌気性発酵工程の分類	147
(2) 食品廃棄物嫌気性発酵の代表的プロセス	148
(3) 食品廃棄物嫌気性発酵への影響要因	148
(4) 食品廃棄物嫌気性発酵の主な設備	152
(5) メタンガス発生量の計算	158
(6) メタン発酵消化液の資源化利用技術	158
(7) メタンガス精製技術	162
(8) メタンガス利用技術	165
(9) メタン発酵残さの資源化利用技術	167
5.8 食品廃棄物飼料化技術	168
(1) 代表的な飼料化技術	168
(2) 食品廃棄物飼料化に影響を与える要因	177
(3) 食品廃棄物飼料化設備	178
5.9 廃食用油の無害化・資源化技術	183
(1) 廃食用油による脂肪酸メチルエステル生産技術	183
(2) バイオディーゼル製品の指標	185
(3) 廃食用油によるステアリン酸とオレイン酸の生産技術	186
5.10 食品廃棄物処理場の脱臭技術	196
6. 残された課題	199

別添

1. メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル
2. 全国都市清掃会議 ごみ処理施設整備の計画・設計要領・エネルギー回収推進施設 ごみメタン化施設
3. 全国都市清掃会議 ごみ処理施設整備の計画・設計要領・有機性廃棄物リサイクル推進施設 ごみ高速堆肥化施設
4. 食品残さ利用飼料の安全性確保のためのガイドライン

1. 中国食品廃棄物の発生源及び発生情報と管理、資源化の現状と課題

食品廃棄物（Restaurant Garbage）の俗称は「泔脚（残って捨てたスープやおかず、生ごみ—訳注）」であり、つまり残飯のことである。住民の生活消費過程から発生する生活廃棄物の1種であり、主にホテルやレストラン、企業・事業単位の食堂から発生する残飯及び食べ物の残渣である。その成分は、ご飯、面食（訳注：小麦粉で作られた料理）、野菜、植物油、動物油、肉、骨、魚の骨など食品残さを含む。この食品廃棄物（Restaurant Garbage）と厨芥類廃棄物（Kitchen Waste）を、食品残渣（Food Residue）とともに食品廃棄物（Food Waste）と称する。

1.1 中国食品廃棄物発生の現状

(1)中国食品廃棄物の発生量

中国の飲食面の消費は会食が中心で、これに加えて好ましくない食習慣が若干ある。食品廃棄物の発生量が膨大という点は中国独自の現象であり、中国の国民経済の急成長、都市人口の急増、住民の生活レベルの絶え間ない向上に伴い、長期間にわたり、中国の食品廃棄物発生量は依然として毎年増加する傾向を示している。

改革開放以来、都市化が急速に進み、住民の生活レベルが向上し続けるにつれ、都市の飲食業はますます繁栄し、飲食業の売上高は年々増加し、食品廃棄物の発生量もこれに従って増加している。2008～2013年の各年度の中国全国飲食業者数、飲食業の年度末就業者数、飲食業売上高、飲食業食事代収入、飲食業飲食店舗面積は表 1-1 の通りである。表中のデータが示すように、2008～2013年の飲食業者数の変化は大きくないが、就業者数、売上高、店舗面積及び食事代収入は年々増加する傾向にある。食品廃棄物の発生量は食事代収入と正比例の関係であり、その数値も年を追うごとに増加している。

表 1-1 2008～2013年中国全国飲食業者数、飲食業の年度末就業者数、飲食業売上高、飲食業食事代収入、飲食業飲食店舗面積一覧表

	2013年	2012年	2011年	2010年	2009年	2008年
飲食業法人企業数(社)	23,390	22,496	21,595	20,694	22,523	14,070
飲食業年度末就業者数(人)	2,437,088	2,277,980	2,202,988	2,006,056	2,001,699	1,673,561
飲食業売上高(億元)	4,419.85	3,809.05	3,195.14	2,686.36	2,592.82	1,907.22
飲食業食事代収入(億元)	3,966.73	3,433.77	2,893.23	2,441.31	2,358.39	1,711.32
飲食業飲食店舗面積(万m ²)	5,359.13	5,351.10	3,979.74	3,785.78	3,914.58	3,148.30

平均含水率を85%として計算すると、1軒の店舗面積100m²の中型レストランは毎日約400kgの食品廃棄物を排出し、そのうち食品加工の過程で生じるくず及びテーブル上の食べ残しの廃棄食品が各50%を占める。中国の主要都市の2012年の人口・食品廃棄物発生量及び1日1人あたりの食品廃棄物発生量は表 1-2 に示した通りである。2012年の全国都市人口は7億1,182万人、全国都市人口の1日1人あたりの食品廃棄物発生量は約0.14kgで、旅行、出稼ぎ労働のための

の流動人口の要素を考慮して係数 1.1 をかけると、現在の全国大中都市における食品廃棄物の発生量は年間約 4,000 万 t 強となる。人口の絶え間ない増加と都市の継続的な拡大及び飲食産業の持続的な発展に従い、食品廃棄物の発生量は年間平均 5% の速度で増加し続けていく。

表 1-2 中国主要都市の 2012 年人口・食品廃棄物発生量
及び 1 日 1 人あたりの発生量一覧表

番号	都市	市街地人口 (万人)	食品廃棄物発生量 (t/日)	1 日 1 人あたりの食品廃棄物発生量 (kg/人日)
1	北京	1685.9	2507.4	0.15
2	上海	2347.5	3000.0	0.13
3	天津	979.8	1009.0	0.10
4	石家荘	242.8	562.1	0.23
5	唐山	307.0	210.0	0.07
6	邯鄲	137.1	150.0	0.11
7	広州	817.0	1000.0	0.12
8	太原	279.1	320.0	0.11
9	大同	166.0	125.0	0.08
10	フフホト	208.0	200.0	0.10
11	オールドス	285.0	285.0	0.10
12	赤峰	91.7	92.0	0.10
13	瀋陽	509.0	675.0	0.13
14	長春	518.3	518.3	0.10
15	白山	50.0	75.6	0.15
16	延吉	46.3	126.0	0.27
17	ハルビン	475.0	500.0	0.11
18	牡丹江	91.5	91.5	0.10
19	大慶	165.0	137.0	0.08
20	蘇州	679.2	600.0	0.09
21	常州	329.2	211.0	0.06
22	徐州	305.4	298.0	0.10
23	杭州	356.0	524.0	0.15
24	嘉興	120.0	174.0	0.15
25	金華	92.4	110.0	0.12
26	合肥	360.0	400.0	0.11
27	蕪湖	124.0	150.0	0.12
28	三明	271.0	285.0	0.11
29	泉州	175.0	150.0	0.09
30	南昌	221.9	300.0	0.14
31	贛州	187.5	233.3	0.12
32	済南	433.6	420.0	0.10
33	濰坊	184.5	253.4	0.14
34	泰安	85.0	106.0	0.12
35	鄭州	540.0	630.0	0.12
36	洛陽	192.6	230.0	0.12
37	武漢	600.0	940.0	0.16
38	宜昌	141.1	200.0	0.14
39	襄陽	139.0	156.2	0.11

番号	都市	市街地人口 (万人)	食品廃棄物発生量 (t/日)	1日1人あたりの食品廃棄物発生量 (kg/人日)
40	長沙	400.0	318.2	0.08
41	衡陽	319.2	365.4	0.11
42	湘潭	208.0	208.0	0.10
43	南寧	245.0	180.0	0.07
44	梧州	65.0	100.0	0.15
45	三垂	68.6	230.0	0.34
46	成都	529.5	534.0	0.10
47	重慶	746.0	1622.0	0.22
48	昆明	643.2	1000.0	0.16
49	麗江	42.6	57.8	0.14
50	大理	65.2	76.0	0.12
51	貴陽	380.0	600.0	0.16
52	遵義	102.0	120.0	0.12
53	銅仁	43.2	86.3	0.20
54	咸陽	78.6	130.0	0.17
55	宝鷄	80.0	111.7	0.14
56	渭南	50.0	98.3	0.20
57	蘭州	210.4	247.3	0.12
58	銀川	80.0	145.0	0.18
59	石嘴山	72.6	70.0	0.10
60	西寧	115.0	150.0	0.13
61	ウルムチ	311.0	330.0	0.11
62	カラマイ	37.8	116.0	0.31
63	コルラ	35.8	50.0	0.14
64	大連	310.0	638.0	0.21
65	寧波	220.0	300.0	0.14
66	青島	186.0	235.0	0.13
67	深圳	891.0	2380.0	0.27
68	全国平均 1日1人あたりの発生量			0.14

(2)中国食品廃棄物の成分の特徴

食品廃棄物の成分は分解できる有機物を主として、主な成分が主食の中のでんぷん（デキストラン）、野菜や植物の茎・葉の中のセルロース、ペントサン、肉の中の蛋白質と脂肪、果物の中の単糖や、酒石酸、ペクチン（多糖）などである。無機塩の中で NaCl の含有量が最も高く、また、カルシウム、マグネシウム、カリウム、鉄など微量元素も少し含まれている。その化学成分は C、H、O、N、S、Cl が主体で、表 1-3 に示したように、北京の食品廃棄物を例にとると、その化学分子式はざっと $C_{18.15}H_{31.10}O_{10.80}N_{1.00}S_{0.05} \cdot 0.03NaCl$ と表示される。

表 1-3 食品廃棄物の化学成分(% w/w)

元素 ごみの種類	C	H	O	N	S	Cl	その他	合計
食品廃棄物	43.52	6.22	34.50	2.79	<0.3	0.21	12.46	100

食品廃棄物の成分や性質、発生量は社会の経済条件、地域差、住民の生活習慣、飲食構造、季節の変化など要素の影響によって違う。社会経済の条件が良い時代、地域では、食品廃棄物の組成と発生量は社会経済の条件が劣る時代と地域に比べ、有機化合物の含量が高く、量も多い。観光資源が豊富な都市は観光シーズンに、食品廃棄物の発生量がその他地域より相対的に多くなる。中国北方の都市の食品廃棄物には、小麦粉製の食品ごみが南方の都市より多い。南方の都市の食品廃棄物には、米類の食品ごみの量が北方より多い。

各地域の特徴、飲食習慣と経済水準に基づき、全国の各地域から代表的な都市を選び、北京、上海、深圳、蘇州、寧波、西寧、青島、貴陽、嘉興、石家荘、瀋陽、ハルビン、重慶、大連、三亜などの都市の一部旅館、ホテル、高級レストラン、一般のレストラン、事業場の食堂の5種類の飲食業者を対象に6か月間、異なる時期に食品廃棄物のサンプル調査を実施した。平均値を取るに当たっては、国家基準 GB6432、GB6433、GB6434、GB6453、GB/T6436-92、GB/T6437、GB/T6438 が定める測定方法を参照した。測定結果は表 1-4 の通り。

表 1-4 一部飲食業者食品廃棄物の成分分析結果 単位:% w/w

成分	含水率	有機質	総養分量	粗脂肪	粗タンパク	粗繊維	糖類
平均値	74.39	80.21	21.41	25.86	24.77	2.34	28.51
成分	塩分	灰分	カルシウム	鉛	カドミウム	水銀	その他
平均値	4.59	7.70	0.22	未検出	未検出	未検出	6.01

*注：表中のデータは含水率を除き、その他指標はいずれも絶乾状態の物質含量。

表 1-4 のデータが示すように、食品廃棄物は含水率が高く、処理の難度はかなり高い。大豆の粗脂肪と粗タンパク含量 (19.66%と 40.34%)、トウモロコシの粗脂肪と粗タンパク含量 (3.52%と 10.68%)^[3]に比べると、食品廃棄物の絶乾状態の物質中の粗脂肪と粗タンパク含量は大豆の 1.32 倍及び 0.61 倍で、トウモロコシの粗脂肪と粗タンパク含量の約 7.35 倍及び 2.31 倍である。さらに、実験測定結果によると、食品廃棄物の粗脂肪消化率は 88.26%、粗タンパク消化率は 89.63%で、標準的な飼料と大差なく、この種の廃棄物には資源としてかなり高い開発利用価値があることが分かる。そのうち有機質は発酵によってメタンガス、水素、エチルアルコールを生産することができ、分離回収した廃食用油はバイオディーゼルと可塑剤などの製品を生産するための良い原料となる。この種の廃棄物にかなり高い資源としての開発利用価値があることが分かる。

明らかに、食品廃棄物には資源と廃棄物の二重の特性を備え、資源としての利用価値が高いとともに、環境と人体の健康にマイナスの影響を与えやすい。一般的に、食品廃棄物の主な特徴は次の通りである。

- (1) 発生源は固定している上に比較的集中し、発生量が多く、範囲が広い。
- (2) 含水率 (75~95%)、油脂含量及び NaCl 含量が比較的高く、処理の難度が高い。
- (3) タンパク質、デンプン、セルロース、脂肪などの有機物を豊富に含み (乾燥物質の 95%以上を占める)、資源としての回収価値が高い。
- (4) その他のごみと比べると、有害・有毒物質 (例えば重金属など) の含量は少ないが、腐敗・変質が速く、細菌が生長しやすく、特に高温の季節には容易に腐敗・変質し、病原微生物、マイコトキシンなどの有害物質の急速な大量繁殖を招く。

(3)食品廃棄物の有害性

その他の都市生活ごみと比べると、食品廃棄物は含水量が高く、有機化合物含量が高く、油脂含量と塩分含量が高く、有害・有毒物質（例えば重金属など）の含量は少ないが、腐敗・変質が速く、細菌が生長しやすく、特に高温の季節には容易に腐敗・変質し、病原微生物、マイコトキシンなどの有害物質の急速な大量繁殖を招く。食品廃棄物の環境と人体の健康への影響は主に以下のとおりである。

(1)水質を汚染

食品廃棄物浸出液の COD（化学的酸素要求量）は最高で 100,000mg/L 以上に達し、有機窒素の含量も高く、もし処理が妥当でなければ、表面流出と浸透作用によって水系に入り込み、水域の富栄養化をもたらす、地表水と地下水を甚だしく汚染する。公共の配管網に流入すると、その中の COD と高含有量の窒素が都市污水处理場に影響を与える恐れがある。

(2)大気を汚染

食品廃棄物の含水率は 75～95%、乾燥物質中の有機化合物含有量は 90%以上に達し、極めて腐敗・変質しやすく、悪臭のガスと温室効果ガスを放ちやすく、そのうち悪臭のガスは揮発性有機化合物を主とし、チオール、揮発性脂肪酸（VFA）などを含み、分子量が比較的大きく、吸着性が強く、非常に除去しにくく、大気を甚だしく汚染し、大衆の強烈な反感を引き起こす。

(3)環境衛生への影響

腐敗・変質した食品廃棄物は人が受け入れ難い悪性の感覚を生じる。例えば刺激性の臭い、異常な色、酸っぱく臭い味、組織の爛れなどがある。食品廃棄物を速やかに収集・運搬できず、都市内に無秩序に放置すると、環境衛生に悪影響を及ぼすことになる。さらに腐敗・変質した食品の栄養物は十分に分解されず、タンパク質、脂肪及び炭水化物が分解し損なわれるだけでなく、ビタミン、無機塩、微量元素もひどく流失し、二度とリサイクルできる価値はなくなる。このほか、大量の食品廃棄物が公共の下水道網に入ると、ごみの中の動物脂肪は下水道管の内側に付着しやすいため、公共の下水道管は断面が狭くなり、下水道網が非常に詰まりやすく、雨期には一部道路に水がたまり、都市交通に不便をもたらす、生産活動上の安全事故を引き起こす可能性がある。

(4)食品安全の潜在リスクを醸成

未処理の食品廃棄物には口蹄疫、豚コレラウイルス、トキソプラズマ、サルモネラ菌、センモウチュウ、カンピロバクターなどの病原菌が含まれている可能性があり、もし家畜・家禽の飼料として直接用いると、家畜・家禽の健康にかなりの脅威となるとともに、家畜・家禽の体内で毒素、有害物質が蓄積することにより人体の健康に危害を与え、ヒトと家畜間の交差感染をもたらす恐れがある、こうした食物連鎖の形式には巨大な病原体の転移と拡散の危険性を孕んでいる。

一部の不法業者は利益に駆られ、食品廃棄物の排出過程における廃油を回収し、加熱、ろ過、異物除去、除臭、脱色及び蒸留など一連の方法で油脂を抽出し、加工して偽のサラダ油とした後、植物油脂市場に戻して販売する。この種の精製した廃食用油にはアフラトキシン、ベンゼン系化合物等有害物質が含まれ、長期にわたり食用すると、胃、肝臓、腎臓など人間の器官に重大な危害を及ぼす恐れがある。さらに、食品廃棄物中の油脂は繰り返し高温で炒め物や揚げ物に利用され、生成されたトランス脂肪酸を長期間にわたり食用することも、住民の身体の健康と生命の安全に影響を与える恐れがある。

1.2 中国食品廃棄物管理の現状

長きにわたって、中国では食品廃棄物に対して管理が行われてこなかった。伝統的な食品廃棄物処理方式は、主に発生事業者から利用者に売り、郊外に送られ直接豚に餌として与えるものであった。処理をせず大量の病原菌を持ち込み、ひいては変質した食品廃棄物が直接に飼料として飼育された豚の衛生的状況が懸念されている。不法業者が利益に駆られ、食品廃棄物から抽出した廃油脂を加工し、再び食卓に戻すのは、国民の身体の健康に大きな影響を与える。

20世紀末、牛海綿状脳症（BSE）、口蹄疫などの世界的な牧畜伝染疾病が流行伝播し、食品廃棄物を直接豚に与えることは、隠れた衛生的に巨大な問題であると人々は意識するようになり、食品廃棄物の管理は中国の一部の都市で重視されるようになった。いくつかの都市では食品廃棄物の伝統処理モデルには多くの環境と衛生安全上の問題が存在することを理解するようになり、処理を経ていない食品廃棄物を分散的に利用して、ブタに与えることは疾病の伝播を招きやすく、さらに運送途中の泔水（米のとぎ汁や野菜や鍋・碗を洗って汚れた水）の漏れが2次汚染をもたらし、都市の環境衛生に深刻に影響している。食品廃棄物の人体の健康、都市景観・環境への影響を完全に消除する又は最低限に抑えるために、科学的、合理的に食品廃棄物の処分管理を行い、健全で、規範と秩序のある食品廃棄物処分管理システムを構築しなければならない。このほか、節約は食品廃棄物の発生源での管理の根本的な措置の一つである。経済発展という原因の外に、人為的な要因も食品廃棄物の大量発生的重要原因である。食品廃棄物の大量発生は環境に大きな負担を与えると同時に、大量の食糧資源が無駄で浪費され失うことになってしまう。食品廃棄物の処理について、環境衛生部門が食品廃棄物のリサイクル技術と政策の検討を積極的に展開するほか、さらに市民たちの参加と協力を必要とするため、人々が節約を重んじ、食糧を大事にすることで、食品廃棄物の発生量を減らすことができる。このため、食品廃棄物を発生源から減量する事とは、浪費を反対し、食糧を節約することである。

(1)中国の食品廃棄物の管理体系

目下のところ、中国の食品廃棄物の管理活動はまだスタートばかりで、管理体系まだ整備されていない。中国の食品廃棄物の管理体系は主に発展改革委員会、建設委員会、環境保護、農業、衛生、品質監督、食品安全、工商管理、公安、都市管理などの部門によって構成される。

国家のマクロ管理と特定項目の行動計画は国家の発展改革委員会によって組織実行され、発展改革部門は都市農村建設などの部門と協力して食品廃棄物の収集処理などの関連する管理政策を起草・制定する。環境保護部門は食品廃棄物を発生する事業者、処分事業者の環境審査許可、環境保護竣工を“三同時”の検査を行い、法律に基づく監督管理、汚染の予防と対策、施設の運行及び汚染物質排出の状況について責任を負う。農業部門は食品廃棄物の残渣を原料加工し、家畜や水産の飼料製品にすることに対して監督管理を行う責任を負う。衛生部門は飲食サービス業者の食品廃棄物に対する収集、保管、整理などを監督管理し、重点的に食用油などの原料仕入れ検査と索証索票（合格証と領収書）状況を検査し、廃棄食用油が食卓に逆流することを防止し、法に基づいて飲食サービス業者による食品安全違反行為の取り締まりに責任を負う。質量技術監督部門は食品生産段階の監督管理を行い、法に基づいて「地溝油」と食品廃棄物などの非食用原料加工食品の違法行為を取り締まる責任を負う。食品安全部門は食品飲食サービス段階の監督管

理を行い、飲食サービス業者の監督を確立し、食品原料仕入れ検査と索証索票（合格証と領収書）制度の執行の責任を負う。工商行政管理部門は食品の流通段階の監督管理を行い、食品生産経営単位の食品廃棄物の収集運搬、処分サービス企業と加工企業に対して、行政許可をもって法に基づき登録させ、食用油が市場へ出回って販売される流通段階に対して検査監督を行って、「地溝油」経営と非正規由来の食用油の行為を厳しく罰する責任を負う。公安交通警察部門は「地溝油」販売および「地溝油」収集運搬、「泔水（米のとぎ汁や野菜や鍋・碗を洗って汚れた水）」車両の立案取締りといった犯罪に責任を負う。都市管理執法部門はサービス許可を得ておらず、勝手に収集運搬し食品廃棄物を処分している企業や個人を取り締まる責任を負う。

(2)中国食品廃棄物管理政策の現状分析

2000年5月、上海市農業委員会、商委員会などの6つの部門は共同で《郊外の中小型ブタ飼育場への特別措置実施に関する通知》（上海農業委員会（2000）第69号）を出し、処理を経ていない食品廃棄物を家畜に与えることを禁止し、環境衛生部門の許可を経ていない企業に対し、泔水（米のとぎ汁や野菜や鍋・碗を洗って汚れた水）の回収と再利用処理を禁止することとした。それ以外に、上海物価局はかつて食品廃棄物の徴収政策を出し、また委託処分でも可とし、あわせて委託収集運搬や処分費の最高価格限度を暫定的に実行し、収集運搬と処分の企業が自ら下げてもよいとした。2005年1月に《上海市食品廃棄物処理管理弁法》が出された。

2003年1月1日、青島市実施の《青島市の規定される動物疫病がない区の管理弁法》では以下のように規定している。「動物の飼育には賓館ホテルで廃止された食物（泔水）、生活ごみ、期限切れで変質した食品と飼料を使用してはならない。また国家は動物源性飼料の使用を禁止している」あわせて強制徴収制、6元/1トンの料金基準で飲食業から飲食業の余剰物汚染費物を取ることを試行する。

2003年“新型肺炎（SARS）”の後、食品廃棄物の管理は国家と地方の管理部門から高度に重視されるようになった。2005年、北京市の公布した《北京市動物防疫の条例（草案）》の中で、動物飼育場が飯店、賓館、レストラン、食堂で発生したまだ無害化処理を経ていない食品廃棄物を動物を食べさせることを厳禁するよう規定している。2006年、北京市はまた《北京市食品廃棄物収集運搬処理弁法》を公布実施し、その中で食品廃棄物は気の向くままに傾倒したり、積んでおいたりしてはならず、また雨水パイプ、汚水排水パイプ、河道、公共便所、生活ごみ収集施設の中に排出してはならず、その他のごみと混ぜて倒しておいてはならないと規定している。食品廃棄物の発生者は、その発生させた食品廃棄物に対して、収集、運搬、処分の責任を負う。その上で食品廃棄物の発生者が食品廃棄物について相応の処理能力がない単位や個人であってはならず、一般に食品廃棄物の集中収集、運送と処理の企業に従事しようとする者は、法律に基いて「都市生活ごみの清掃、収集、運搬、処理サービスの経営に従事する」行政許可と運輸車両証明など関連の許可を準備しなければならないと明確に規定している。

2005年11月、《景德鎮市食品廃棄物管理弁法》が出され、食品廃棄物の収集、運搬、処分及びその関連の管理活動に対して規定を作った。2006年8月、寧波市は「寧波市食品廃棄物管理弁法」を公布し、12月1日に正式に施行した。「弁法」は寧波市の食品廃棄物行政主管部門を寧波市城市（＝都市）管理局と明文化し、発展・改革委員会、工商局、旅遊局、財政局、衛生局、環境保護局、品質技術監督局、公安局などは連携して管理する。「弁法」は、食品廃棄物について

無害化処理していない食品廃棄物を動物に与えることを禁止し、食品廃棄物を直接下水道に排出することを禁止すると定めた。2007年には、「西寧市食品廃棄物管理弁法」、「石家荘市食品廃棄物管理弁法」、「深圳市食品廃棄物管理弁法」などが相次いで公布された。また、2009年11月に西寧市は「食品廃棄物管理弁法」を「食品廃棄物管理条例」に格上げした。これまでに、北京、上海、寧波、西寧、蘇州、深圳、蘭州、景德鎮、石家荘、銀川、中衛、カラマイ、杭州、昆明、三明、ウルムチなど80余の都市がすでに食品廃棄物の管理及び処理に関する規定を相次いで公布した（添付資料参照）。

2008年12月26日-27日、実践的科学発展観を深く学ぶため、《循環經濟促進法》を徹底的に実行し、食品廃棄物の資源化を高効率、安全、健康な軌道に沿って発展させるよう導いて、食品安全と都市の生態環境の改善を促進して、国家發展改革委員会、住宅都市建設部と商務部は浙江省寧波市で共に“全国都市食品廃棄物資源化利用現場交流及び検討会”を開いた。会議では食品廃棄物の管理政策メカニズムは健全ではなく、ごみの流れる方向は不明で、資源化利用の技術は高くなく、隠れた安全上の問題は突き抜けており、環境汚染は深刻で、食品安全や生態安全、人類の健康へ極めて大きな潜在的脅威になっている問題に対して、国家發展改革委員会、建設部、商務部、農業部、本部門は実際状況から出発して、食品廃棄物の資源化利用の構想、政策措置、直面する主要な任務の解説を行い、そして各部門の仕事の実際を結び付け、全国の食品廃棄物の資源化利用工作に対して具体的な要求を出し、全国に向けて食品廃棄物の資源化利用と無害化処理の号令をかけた。

2007年～2009年の間に、国家の住宅都市建設部と国家發展改革委員会から、国家標準管理委員会によって多くのプロジェクトを許可する食品廃棄物の処理と管理に関する国家標準と規範を制定中であることが示された。そのうち、清華大学の劉建国教授が主宰した国家標準《食品廃棄物資源利用技術要求》（20074595-T-333）はすでに承認草案（添付資料参照）を完成し、国標委に提出された。北京工商大学の任連海教授が主宰した国家標準《食品廃油資源回収と深い加工技術の標準》（20083001-T-303）はすでに草案を完成させ、目下のところは意見募集稿を編纂している。

2010年7月、國務院弁公庁は《地溝油の整頓と食品廃棄物の管理を強化する意見》（國務院弁公庁〔2010〕36号）文件を出し、全国各省、自治区、直轄市の人民政府に、國務院の各部委員会、各直屬機構は國務院の統一的な配置によって、“地溝油”の特別整頓を展開するとともに、食品廃棄物の管理活動を強化するよう求めた。一方、不法に“地溝油”を生産・販売する行為には厳しく取り締まり、“地溝油”が食品の生産經營の単位に流れ込むことを厳重に警戒し、さらに、分業を明確にし、責任をしっかりと実行し、食品廃棄物の処分を規範に合わせて、食品廃棄物の収集運搬の管理を強化し、食品廃棄物管理台帳制度を創立し、不法な収集運搬、不法に販売・処理処分された食品廃棄物の違法行為を厳しく調査・処分し、食品廃棄物の管理と処理工作を強化して、食品廃棄物の資源化利用と無害化処理を進める。

2010年5月、国家發展改革委員会、住宅都市建設部、環境保護部、農業部は共同で《都市の食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロット活動を組織的に展開する通知》（發改弁環資〔2010〕1020号）の文件（添付資料参照）を印刷配布し、全国ですでに食品廃棄物の収集運搬、資源化利用、無害化処理など関連する政策・法規を登場させた、あるいは予定する一定基礎を備えた都市を部分的に仮選択し、食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロットを展開して、中

国の食品廃棄物処理問題の有効な解決のルートを探求することとした。2010年12月、国家發展改革委員会、住宅都市建設部、財政部、環境保護部と農業部は共同で公文書「食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロット都市（区）初選リスト及び実施方案編纂の印刷配布に関する通知」を出し、33のパイロット都市（区）の初選リストを確定し、そして最初に選んだパイロット都市に各自の実際状況によって報告《パイロット都市（区）の食品廃棄物の資源化利用と無害化処理の実施方案》（添付資料参照）を編纂するよう求めた。2011年5月に国家發展改革委員会と財政部は共同で公文書「国家發展改革委員会弁公庁、財政部弁公庁による循環經濟發展に直面する食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロット都市建設実施方案への資金サポートの印刷配布に関する通知」（発改委環資[2011]1111号）（添付資料参照）を発送して、国家財政部から特定項目の資金を支給して、食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロット都市建設に対して資金のサポートを行う。2011年7月、国家發展改革委員会、財政部、住宅都市建設部は共同で公文書「北京市朝陽区など33各都市（区）の食品廃棄物の資源化利用と無害化処理の実施方案への同意、パイロット都市（区）の確定に関する通知」（添付資料参照）を発送し、最後に北京市朝陽区などの33の都市（区）が食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロット都市（区）となることを確定し、そして政策と資金の方面でのサポートを与えた。これまでに、国家發展・改革委員会、住宅・都市農村建設部、環境保護部、農業部及び財政部が共に展開している食品廃棄物資源化利用と無害化処理のパイロット事業のモデル都市はすでに4期になり、第1期モデル都市は北京市（朝陽区）、天津市（津南区）、河北省石家荘市、山西省太原市、内モンゴル自治区オルドス市、遼寧省瀋陽市、吉林省白山市、黒竜江省ハルビン市、上海市（閔行区）、江蘇省蘇州市、浙江省嘉興市、安徽省合肥市、福建省三明市、江西省南昌市、山東省濰坊市、河南省鄭州市、湖北省武漢市、湖南省衡陽市、広西チワン族自治区南寧市、海南省三亚市、四川省成都市、重慶市（中心市街地）、雲南省昆明市、貴州省貴陽市、陝西省宝鶏市、甘肅省蘭州市、寧夏回族自治区銀川市、青海省西寧市、新疆ウイグル自治区ウルムチ市、大連市、寧波市、青島市、深圳市等の33都市である。第2期モデル都市は江蘇省常州市、陝西省咸陽市、河北省唐山市、広西チワン族自治区梧州市、山西省大同市、黒竜江省牡丹江市、新疆ウイグル自治区カラマイ市、湖北省宜昌市、浙江省金華市、山東省泰安市、雲南省麗江市、湖南省長沙市、安徽省蕪湖市、貴州省遵義市、内モンゴル自治区フフホト市、吉林省延吉市等の16都市である。第3期モデル都市は河南省洛陽市、山東省済南市、寧夏回族自治区石嘴山市、浙江省杭州市、広東省広州市、河北省邯鄲市、雲南省大理市、湖南省湘潭市、黒竜江省大慶市、湖北省襄陽市、江西省贛州市、内モンゴル自治区赤峰市、貴州省銅仁市、吉林省長春市、新疆ウイグル自治区コルラ市、陝西省渭南市、江蘇省徐州市等の17都市である。第4期モデル都市は浙江省衢州市、江蘇省鎮江市、陝西省西安市、湖北省黄石市、湖南省婁底市、上海市浦東区、内モンゴル自治区フルンボイル市、寧夏回族自治区吳忠市、黒竜江省チチハル市、山東省聊城市、四川省綿陽市、吉林省吉林市、安徽省淮北市、重慶市綦江区、河北省承德市、山西省晋中市、広東省東莞市等の17市で、全部で83のモデル都市を確定した。

2011年4月、國務院から住宅都市建設部など16部・委員会へ「都市生活ごみ処理工作のいっそうの強化に関する意見」（以下「意見」と略称）（国発[2011]9号）を転送し、「意見」の中で、「2015年までに、50%の設定された区・都市は食品ごみの分別収集運搬処理を初歩的に実現する」發展目標が出された。

2012年4月、国務院弁公庁が印刷配布した「第12次5か年計画」全国都市生活ごみ無害化処理施設建設計画（国弁発〔2012〕23号）では以下の内容が言及された。2015年までに、50%の区設置都市において食品廃棄物の分別収集・運搬処理を初期段階として実現させる。食品廃棄物専用の収集容器や運搬車両を配備し、食品廃棄物の単独収集及び密閉運搬を保証し、不備のない食品廃棄物の収集・運搬システムを整え、成熟かつ安定した資源化技術を普及させ、食品廃棄物の資源化利用の水準を向上させる。食品廃棄物の発生から収集・運搬、処理までの全過程における申請登録制度を整備し、食品廃棄物及びその資源化製品の流れを効果的に監督管理する。全国で一部の条件の整った都市と県城を選び、すでに食品廃棄物処理作業を開始していることを踏まえた上で、引き続き食品廃棄物の単独収集と運搬を推進し、適正な規模と相対的に集中していることを原則とし、食品廃棄物の資源化利用と無害化処理施設を建設する。食品廃棄物で生産される油脂、メタンガス、有機肥料、飼料などの使用を奨励し、その利用に力を入れる。食品廃棄物とその他生分解性有機廃棄物との共同処理を奨励する。「第12次5か年計画」期間、区設置都市の食品廃棄物の分別収集・運搬及び処理を積極的に推進し、3万t/日の処理能力を達成するよう努める。全国に242か所の食品廃棄物処理場を建設し、食品廃棄物特別事業への投資は109億円で、全国の都市生活ごみ無害化処理施設建設総投資の4.1%を占める。

表 1-5 「12次5か年計画」期間中の全国食品廃棄物処理施設建設計画

番号	地域	数量(か所)	処理能力(t/日)	番号	地域	数量(か所)	処理能力(t/日)
1	北京	14	2095	17	湖北	8	900
2	天津	3	800	18	湖南	7	430
3	河北	11	2240	19	広東	17	3990
4	山西	7	1000	20	広西	7	740
5	内モンゴル	9	1170	21	海南	3	300
6	遼寧	12	1890	22	重慶	6	850
7	吉林	4	800	23	四川	14	1160
8	黒竜江	6	450	24	貴州	5	550
9	上海	6	630	25	雲南	6	590
10	江蘇	13	1100	26	チベット	1	20
11	浙江	15	1925	27	陝西	5	570
12	安徽	9	600	28	甘肅	5	420
13	福建	10	1250	29	青海	2	285
14	江西	7	330	30	寧夏	3	200
15	山東	6	890	31	新疆	4	620
16	河南	17	1420				

「第12次5か年計画」期間末までに、全国で計242か所の食品廃棄物処理施設を建設し、1日の処理量3万215tの規模に達する。

2013年5月1日、産業規格である「食品廃棄物処理技術規範（＝技術仕様）」（CJJ184-2012）が公布・施行された。食品廃棄物の収集・運搬、処理技術及び施設・製品品質の要求事項に対し規範の要件を適用する。現時点までに、上海、北京、寧波、広州、杭州、西寧、石家荘、ウルムチ、銀川、舟山、景德鎮、蘇州、深圳、武漢、福州等50近い都市が続々と食品廃棄物管理弁法を制定したが、全国統一の食品廃棄物管理弁法はまだない。国家発展・改革委員会が先頭に立って制定した国家レベルの「食品廃棄物管理及び資源化処理条例」（案）はすでに完成し、国務院弁公庁に報告され、2014年末又は2015年初に公布される見込みだ。

1.3 中国食品廃棄物リサイクルの現状及び運営モデルの検討

(1)食品廃棄物回収システム

食品廃棄物の無害化処理と資源化利用の鍵は発生源での分別放置にあるが、飲食業者はごみ分別を特に重視していない。現在、食品廃棄物処理場が収集している食品廃棄物の中には大量の生活ごみが混入し、食品廃棄物処理場の負担を増やしている。飲食業者の日常ごみは生活ごみ、残飯、廃油（主に炒め物・揚げ物の廃油と油脂分離槽で分離された油を指す）の3種類に分けて置くべきだが、大多数の業者は分別できていない。2011年6～9月、北京工商大学の任連海教授のプロジェクトチームは青島、嘉興、貴陽、西寧の4都市の飲食店の食品廃棄物分別状況について調査し、各都市で100軒の飲食業者を抽出した。内訳は大規模レストラン20軒、中規模レストラン20軒、小規模レストラン40軒、食堂20軒である。4都市のうちごみを3種類に分けて置いた飲食業者はそれぞれ各都市の調査総数の54.4%、46.5%、33.8%、43.3%を占め、その他の飲食業者はごみを残飯と廃油及び残飯と生活ごみの2種類に分けて置いていた。調査結果から分かるように都市の飲食業者の食品廃棄物分別はさらに強化する必要があり、食品廃棄物をきちんと分別してこそ資源化利用をより良く実現できる。現在、国内に多くの食品廃棄物を資源化利用するインフラは、循環利用の品質条件に合った食品廃棄物を収集するすべがなく操業停止に追い込まれている。

食品廃棄物の「三化」処理の重要な前提はごみの分別投棄である。中国は北京、上海、杭州などの都市では食品廃棄物分別収集の試行が行われているものの、現在は広州市だけが「広州市都市生活ごみ分別管理暫定規定」を公布し、生活ごみを回収可能品、食品廃棄物、有害ごみ、その他ごみの4種類に分別するよう明文化した。大多数の家庭の食品廃棄物は依然としてその他の生活ごみと一緒に捨てられるか直接下水道に排出されるか、合理的な分別収集措置が欠けている。広州市越秀区南山街道は生活ごみ分別を試行して1年後、分別ごみコンポストはメンテナンスする人がいないために破損が深刻で、少数の市民だけがごみ分別を続けているが、環境衛生システムに対応する食品廃棄物収集・運搬及び処理施設がないために、住民が分別して捨てた生活ごみを混合して運搬している。

食品廃棄物には動植物性油脂、タンパク質、デンプンなどの有機化合物が多く含まれ、さらに一定量の窒素、リン、カリウム、カルシウムなど微量元素も含まれる。世界中で一次エネルギーの需給矛盾が日ごとに激化するにつれ、もし適切な方式で食品廃棄物を十分に利用することができれば、大量の一次エネルギーを節約できるだけでなく、一定の経済収益をもたらすこともできる。現在、資源利用を目的とする食品廃棄物の回収はすでに中国の都市食品廃棄物回収の基本形式となったが、組織の原則、組織構造、総合利用方式の相違により中国の都市食品廃棄物回収に複数のシステムが併存している。目下のところ、既存の回収システムには主に養豚と精製品「食用油」を目的に自発的に形成された回収システム、無害化と資源化処理技術の特徴とする回収システム、バイオディーゼル生産を目的とする回収システムの3種類がある。

① 養豚と精製品「食用油」を目的に自発的に形成された回収システム

a. システムの現状

調査によると、食品廃棄物を豚の飼料とすることが今のところ中国の都市食品廃棄物综合利用

の重要な方法の1つである。食品廃棄物には豊富な栄養物が含まれ、且つ通常の飼料に比べコストが比較的安く、養豚コストを効果的に削減できる。だが、食品廃棄物には一部の有害物質も含まれ、豚の生長に悪影響を及ぼし、一部の有害物質はさらに食物連鎖を通じて消費者の体の健康に影響を与えることもある。食品廃棄物には一定量の廃棄食用油脂が含まれるため、豚はこれら油脂を含む食品廃棄物を食べると下痢を起し、このために養豚業者は通常はまず入手した食品廃棄物を加熱して油脂を分離し、それから残った乾燥物質を豚に与える。一部の不法業者は食品廃棄物から分離したこれら油脂（残飯油）をさらに加工し、製品の「食用油」として販売している。精製した残飯油を加工して「食用油」製品とする技術的な方法は簡単で、コストが安い上に、製品としての「食用油」の価格は相対的に正規の食用油よりかなり安い。

要するに、郊外の養豚業者は利益に駆られ、残飯油回収業者の物資運搬の道具に成り下がり、安い価格は製品「食用油」の販売と使用業者により多くの利益をむさぼる機会を与え、不法な利益を追求する製油行商人にもつけ込むチャンスを与えている。こうした利益循環形式が作動する中、養豚と精製品「食用油」を目的とする食品廃棄物回収システム（図 1-1 参照）はすでに中国では形成され非公式に活動している。

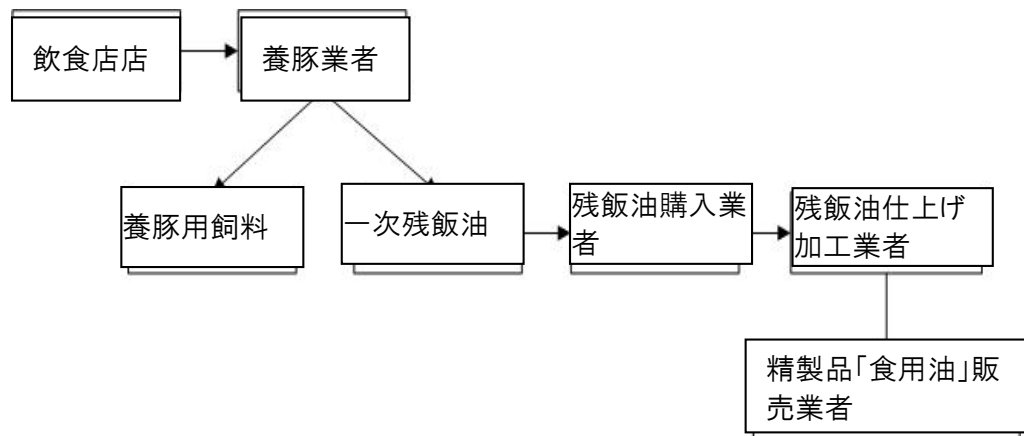


図 1-1 養豚と精製品「食用油」を目的とする食品廃棄物回収システム

b. 存在する問題

i 収集・運搬段階に環境汚染が存在する

養豚業者が食品廃棄物を収集・運搬する車両と容器は非常に簡単で、専門の漏れ防止設備はなく、収集と運搬の過程で生じる液体の浸出と気体の拡散は一定の度合いで都市の環境の質に影響を与える。

ii 食品の安全問題を招きやすい

養豚用飼料生産という食品廃棄物総合利用方法の優位性を十分に発揮し食品安全の潜在リスクをできるだけ消除するために、2006年7月1日に施行した「中華人民共和国牧畜法」は、食品廃棄物を利用して家畜を飼育する農家は食品廃棄物を高温処理しなければならないと明確に規定した。しかし、養豚業者が食品廃棄物に対して行っている簡単な処理では有害物質を根本的に消除することはできず、食品廃棄物を利用して精製した一次残飯油には病原菌、重金属、アフラトキシンなど人体の健康に重大な悪影響を与える物質が含まれる。違法な残飯油仕上げ加工業者が採用している製油技術も一次残飯油から有害物質を取り除くことはできず、このために食品として市場に投入された製品「食用油」は消費者の健康を損ねることになってしまう。

② 無害化と資源化処理技術を特徴とする回収システム

a. システムの現状

現在、中国はすでに好気性堆肥、生物発酵によるタンパク質飼料生産、嫌気性発酵によるメタンガス発電及び食品廃棄物を利用し生産するバイオディーゼルなど無害化の食品廃棄物総合利用技術を研究開発した。2005年、浙江省寧波市は国内初の食品廃棄物無害化・資源化処理場を建設し、食品廃棄物を利用して生物タンパク質飼料と工業用油脂を生産し、国内の食品廃棄物無害化・資源化利用の先駆となった。目下のところ、北京、上海、蘇州、天津、深圳、大連、アモイ、重慶、西寧、蘭州、ウルムチ等の都市はすでに各自の食品廃棄物無害化再生利用施設を建設し稼働させており、これらの無害化・資源化処理施設を最終処理施設として、上記の都市はいずれも各自の規範化した食品廃棄物回収システムを積極的に構築している。

無害化・資源化処理は物質の純度に対する要求が比較的高く、食品廃棄物は含水率が高く、その他の生活ごみと混合すると分離しにくい。このため、各都市はおしなべて飲食店に専用の容器を設置し食品廃棄物を単独で収集し、その他の生活ごみを混入させないように要求している。食品廃棄物の運搬については、飲食店が自ら指定の処理地点に運搬すると運搬コストがかなりかかる上に、食品廃棄物は含水率が高いために浸出しやすい、豊富な有機化合物は腐敗して臭気を放ちやすい、容器と運搬車は密封性が足りないなどの点がいずれも環境汚染を招く可能性がある。これに加え、食品廃棄物は容易に腐敗・変質し、飲食店の清潔と衛生に影響を与えるだけでなく、食品廃棄物の資源化利用に影響する可能性もある。上述の要素を総合的に考慮すると、中国の多くの都市が密封性の高い容器と専用の運搬車量を備えた規範化した食品廃棄物収集・運搬部門を設立し、毎日決まった時間に訪問して収集・運搬している。

要するに、中国の多くの都市は現在、発生源での収集、衛生的な運搬、無害化と資源化処理を指導原則とする規範性のある食品廃棄物回収活動を積極的に展開するとともに、関連の規範的な食品廃棄物回収システムを構築すべく努めている。

b. 存在する問題

食品廃棄物の最初の所有者及び排出者として、飲食店は食品廃棄物回収システムの重要な構成部門である。従来の食品廃棄物収集・運搬者（養豚業者）と飲食店は一種の相互利益の関係にあるが、規範化した食品廃棄物収集・運搬部門は飲食店との間にこうした利害関係は存在しないため、飲食店は往々にして食品廃棄物を前者に渡して処理しがちで、食品廃棄物処理部門は所期のごみの量を得ることができず、大部分の食品廃棄物は衛生的かつ安全に運搬し処理されていない。

③ バイオディーゼル生産を目的とする回収システム

飲食店が調理器具、食器を洗う際には大量の洗浄廃水を生じ、この洗浄水は往々にして都市の下水道に直接排出される。洗浄廃水には一定量の廃食用油脂が含まれ、油脂の密度は比較的軽い上に水に溶けない。洗浄廃水が下水道に入ると、一定の時間を経過すると自然に分離し、そのうち油脂は水面に浮かび、飲食店付近の下水道入り口に油脂を主要成分とする混合物の層を形成する。都市の下水道内に物質が入り混じり、これらの油脂混合物を正規食用油の性状に似た油脂に加工する難度は高く、コストは高く、不法製油業者には回収する動機がなく、都市食品廃棄物資源化処理部門もまだこの種の油脂回収作業を行っていない。調査によると、都市で関連の技術手段を持つ化学工業企業は現在、都市の下水道からこうした油脂混合物を収集し、バイオディーゼ

ルを生産する原料としていることが分かった（図 1-2 参照）。企業発展という観点からすると、この油脂混合物の取得コストは相対的に安く、企業の生産コストを下げるのに有利である。資源の再生利用という観点からは、油脂混合物を市場需要の旺盛なバイオディーゼルに加工するこそ資源の総合利用を実現できる。関係部門はこの種の油脂混合物に対する収集、運搬方式の基準を強化し、収集と運搬がもたらす環境汚染を防ぐべきである。

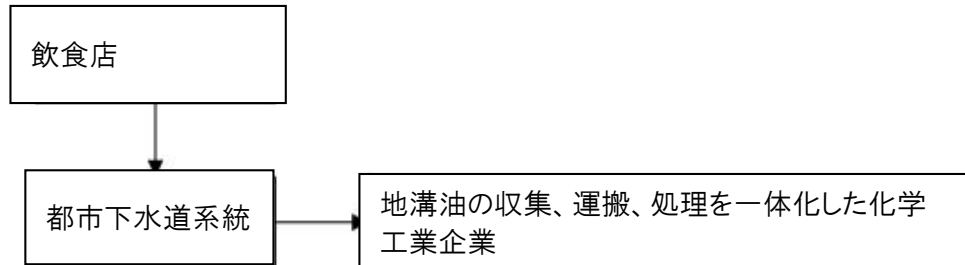


図 1-2 バイオディーゼル精製を目的とする食品廃棄物回収システム

④ 目下の食品廃棄物回収システムが直面している主な問題

その他の回収可能な一般ごみと比べると、食品廃棄物には有償の回収ルートに対応する成熟した処理技術体系に欠け、食品廃棄物の回収を制約しており、現在の食品廃棄物の回収には以下のような不十分な点がある。

a. 資源回収率が低く危険である。

長期にわたり、食品廃棄物は無用の廃棄物と考えられ、人々にはそれをリサイクルする意識が形成していなかった。住民は生活で発生した食品廃棄物を直接袋に入れてごみ箱（コンポスト）に捨て、その他の生活ごみと混同している。食品廃棄物は含水量が多く、流動性が高いという特徴があるため、その他のごみを非常に汚染しやすく、その他回収可能品の資源化率を下げるだけでなく、選別を困難にさせ、しかも食品廃棄物があるために、都市生活ごみの焼却処理は熱量が低く完全燃焼しにくくなり、ダイオキシンを極めて発生させやすくする。埋立処理も食品廃棄物の浸出により土壌、水系の汚染をもたらす。個人業者が回収した食品廃棄物を直接飼料に用いることは、いかなる加工処理も経ておらず、資源利用効率が低い上に病原菌がヒトと家畜の間で極めて広がりやすい。

b. 回収ルートが不便である。

消費者個人の環境保護意識が異なるため、食品廃棄物の回収に対する認識が異なり、いかなる報酬ひいては費用支出もこだわらず、煩わしさをいとわずに長期にわたり回収を堅持できる人はやはり少数で、大多数の消費者にとって、完全に自ら進んで回収地点に行き、自発的に食品廃棄物を納めるのは不可能である。回収ルートが不便なために、多数の人がそれを生活ごみの中に捨ててしまう。

c. 費用徴収管理モデルが現実的でない。

一方で中国の食品廃棄物の回収物流システムがまだ確立されておらず、もう一方で国民はなおも勤勉節約の文化的伝統に従っている上に、環境への影響に対する認識が足りず、食品廃棄物処理費を納めるという意識が普遍的に確立していないため、主観面で自ら費用を支払うという傾向にない。こうした状況の中で、計量徴収モデルを直ちに中国で実施するのは現実的でなく、回収

費用徴収モデルを真剣に検討する必要があるとともに、中国の現在の食品廃棄物回収モデルに適した方法を模索する、又は料金を徴収しない移行期を経てから、「排出者が処理する」との原則に基づいて料金を徴収すべきである。

d. 経済利益が低い。

食品廃棄物の回収量が少なく、量が一定せず、質が劣る（主にごみ分別が行き届いていないことによる）等の要因が、食品廃棄物処理企業の生産規模に直接影響し、工場設立に投資した企業は比較的高い投資回収を得られず、工場設立投資への意欲が低く、食品廃棄物回収処理産業の市場化発展に深刻な影響を及ぼしている。

e. 統一管理に欠けている。

現在の中国では規範的な食品廃棄物回収システムが構築されておらず、食品廃棄物は予期していなかった方式で回収及び処理される等、統一した管理に欠けている。生活ごみに混入した食品廃棄物の収集・運搬は都市容環境衛生部門の管轄範囲に属し、従来の物資回収は商業部門、工商部門、街道政府などが管轄し、こうした多部門による管理は、食品廃棄物の回収及び資源化利用を体系化しにくくし、効果的な組織と管理にも欠けている。今のところ食品廃棄物回収に従事しているのは主に都市近郊の飼育業者、個人事業者で、こうした営利を目的とする個人回収業者には専門の回収設備もなければ合理的な資源化利用の手段もなく、都市の景観に重大な影響を与え、環境を汚染している。

⑤ 規範性のある食品廃棄物回収システムの整備に関する提案

システムは複数の部分から成り、各部分にはそれぞれ特定の機能があるとともに適切な運行メカニズムによって運営され、単独の部分は機能を発揮できず、適切な連携メカニズムによって各単独の部分を連携させて1つの総体としてこそ、各部分はそれぞれの機能を正常に発揮でき、また構成された総体（システム）は所期の任務を完了できる。これにより、特定の任務を完了できるシステムは以下の3つの核心要素を同時に備えねばならない。(1) それぞれ特定の機能を持つ複数の部分、(2) 部分における合理的な運行メカニズム、(3) 各部分を連携させ所期の任務を順調に完了できる総体を形成する正確な連携メカニズムで、この3つは1つも欠けなければならない。システム構成部分の構造が完全でないと、正確な連携メカニズムで各部分を連結し総体を形成しても所期の任務を完了できない。構成部分の運行メカニズムが不合理だと、部分が正常に運営されず、システム構成部分の不完全につながる。正確な連携メカニズムがないと、各部分は孤立した状態になる、又は誤った連携メカニズムで構成された総体は所期の任務を完了できない。

中国の従来の規範的な食品廃棄物回収システムの設計は現在の中国の都市食品廃棄物回収の現状を十分に考慮しておらず、回収システムに構造上の欠陥を招いている。中国の都市食品廃棄物回収の現状と密接に結びつけ、組織構造の整備、合理的な運行メカニズムの構築、適切な連携メカニズムの構築の3つの角度から既存の規範的な食品廃棄物回収システムをさらに標準化すべきである。

a. 規範化した組織構造を整備

中国の都市食品廃棄物の回収では、養豚業者と飲食店の間の相互利益関係のために食品廃棄物処理部門は所期規模の廃棄物を回収できない。食品廃棄物が的確に清潔かつ安全に運搬、処理、利用されるよう、法の執行権力を持つ行政監督管理部門に関与させ、飲食店、食品廃棄物収集・

運搬業者のごみ排出と運搬を効果的に監督管理し、従来の食品廃棄物収集・運搬行為を取り締まり、食品廃棄物の流出を防がなければならない。また、関連の法令を整備し、一定の条件の下、食品廃棄物を養豚に再利用するモデルを取り締まるべきである。

飲食店内部で食品廃棄物とその他生活ごみを分けて収集することは食品廃棄物の無害化・資源化処理を確保する前提条件である。従来の食品廃棄物回収では、利益に駆られた飲食店が食品廃棄物とその他生活ごみの分別収集を行うが、規範化した食品廃棄物回収では、利益を失った飲食店は分別収集への積極性も失う。食品廃棄物が確実に飲食店内で単独で収集されるよう、行政監督管理部門の監督管理力にも頼らなければならない。

b. 合理的な運行メカニズムを構築

食品廃棄物の規範的回収システムを構築する上で、行政財政支出を節約するために、一部の都市は市場化運営モデルを採用し、食品廃棄物収集・運搬、処理業務の経営権を営利性企業に移譲している。食品廃棄物収集・運搬企業にとって、飲食店に規範的な食品廃棄物収集・運搬サービスを提供し相応の収益を得ることは企業が経営目標を実現する上での基本的な手段である。だが、中国の都市の飲食店経営者には汚染排出費支出の意識が育っておらず、収集・運搬企業が飲食店から収集・運搬費を直接徴収するのは難しい。一方で、利益上の衝突が排出側、運搬側の双方の関係を悪化させ、食品廃棄物の速やかな収集・運搬を難しくする。もう一方では、利益の制約が失われることも食品廃棄物収集・運搬企業の経営への積極性と経営能力を甚だしく損ないかねない。このため、食品廃棄物の排出側、運搬側双方に生じる直接的な利益の衝突を避けなければならない。排出者が費用を支払うという環境管理の原則に基づき行政関連部門が強制的に飲食店から食品廃棄物排出費を徴収し、移転支出の方式で収集・運搬企業に補填することを考えるべきである。食品廃棄物排出費の徴収は飲食店の利益と処理コストなど実際の根拠を十分に考慮しなければならない。入札の形式をとり、競争メカニズムを利用して、運営に規範があり、運行コストの相対的に低い食品廃棄物収集・運搬企業を導入する。

資源の総合利用効率を高めることは規範的な食品廃棄物回収システムをさらに改善するのに重要な目標の1つである。食品廃棄物を本当に高い効率で综合利用されているかどうかは、これを原料として生産した再生資源製品の市場ニーズによって決まる。このため、市場化運営をする食品廃棄物処理企業は常に市場ニーズに基づいて生産構造を調整し、市場ニーズに合わせることで存続を求める。

食品廃棄物の収集、運搬、処理に市場メカニズムを導入することは、行政財政支出を抑えることができるだけでなく、飲食店の負担を軽減するのにも有利で、さらに市場の資源配置調節機能を十分に発揮でき、資源配置の最適化を実現できることが分かる。

c. 適切な連携メカニズムを構築

2010年8月、北京市は食品廃棄物の排出登録制度を実施し、飲食店に食品廃棄物排出登録票への記録を求める方法で、自ら食品廃棄物の無害化処理を行っている飲食店を除いたすべての飲食店に対し、行政主管部門が交付した経営許可証を持つ食品廃棄物収集・運搬企業及び処理企業との間で収集・運搬処理契約を強制的に締結させる。また、全面的な現地調査を実施してあらゆる都市飲食店の食品廃棄物の実際の発生状況を把握する。

排出登録制度は飲食店、食品廃棄物収集・運搬企業、食品廃棄物処理企業のために形式上の連携を構築し、全面的な現地調査を実施して把握した食品廃棄物の実際の発生データは行政監督管

理部門が効果的な監督管理を行うために情報面のサポートを提供する。食品廃棄物排出登録制度の実施と食品廃棄物の実際発生量の把握を前提に、各行為主体は自身の利益を守るために生じた相互監督の動機を十分に利用し、飲食店、食品廃棄物収集・運搬企業、食品廃棄物処理企業及び関連の行政監督管理部門がそれぞれ1冊の帳簿を持つ「4冊の帳簿」制度を設立し、回収活動の各行為主体と行政監督管理部門の間に1日単位の情報フィードバックシステムを築く。飲食店、食品廃棄物収集・運搬企業、食品廃棄物処理企業は毎日排出した、あるいは収集・運搬した、あるいは最終的に受け取ったごみの量と質を詳しく記録し、行政監督管理部門にフィードバックしなければならない。行政監督管理部門は掌握した実データとフィードバックされたデータ情報に基づき、食品廃棄物の排出及び運搬段階で存在しうる流出、変則的な収集などの問題を直ちに発見できる。

要するに、実地調査を基に設立した食品廃棄物排出登録制度と「4冊の帳簿」制度は飲食店、食品廃棄物収集・運搬企業、食品廃棄物処理企業、行政監督管理部門を結びつけて1つの有機体としている（図 1-3 参照）。この総体では、行政監督管理部門は食品廃棄物の排出、運搬、処理部門の協同の下で食品廃棄物の収集と排出、収集・運搬に対して効果的な監督管理を形成した。食品廃棄物の流出問題を基本的に抑止し、ほとんどの食品廃棄物が衛生的かつ安全に収集、運搬、処理及び利用される。

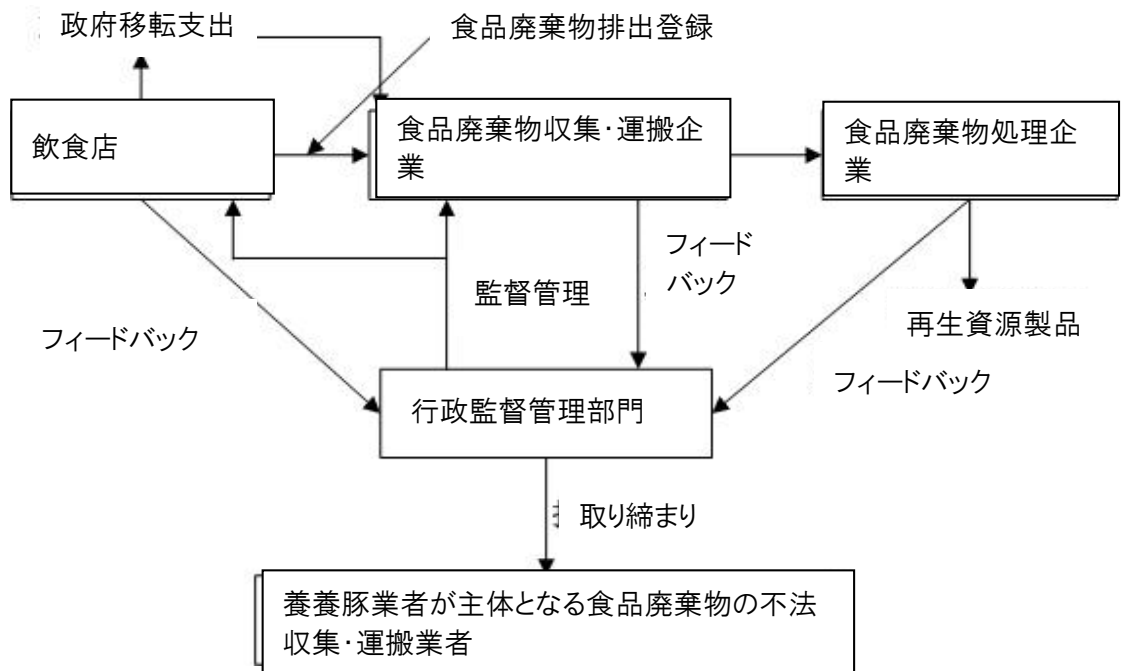


図 1-3 完全で規範性のある食品廃棄物回収システムモデル

(2)中国食品廃棄物処理業界の現状分析

①処理技術

食品廃棄物の無害化・資源化処理の需要に適応するために、この数年来、国内では数種類の適正技術を導入、開発した。主なものには、物理的破砕、高温好気性発酵、嫌気性発酵などがある。

a) 台所の食品廃棄物ディスポーザー

機械により食品廃棄物を破砕し、公共の下水道に水で流し、都市生活污水と一緒に処理する。長所はコストが安く、場所を取らず、操作が簡単で、二次汚染がなく、住宅の台所で利用でき、食品廃棄物の発生量が比較的少ない事業者でも利用できる。しかし、この技術も限界があり、主に以下の通りである。①大量のきれいな水を浪費して洗い流し、厨房廃水に多量に含まれる有機化合物は廃水のCOD（化学的酸素要求量）とBOD（生物化学的酸素要求量）の増加を招き、都市の公共汚水処理場の水量と水質処理の負荷を大幅に増加させる。②これら栄養物質を無駄に流してしまうことも、莫大な資源の浪費である。③食品廃棄物の廃水には油脂含量が高く、特に動物性脂肪は低温では配水管の内部に固まり、多く積み重ねると塞ぎを起こす、また清掃しにくくなり、都市の排水能力を大幅に低下させ、増水期には、油と汚水があふれる可能性がある。

b) 好気性バイオ式処理

食品廃棄物は有機化合物の含量が高く、栄養元素が網羅され、C/N比が比較的低く、微生物にとって良好な栄養物質であり、堆肥の原料に適している。現在、国内のバイオ式ごみ処理機は、高効率の菌種を加えて堆肥条件をコントロールする動的高速有機ごみ堆肥製造機である。北京、上海の一部パイロット住宅地と職場の食堂など量が少なく分散している場所にバイオ式ごみ処理機を設置し、排出源で食品廃棄物を処理し、処理した後の残渣は花の肥料又は居住区の緑化用土壌とすることができる。好気性バイオ式処理には以下のような限界がある。①殺菌が徹底的でない。②食品廃棄物の処理に利用される場合、ごみの粘度が高く、分散性が劣り、油脂の含量が高いために、積み上げられたごみは押し固められやすく、水分と熱量の拡散条件が悪化し、酸素の浸透及び微生物と有機化合物の接触が妨げられ、有機化合物の分解に不利である。従って、通常は副資材の添加を必要とする。③魚、肉など高タンパク質は臭気が強くなる問題がある。④広い用地と長い処理周期を必要とする。このほか、塩分含量と油脂含量の高い食品廃棄物の処理に利用すると堆肥生産の過程及び堆肥製品の品質に悪影響を及ぼす可能性がある。

c) 嫌気性発酵技術

嫌気性発酵は一般の有機廃棄物処理への利用に比較的成功しており、海外にも食品廃棄物処理に利用した報告がある。大多数の研究は嫌気性処理を通じて食品廃棄物からメタンガスを回収しエネルギー物質とすることに集中し、近年は食品廃棄物の嫌気性発酵を利用した水素生成技術も徐々に重視されている。嫌気性発酵技術を使用した食品廃棄物処理の長所は大量のメタンガスを回収できることと、固体物質は消化後に有機肥料と土壤改良剤を生産することができることである。この2つには経済的価値があり、1つの比較的成熟した食品廃棄物処理技術であり、海外ではすでに運営の成功例があり設備供給がなされている。しかし、この技術にもいくつか問題があり、主な内容は次の通りである。①滅菌が徹底されない。②バイオガス残渣とバイオガス泥しよりの無害化処理及びメタンガス収集利用の水準が低い。③発酵時間が長く、嫌気性菌は温度、酸性度、含水率など外部条件の影響が顕著である。④操作の安全性への要求が高い。

今のところ国内では少数の都市が嫌気性発酵技術を採用した大型食品廃棄物処理場を建設して都市食品廃棄物の集中処理のための準備をしているが、中国の食品廃棄物の油脂、塩分、繊維質の含量がいずれも海外のものよりはるかに多く、細菌の生長を抑制し、処理効果に影響するかどうかはまだ結論を下しがたい。

②処理事業及び運営モデル

北京、西寧、寧波、蘇州などの都市は自身の具体的な状況に基づき、食品廃棄物処理事業の建設を相次いで開始した。

しかし、現在、国内の食品廃棄物処理場の大多数は操業停止又はフル稼働していない状態にある。以前、飲食店は食品廃棄物の売買によって、一部利益を得られたが、目下のところ食品廃棄物処理場はいずれも赤字状態で、飲食店に一部の処理費負担を要求することは、ごみ排出者を消極的にさせ、飲食店は協力せず、食品廃棄物の収集はさらに難しくなる。処理場は原料供給源を失い、操業停止又は国の補助により何とか一部操業するしかない。

a) 北京市朝陽区高安屯食品廃棄物処理事業

i. プロジェクト概況

北京市朝陽区高安屯食品廃棄物資源化処理事業は北京朝陽区循環型経済産業パーク内の朝陽区金蓋郷高安屯ごみ無害化処理センター場内にあり、プロジェクト総投資額は1億6,000万円で、1期事業は2009年4月に着工し、現在はすでに完成し設備の試運転段階に入っている。敷地は長方形で、東西方向の長さは185m、南北方向の幅は116m、総面積は2万1,460㎡ある。全施設が稼働すると、1日の処理能力は400tで、1日の菌剤生産量は240tとなる見通しである。この事業は北京嘉博文生物科技有限公司が開発した微生物の拡大培養技術を採用し、微生物菌群により有機農業と衛生的な養殖業に用いる農業用微生物製品に加工し、食品廃棄物の無害化・資源化及び減量化処理を保障し、都市食品廃棄物がもたらす環境汚染を軽減し、北京市東部地域の食品廃棄物処理の循環利用問題をほぼ解決した。

その方法は生ごみと有機廃棄物を、米ぬか、ふすまなどの副資材と一緒に装置に入れ、1万分の1の比率のBGB高温複合微生物菌を投入して自動攪拌、加熱し、再び60～80℃の温度で短時間に乾燥、滅菌処理し、水分を10%以下とし、新陳代謝力のある粗いパウダー状の高効率の微生物とBGB活性微生物菌群生成物を調製する。それから、BGB高温複合微生物菌を食品廃棄物が入っている反応槽に加え、6～8時間の高温発酵と分解を経て、乾燥させ、各種有害な病原菌を殺滅し、新陳代謝力のある粗いパウダー状の高効率BGB活性微生物菌群生成物を作ると、飼料又は肥料として使用することができる。加工フローは図1-4に示した通りである。

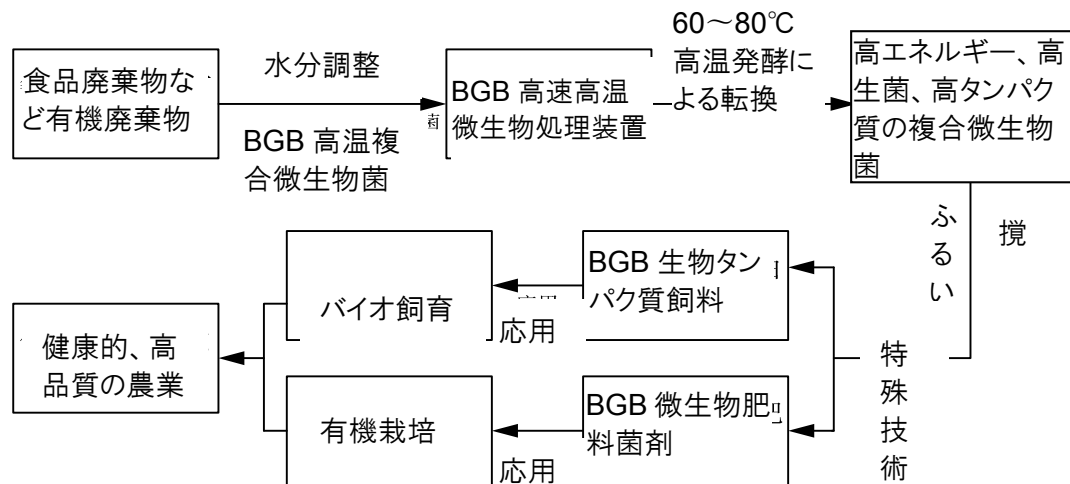


図 1-4 BGB 微生物資源循環技術加工フローチャート

この技術の特徴は以下の通りである。

- 産業チェーンの運行は比較的 successful、製品のクラスは比較的高く、北京の後続製品の販路はほぼ確保され、相当な利益があり、基本的に収支バランスがとれ、飲食店から無料で収集でき、ごみ収集の順調な実施を保障する。
- 食品廃棄物処理を設備で実行し、操作は簡単で、廃液及び臭気などの二次汚染が発生せず、食品廃棄物の小規模で相対的に集中的な処理に適している。
- 食品廃棄物の資源化と無害化を実現できる。
- 副資材の添加比率が高く、ごみの容量増加が大きい。副資材の購入、運搬及び貯蔵には一定のマンパワーと物資を必要とする。
- 中小型の設備による生産に属し、大規模生産を行うには比較的多くの設備を並行稼働させなければならず、生産の難易度が高くなる。
- 水分蒸発のエネルギー消費が多い。

ii. 運営モデル

北京嘉博文生物科技有限公司は 2001 年に設立した中外合弁企業で、建設した食品廃棄物処理ステーションは主に住宅地を対象に、「チーム組成、技術融合、連携モデル、生産後に牽引、ブランド顕在化、行政支援、多方面共栄」の原則に従い、「行政支援、企業運営、無料収集、資源回収、産業開拓」の運営モデルを採用し、収集・運搬、処理はいずれも企業が負担し、回収した栄養物質を含む資源は近郊農業の栽培・牧畜に利用することで、国の補助と飲食業者からの汚染排出費徴収を必要としない。この技術とモデルはごみ発生量が多くなく、ごみの成分は相対的に単一な都市住宅地から排出される食品廃棄物に適している。

b) 北京市南宮食品廃棄物処理工場プロジェクト

i. プロジェクトの概況

南宮食品廃棄物処理プロジェクトは北京市 2006 年「オリンピックカウントダウン期」プロジェクトの 1 つであり、プロジェクト総投資額 2134 万元が北京市政府より完全出資され、市の市政管理委員会より監督管理され、北京環境衛生工程集団有限公司より建設・運営管理されている。

プロジェクトは2006年10月30日に工事が正式に始まり、2007年6月6日に上記三機関の検査に合格し、現在試運転の段階に入っている。プロジェクトは大興区瀛海鎮南宮村に位置し、現在の南宮ごみ堆肥工場内にあり、敷地面積3900平方メートル、一日200トンの食品廃棄物を処理し、主に崇文区、宣武区、豊台区、大興区の食品廃棄物処理を担っている。工程は、ごみ分別システム、固液分離システム、油水残渣分離システム、汚水処理システム、生物脱臭システムなどによって構成されている。そのプロセスは図1-5に示す通りである。

南宮食品廃棄物処理工場では固液分離や凝集脱水処理工程が導入され、食品廃棄物が有効に処理されている。食品廃棄物処理から分離された篩下物が「安定ごみ衛生理立場」に運ばれる。食品廃棄物処理から分離された固形物や凝集脱水から発生した汚泥は有機物の含有量が高いため、堆肥の原料として堆肥生産システムまで送られ好気性堆肥にする。そうすると食品廃棄物中の病原体、細菌などが死滅し、無害化・減量化・安定化が実現し、農業や林業の腐植土又は有機肥原料に用いられる。今後市場発展の需要によって、農作物の生長に必要な元素を入れ、それを有機肥料製品に加工して販売することもできる。

食品廃棄物処理プロセスから発生する汚液に対しては、まず嫌気性生物処理、そして好気性生物処理及び膜濾過法を行うという処理方案が実施されている。これによって、汚水中のCOD、BOD、SS、アンモニア、窒素、リンなどが有効に分解され、汚水が工場内で処理されると同時に、「北京市水汚染物排出基準」の3級排出基準をクリアできる。

この技術の特徴：

- 工程が成熟しており信頼できる。工程はプロセスが整い、分別システム、破袋システムなど前処理システムが完備され、さまざまな成分の食品廃棄物に向いている。水処理、廃ガス処理システムがあり、集中的で大規模の食品廃棄物処理プロジェクトに適している。
- 食品廃棄物の無害化が実現できる。
- 工程の資源化レベルが低く、製品の価値も低い；
- 人工操作のプロセスが多すぎる。特に分別プロセスでは、従業員の作業環境が悪い。
- 臭気や廃水問題を解決しなければならない。

ii. 運営モデル

南宮食品廃棄物処理工場は北京市の国有企業である北京環境衛生集団に属している。処理工場の運営モデルとは「行政投資、企業運営、集中的収集運搬、無害化処理」である。収集運搬や処理工場への投資、運営がすべて行政より出資され、処理費用が約180元/トンである。油脂が一部回収され、固形栄養物が直接に生活ごみに混ぜて堆肥にされる。資源回収率は低く、運行は行政より全額補助されている。この技術及びモデルには民間による資金投入ができないため、市場化運営が実現しにくいであろう。

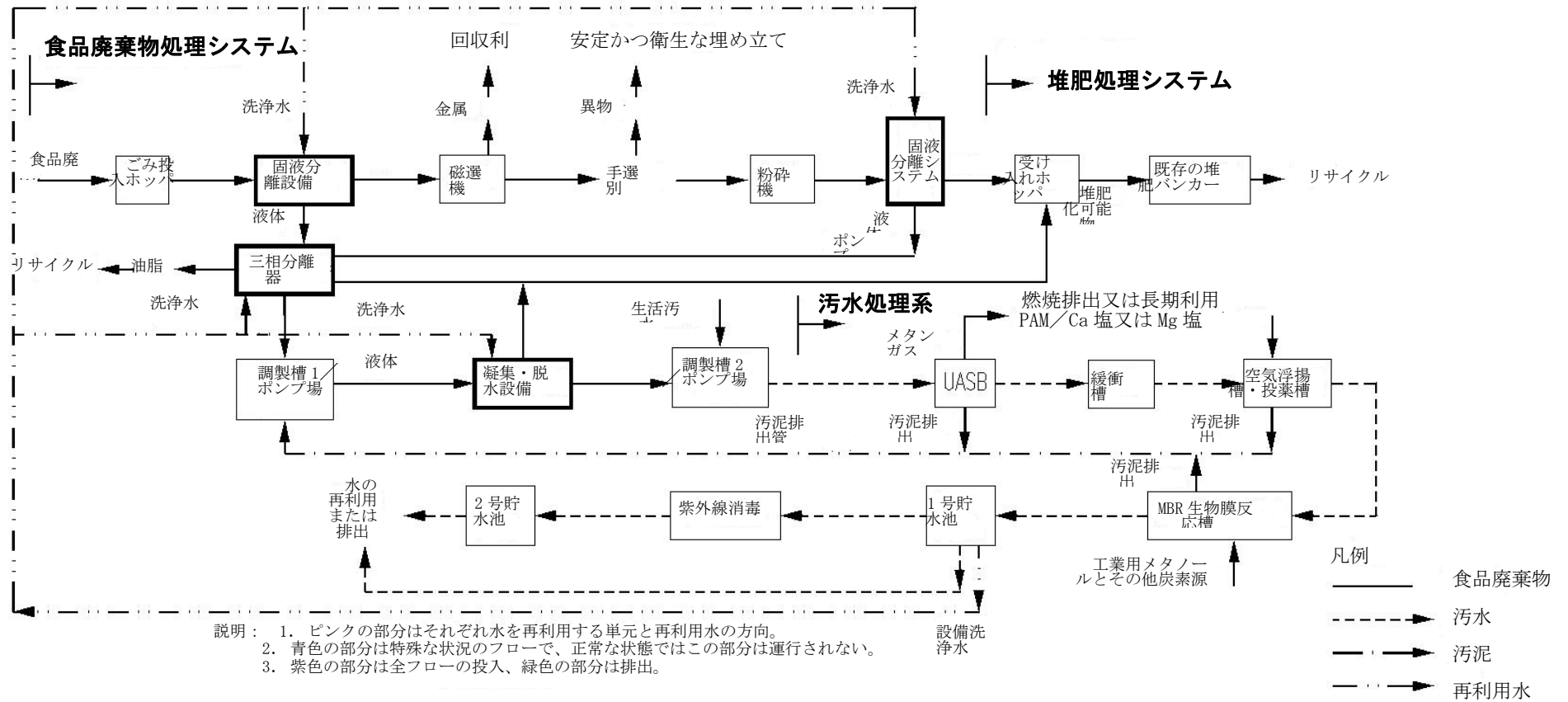


図 1-5 南宮食品廃棄物処理工場の工程フローチャート

c) 寧波市食品廃棄物処理プロジェクト及び運営モデル

i. プロジェクトの状況

寧波開誠食品廃棄物処理工場は設計処理量が 200 トン/日である。工程は、受入れ保存、分別、消毒、発酵、メタンガス発電、通風消臭などプロセスを含む。主な製品はメタンガスと電力である。臭気が集中的に収集され、生物除臭反応機で処理され、排出基準に達してから排出される。工程から発生する廃水が処理され、排出基準に達してから排出される。

この工程の特徴：

- 殺菌が徹底的であり、無害化レベルが高い。
- 廃油資源の回収率が高い。
- 廃棄物のエネルギー化処理が大体実現した。
- 工程全体は密閉性が良く、プラントで負圧を保ち、異臭を発散することがない。
- プラスチック、テイクアウト容器、箸など分別された雑物が回収利用されていない。
- 大量の廃水が排出される。

ii. 運営モデル

「寧波市食品廃棄物管理弁法」は 2006 年 12 月 1 日より実施された。都市管理局をはじめ環境保護、衛生、品質検査など 8 部門より食品廃棄物特別取締指導グループを設立し、取締案を制定し、政治通告を配布し、料金徴収基準を査定し、処理企業の資格許可制度や市場化した収集運搬処理システムを構築した。収集運搬と処理を分けるようにした。市全体の食品廃棄物が 4 企業によって 1 日あたり 128 トン収集運搬されている。1 トンあたり飲食業者から 35 元の汚染物排出費を徴収し、行政から 50 元を補助してもらうため、食品廃棄物収集運搬のコストは 85 元/トンにあたる。食品廃棄物の処理は寧波開誠生態技術有限公司が担当している。この処理工場は企業より全額出資建設され、運営費用も企業負担となっている。

寧波市では「行政指導、法制管理、集中的収集運搬、専門処理、市場運営、資源利用」といった食品廃棄物管理モデルが初歩的に構築された。

この技術は先進的で、運営モデルも実用的で、普及させる価値がある。しかしごみ排出料金の徴収が貧困地域では実施されにくい。また、収集運搬と処理が分けられるため、ごみの品質が保証されにくく、無害化処理や資源の最大限回収にとって困難が増えていくだろう。

d) 蘇州食品廃棄物処理プロジェクト

蘇州食品廃棄物処理プロジェクトでは清華大学の食品廃棄物湿熱資源化のセット技術が導入され、蘇州市潔淨廃植物油回収有限公司より 8200 万元を投資し、2007 年建設が始まり、2009 年に 100t/d 処理できる食品廃棄物の資源化工場が完成し、2010 年 3 月に生産開始し、現在は全開運転している。主な製品は微生物蛋白飼料やバイオディーゼル、メタンガスである。そのメイン工程は図 3 に示すとおりである。

収集・運搬されて来た食品廃棄物を、パイプを通じて処理作業場に入れ、雑物を分別するとともに、油と固形物にそれぞれ分離し、固形物で飼料を製造し、廃油については、精製を経て、価値の高い脂肪酸メチルエステル（バイオディーゼルオイル、可塑剤、PVC 添加剤などに用いられる）が得られる。発生する高濃度の有機汚水については、嫌気性発酵によって、発生するメタン

ガスの一部を発電に用いて工場に電気を供給し、残りのメタンガスはボイラーに入れて燃焼させ、生産用の水蒸気を発生させる。嫌気性発酵後の廃水は好気性生物化学的処理によって、液体肥料とし、現地の農業用に供する。雑物の洗い流しで発生した汚水は汚水処理装置に戻し、洗浄した雑物は回収して再加工する。製品はバイオディーゼル、多元微生物蛋白飼料原料、メタンガスなどを含み、すべての工程では汚染ゼロ排出であり、廃油の回収率は85%以上、飼料転化率は12%以上である。全体工程は食品廃棄物の最大の程度の資源化を実現して、しかも全工場の“ゼロエミッション”を実現している。

この工程の特徴：

- 技術価値が高く、資源化程度が高い。

採用した食品廃棄物の固相内部の油脂の高効率浸出技術は、現有の生物技術、廃油アルコール溶液技術、廃物飼料化と肥料化技術を結び付けて統合した技術革新である。ごみの中の固形物、廃油、廃液、不純物などのすべての成分を資源として最大程度、回収する。廃油回収率は85%以上に達し、固性残余栄養物飼料化率は12%以上、使い捨ての食器、箸、ガラス瓶、廃プラスチックの分離回収率は98%以上である。

- 製品価値が高い。

プロジェクトで形成される製品が多元の微生物飼料原料、脂肪酸甲エステル（バイオディーゼル）、メタンガス、液体肥料などを含み、いずれも高品位、高価値の製品である。

- 工程は成熟しており信頼できる。

長年の研究と工程実践を通じて、この工程はすでに成熟し信頼できる食品廃棄物の実用的な工程を形成した。

- 汚染物は“ゼロエミッション”に接近する。

当工程を採用すると、食品廃棄物の中の固体、液体、油、不純物はおしなべて資源としての回収が進む。その上、全体工程はすべて密閉され、仕事場の操作は負圧運行で、排出された臭気を組織することなく、陰イオン除臭装置を通じて浄化し、全体の生産過程は“ゼロエミッション”に接近する。

- 工程の中で発生するメタンガスは一部を補うことができるが、依然として工程フローが長く、エネルギー消費はわりに高い。
- 管理人員への要求がわりに高く、管理のコストが増加する。

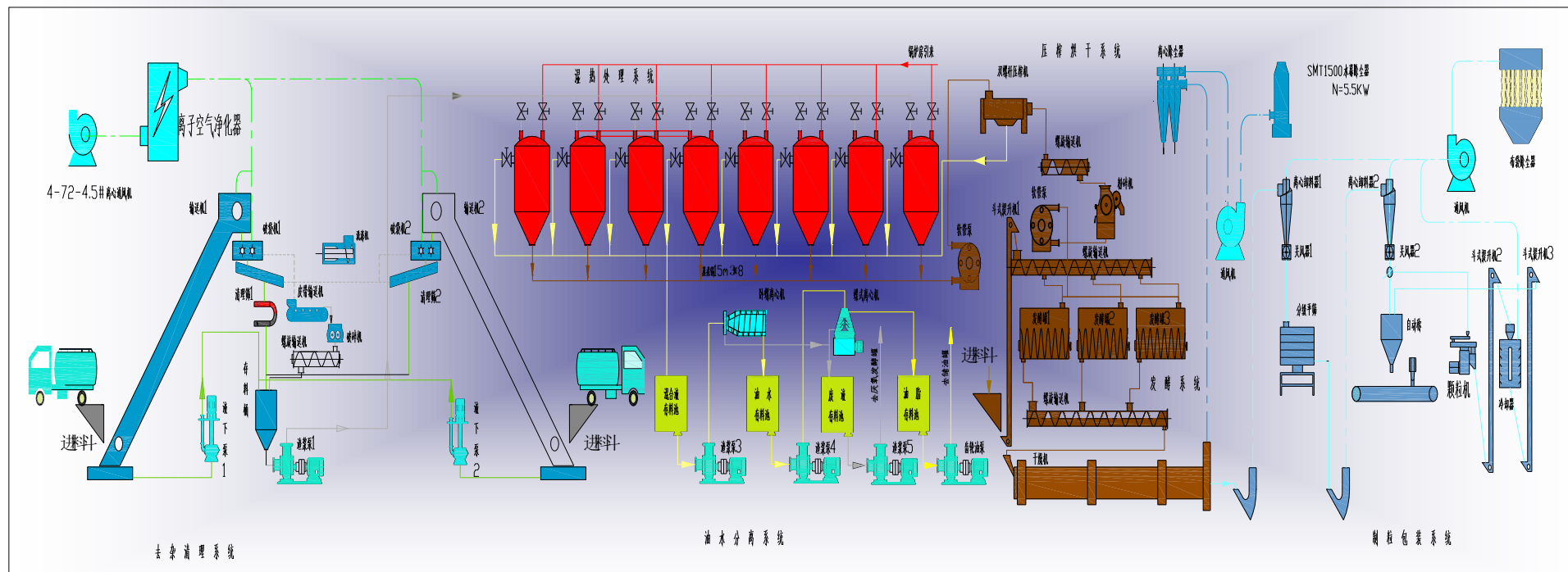


图 1-6 蘇州市の食品廃棄物の資源化の処理工程の略図

③中国の食品廃棄物処理産業の発展

2009年《中華人民共和國循環經濟促進法》の公布実施に従って、国家發展改革委員会資源節約と環境保護司循環經濟処は都市典型固体廃棄物の資源化に着手し、一連の仕事を展開している。そのうち、食品廃棄物は都市典型固体廃棄物の資源化を必要とし、また食品と飼料の衛生的な安全問題に関連し、そのため、2010年に食品廃棄物の資源化処理は国家發展改革委員会循環經濟処が重点的に進める業務となっている。2010年5月、国家發展改革委員会、住宅都市建設部、環境保護部、農業部は共同で《都市の食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロット活動を組織的に展開する通知》（発改弁環資[2010]1020号）文件を印刷配布し、全国ですでに食品廃棄物の収集運搬、資源化利用、無害化処理など関連する政策・法規を登場させた、あるいは予定する一定基礎を備えた都市を部分的に仮選択し、食品廃棄物の資源化利用と無害化処理のパイロットを展開して、中国の食品廃棄物処理問題の有効な解決のルートを探求する。目下のところ、初選を通過した30余りのパイロット都市がすでにあり、次に実施計画の報告を準備し、最終的にパイロット都市を確定することを審議する。国家發展改革委員会は特定項目資金を支給して出資援助プロジェクトの実施を行う。

食品廃棄物の無害化処理と資源化利用の業務をいっそう具体的に実現させることを確保するために、国家發展改革委員会は食品廃棄物の無害化処理と資源化利用を重要な内容だとして“第12次五ヵ年計画”の計画に組み入れ、そして“第12次五ヵ年計画”期間内に一連の仕事を展開する。

食品廃棄物の中の廃油脂（地溝油）の管理が適当でないことで広面積、大規模な食品衛生の安全問題を誘発しやすく、深刻に人民の健康を脅すため、2010年7月に國務院弁公庁は《地溝油の改善と食品廃棄物管理を強化することに関する意見》（國務院弁公庁〔2010〕36号）文件を出し、全国の各省、自治区、直轄市の人民政府に、國務院の各部委員会、各直屬機構が國務院の統一的配置に基づいて、「地溝油」の非合法生産販売の行為に厳しく打撃を与え、そして分業を明確にし、責任をしっかりと実行し、食品廃棄物管理と処理仕事を強化するよう求めた。それによって、食品廃棄物の無害化処理と資源化利用の敏感度と重視度について、また新しい段階に入った。

北京、上海、西寧など、多くの都市の政府はそれに応じて《食品廃棄物管理弁法》を出し、食品廃棄物に対する管理活動を強化した。国家發展改革委員会は国家住宅都市建設部と協力し、日本国際協力機構（JICA）との協力を通じて、「中国都市廃棄物循環利用推進プロジェクト」の研究を展開し、国家レベルの「食品廃棄物管理弁法」を登場させることを予定し、それによって国内の食品廃棄物の無害化処理と資源化利用を強力に推進する。目下のところ、このプロジェクトは既にJICAと合意に署名し、そして既にパイロット都市として西寧、青島、嘉興、貴陽を確定し、2010年10月30日～11月10日、第1団として専門家とパイロット都市の管理人員から構成される代表団が本邦研修に参加し、首尾良い効果を得た。

目下のところ、国内の大部分の都市はすでに行動し始め、食品廃棄物の管理と処理を展開している。北部地域ではハルビン、瀋陽、石家荘、鄭州など、中部地域では南昌、合肥、武漢など、南部地域では寧波、蘇州、貴陽など、西部地域では西寧、蘭州、成都、重慶、ウルムチなどの都市があり、すでに食品廃棄物の関連する政策法規を登場させ、そして食品廃棄物の処理工程建設の部分的な準備作業を展開している。

2010年、発展改革委員会と建設部を主とする国家レベルから、直轄市と省都の都市を主とする地方の都市まで、食品廃棄物処理は都市固体废物管理の重要な位置にすでに置かれるようになった。多くの食品廃棄物のリーディングカンパニーにも大量に出現して、例えば北京嘉博文生物科技有限公司、青海潔神環境エネルギー産業有限会社、寧波開誠生態技術有限公司、蘇州市潔淨廃植物油回収有限公司、青島天人環境工程有限公司、北京天湖環保設備有限公司、オランダ普拉克公司など、そのほか北京桑德環境工程公司、北京水気藍德環保科技有限公司、中糧集团生物化学エネルギー事業部など、いくつかの大規模な環境保護会社もすでに食品廃棄物の処理処分業界に介入した。全般的に見て、2010年の各方面のたゆまぬ努力を経て、全国の範囲内では規模が雄大で勢いがすさまじい食品廃棄物の無害化処理と資源化利用の大情勢はすでに大体において形成されている。

④食品廃棄物処理業界の未来発展趨勢の分析

前にも述べたように、中国の目下のところはまだ食品廃棄物の管理政策と技術法規に対応しておらず、食品廃棄物の管理目標、技術政策などに対する系統的な研究は役に立っていない。同時に、食品廃棄物に対してもまだ実質性をもつ管理を行っていない。しかし、国内の食品廃棄物に対する目標、処理モデルなどには、異なる観点と論争が存在する。

a) 管理目標

食品廃棄物の管理目標は、食品廃棄物に減量化、無害化と資源化を実現させることで、調和がとれている社会建設と循環の経済発展を促進する。

食品廃棄物の発生源からの減量は、廃物の発生量を減らすことと資源節約について重要な意義がある。宣伝教育を強化し、文明的な食事方を提唱し、飲食業の管理者と消費者に相応な消費理念を確立するようサポートし、顧客が適量に料理を注文したり食事後に梱包して持ち帰ったりすることを提唱し、浪費を根絶し、賓館、飯店、食堂の食品廃棄物の発生源からの減量を促進する。同時に、分別収集を強化し、住民による食品廃棄物の分別排出を奨励し、住宅団地に住民の食品廃棄物処理ポイントをつくり、その場で処理して、食品廃棄物の二次転移を減らす。

賓館、飯店、食堂で発生する食品廃棄物は豊富な蛋白質、ビタミン、食用油脂、鉱物質、セルロースを含んで、栄養が豊富で、わりに高い回収の利用価値があり、動物飼料と有機肥料のつくるのに資源が豊富である。両者を互いに比較すると、堆肥処理のコストは飼料製造より少なく、しかし販売には市場が不足しており、無償で農業部門に提供することしかできなくて、総合的効果はわりに劣る。飼料製造には一定の販売収入があり、これは行政と飲食企業の負担、収集運搬処分企業の市場化運営を軽減することに対して重要な意義を持つ。

b) 処理モデル

我が国の食品廃棄物の発生源について鑑みると、広く分散してまた比較的集中しており、また食品廃棄物は腐り変質しやすい特性をもっており、大規模処理工場で大きな範囲で発生する食品廃棄物の集中処理するのは決して望ましいものではない。広い範囲で集中処理すると、運送時間は比較的長くなり、食品廃棄物は変質しやすく、その資源化の価値は下がり、ただ堆肥と嫌気生物処理の原料とすることができるだけであり、必然的に処理コストの高さ、製品効益の低さを招く。分散処理の品質を監視することは困難である。明らかに、中国の食品廃棄物は相対集中的に処理を行う方法を採用すべきであり、北京市海淀区の上地（地名）の食品廃棄物処理ステー

ションにおける成功的な運行経験はこれを十分に説明している。当該ステーションにおいて、上地の街道管轄区域内の 27 軒の中小のレストランで毎日発生する食品廃棄物を集中処理しており、海淀区の上地の街道は、米のとぎ汁や野菜や鍋・碗を洗って汚れた水の「ゼロ余剰」時代に入り、国内で初めてその水漏れがない街道とすることに成功した。

居住小区、ビル、工業区の生活ごみ分別は、「大類で大きく分け、厨芥ごみはその場で処理する」原則で行い、徐々に小区、ビル、工業区で厨芥ごみの単独収集と実地処理を推進している。例えば、北京の規定居住小区、ビル、工業区の開発建設単位、不動産管理単位（家屋管理単位）は、適当な地点あるいは場所に生活ごみの分別収集の容器、施設と厨芥ごみ処理設備を組み合わせで設けるようにしなければならない。上海では、新設の住宅区の各グループは、相応の処理能力をもつ生物化学処理装置を設置しなければならない。厨芥（有機）ごみを直接、生物化学処装置に入れて処理するよう規定している。

c) 運営モデル

都市の食品廃棄物の処分と管理弁法を制定し、食品廃棄物の範囲を明確にし、処分の原則を管理し、管理体制を組織し、各関連管理部門の職責、市場の有償運行メカニズム、飲食業主の責任、義務など、食品廃棄物に対して発生源、収集運搬の過程と後続処分の全過程から監督管理する。

監督管理を強化する条件下で、市場化運営メカニズムに照らして専門の食品廃棄物の収集運搬処分会社を創立し、政策法規に拠って、全市の飲食業界の食品廃棄物の密閉収集運搬のカバーを実行し、定時定点処分をする。社会単位、企業、自然人が食品廃棄物処分の投資、経営に積極的に参与することを牽引・奨励し、市場化運営を通じて、食品廃棄物処分を走産業化、資源化に向かわせる。

食品廃棄物の処理と処分の問題解決には、1 つはシステム工程で、管理と政策のプラットフォームのサポートと保証が必要である。また処理処分の技術の方面の整備と革新をも必要として、同時に広大なごみ発生事業者の環境意識と責任感の絶え間ない向上をも必要とする。目下のところ、食品廃棄物の処分と処分の中に存在する問題に対して、次の通り提案する。

①中国の都市では、食品廃棄物は集中処理が適しており、集中処理工程の建設を主として、小型分散処理設備で補う。しかし、集中処理工程は規模が大きすぎるべきでなく、普通は 200 トン／日を上回らず、運送距離を節約することでごみ貯蔵時間を短縮する。

②食品廃棄物は埋立あるいは焼却処理を行うべきでなく、徹底的に殺菌と資源回収利用を考慮するべきである。食品廃棄物の処理技術は「無廃」あるいは「少廃」の技術であることが求められ、各種の副産物を十分に利用し、工場内あるいは区域内の物質交換と物流良性循環を実現し、“ゼロエミッション”に極力努める。製品を徹底的に殺菌するよう求め、無害化を実現し、製品に衛生安全問題が存在しないようにする。

③重点的に食品廃棄物の収集問題を解決する。

a. 管理政策を出し、各種の行政手段を利用し、食品廃棄物の不良な輸出を塞ぐ。

b. 処理技術レベルを高め、最大程度の回収した食品廃棄物の中の有用資源、ごみ発生事業者の負担を軽減する。

c. 宣伝教育を通して、国民全体の環境保護意識と環境への責任感を高め、特にごみ発生事業者の社会的責任感を高め、それによって食品廃棄物の収集に協力させる。

d. 行政あるいは経済手段と宣伝教育を通して、食品廃棄物についてごみ発生事業者で発生源分別を行わせる。

e. 食品廃棄物管理の初期においては、行政や食品廃棄物発生者、末端処分企業が共同で分担する方法で、食品廃棄物の収集運搬のコストを受け持ってもいい。しばらくの間の規範管理を経た後に、行政は徐々に収集運搬のコストに対する補助金を減らす。収集、運搬、処分のすべての市場化が完全に熟した後で、更に食品廃棄物の発生者と末端処分企業ですべての収集運搬システムのコストのバランスをとり、徐々に食品廃棄物管理の市場化運営を実現する。

④ 専門家を組織し招き入れ、先進的な食品廃棄物の無害化処理と資源化回収の実用的技術を研究開発・論証して、大幅に食品廃棄物の資源回収の効率を高める。下流の産業チェーンを広げて、資源化製品の付加価値を向上させる。食品廃棄物処理業界の吸引力を強め、企業による市場化運営への参与を奨励する。

⑤ 食品廃棄物処理企業に対して、免税や低コスト土地助成金、優先するプロジェクトの審査許可などの優遇政策を実行し、良好な市場化運営の構築のために条件を創り出す。

⑥ 行政各部門の職責をうまく調整して、飲食単位、ごみ収集運搬と処理の単位とともに“相互に利益があり、各セクションが責任を負う”の食品廃棄物の処分と運営管理体系をつくる。行政部門は政策サポートを提供し、飲食単位、ごみ収集運搬と処理の単位は、ごみの市場化運営を実行する。「行政指導、企業運営、集中的収集運搬の形成、専門処理、資源再生、産業開拓」の食品廃棄物の産業化の運営管理モデルを形成する。当面のこのような状況に対応して、できるだけ早く整備された関連法規体系を創立し、できるだけ早く系統的な処理技術規範と基準を出すと同時に、「行政指導、企業運営、集中的収集運搬の形成、専門処理、資源再生、産業開拓」の産業化管理と動作モデルを形成する必要がある、行政と発生事業者、処理単位の間「相互に利益があり、各セクションが責任を負う」の統一体を形成する。

⑦ まず国内で代表的な都市をパイロットとして選択し、実用技術セットと運営モデルを推進し、経験を総括して、最適なものを集め、全国の同類の都市で複製を押し広める。

⑤食品廃棄物処理施設の投資運営モデル分析

食品廃棄物処理施設には公共性という特徴があり、都市公共インフラに属し、一般にある個人、ある組織が専用するものではない。都市公共インフラとサービスは都市の基礎的な総合システムとして、都市の各種活動の支えであり、その需要は都市の性質、機能、発展レベルなどの要因によって決まり、供給は施設が持つ公共性の特徴によって、市政府が必然的に公共インフラとサービスの直接又は間接的な提供者と担当者となる。直接供給とは行政が直接生産しサービスを提供することを指す。一方、間接供給は行政が市場メカニズムを導入し契約による外部委託又はフランチャイズなどの方式を通じて民間が提供することを指す。この点から見ると食品廃棄物処理施設の投資運営モデルには主に2種類あり、1つは行政の直接投資、もう1つは市場化ルートを経た民間による提供である。

市場化運営モデルには次の種類が含まれる。

a) 建設—運営—譲渡(BOT)

行政部門の特許権の下、民間部門はインフラ建設のための融資とこれらインフラの運営を行える。期間が終了したら、インフラの所有権を関係行政部門に移譲する。売却及び永久的な特許権

に比べ、BOT モデルでは行政は依然としてこれら公共インフラに対する戦略上の支配権を所有する。

b) 建設—譲渡—運営(BTO)

こうした企業協力の情勢では、民間部門のデベロッパーがインフラのために投資し建設を担当する。建設が終わると、インフラの所有権は関係の行政主管部門に移譲し、行政部門は民間部門への建設報酬を調達する。その後、行政部門は長期契約の形式でデベロッパーに外部委託する。契約で定める賃借期間内に、デベロッパーはこれらインフラを運営し、利用者から費用を徴収する方式で自身の投資を回収し、合理的な収益を得る。

d. 建設—所有一—運営(BOO)

この方式では、民間部門はフランチャイズ経営権に基づいてインフラ建設に投資し、インフラの所有権を持つとともに経営を担当し、同時に長期特許権を得るために、一般的には交換条件として行政の定める価格と運営面の数々の制約を受け入れなければならない。

c) 建設—譲渡(BT)

事業主は公開入札の方式で施工者を決め、施工者はプロジェクトの資金調達と建設に責任を持ち、プロジェクト完工後の検収に合格してから事業主が買い戻し、施工者に買い戻し金を支払う一種の融資による建設方式である。

建設—所有一—運営 (BOO) は一般に予見可能な時期に適用され、ライバルあるいは代替技術が出現しにくい産業、例えば国の経済と国民の生活に関係する水道事業などは、これらインフラの運営を通じて一定量のポジティブ・キャッシュフローを生み出すことができ、投資者に関連の利益をもたらす。同時に、このモデルは一般的に交換条件として行政が定める価格と運営面の数々の制約を受け入れなければならないことから、長期間の運営過程で、法律、規制及び債務などの問題面で、解決が難しい問題に遭遇するため、食品廃棄物処理産業では選択しないよう提言する。

建設—譲渡—運営 (BTO) の初期建設資金は一般に行政部門が調達するため、初期建設投資によってもたらされるリスクをある程度避けることができる。ただし、インフラ完成後は、所有権が関係の行政主管部門に移譲され、その後、再び長期契約の形式でデベロッパーに外部委託されるため、中心技術と知的所有権の外部流出リスクは依然として避け難い。しかし、建設投資は短期間に回収できるとともに、長期経営における政策、技術など多方面のリスクから逃れられるため、株主に合理的な投資回収をもたらせる。食品廃棄物処理産業を推進するに当たり、行政部門が初期建設資金を提供できる場合は、企業は関連事業の建設と運営をそれぞれ請け負うよう提案する。そうすると、株主に合理的な短期間の投資回収をもたらすことができ、プロジェクトの長期運営における元金返済のリスクをできるだけ避け、株主に長期的な収益をもたらすこともできる。

一部の行政部門はややもすればまとまった資金を拠出して食品廃棄物処理産業に投資する能力がない、又は単独でこうすることを望まず、建設と運営の投資リスクを民間企業に依存しようとする。こうした状況では、食品廃棄物処理産業に投資する際は建設—運営—譲渡 (BOT) の投資モデルを選択するよう提案する。合理的で、科学的な融資モデルとフランチャイズ経営契約の設計を通じて、また BOT モデルへの参入を通じて、都市食品廃棄物処理産業に投資することで、株主にまとまった投資回収をもたらし、同時に食品廃棄物処理プロジェクトへの投資にも顕著な

社会的便益を持たせ、中国が循環型経済と長期にわたる持続可能な発展を実現するために著しい推進作用をなす。ただし、BOTには融資の要素があり、投資者は社会の平均的な利益率を上回る投資回収を追及する場合、顧客のコストを増やすことになる。

食品廃棄物処理施設の建設と運営に参加する時、行政部門に初期建設資金を提供する能力がある場合、優先的に建設—譲渡—運営（BTO）投資モデルを選択するが、プロジェクトを運営する中では、行政は一定の財務補填をしなければプロジェクト投資の価値を保証できない。もし行政が初期建設資金の調達と投入を担当しないのであれば、建設—運営—譲渡（BOT）投資モデルを選択するよう提言する。BOTモデルで食品廃棄物プロジェクトの投融資を行う時、もし行政に食品廃棄物プロジェクトの建設と運営への参入の意向があれば、行政を後ろ盾とする会社（例えば環衛集団など）をプロジェクト事業者を選定し、合同で食品廃棄物処理会社を設立してもよい。プロジェクトがさらに多くの行政サポートを得ることによって、プロジェクトの運営リスクを効果的に下げることができるが、収益率は相対的に低くなる。

行政負担モデルと市場化モデルの各長所と欠点は、図 1-6 を参照されたい。

表 1-6 投資モデルの比較分析

モデル	長所	欠点	主な採用国
行政負担モデル (行政が建設、民間企業が運営)	資金が十分あり、建設の進度が早い。事業の質が高く、運営管理が規範的。一般的にはごみ埋め立て場、污水处理場など公共施設と一緒に計画され、総合的な効果と利益をもたらす。	大規模な模倣と推進には適さない。建設と運営が一貫しない。	米国、日本、韓国、シンガポールなど
市場化建設モデル(BOT、BTなど)	レバレッジ効果で調整し、運営効率が 高い。 長期運営を考慮し、技術の経済的 効益が良い。 産業が効果を示し、業界の良好な 発展を推進する。	プロジェクトの準備 作業期間が長い。 運営リスクが高い。	欧州の一 部、日本、中 国、トルコ、イ ンドなど

国内で多く採用されているのはBOTモデルで、青島、済南、鄭州、東莞などの都市で新設された食品廃棄物処理場はいずれもBOTモデルで建設され、現在準備中でBOTモデルを採用したのは南寧、貴陽、三亜などがある。日本の成功例は行政部門の監督管理下での市場における自由な運営モデルを構築することである。

2. 国家レベルの食品廃棄物管理政策研究

2.1 国家レベルの食品廃棄物管理責任体系分析

中国の食品廃棄物管理には、住居・都市農村建設主管部門、発展・改革委員会、公安、環境保護、農業、商務、衛生、工商、品質監督、価格、食品薬品監督管理など、複数の職能部門が関わっている。住居・都市農村建設主管部門は、食品廃棄物管理の主要管理部門であり、発展・改革委員会が主に食品廃棄物管理過程の経費などの事項を担当し、管理弁法で規定された罰則などに違反した企業および個人は公安機関の調査・処罰、懲罰が必要である。食品廃棄物の発生施設は多くが営利性質の飲食、サービス業種であることから、これらの業種は商務部の主管に隷属し、それらが従事する経営活動には工商部門、衛生部門、食品薬品品質監督部門、価格部門の監督を必要としている。

住居・都市農村建設部門は、食品廃棄物の収集・運搬および処理の政策技術研究、収集・運搬および処理の総合調整、監督、管理業務を担当する。

発展・改革主管部門は関連政策および措置の研究、整備を担当し、食品廃棄物資源化利用および無害化処理を推進し、関連企業の発展を積極的に支援する。

財政主管部門は都市公共事業管理に組み込まれた食品廃棄物収集・運搬・無害化処理・資源化利用施設の運営、建設資金の監督管理を担当する。

価格主管部門は、都市生活ごみ処理費およびそれに関する汚染排出費徴収政策の合理的制定を担当し、食品廃棄物収集・運搬・処分価格コストモニタリング業務をしっかりと行う。

農業主管部門は食品廃棄物を原料として加工した肥料製品の監督管理を担当し、法に基づいて無害化処理を経ていない食品廃棄物で家畜・家禽を飼育する行為を調査、処罰する。

商務主管部門は飲食業界の管理を担当し、飲食店が食品廃棄物を収集・運搬・処分許可を取得している企業に収集・運搬・処分を任せるようにさせ、飲食店が信用のある経営を行うよう指導し、食品廃棄物の処理状況と企業の等級評定をリンクさせる。豚の屠殺過程で発生する食用にできない家畜残さ油脂の監督管理を強化する。

環境保護主管部門は、食品廃棄物の発生、収集、運搬、保管、処分利用などに関する活動における環境汚染防止業務を担当し、統一監督管理を実施する。

衛生主管部門は食品安全総合調整業務を担当し、食用油の安全のリスクモニタリングを強化し、関連測定方法を整備する。

食品薬品監督主管部門は、飲食店の監督管理を担当し、飲食店が食用油購入検査および証明書証書確認制度を構築し、執行するよう監督する。法に基づいて違法購入、使用、食品廃棄物を原料とした食品油加工行為を調査、処罰する。

品質技術監督主管部門は、食品廃棄物を原料とする加工企業の製品の質、基準の監督管理を担当し、法に基づいて食品生産、加工企業が食品廃棄物を利用して加工した油脂で食品を製造する違法行為を調査、処罰する。

工商行政主管部門は流通分野の商品の質および流通プロセスの食品安全の監督管理を担当し、関連サービス分野の消費権利保護業務を実施し、業務分担に応じて偽物・劣悪商品などの違法行

為を調査、処罰し、消費者の問い合わせ、訴え、通報受理、処理およびネットワーク体系建設などの業務を指導し、経営者・消費者の合法的権益を保護する。そのため、食品廃棄物管理において、工商行政主管部門は流通プロセスにおける食用油の取り扱いの監督を強化し、法に基づいて国家食品安全基準に合致しない食用油を取り扱う行為を調査、処罰する。

公安機関は食品廃棄物収集・運搬車輛の道路交通安全管理を担当し、法に基づいて無免許の食品廃棄物収集・運搬・処理および食品廃棄物を加工した油脂を利用して環境と人身の健康に被害を及ぼすというさまざまな犯罪行為を調査、処罰する。

2.2 中国の従来国家レベル食品廃棄物管理政策の分析

(1) 中国の従来国家レベル食品廃棄物管理政策の分析

全体的状況から見て、現在、中国の食品廃棄物管理は非常に初期的な段階に留まっている。その他国家と比べ、中国の食品廃棄物資源化利用体系および管理業務には不十分な点が多い。まず、法律の面では、国家レベルの食品廃棄物資源化利用法が公布されておらず、一部の管理の役割を發揮しているのは、地方レベルの食品廃棄物管理弁法だけであり、法律効力が弱く、たとえ複数部門が共同で法執行しても法律の制約、抑止の役割を実現することが難しい。次に、食品廃棄物資源化利用体系の管理が混乱している。現在、国内の食品廃棄物の収集・運搬・処理の管理業務は、市政、品質検査、工商、農業、運輸など複数の部門に及び、各部門は権力が限られており、その中のあるプロセスしか監督管理できず、統一指導が十分に行われていない。これでは管理はできるが、すべてを管理することはできない。統一指揮、統一監督管理のない管理系統は互いに責任逃れをしたり、誰も管理しないという局面が非常に起きやすい。

長年にわたり、中国の食品廃棄物は単に都市生活ごみの一部分であり、食品廃棄物の政策法規および管理方法はまた公布されていない。都市生活ごみ処理技術分野の政策は主に「都市生活ごみ処理および汚染防止技術政策」である。これは2000年に国家環境保護総局が公布したごみ処理技術関連政策であり、現在都市生活ごみ処理の唯一の技術政策である。当該政策はごみの収集・運搬から処分までの全過程の管理および技術選択応用に適用される。都市生活ごみと最も直接関係のある法律は、2005年4月1日から施行された新たな「中華人民共和国固体廃棄物汚染防止法」で、これは中国固体廃棄物管理の基本法である。都市生活ごみ部分に対し、当該法はまず各級政府のごみ処理に関する職責を明確にし、さらにごみの収集・運搬・処理、減量化、資源化、無害化処理施設について全体政策の指導を行っている。

2010年5月4日、国家発展・改革委員会、住居・都市農村建設部、環境保護部、農業部の4つの部・委員会は共同で「国家発展・改革委員会弁公庁などの部門の都市食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業実施に関する通知（発改弁環資[2010]1020号）を下達し、全国範囲内で食品廃棄物資源化利用・無害化処理を実施する条件を備えた都市又は直轄市管轄区を選んでパイロット事業を行い、中国の国情にあった食品廃棄物処理技法路線を模索し、食品廃棄物資源化利用・無害化処理産業チェーンを形成し、資源化・無害化水準を高めるよう求めた。

2010年7月13日、国務院弁公庁は「国務院弁公庁の下水油対策および食品廃棄物管理の強化に関する意見」（国弁発[2010]36号）を下達した。「意見」では、下水油および食品廃棄物の全過程監督管理を実現し、潜在的危険および死角を残さないために、市（県）長責任制度を設け、下水油に対する特別取締りを行い、食品廃棄物管理を強化し、全過程での監督管理および法執行連携メカニズムを構築、健全化すると明確に規定されている。さらに、各部・委員会にパイロット事業都市リストを早急に確定し、パイロット事業の経験を適時総括し、全国に広めるよう求めた。

2010年12月30日、国家発展・改革委員会、住居・都市農村建設部、財政部、環境保護部、農業部の5つの部・委員会弁公庁が共同で「食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業都市（区）第一期選考リストの印刷・配布および実施案の編制登記に関する通知」（発改弁環資[2010]3312号）を下達した。第一期として北京市（朝陽区）、上海市（閔行区）、広西チワン族自

治区南寧市など 33 の都市（区）を選んで前期パイロット事業を実施し、第一期パイロット事業都市となった都市に、各自の実情に基づいて「パイロット事業都市（区）食品廃棄物資源化利用・無害化処理実施方案」を編制登記するよう求めた。

2011 年 4 月、國務院は住居・都市農村建設部など 16 の部・委員会が「都市生活ごみ処理業務のさらなる強化に関する意見」（以下、「意見」とする）（国発 [2011] 9 号）を承認、転送した。「意見」では、「2015 年までに、50%の設区都市で食品廃棄物の分別収集・運搬・処分を実現する」という発展目標を掲げた。

2011 年 5 月、国家發展・改革委員会および財政部は共に「国家發展・改革委員会弁公庁・財政部弁公庁の循環經濟發展特別資金による食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業都市建設の支援実施方案に関する通知の印刷・配布」（發改委環資[2011]1111 号）を公布し、国家財政部が特別資金を支出して食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業都市建設に資金支援を行った。2011 年 7 月、国家發展・改革委員会、財政部と住居・都市農村建設部は共に「北京市朝陽区など 33 各都市（区）の食品廃棄物資源化利用・無害化処理実施法案に同意し、パイロット事業都市（区）に確定することに関する通知」を公布し、北京市朝陽区など 33 都市（区）を食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業都市（区）に最終的に確定し、政策と資金面での支援を行った。

2012 年 4 月、國務院弁公庁は『『十二五』全国都市部の生活ごみ無害化処理施設の建設計画』（国弁發（2012）23 号）の通知を公布した。これによると、全国で「十二五」期間の食品廃棄物処理体系に 109 億円を投資し、242 ヲ所の食品廃棄物処理場を建設する予定で、一日の処理能力は 30,215 トンに達する見込みである。2015 年までに生活ごみ分別パイロット事業を全面的に推進し、50%の設区都市で初期的に食品廃棄物の分別収集・運搬処理を実現し、各省（区、市）は一カ所以上の生活ごみ分別モデル都市を建設する、とした。

2012 年 10 月、国家發展・改革委員会は「第二期食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業都市の初期選考リスト確定および関連事項に関する通知」（發改弁環資[2012]2094 号）を公布し、江蘇省常州市など 16 の食品廃棄物パイロット事業都市を発表した。

2012 年 11 月 13 日、国家發展・改革委員会は「第三期食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業の候補都市推薦の実施に関する通知」（發改弁環資 [2012]3149 号）を公布し、全国範囲内で第三期食品廃棄物資源化利用・無害化処理パイロット事業を実施している。

基準については、中国初の食品廃棄物に関する国家基準である「食品廃棄物資源利用技術要求」の意見募集稿がすでに形成されており、これ以外に編制中又はまもなく基準制定計画に組み込まれるものは以下である。(1) 製品国家基準の「食品廃棄資源再生利用技術要求」、「調理廃棄油資源回収・高度加工技術基準」（中国の 2 番目の食品廃棄物に関する国家基準）、「食品廃棄物資源化生産物安全品質基準」。(2) 事業建設産業規格の「食品廃棄物処理技術規範（＝技術仕様）」（2010 意見募集稿）、「食品廃棄物処理場運行維持技術規程」（2009 年 12 月承認申請稿）。(3) 製品産業規格の「食品廃棄物脱水機」、「食品廃棄物処理場技術規範（＝技術仕様）」など。

現在、中国にはまだ国家レベルの食品廃棄物管理弁法はなく、本プロジェクトが担当する政策検討の部分は主に中国の国情に合わせて国家レベルの食品廃棄物管理弁法を制定することで、さしあたり国家レベルの「食品廃棄物管理及び資源化処理条例」（案）はすでに編纂が終り、国家發展・改革委員会が関連分野の専門家を集め修正を加えた後、國務院弁公庁に提出し、2014 年末又

は 2015 年初に公布される見込みである。

2.3 中国の従来の地方レベル食品廃棄物管理制度の分析

食品廃棄物関連管理文書の公布と食品廃棄物パイロット事業の実施に従い、現在全国で 50 余りの省・市が「食品廃棄物管理弁法」を公布している。それぞれ以下の通り。「北京市食品廃棄物収集・運搬処理管理弁法」、「宝鶏市市街地食品廃棄物管理暫定弁法」、「成都市食品廃棄物管理弁法」、「大連市食品廃棄物管理弁法」、「独山子区食品廃棄物処理管理弁法」、「福州食品廃棄物管理弁法」、「広州市食品廃棄物管理弁法」、「貴陽市食品廃棄物管理弁法」、「ハルビン食品廃棄物管理弁法」、「邯鄲市食品廃棄物管理弁法」、「杭州市食品廃棄物管理弁法」、「河北省食品廃棄物管理弁法」、「フフホト市食品廃棄物無害化処分管理弁法」、「黄岡市食品廃棄物管理弁法」、「江蘇省食品廃棄物管理弁法」、「金華市街地食品廃棄物管理弁法」、「コルラ市食品廃棄物管理弁法」、「昆明市食品廃棄物管理弁法」、「南昌食品廃棄物管理弁法」、「南寧市食品廃棄物管理弁法」、「寧波市食品廃棄物管理弁法」、「青島市食品廃棄物管理弁法」、「衢州市街地食品廃棄物管理弁法」、「山東省食品廃棄物管理弁法」、「上海市食品廃棄物処理管理弁法」、「深セン市食品廃棄物及び廃食用油管理弁法」、「石家荘市食品廃棄物処理管理弁法」、「蘇州市食品廃棄物管理弁法」、「泰安市食品廃棄物処分管理弁法」、「イ坊市食品廃棄物管理弁法」、「渭南市食品廃棄物管理弁法」、「ウルムチ市食品廃棄物処理管理弁法」、「無錫市食品廃棄物管理弁法」、「武漢食品廃棄物管理弁法」、「西寧市食品廃棄物管理弁法」、「襄陽市市街地食品廃棄物管理弁法」、「徐州市食品廃棄物管理弁法」、「揚州市食品廃棄物管理弁法」、「銀川市食品廃棄物処理及び管理弁法」、「永州市中心部市街地食品廃棄物管理弁法」、「張家港市食品廃棄物管理弁法」、「長沙食品廃棄物管理弁法」、「重慶市食品廃棄物管理弁法」、「舟山市定海区食品廃棄物管理暫定規定」、「珠海市食品廃棄物管理弁法」、「株洲市食品廃棄物管理弁法」、「常州市食品廃棄物管理弁法」、「西安市食品廃棄物管理弁法」など。本項目は、現在国内の省、市区（県）がすでに制定した 50 の食品廃棄物管理弁法の内容を整理、総括し、今後の国家レベルの食品廃棄物管理弁法の公布に根拠を提供する。

食品廃棄物の管理弁法には基本的に総則、整備計画、施設建設、発生・収集・運搬・処分、監督管理、罰則、附則の 6 部分の内容が含まれる。

(1) 総則

管理弁法第一章総則は主に食品廃棄物立法の目的、意義、立法根拠および法の適用範囲を明記しており、食品廃棄物収集・運搬・処理過程における責任と義務の主体を明確にしている。また、政府、企業、公民の責任を明確にしている。マクロレベルから、管理弁法の立法背景、基本原則、効力範囲を説明している。

① 立法の目的意義および根拠

食品廃棄物の管理立法の目的には三つの段階がある。第一は食品廃棄物管理の強化であり、これが最も基本的で、最も直接的な目的である。最も基本的というのは、食品廃棄物管理の強化は規定によって実現されなければならないもので、食品廃棄物立法が食品廃棄物管理の強化という立法目的を放棄すれば間違いになるからである。最も直接的というのは、食品廃棄物管理強化の

立法目的のランクは最も低いものであり、食品廃棄物管理の強化をその他立法目的の後ろにランキングすれば間違いになるからである。第二段階は、都市景観環境衛生の改善である。食品廃棄物管理を強化することで都市景観環境衛生を改善することが、立法の然るべき意義である。第三段階は国民の健康を保障することであり、これが最終目的である。食品廃棄物管理の強化も、都市景観環境衛生の改善も、最終的には国民の健康保障という目的につなげなければならない。

50の省、市、区（県）が公布した管理弁法の立法目的は基本的に一致しているが、3段階の順序が異なっている。この3段階の意味は段階的に進んでいく関係であり、順番は意味を示す上で重要な意義がある。立法は食品廃棄物管理の強化を通じ、都市景観環境衛生を改善し、最終的に国民の健康を保障するという目的を達成しなければならない。

食品廃棄物管理弁法の立法は、国家レベルの現行の食品廃棄物管理政策および法律条文を遵守しなければならない。現在国家レベルの現行法律には、2004年12月9日に修正した「中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法」、「中華人民共和国循環経済促進法」第四条関連規定、「中華人民共和国牧畜法」第43条、「中華人民共和国農産物品質安全法」第18条、第21条、「中華人民共和国食品安全法」第35条食品廃棄物回収利用要求に関する規定および国務院の「都市景観・環境衛生管理条例」がある。

50の省、市、区（県）は食品廃棄物管理弁法を制定する際、国家関連法律だけでなく、地方の関連法律に基づき、現地の実情とも結び付けている。例えば、蘭州は「中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法」、国務院の「都市景観・環境衛生管理条例」、「蘭州市景観環境衛生管理条例」に基づいており、北京市は「北京市景観環境衛生条例」、「北京市『中華人民共和国動物防疫法』実施弁法」の規定に基づいている。

②関連用語の説明

法律的な物事と法律現象の意味又は概念は法律全体の基礎であり、法律問題の解決に不可欠なものである。食品廃棄物の法律概念は法律の調整範囲、制度設計、法律責任などの内容に直接に関わり、特に注目すべきものである。

各地が公布している食品廃棄物管理弁法は食品廃棄物の定義に言及しており、主に以下数点である。第一に、日常生活ごみを食品廃棄物と分け、「住民の日常生活以外の」と表記する。第二に、食品加工、飲食サービス、飲食提供などの行為で食品廃棄物の発生範囲を確定し、食品加工事業者、飲食サービス事業者、企業への飲食提供事業者など、具体的な主体で確定するのではない。こうすれば、できる限り法律の適用範囲を拡大することができる。つまり、いかなる主体も食品加工飲食サービスに従事、又は企業への飲食提供行為を行い、かつ食品廃棄物の発生があれば管理対象となり、具体的な主体範囲の制限を受けない。第三に、食品廃棄物を生ごみと廃食用油脂に分別する。両者は物理性質と化学性質の違いが非常に大きく、処分および利用方法が異なるからである。生ごみは無害化を原則として、堆肥で飼料を製造するなど、適度な資源化利用を行ってもよい。廃食用油脂は資源化利用を原則とするが、利用方式を厳格に制限しなければならない。このような分類は、食品廃棄物の発生事業者に食品廃棄物の油・水分離装置の設置を義務付ける原因であり、食品廃棄物を利用する対象ごとに異なる法的責任を負うと規定する原因でもある。法律でこのような分別をしなければ、十分な法的理由を与えることができない。

贛州市および安慶市が公布した食品廃棄物処理管理暫定規定には、食品廃棄物に対する法的定

義を行っていない。フフホト市などの一部地域での管理弁法の定義には廃棄食用油が含まれない。広州市では、食品廃棄物は生活ごみの中の飲食ごみ、生ごみ、自由市場の有機ごみ（食品取引、生産過程で廃棄される野菜、果物・ナッツ類の皮など）など腐食性ごみと定義されている。このような定義は誤りであり、食品廃棄物の範囲を狭めてしまう。

③適用範囲

法律の適用範囲は、法的効力の及ぶ範囲とも言い、法律の空間的な効力（つまり法律適用の地域範囲）および人、事に対する法的効力（つまり法律主体範囲）を含む。

（一）地域範囲。その他省、市、区（県）が公布した管理弁法は通常管轄する行政区域を管理弁法の適用地域範囲としており、一部都市は明確な規定を設けている。例えば、石家庄はその範囲を市内五区（ハイテク開発区を含む）と概括している。永州市は中心市街地を管理弁法適用地域としている。武漢市は適用範囲を本市市区および人民政府が確定したその他都市化実行管理地域と定義している。

（二）主体範囲。公布した管理弁法が規定する主体範囲は同様で、すべての食品廃棄物の発生、収集、運搬、処分およびその関連管理活動を含む。

夾江県、中衛市は管理弁法の適用範囲に対し規定を設けていない。

④管理原則

食品廃棄物の管理は政府主導、統一管理、社会参与、総合利用という原則で行わなければならない。つまり、政府は食品廃棄物の資源化利用を奨励し、清潔な野菜の販売、食品加工技術の改善、食事の節約などの方式を奨励し、食品廃棄物の発生量を減らさなければならない。バイオディーゼル、化工製品、有機肥料の生産加工など、食品廃棄物処理に対する科学的研究および技法の改良の実施を奨励し、食品廃棄物の無害化処理および合理的利用を促進する。食品廃棄物の整備は、減量化、資源化、無害化の原則を遵守する。食品廃棄物収集・運搬・処分の一体化運営を推進する。食品廃棄物の無害化処理および資源化利用分野で著しい成績を挙げた事業者、個人に対し、各級人民政府は表彰、賞の授与を行うべきである。

北京市、贛州市では食品廃棄物管理原則の説明が行われていない。

食品廃棄物の管理原則は減量化、資源化、無害化の3点から説明しなければならないが、一部地域の管理弁法は記述が全面的ではない。例えば、贛州市が触れているのは無害化処理のみで、寧波市および黄岡市で説明されているのは資源化と減量化のみで、無害化の説明は行われていない。河北省、西寧市、青島市、江蘇省など、一部地域では「3つの化」を踏まえてさらに食品廃棄物を日常生活ごみと分けて捨てるべきであり、統一収集運搬および処分を行うよう強調されている。成都市が公布している管理弁法における管理原則では、「産出した者が責任を負う」という原則を強調されている。重慶市では資源化利用ができない食品廃棄物は無害化処理を行わなければならないと強調されている。

⑤管理部門の職責

食品廃棄物の管理は住居・都市農村建設主管部門、発展・改革、公安、環境保護、農業、商務、衛生、工商、品質監督、価格、食品薬品監督管理など、複数の職能部門に関わっている。各部門は管理過程において責任を明確にし、相互協力を実現し、広報・教育および違法処理行為に対す

る取り締まりを強化し、協力連携メカニズムを形成すべきである。

すでに管理弁法を公布している41の省、市、区（県）は現地の実際の状況と結ぶ付けて主管機関を設置している。例えば、河北省の住居・都市農村建設主管部門は全省の食品廃棄物の監督管理業務を担当している。北京市では、市政管理委員会が本市の食品廃棄物の監督管理および弁法の実施を担当し、区、県市政管理委員会が管轄区の食品廃棄物の日常管理を担当している。蘇州では景観環境衛生行政主管部門が、その行政区域内の食品廃棄物の監督管理を行っている。寧波市では都市管理局が行政主管部門として本弁法の実施を担当し、各区の景観環境衛生行政主管部門がその行政区内の食品廃棄物の管理を担当している。蘭州市景観環境衛生行政主管部門は、全市の食品廃棄物収集処分に対し統一的な監督管理を実施し、県、区景観環境衛生行政主管部門が本地域の食品廃棄物の発生・収集・運搬・処理の日常監督管理を行っている。夾江県では食品安全協調委員会弁公室が食品廃棄物管理の総合監督、実施調整を行うよう規定されている。

⑥政府の職責

政府が食品廃棄物管理弁法の実施における職責を明確にすれば、より良く指導し、統一計画・手配を行い、各部門と共に食品廃棄物をしっかり管理することができる。41の地域が公布した食品廃棄物管理弁法を整理し、政府の職能を総括する。

政府は食品廃棄物管理広報を実施し、食品廃棄物の処分技術開発および施設建設を奨励、支援し、食品廃棄物の資源化利用および無害化処分を提唱すべきである。また、政府は国民経済・社会発展計画に基づいて、年々食品廃棄物整備に対する資金投入を増やし、整備の減量化、無害化、資源化を保証すべきである。食品廃棄物の処分は都市生活ごみ費用徴収体系に組み込む必要があるため、その徴収管理の詳細方法および費用徴収基準は、市の価格及び財政部門が景観環境衛生行政主管部門と共同で別途制定し、政府の承認を経ってから実施する。

⑦経費補助

贛州市、重慶市、中衛市、銀川市、夾江県、安慶市、独山子区、寧波市、北京市など、一部地域では食品廃棄物の収集・運搬・処分費用の説明が行われていない。

その他各省、市、区（県）は各地の実際の状況に基づいて、食品廃棄物収集・運搬・処分費用を徴収するかどうか、および徴収基準を決定する。東莞市、広州市、杭州市、金華市区、武漢市、長沙市、黃岡市では、食品廃棄物の収集・運搬・処理は省、市、区（県）財政の補助を受けるが、詳細方法は主管部門が財政及び物価などの行政管理部門と共同で別途制定し、人民政府の批准を経ってから執行すると規定されている。江蘇省、河北省、無錫市、成都市、臨沂市、永州市では、食品廃棄物の収集・運搬・処分費用を都市生活ごみ処理費から支出し、不足分は現地人民政府が補助し、統一解決措置を制定するよう規定されている。西寧市、蘭州、西古県、昆明市、三明市、濰坊市、景德鎮市、深圳市、ウルムチ市、フフホト市、青島市及び石家庄市では、「食品廃棄物収集・運搬・処分について有償サービスを行い、食品廃棄物発生事業者は規定に基づいて食品廃棄物処理費を納めるべきと規定されている。詳細基準および方法は都市生活ごみ費用徴収基準および費用徴収体系に組み込み、財政および物価部門が主管部門と共に国家関連規定に基づいて別途制定し、食品廃棄物処理費用は食品廃棄物の収集・運搬・処分専用に使われ、流用を厳しく禁じる。深圳市では、食品廃棄物処理事業者に支給する食品廃棄物処理費用基準および方法は、「深圳市都市生活ごみ処理費徴収および使用管理弁法」の規定に基づいて執行する、と規定されている。上

海市では、自ら微生物処理施設を利用してごみを処分する場合を除き、食品廃棄物の発生事業者は収集・運搬事業者が収集・運搬する食品廃棄物の種類・数量に応じて、自ら定めた機関に食品廃棄物処理費を支払わなければならない。詳細的な費用徴収基準および方法は価格主管部門が景観環境衛生局と共同で別途制定し、市、区（県）景観環境衛生局が収集・運搬の種類・数量に応じて収集・運搬事業者に収集・運搬費用を支払い、入札時処分関連協議に基づいて食品廃棄物処分事業者に処分費用を支払う。

(2)整備計画および施設建設

食品廃棄物管理体系における整備計画および施設建設は非常に重要な地位を占めるべきであり、環境衛生特別計画の編制および食品廃棄物収集・処分施設事業の建設およびその関連法律法規および竣工検収・引き渡し使用が含まれる。

①環境衛生特別計画の編制

環境衛生特別計画は、国民経済・社会発展計画、都市全体計画などに基づいて編制され、食品廃棄物の整備が国民経済・社会の発展に合致するようにすべきものである。その中には食品廃棄物対策の内容、食品廃棄物収集・運搬・処分施設の配置、土地使用、規模を含み、食品廃棄物対策が効果的かつ規範的に行われるようにすべきである。条件の整っている地域は、区域の統一計画モデルに基づいて、区域性食品廃棄物処理施設を計画、建設してもよい。

すでに食品廃棄物管理弁法を公布している 41 の省、市、区（県）で環境衛生特別計画の編制に対する説明を行っているのは無錫市、武漢、西寧、江蘇省だけである。江蘇省が公布した管理弁法によると、市、区（県）人民政府景観環境衛生主管部門は関連部門と共に国民経済・社会発展計画、都市全体計画などに基づいて環境衛生特別計画を編制しなければならない。その内容には、食品廃棄物整備の内容、食品廃棄物収集・運搬・処分の配置、用地、規模の統一手配を含むが、条件が整っている地域では区域統一計画のモデルに基づいて区域性食品廃棄物処理施設を建設してもよいと規定されている。西寧市では環境衛生特別計画ではなく、食品廃棄物整備計画として編制され、その内容は江蘇省の規定よりも一条多く、食品廃棄物整備企画を制定する際は、公衆の意見を広く求めなければならないとの規定である。

②環境衛生施設の土地利用

都市環境衛生施設計画の編製の質を高め、都市環境衛生施設建設のニーズを満たすために、都市環境衛生施設計画は国家都市計画、環境保護に関する法規、技術政策を徹底して執行しなければならない。都市環境衛生施設計画を実行する際、土地利用は都市発展との調和を維持しなければならない。いかなる事業者、個人もみだりに占有してはならない、又は用途を変えてはならない。

すでに食品廃棄物管理弁法を公布している 41 の省、市、区（県）で環境衛生施設の土地利用に関する説明を行っているのは江蘇省、河北省、無錫、武漢、西寧だけである。食品廃棄物処分施設の土地利用は、環境衛生施設用地として都市・農村計画に組み込み、いかなる事業者、個人も許可なく占有してはならない、又は用途を変えてはならない、と規定されている。西寧市では、食品廃棄物処理施設土地使用を都市イエローライン¹保護範囲に組み込み、いかなる事業者、個人

¹ 都市開発に重要な影響を持ち、必ずコントロールしなければならない都市インフラ用地を囲む境界線を指す—

も許可なく占有してはならない、又は用途を変えてはならないとされている。

③収集処分施設の建設

食品廃棄物の収集・処分施設の建設は環境衛生特別計画に合致させるべきである。その内、食品廃棄物処分施設の規模が100トン/日以上に達する建設プロジェクトは、各省人民政府の投資主管部門が審査承認又は審査許可すべきである。各地の住居・都市農村建設部門が食品廃棄物処理・処分の主管部門となっているため、省人民政府投資主管部門がプロジェクトの審査承認又は審査許可を行う場合は、省人民政府住居・都市農村建設主管部門の意見を求めるべきである。

武漢市および西寧市では、食品廃棄物処理施設の建設は、景観環境衛生施設特別計画に合致させ、国家関連規定に基づいて投資建設、環境保護関連の審査承認手続きを行う、と規定されている。江蘇省および河北省では詳細について説明されている。食品廃棄物収集・処理施設の建設は、環境衛生特別計画に合致させ、食品廃棄物処理施設規模が100トン/日以上に達する建設プロジェクトは、各地省人民政府投資主管部門が審査承認又は審査許可しなければならない。省人民政府投資主管部門がプロジェクトの審査承認又は審査許可する際は、人民政府住居・都市農村建設主管部門の意見を求めるものとする。行政区域範囲を超えたサービスを行う食品廃棄物処分施設の建設プロジェクトは、上級人民政府投資主管部門が審査承認又は審査許可しなければならない。上級人民政府投資主管部門が審査承認又は審査許可する際、省人民政府景観環境衛生主管部門の意見を求めるものとする。その他地域が公布している食品廃棄物管理弁法はこの点について規定を設けていない。

④法律法規および技術基準

食品廃棄物の収集、処分施設事業建設の調査、設計、施工、管理過程では、関連法律、法規、技術基準を厳格に執行すべきである。編制中の食品廃棄物政策体系は下表で示したとおりである。技術レベルの食品廃棄物の収集・運搬および処分は関連製品品質規制要求に合致させ、品質基準および技術仕様の制約の下で合理的かつ効果的に関連手順を終えなければならない。

41の都市中、江蘇省及び河北省のみ、食品廃棄物収集・処分施設事業建設の調査・設計・施工・監理過程では、関連法律・法規・技術基準を厳格に執行すべきである、と説明している。その他省市ではいずれも説明を行われていない（表 2-1）。

表 2-1 編制中の食品廃棄物政策体系

規範化プロセス	相応の編制中政策
管理レベル	「食品廃棄物管理弁法」
技術レベル	「食品廃棄物資源利用技術要求」、「調理廃油資源回収および高度加工技術基準」
建設段階	「食品廃棄物処理技術規範(=技術仕様)」
運営段階	「食品廃棄物処理場運行維持技術規程」
製品品質コントロール	「食品廃棄物資源化生産物安全品質基準」
製品応用要求	

⑤竣工検収、引き渡し使用

中国の「環境保護法」第26条では、「建設プロジェクトにおける汚染防止措置は、主体工事と同時設計、同時施工、同時使用しなければならない。汚染防止施設は環境影響報告書を審査承認した元の環境保護部門の検収に合格しなければ、当該建設プロジェクトは生産を開始、又は使用してはならない」と規定されており、この規定は中国の環境立法分野で「三同時」制度と呼ばれている。これは中国領域内の新規建設、改造建設、拡張建設プロジェクト（小型建設プロジェクトを含む）および技術改造プロジェクト、並びに環境に汚染、破壊をもたらす恐れのあるすべての事業建設プロジェクトおよび自然開発プロジェクトに適用される。これと環境アセスメント制度は相互に影響しあって発展しており、新たな汚染、破壊を防止する2つの重要方法であり、中国の予防を中心とする方針を具現化、制度化したものである。そのため、食品廃棄物の収集・運搬・処理が円滑に行われているよう、食品廃棄物収集・処理施設事業の竣工検収および引き渡し・使用に関する規定を設けている。

武漢市、河北省が公布した管理弁法によると、食品廃棄物収集、処分施設事業の検収後、建設事業者は法に基づいて竣工検収を行い、現地人民政府建設主管部門に竣工検収登録を行い、建設工事プロジェクト資料を提出すると同時に、現地人民政府景観環境衛生主管部門に報告しなければならない。検収を経ていない、又は検収に不合格だった場合は、引き渡し、使用してはならないと規定されている。江蘇省の管理弁法は全面的で、上述の規定の他、すでに建設、運営している食品廃棄物の処分施設に対しては、省人民政府が住居都市・農村建設主管部門が関係部門と共に無害化等級評価基準を制定し、省人民政府住居都市・農村建設主管部門が無害化等級評定を実施するよう規定されている。

(3)発生・収集・運搬・処分

食品廃棄物には著しい資源特性と汚染物特性があり、整備された回収・運搬・集中処理などに関する管理制度と奨励メカニズムを構築することによって、資源化利用を行い、メタンガス・工業油脂、バイオディーゼル・肥料などの製品を生産すれば、根本から「下水油」を食用油に加工するという違法行為を根絶し、食品廃棄物が直接に飼料として食物連鎖に入ることも回避することができる。また、食品廃棄物が直接に下水道に排出され、又は都市生活ごみ収集・運搬処理系統によって埋立又は焼却されることによってもたらされる資源の浪費と環境汚染問題を効果的に解決することもできる。

①食品廃棄物の収集・運搬・処分原則

食品廃棄物を分別投棄し、専門収集・運搬する。食品廃棄物を単独収集・処理すれば、食品廃棄物の資源化率と回収率を高めることができる。北京市では食品廃棄物の収集・運搬・処理は環境衛生、環境保護要求に合致していなければならないと概括されているのみで、詳細な説明は行っていない。無錫市、江蘇省などでは、食品廃棄物を分別投棄し、専門収集・運搬・処理を行うよう特別項目で説明されている。河北省の整備原則で、食品廃棄物は日常生活ごみと分けて捨て、混ぜてはならず、単独収集・運搬・処分を行うべきだとされている。

②入札制度

食品廃棄物収集・運搬・処分活動に従事する事業者は、食品廃棄物収集・運搬・処分サービス許可証を取得しなければならない。食品廃棄物の管理をより規範化し、食品廃棄物の集中処理の実施を推進するために、食品廃棄物収集・運搬・処分の市場化運営を奨励・支援し、食品廃棄物が食品業界に戻らないように有効的な措置を取るべきである。

黄冈市では、公開入札などの公開競争方式によって、資格のある事業者を確定し、落札した事業者に食品廃棄物収集・運搬・処分サービス許可証を発行する。主管機関は落札した事業者と食品廃棄物収集・運搬・処分経営協議を締結し、経営期限、サービス基準、経営区域などの内容を定め、食品廃棄物収集・運搬・処分サービス許可の付属文書とすると規定されている。フフホト市では、社会に収集・運搬・処分事業者の名称、経営場所を公表するよう規定されている。武漢市では、今のところ条件が整わず、入札できない場合に対し、各区都市管理部門は収集・運搬事業者をまず指定し、徐々に市場化へと転換していく。過渡期は3年を超えてはならない。東莞市、深圳市では、食品廃棄物の経営を目的とする収集・運搬・処分活動に従事する事業者は、関連規定に基づいて主管部門に申請し、食品廃棄物収集・運搬・処理許可証を取得するよう求められている。景德鎮市およびウルムチ市では、条件の整っている事業者は主管部門の承認を経て自主収集・運搬を行うことができるが、統一処理を行わなければならない。蘇州市では、食品生産経営者が規定の要求に合致した収集・運搬・処分などの車輛設備を有している場合は、自社で収集・運搬・処分を行うことができ、主管部門に登録し、関連手続きを行わなければならない、と規定されている。石家庄市では、市環境衛生機関が食品廃棄物収集・運搬処理事業者を指定し、自社で収集・運搬を行う事業者以外のその他の食品廃棄物発生事業者が排出した食品廃棄物は、市環境衛生機関が統一収集・運搬・処分を行うよう規定されている。寧波市では景観環境衛生管理機関を食品廃棄物収集・運搬機関に指定し、都市管理局が処理事業者を公布すると規定されている。中衛市住居・都市農村計画建設部門は食品廃棄物発生事業者に統一基準の食品廃棄物保管容器を配備し、決まった時間に食品廃棄物を収集し、無害化埋立処理を行っている。

③発生事業者と食品廃棄物収集・運搬サービス企業との協議

食品廃棄物の収集・運搬は集中と分散を結び付けたモデルを用い、発生源分布の違いに応じて、集中処分および分散処理を結び付け、委託処理および自主処理を結び付けた処理モデルを実施する。飲食業が密集している地域や、事業者の食堂など食品廃棄物の発生量が集中し、出所が固定している区域には大・中型資源型食品廃棄物処分場を建設し、分別収集した食品廃棄物の大規模な集中処理を行う。統一収集が行いにくい飲食事業者は、長距離運搬過程での変質を避けるために、食品廃棄物処理器を配置して自主的に処理してもよい。各地域は具体的な状況に基づいて、調整することもできる。上述モデルに基づき、食品廃棄物発生事業者は収集・運搬サービス企業と協議を締結しなければならない。

江蘇省、無錫市、杭州市、青島市などで公布された管理弁法には本条項に関する詳細な説明があり、食品廃棄物発生事業者は、収集・運搬サービス企業を協議を締結し、現地人民政府景観環境衛生主管部門に登録しなければならない。環境保護、食品薬品監督管理などの部門に関連登記又は許可申請を行う際には、登記又は許可が円滑に行われるよう、自主的に協議を提示すべきである。北京市の管理弁法はこの条項に関する記述が不明確である。西寧、蘇州、寧波、蘭州、石家庄ではこれに関する説明がない。

④申請制度

申請制度を設置する本来の意義は、食品廃棄物の処理計画を手配し、施設の規模を確定しやすくするために、管理部門が食品廃棄物の発生量および行先を把握する点にある。また、申請は費用徴収制度の実施にプラスであり、発生事業者の申請状況を確認することによって、発生量の基数を割り出す。基準に基づいて食品廃棄物収集・運搬処理費を徴収することによって、発生事業者は発生量を少なく報告すれば多く費用を支払うことになり、多く報告すれば前払い費用が増えるため、理論上事実通りに申請するよう後押しされている。

青島、寧波、蘭州、北京、石家庄、成都、河北省などではこの点に関する説明がない。

蘇州市、永州市、上海市、広州市等は、食品廃棄物発生事業者は毎年定期的に現地人民政府景観環境衛生主管部門に翌年度の食品廃棄物発生状況を報告しなければならない。食品廃棄物発生状況の報告手続きを行う際は、登記手続きを行いやすくするために、食品廃棄物発生事業者は食品廃棄物収集・運搬サービス会社と締結した協議のコピーを提出すると規定されている。江蘇省および西寧市では、食品廃棄物発生事業者は半年ごとに最初の 10 日間以内に所在地主管部門に食品廃棄物発生基本状況を報告、登録して控えを受け取らなければならない。新たに設立する食品廃棄物発生事業者は食品廃棄物が初めて発生する 10 日前までに所在地主管部門に食品廃棄物発生基本状況を報告、登録して控えを受け取らなければならない。事前申請登録の手続きを行う場合、食品廃棄物発生事業者が食品廃棄物の経営を目的とする収集・運搬サービスに従事する企業と締結した契約のコピーを登録の付属文書とし、区主管部門は食品廃棄物の登録状況を適時同級工商、食品薬品監督、商務などの部門に報告しなければならない。深圳市、東莞市では、食品廃棄物発生事業者は食品廃棄物発生量と清掃・運搬契約を所在地主管部門に報告登録して控えをもらい、登録事項に変更があった場合は、変更日から 1 営業日以内に変更手続きを行う、と規定されている。

⑤食品廃棄物発生事業者の責任および行為規範

「汚染者による費用支払い原則」は「汚染者負担原則」とも言われ、環境汚染がもたらす損失および汚染処理費用は汚染物排出者が負担し、国家および社会に転嫁すべきではない、とするものである。この原則の背後には、外部コストの内部化があり、価格を生産・汚染のコストに十分に反映させている。この原則を実行すれば汚染者が汚染を減らして効率を高め、市場化方式によって汚染削減の自主性を推進し、汚染者が彼らに起因する損害を賠償することを具現化することが可能である。汚染者負担原則は 1972 年に経済協力開発機構（OECD）が可決した決議で打ち出され、すぐに国家が国際貿易に参加する際の規則となり、国際社会から広く受け入れられ、各国が環境法を制定する上での基本原則となった。中国の環境立法でもこの原則の精神が具現化されている。2004 年 12 月 29 日に修正された「中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法」第五条「国家は固体廃棄物の環境汚染防止に対し汚染者が法に基づいて責任を負うという原則を実施している。製品の生産者・販売者・輸入者・使用者は、発生した固体廃棄物に対し法に基づいて汚染防止責任を負う」というこの規定は、汚染者が法に基づいて責任を負うという原則を明確に具現化しており、この原則の実行は汚染者が固体廃棄物の管理を強化し、環境汚染を防止し、環境資源を合理的に利用するよう促すのにプラスである。

すでに管理弁法を公布した 41 都市は、この部分の関連規定について 1.7 経費補助で説明を行っ

ている。

食品廃棄物の特殊性から、一部の食品廃棄物発生事業者は自ら発生した廃棄物の収集・運搬業務をしなければならないが、その他廃棄物の運搬とは異なり、収集・運搬過程でも特殊な要求がある。食品廃棄物は含水率が高く、収集・運搬・処分が非常に難しい上、食品廃棄物の発熱量は2,100kJ/kg前後のため、ごみ焼却発電の発熱量要求を満たすことができない。もし、その他ごみと一緒に焼却すれば、燃焼が不十分になってダイオキシン類などの物質が発生し、埋め立てれば大量のメタンガスと浸出液が発生する。浸出液は地表を流れる水と浸透などの作用によって地表水と地下水を汚染し、環境に二次汚染をもたらす。

大部分の都市部では食品廃棄物発生事業者の責任および行為規範に関する説明が行われている。例えば、蘇州市、河北省、永州市、庫爾勒市、東莞市、広州市、黄冈市などでは、「食品生産経営者は発生する食品廃棄物の収集・運搬・処分の責任を負うべきである。食品生産経営者は食品廃棄物と非食品廃棄物を分けて収集し、その日の内に発生したものをその日の内に処理すべきである。食品生産経営者は基準に合致した食品廃棄物収集容器を設置し、食品廃棄物収集容器の文字を入れ、食品廃棄物収集容器と汚染防止施設の設置と正常な使用を保証すべきである。食品生産経営者はみだりに食品廃棄物を投棄、放置してはならず、食品廃棄物を公共排水施設・河川・公衆トイレ・生活ごみ収集施設に排出してはならず、法律法規で規定されたその他法規違反行為を行ってはならない」と規定されている。西寧市および江蘇省では、上記を踏まえ、規定時間内に本条例の規定に合致した食品廃棄物収集・運搬サービス企業に引き渡し、環境保護関連規定に基づいて油・水分離装置又は油分離タンクなどの施設を設置するよう規定されている。三明市では、廃食用油脂および食品廃棄物残さを分けて収集するよう規定されている。蘭州市、北京市では、食品廃棄物発生者は食品廃棄物を都市生活ごみの経営を目的とする処分サービスの審査許可を得ていない事業者又は個人に収集・運搬処理を委託してはならない、と規定されている。西吉県では食品廃棄物をむき出しで捨ててはならないと規定されている。河北省では、食品廃棄物発生者は食品廃棄物発生台帳を作成し、毎月末に所在地の景観環境衛生主管部門に1ヶ月間の食品廃棄物の種類と数量を報告し、食品廃棄物を売却・投棄してはならない、と規定されている。夾江県では、食品生産事業者、食品経営事業者、飲食事業者は証明書・証書確認制度および原料調達調査制度を構築することとし、「下水油」又は非正規食用油の購入、販売、使用を厳しく禁止する、と規定されている。石家庄市では、食品廃棄物の密閉化運搬を実行し、決まった時間と路線どおりに運行することとし、途中液を漏らしたり、ごみを落としたりしてはならない、と規定されている。

成都市、安慶市、夾江県、贛州市など、一部の地域が公布している管理法には食品廃棄物発生者の責任、義務および行為規範の全面的な規定がなく、一部分の説明に留まっている。

⑥自主収集・運搬できる事業者の条件

一部都市では、条件の整っている食品廃棄物発生事業者は、食品廃棄物の自主収集・運搬を行うことができると規定されており、自主収集・運搬できる事業者が満たすべき条件を規定する項目もある。寧波市、石家庄、杭州市では、「食品廃棄物の一日の発生量が1トン以上で、規定に合致する収集運搬車両および設備を有し、市の都市管理局が公布を実行している食品廃棄物処理事業者のみ、自ら発生した食品廃棄物を自主的に収集・運搬することができる。該当事業者は関

連資料を持って所在区の景観環境衛生行政主管部門に登録し、ごみ運搬記録台帳を作成し、適時食品廃棄物の出所、数量、処理事業者の状況を記録しなければならない」と規定されている。

⑦食品廃棄物収集・運搬事業者の条件

食品廃棄物収集・運搬事業者の条件を設ければ、食品廃棄物管理を一層厳格にして、関連実力のある企業を食品廃棄物収集・運搬事業者にすれば、食品廃棄物の統一収集・運搬処理を保証し、食品廃棄物の合理的処理の目的を達成することが可能である。北京市、寧波市、昆明市、石家庄はこれに関する条件を規定していない。一部の省は食品廃棄物の収集・運搬条件を厳格に規定しており、蘭州市、青島市では食品廃棄物の収集・運搬サービスへの従事を申請する事業者は以下の条件に合致すると規定されている。(一)申請者が法に基づいて登録された企業法人で、資本金が300万元以上である。(二)臭いの拡散防止、取り残し・落下防止、浸出液の液漏れ防止機能を持つ食品廃棄物運搬車輛を有している。(三)健全な技術、品質、安全、監督管理制度が設けられ、効果的に執行される。(四)合法の道路運輸経営許可証、車輛運転証を有している。(五)固定の事務および機械・設備・車輛の置き場がある。青島市では運輸車輛積載重量を20トン以上と規定されている。西寧市では食品廃棄物の収集・運搬に従事する事業者の資本金は500万元以上と規定されている。

⑧食品廃棄物収集・運搬事業者の責任、義務および行為規範

蘭州市、寧波市、昆明市、景德鎮市、石家庄、武漢市、深圳市、河北省、長沙市などでは以下のとおり規定されている。(一)関連保護基準に合致し、清潔で破損のない収集容器、専門運搬設備、工具を備える。(二)密閉化運搬を実行し、運搬過程で遺棄したり、浸出液を漏らしたり、落としたりしてはならない。(三)発生したごみを1日(法定祝祭日を含む)に一回収集し、「その日のごみはその日に収集する」と実行する。(四)当日に食品廃棄物を都市生活ごみの経営を目的とする処分サービスの審査承認を経た事業者に運搬し処理させる。(一)食品廃棄物を下水道に排出する、又はその他方式で勝手に投棄することを禁止する。(二)食品廃棄物を主管部門の許可を経ない収集・運搬・処理事業者又は個人に収集・処理させることを禁止する。(三)食品廃棄物を直接又は加工して家畜の飼料にすることを禁止する。(四)廃食用油脂又はその加工製品を食品加工に用いることを禁止する。江蘇省ではさらに以下のとおり規定されている。(三)収集、運搬に用いる車輛は、完全密封された自動積み下ろし車輛とし、密封かつ清潔で傷がない状態を保ち、規定のラベル、マークをスプレーしなければならない。(五)食品廃棄物の収集・運搬台帳制度を構築し、運搬台帳は月に1回現地人民政府景観環境衛生主管部門に報告しなければならない。(六)現地人民政府景観環境衛生主管部門の承認を得ずに、無断で操業停止、休業してはならない。食品廃棄物を行政区外に運搬して処分する場合、食品廃棄物収集・運搬企業は現地人民政府景観環境衛生主管部門に報告して登録し、処理事業者としての営業許可証コピー、処理許可書類コピー、生産している製品が製品品質基準に合致している、又は無害化処理を行っていることを証明する資料、および市外処理地主管部門が受け入れ処理に同意している証明を提出しなければならない。提出しなかった場合は、食品廃棄物を市外に運搬して処理してはならない。西吉県では、食品廃棄物収集・運搬企業はそのサービス範囲以外の食品廃棄物を無断で収集、運搬してはならない。休業、操業停止する食品廃棄物専門処理事業者は60日前までに県主管部門に申請を提出し、県主管部門は30日以内に決定を下し、食品廃棄物収集・運搬企業は休業又は操業停止前に

関連保障措置を実行しなければならない、と規定されている。

⑨食品廃棄物処分事業者の条件

食品廃棄物処分事業者に対し厳格な条件で選考を行えば、相応の能力が備わっている事業者に食品廃棄物の処理・処分を行わせて、食品廃棄物の資源化、無害化処理をよりしっかり実現し、食品廃棄物の管理を効果的に実現することができる。

北京市、寧波市、石家荘は関連条件に関する規定を設けていない。

蘭州市、江蘇省では、食品廃棄物処理サービスへの従事を申請する事業者は、以下の条件に合致しなければならない。(一)申請者は法に基づいて登録した企業法人であり、資本金は人民元500万元以上である。(二)食品廃棄物処理施設の候補地選びは都市農村計画に合致し、計画許可書類を取得している。(三)毎日の処理能力は100トン以上である。(四)初級以上の専門技術の肩書を持つ人員が少なくとも5人いる。その中には環境工学、機械、環境モニタリングなどの専門技術者が含まれる。技術責任者は5年以上の食品廃棄物処理サービス業務の経験を持ち、中級以上の専門技術の肩書をもつ。(五)整備された作業工程、設備管理、環境モニタリングおよび保護、財務管理、生産安全、計量統計などの管理制度を備え、効果的に執行されるようにする。(六)整備された廃水、排気ガス、スラグなどの処理残さ物の基準内処理排出案を備える。(七)汚染抑制および突発事件対応案を制定する。青島市では、食品廃棄物処分に従事する事業者は環境アセスメント評価および検収を受けなければならない、と規定されている。西寧市が公布した管理弁法は、食品廃棄物収集・運搬事業者に対し人民元2,000万円の資本金を要求している。武漢市では、食品廃棄物処理事業者の処理規模が100トン/日の以下の場合、資本金は500万元以上、規模が100トン/日以上の場合、資本金は5,000万元以上と規定されている。

⑩食品廃棄物処分事業者の責任、義務および行為規範

食品廃棄物処理事業者に対して責任、義務を画定し、行為を規範化することは、食品廃棄物管理弁法の円滑な執行にプラスとなる。各事業者は相応する条件を満たし、自己の責任を明確にし、法の拘束を受けることで、自身の行為をよりしっかりと評価することができる。

蘭州市、寧波市、武漢市、長沙市では以下のように規定されている。(一)食品廃棄物処理の施設、設備の継続的かつ安定した運転を保証することとし、検査・修理が必要な場合は、15日前までに市の景観環境衛生行政主管部門に報告、登録しなければならない。(二)安全保障組織を設置して、専任安全管理者を置き、安全管理制度を健全化しながら実行し、付帯安全施設の建設や関連安全緊急対応案の制定を通して、処理施設の安全運行を保証する。(三)環境保護の関連規定に基づいて、処理過程で効果的な汚染防止措置を講じる。(四)都市生活ごみの経営を目的とする処理サービスの審査承認を経ない事業者又は個人が運搬する食品廃棄物の受け入れ、処理を禁止する。(五)廃食用油脂を加工して食用油脂として販売することを禁止する。(六)食品廃棄物およびその加工製品は食品加工に用いてはならず、飼料としてはならない。江蘇省が公布した食品廃棄物管理弁法は以下の点も規定している。(一)関連規定および技術基準に厳格に従い、食品廃棄物を処分する。(二)微生物剤を使用して食品廃棄物を処理する場合は、国家関連規定に合致させ、相応の安全規制措置を講じる。(三)製品は関連品質基準に合致する。(四)規定された時間および要求どおりに食品廃棄物を収集する。(五)食品廃棄物処分場(プラント)に環境基準に合致した食品廃棄物保管施設を設置する。(六)要求に基づいて環境影響モニタリングを行い、食品廃

棄物処分施設の性能、環境保護指標を測定、評価し、現地人民政府景観環境衛生主管部門および環境保護主管部門に測定、評価結果を報告する。(七)食品廃棄物処分および発生・収集・運搬は管理票（マニフェスト）制度を実行する。(八)現地人民政府景観環境衛生主管部門を承認を経ずに、無断で操業停止、休業してはならない。西寧市では、食品廃棄物収集・運搬事業者は収集・運搬台帳制度を構じ、収集・運搬台帳を半年ごとに市主管部門に報告すると規定されている。庫爾勒市では、食品廃棄物収集・運搬事業者は食品廃棄物発生事業者と食品廃棄物運搬契約を結び、食品廃棄物を収集・運搬した後、適時作業場を清掃し、食品廃棄物収集施設および周辺環境を清潔かつ整然としておかなければならない、と規定されている。永州市、成都市では、処分事業者が操業停止、休業する場合は、6ヵ月前までに市の都市管理行政法執行部門に報告し、同意を得てから操業停止又は休業しなければならないが、不可抗力によって経営を継続できない場合はこれに限らないと規定されている。西吉県では、休業、操業停止となる食品廃棄物専門処理事業者は、6ヵ月前までに県主管部門に申請し、県主管部門は60日以内に決定を下し、食品廃棄物処理事業者が休業又は操業停止するまでに関連保障措置を実行する、と規定されている。上海市では、処分事業者は送られてきた食品廃棄物種類および数量を確認しなければならない、と規定されている。西吉県では、食品廃棄物収集・運搬数量が食品廃棄物処理能力を満たすことができない場合、食品廃棄物発生事業者所在地および処理事業者所在地の県主管部門の同意を経れば、食品廃棄物処分事業者はそのサービス範囲外の食品廃棄物を処理することができる、とされている。昆明市では、食品廃棄物処分技法・路線および施設は審査承認を経なければならない、と規定されている。

景德鎮市の食品廃棄物処理事業者の行為規範に関する規定が上述の数項目のみを概括し、不完全である。

①食品廃棄物の処分場所

食品廃棄物処分場所の設置は極めて重要で、周辺環境への影響だけでなく、周辺住民の生活への影響も考慮しなければならない。また、候補地選びは都市全体計画に合致させなければならない、食品廃棄物処分施設も関連規定に合致させなければならない、現地の食品廃棄物処理負荷を満たし、生産する製品は国家规定に合致させなければならない。食品廃棄物処理場所の設置は以上の数点を考慮しなければならない。

石家庄市では、「各級都市管理部門は食品廃棄物の処分場所の設立を担当する。食品廃棄物の処分場所の設置は各区域の都市全体計画および都市利用全体計画に合致させなければならない。建設過程では、国家の関連技術基準に基づいて、相応の環境保護処理施設を配備する」と規定されている。食品廃棄物の様々な特殊性により、食品廃棄物が発生する汚水、臭い、残さ、騒音などの処理後の各指標はいずれも環境保護部門の関連規定に合致させるべきである。また、食品廃棄物処理施設用地は都市・農村計画に組み込み、いかなる事業者、個人も無断で占用してはならない、又はその用途を変えてはならない。

(4)監督管理

食品廃棄物資源化利用の部門監督管理責任を明確にしなければならない。監督管理責任体系は各主管部門の責任、管理範囲およびどのように管理を実施するかの細則を規定している。商務部

門は飲食業界管理を強化し、飲食企業の信用ある経営を指導しなければならない。品質検査部門は食品生産加工プロセスに対する監督管理を強化し、食品生産事業者が「下水油」と使用して食品を加工する違法行為を厳しく取り締まらなければならない。工商部門は流通プロセスでの食用油の取り扱いの監督を強化し、「下水油」および出所が非正規な食用油の取り扱い行為を厳しく取り締まらなければならない。食品薬品監督管理部門は飲食サービス事業者への監督管理を強化し、飲食サービス事業者が食品原料調達検査および証明書・証書確認制度を構築、執行するよう監督し、「下水油」および出所が非正規な食用油の購入、使用行為を厳しく取り締まらなければならない。衛生部門は関係部門と共に食用油のリスクモニタリングを強化し、関連測定方法を整備しなければならない。

昆明、広州、フフホトは、監督管理制度の構築について、関連説明を行っていない。

①監督管理制度の構築

各地域は健全な監督管理制度を構築し、食品廃棄物管理の各プロセスに対する監督を規範化し、管理弁法の実施状況をリアルタイムに把握し、各部門の監督責任範囲を規定して、食品廃棄物管理弁法がよりしっかりと実施されるようにしなければならない。

西寧市、庫爾勒市、上海市では、「市・区の主管部門は健全な監督管理制度を構築し、食品廃棄物の収集・運搬・処分サービス企業の本条例の執行状況を監督検査しなければならない。ニーズに応じて市主管部門は食品廃棄物処分企業に監督員を派遣してもよい」と規定されている。蘇州市、蘭州市、濰坊市では、「食品廃棄物収集・運搬および処分に対する監督検査を強化し、市民に監督員を担当させてもよい。弁法に違反する行為を監督し、事実通り状況を報告し、関連資料を提供するよう検査対象の事業者および個人に求め、虚偽の報告を行って事実を隠蔽してはならない」と規定されている。寧波市、黄冈市、武漢市では、市の都市管理局が定期的に食品廃棄物処理状況を社会に公表し、食品廃棄物発生事業者、収集・運搬事業者、処分事業者の規定違反状況を通報するよう規定されている。長沙市、金華市区、永州市、黄冈市、武漢市では、書面検査、実地抜き取り検査、現場確認を行って、相応する監督管理記録を作成し、発生した食品廃棄物の種類・数量、廃食用油脂の資源化利用状況、食品廃棄物の無害化処理状況を公表しなければならない、と規定されている。中衛市では、「市の計画管理部門は食品廃棄物定期検査メカニズムを構築し、弁法実施日から三ヶ月間、週に1回市区内の食品廃棄物発生事業者の食品廃棄物収集・運搬・処分活動を検査し、三ヶ月から半年の間、半月ごとに1回市区のすべての食品廃棄物発生事業者の食品廃棄物収集・運搬・処分活動を検査し、半年以降は月に1回検査し、違法な食品廃棄物販売、処分行為を厳しく調査、処罰する」と規定されている。

②関係部門の責任

各部門の責任を明確にし、各部門が互いに協力できるようにし、主管部門の指導の下、食品廃棄物をしっかり管理し、各地域が公布した食品廃棄物管理弁法を帰納して、各部門の職責を総括する。

発展・改革主管部門は、関連政策および措置の研究、整備を強化し、食品廃棄物の資源化利用および無害化処理を推進し、関連企業の発展を積極的に支援すべきである。

財政主管部門は、都市公共事業管理に組み込まれる食品廃棄物収集、運搬、無害化処理、資源

化利用施設の運行と建設の資金に対する監督管理を強化すべきである。

価格主管部門は都市生活ごみ処理費および関連する排出費の費用徴収政策を合理的に制定し、食品廃棄物の収集・運搬・処分価格のコストモニタリングをしっかりと行うべきである。

農業主管部門は、食品廃棄物原料として加工した肥料製品の監督管理を強化し、法に基づいて無害化処理をされていない食品廃棄物による家畜・家禽飼育行為を調査、処罰すべきである。

商務主管部門は飲食業界の管理を強化し、飲食サービス会社が食品廃棄物を収集・運搬・処分の許可を得ている企業に引き渡して収集・運搬・処分してもらうよう監督し、促し、飲食店が信用のある経営を行って、食品廃棄物の処理状況と企業の等級評定をリンクさせるよう指導し、豚の屠殺過程で発生する食用不可の家畜残さ油脂の監督管理を強化すべきである。

環境保護主管部門は食品廃棄物の発生、収集、運搬、保管、処分利用などの関連活動における環境汚染防止業務を強化し、統一監督管理を実施すべきである。

衛生主管部門は、食品安全総合調整業務を強化し、食用油の安全に関するリスクモニタリングを強化し、関連測定方法を整備すべきである。

食品薬品監督主管部門は、薬品（生薬、煎じ薬、製剤化された漢方薬、化学原料薬およびその製剤、抗生物質、バイオケミカル薬品、バイオ製薬、診断薬品、麻酔薬、精神薬、医療機器、衛生材料、医薬包装材料などを含む）の研究、生産、流通、使用に関する行政監督および技術監督を担当する。そのため、食品廃棄物の利用においては、食品廃棄物を原料として加工した食品に効果的な監督を行う必要がある。そのため、食品薬品監督主管部門は、飲食店の監督管理を強化すべきである。飲食店が食用油購入検査および証明書・証書確認制度を構築、執行するよう監督し、法に基づいて食品廃棄物を原料として加工した食品油の違法な購入、使用行為を調査、処罰すべきである。

品質技術監督は、法律法規を拠り所とし、基準を根拠とし、技術検査・計量測定を手段として、製品の品質の規範化、監督管理という行政活動を行う。品質技術監督業務は重要かつ総合的な基本的業務であり、そのカバー範囲は広く、工業・農業生産、事業建設、科学研究、文化教育、医薬衛生、環境保護、原子力安全、国内外貿易、サービス業種など、国民経済・社会発展の各領域、人々の生活の様々な面に及んでいる。そのため、品質技術監督主管部門は、食品廃棄物を原料とする加工企業の生産品質、基準に対する監督管理を強化し、法に基づいて食品生産・加工事業者が食品廃棄物を加工した油脂で食品を製造するという違法行為を調査、処罰すべきである。

工商行政主管部門は、流通分野における商品の品質と流通プロセスにおける食品安全を監督管理し、サービス分野の消費の権利保護に関する業務を実施し、業務分担に応じて偽物・不良品などの違法行為を調査、処罰し、消費者の問い合わせ、苦情、通報受理、処理およびネットワーク体系構築の指導といった業務を担当し、経営者と消費者の合法的權益を保護している。そのため、食品廃棄物管理において、工商行政主管部門は流通プロセスでの食用油取扱いに対する監督を強化し、法に基づいて国家食品安全基準に合致しない食用油を取り扱う行為を調査、処罰すべきである。

公安機関は国家の行政権を行使する行政機関、司法機関であり、違法行為の予防、制止、調査、取り締まりが職責である。そのため、食品廃棄物の監督管理において公安機関は重要な地位を占めており、食品廃棄物収集・運搬車輛の道路交通安全管理を強化し、法に基づいて食品廃棄物の

無許可・無免許収集、運搬・処分および食品廃棄物を加工した油脂の生産・取扱い・利用、環境と人間の健康に被害を加える犯罪行為を調査、処罰すべきである。

③監督検査時に講じる措置

景観環境衛生主管部門およびその他関係部門が監督検査を行う場合は、一定の権力を与えて効果的に法執行行動が行われるようにすべきであり、関係事業者および個人は監督検査担当者を妨害、阻止してはならない。

西寧市、河北省では、監督検査を行う際、担当者は関連文書および資料を閲覧、コピーし、検査対象事業者および個人に関連問題に対する説明を行うよう要求し、現場に立ち入って検査し、関連事業者および個人に違法行為を改めるよう命令を下す権利を有する、と規定されている。

④環境影響モニタリング

市、県（市）人民政府景観環境衛生主管部門は、食品廃棄物処分の環境に対する影響状況を把握するために、計量認証資格のある事業者に委託して、定期的に食品廃棄物処分場(プラント)の食品廃棄物処分数量、品質、環境影響のモニタリングを行うことで、効果的な監督の基盤を固めるべきである。

西寧市、江蘇省などが公布している管理弁法は、定期的に食品廃棄物処理場のモニタリングを行うことを規定している。

⑤延長手続き申請

食品廃棄物の収集・運搬・処分サービス許可には一定の有効期限が必要であり、有効期限満了後は、景観環境衛生主管部門は申請者の申請に基づいて許可延長手続きを行い、経営協議を改めて締結しなければならない。

西寧市、江蘇省、河北省では、食品廃棄物収集・運搬・処分サービス許可の有効期間満了後も食品廃棄物の収集・運搬・処分活動に従事する必要がある場合、有効期間が満了する日の30日前までに市の主管部門に延長手続きを申請し、延長手続きが認められた場合、市主管部門は食品廃棄物収集・運搬・処分サービス企業と改めて経営特別許可協議を締結する、と規定されている。

⑥緊急対応案

景観環境衛生主管部門は、関係部門と共に食品廃棄物収集・運搬・処分緊急対応案を制定し、食品廃棄物緊急処理システムを構築し、緊急又は特殊状況下での食品廃棄物の正常な収集・運搬・処分を確保すべきである。

西寧市、江蘇省、長沙、金華市区、重慶市、河北省では、食品廃棄物の収集・運搬・処分サービス企業は、食品廃棄物汚染突発事件防止の緊急対応案を制定し、市、県（市）人民政府景観環境衛生主管部門に登録するよう規定されている。

⑦査定体系の構築

食品廃棄物の収集・運搬・処分規定に違反した行為に対し、法に基づいて行政処罰を行う他、累計点数制度を実行する。

西吉県、無錫市、石家庄市、成都市では、「累計得点が規定の値に達した食品廃棄物収集・運搬・

処分事業者に対しては、主管部門が違法事業者の名称、減点事項、減点状況を社会に公表し、市の景観環境衛生局又は区、県の景観環境衛生部門はその事業者と締結した収集・運搬・処分入札協議を解除してもよい。協議を解除された事業者は「3年間本市のごみ収集・運搬・処分の入札に参加してはならない」と規定されている。具体的な点数計算方法は、市の景観環境衛生局が別途制定する。

河北省では、主管部門は食品廃棄物処理施設の設備運営状況および処理効果の年度査定評価を行い、査定評価結果を公表するよう規定されている。

河北省では、省住居・都市農村建設主管部門および区を設けている市、県の人民政府景観環境衛生主管部門は食品廃棄物収集・運搬・処分企業の信用体系を構築し、ネットワークを利用して企業行為を資料に適時記録し、社会に公表し、その記録状況を企業入札の重要な参考とするよう規定されている。

⑧経過措置

40の県市区（県）はこの項目に関する説明を行っていない。

日本の「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」では、関連主管部門が法律規定、制定又は命令を再編成する際には、合理的かつ必要と判断する範囲内で、相応の経過措置を制定しなければならない、と規定されている。

⑨苦情および通報

上述 1.5 で触れた管理部門の他、事業者および個人にも一定の監督管理に参与する義務および責任がある。いかなる事業者および個人も、食品廃棄物管理規定に反する行為に対する通報、苦情を申し立てる権利がある。事業者および個人の苦情は監督管理部門の監督管理効率を高め、半分の仕事で二倍の効果を挙げることが可能となる。

深圳市、ウルムチ市、贛州市、中衛市、安慶市、夾江県、庫爾勒市、寧波市、河北省、無錫市では、苦情および通報制度に関する規定が設けられていない。また、西寧、蘭州、青島、重慶、昆明、上海、杭州などのその他地域では、「いかなる個人、事業者も条例違反行為に対する苦情、通報を行う権利を有し、省、市、区（県）主管部門は苦情通報制度を構築し、食品廃棄物の発生・収集・運搬・処分における違法活動に対する公衆の苦情および通報を受け入れ、苦情を申し立てた者又は通報者の個人情報に秘密にしなければならない。苦情又は通報を受理した後、相応の主管部門は適時現場検証、処理を行い、苦情および通報を受理してから 15 営業日以内に処理結果を苦情を申し立てた者又は通報者に報告しなければならない」と規定されている。蘇州市ではさらに、景観環境衛生行政部門は調査によって事実だと認められた通報および苦情を表彰すべきだと規定されている。

(5)罰則

いわゆる罰則とは、法的責任を追及する、又は法的制裁を行う準則である。これには、補償性処罰（損失の賠償など）および懲罰性処罰（刑罰、行政処罰など）が含まれる。責任能力のあるすべての人は、法律で禁止された何らかの行為を行った後、法的制裁を受けなければならない。立法学の角度から言うと、「違反すれば罰を受ける」というのは、ある行為を禁止する法律につい

て必ず否定的な法的結果を規定しなければならない、ということである。そのため、いかなる法律も罰則を欠くことはできない。各省の罰則データはそれぞれ異なり、一部省市の罰則部分は十分に整備されておらず、今のところ罰則の具体的データはない。具体的データのある罰則については、国家レベルのデータ範囲が省レベルのデータ範囲より大きいとの原則に基づいて整理し、国家レベルの食品廃棄物管理弁法の罰則の具体的データを総括する。上位法と従来の法律に違反しないという原則に基づいて、データの画定は「中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法」、国务院「都市景観環境衛生管理条例」などの法律、法規の規定に基づいて、実情と結び付けて確定しなければならない。

北京市は、各種の行為処罰条例を食品廃棄物管理規定に違反したものを概括しており、都市管理総合行政法執行機関が「北京市景観環境衛生条例」および関連政府規則に基づいて処罰を行う。

①食品廃棄物発生事業者に関する罰則条項

西寧市では、食品廃棄物発生事業者が期日通りに食品廃棄物処理費を支払わない場合は、市、区の主管部門が期限内に是正するよう命じ、期日を過ぎてても是正しない場合は、食品廃棄物処理費の1倍以上3倍以下の過料を支払うよう規定されている。青島市、武漢市では、期日どおりに処理費を支払わない場合は、環境衛生行政主管部門が期限内に支払うよう命じ、期日を過ぎてても支払わない場合は、都市管理法執行部門が処理費の4倍以上かつ3万元を超えない過料を課す、と規定されている。上海市では、処理費を支払わない場合は、期限内の支払いを命じ、期限を過ぎてても支払わない場合、1トンごとに（1トン以下の場合は1トンで計算する）500元かつ3万元を超えない過料に処す、と規定されている。

西寧市では、食品廃棄物発生事業者が食品廃棄物をむき出しで投棄した場合、市・区の主管部門が期限内の是正を命じ、200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。長沙市では、食品廃棄物をむき出しで投棄した場合、都市管理総合法執行機関が期限内の是正を命じ、期限を過ぎてても是正しない場合は、事業者に対し1,000元以上5,000元以下の過料に、個人に対し200元以上500元以下の過料に処す、とされている。広州市では、食品廃棄物をむき出しで投棄した場合、違法行為を停止と期限内の是正を命じ、5,000元以上5万元以下の過料に処す、と規定されている。

西寧市では、食品廃棄物発生事業者が分別せずに食品廃棄物を投棄した場合、又は食品廃棄物を生活ごみに混ぜ処理した場合、市・区の主管部門が期限内の是正を命じ、200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。青島市では、上述の行為を行った場合、500元以上3,000元以下の過料に処す、と規定されている。西寧市では、市・区の主管部門が期限内の是正を命じ、200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。青島市では、上述の違反行為を行った場合、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、5,000元以上1万元以下の過料に処す、とされている。成都市では、上述の違反行為を行った場合、都市管理部門が期限内の是正を命じ、1,000元以上5,000元以下の過料に処す、と規定されている。武漢市では、1,000元以上1万元以下の過料に処す、と規定されている。長沙市では、上述の違反行為を行った場合、都市管理総合法施行機関が期限内の是正を命じ、期限を過ぎてても是正しない場合は、事業者に対し1,000元以上5,000元以下の過料に、個人に対し200元以上500元以下の過料に処す、とされている。広州市では、食品廃棄物の分別を行っていない場合、是正を命じ、500元以上2,000元以下の過料

に処す、と規定されている。

蘇州市では、食品生産経営者が食品廃棄物を経営を目的とする収集・運搬・処分サービス許可証を取得していない事業者を引き渡した場合、景観環境衛生主管部門が期限内の是正を命じ、期限内に是正しない場合は、1,000元以上1万元以下の過料に処すことがきでる、と規定されている。寧波市では、500元以上1,000以下の過料に処す、と規定されている。蘭州市では、上述の状況に対し、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、警告を与え、期限内に是正しない場合は、1万元以上3万元以下の過料に処す、とされている。西寧市では、上述の違反行為を行った場合、市・区の主管部門が期限内の是正を命じ、200元以上1,000元以下の過料に処す、とされている。青島市では、上述の違反行為を行った場合、1,000元以上5,000元以下の過料に処し、事態が深刻な場合は、5,000元以上3万元以下の過料に処す、と規定されている。成都市では、上述の違反行為に対し、それぞれ食品薬品監督、品質監督、商務、農業などの部門が職責、業務分担に応じて期限内の是正を命じ、事業者に対し5,000元以上1万元以下、個人に対し200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。武漢市では、本項に対し、1万元以上3万元以下の過料に処す、と規定されている。広州市では、食品廃棄物を環境衛生運搬車輛又はその他「都市生活ごみの経営を目的とする清掃・収集・運搬サービス許可証」と取得している事業者を引き渡して処理させていなかった場合、是正を命じ、500元以上2,000元以下の過料に処す、と規定されている。

寧波市では、規定どおりに基準に合致した容器を設置していない場合、期限内の是正を命じ、期限内に是正しなかった場合は、200元以上500元以下の過料に処す、と規定されている。上海市では、食品廃棄物収集容器を設置していない場合、期限内の是正を命じ、期限内に是正しなかった場合は、300元以上2,000元以下の過料に処す、と規定されている。広州市では、規定どおりに飲食ごみ専用収集容器を設置していない場合、期限内の是正を命じ、500元以上2,000元以下の過料に処す、と規定されている。

江蘇省では、現地人民政府景観環境衛生行政主管部門に登録していない場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が登録を命じ、登録を拒否した場合は、1万元以上3万元以下の過料に処すことができる、と規定されている。上海市では、申請手続きを行っていない場合、期限内の是正を命じ、期限を過ぎても是正しない場合、100元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。広州市では、規定どおりに申請登記を行わなかった場合、又は申請登記時に虚偽の申請を行った場合、違法行為の停止及び期限内の是正を命じ、5,000元以上5万元以下の過料に処す、と規定されている。

②食品廃棄物の経営を目的とする収集・運搬に従事する事業者に関する罰則条項

江蘇省では、許可を経ずに食品廃棄物収集・運搬活動を行った場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が違法行為の停止を命じ、違法所得を没収し、事業者に対し1万元以上3万元以下の過料、個人に対し200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。青島市では、上述の違反行為を行った場合、都市管理法施行部門が是正を命じ、期限を過ぎても是正しない場合、3万元の過料に処す、とされている。広州市では、上述の条例違反に対し、違法行為を停止を命じ、3万元の過料に処すとしている。

江蘇省では、規定の時間内に食品廃棄物の収集・運搬を行わない場合、県級以上の地方人民政

府景観環境衛生主管部門が期限内の除去を命じ、5,000 元以上 1 万元以下の過料に処す、と規定されている。成都市では、規定どおりに毎日食品廃棄物の収集・運搬を行わない場合、都市管理部門が是正を命じ、1,000 元以上 5,000 元以下の過料に処す、と規定されている。長沙市では、上述の違反行為を行った者に対し、都市管理総合法執行機関が期限内の是正を命じ、5,000 元以上 3 万元以下の過料に処することができる。

江蘇省では、食品廃棄物を規定の食品廃棄物処分場所に運搬しない場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が期限内の除去を命じ、5,000 元以上 1 万元以下の過料に処す、と規定されている。長沙市では、上述の違反行為を行った者に対し、都市管理総合法執行機関が期限内の是正を命じ、5,000 元以上 3 万元以下の過料に処することができる。

③食品廃棄物の経営を目的とする処分に従事する事業者に関する罰則条項

江蘇省では、許可を経ずに食品廃棄物処分活動に従事した場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が違法行為の停止を命じ、違法所得を没収し、事業者に対し 1 万元以上 3 万元以下の過料、個人に対し 200 元以上 1,000 元以下の過料に処す、と規定されている。西寧市では、上述の違反行為を行った者に対し、市主管部門が違法行為の停止を命じ、違法所得を没収し、1 万元以上 3 万元以下の過料に処す。

蘇州市では、食品廃棄物処分手業者の設備に対し操業を停止して検査・修理する際、規定時間内に報告しなかった場合は、景観環境衛生主管部門が 5,000 元以上 3 万元以下の過料を課す、と規定されている。蘭州市では上述の状況に対し、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、警告を与え、期日を過ぎても是正しない場合は、2,000 元以上 1 万元以下の過料に処す、とされている。成都市では、無断で操業を停止して検査・修理した場合、都市管理が期限内の是正を命じ、2 万元以上 3 万元以下の過料に処す上、損失を招いた場合、法に基づいて賠償責任を負う、と規定されている。

食品廃棄物処理事業者が環境保護関連規定を厳格に執行せず、処分過程で講じた汚染防止措置が不適切で二次汚染を招いた場合、生産した製品が国家品質基準に合致しない場合、又は都市生活ごみの経営を目的とする処分サービス承認を経していない事業者若しくは個人が運搬した食品廃棄物を受け入れ・処理した場合、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、警告を与え、期限内に是正しない場合は、1 万元以上 3 万元以下の過料に処す。江蘇省では、上述の違反行為を行った場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が期限内の是正を命じ、1 万元以上 2 万元以下の過料に処す、とされている。河北省では、上述の違反行為を行った場合、現地人民政府景観環境衛生主管部門は期限内の是正を命じ、1 万元以上 3 万元以下の過料に処し、損失を招いた場合は、法に基づいて賠償責任を負う、とされている。上海市では、処分過程で環境保護要求に合致しなかった場合、環境保護部門が国家および本市の関連規定に基づいて処理する、規定されている。

武漢市では、食品廃棄物施設が検収を経ずに、又は検収に不合格のまま稼働していた場合、是正を命じ、事業契約額の 2% 以上 4% 以下の過料に処し、損失を招いた場合は、賠償責任を負うと規定されている。

④無害化処理を経ずに食品廃棄物を家畜に与えた場合の罰則条項

寧波市では、上述の行為を行った場合、動物防疫監督機関が関連法律法規に基づいて処罰する、と規定されている。蘭州市では、上述の違法行為を行った場合、景観環境衛生、食品薬品監督管理、品質技術監督などの部門が「中華人民共和国食品安全法」第八十五条 規定に基づいて、違法所得、違法に生産・経営を行っている食品、および違法生産・経営に用いる工具、設備、原料などの物品を没収する。違法に生産・経営する食品の価値が1万元以下の場合、2,000元以上5万元以下の過料、価値が1万元以上の場合は商品価値の5倍以上10倍以下の過料に処す。状況が深刻な場合は、許可証を取り下げると規定されている。江蘇省では、上述の行為を行った場合、県級以上の地方人民政府農業主管部門が違法行為の停止を命じ、状況が深刻な場合は、事業者に対し1万元以上3万元以下の過料、個人に対し200元以上1,000以下の過料に処す、と規定されている。成都市では、上述の違法行為に対し、農業部門が期限内の是正を命じ、事業者に対し1,000元以上5,000元以下の過料、個人に対し200元以上1,000以下の過料に処す。武漢市では、本項規定に対し、農業部門が停止、期限内の是正を命じ、期限を過ぎても是正しない場合は300元以上1万元以下の過料に処す、とされている。上海市では、無断で食品廃棄物を家畜の飼料とした場合、期限内の是正を命じ、3,000元以上3万元以下の過料に処すと規定されている。

⑤廃食用油脂を加工後、食用油として経営を目的とする使用又は販売した場合の罰則条項

寧波市では、廃食用油脂を加工後、食用油として経営を目的とする使用を行った場合、衛生行政主管部門が期限内の是正を命じ、期限内に是正しない場合は、1万元以上5万元以下の過料に処す。廃食用油脂を加工後、食用油として販売した場合、工商行政主管部門は期限内の是正を命じ、期限内に是正しない場合は、1万元以上5万元以下の過料に処すと規定されている。蘭州市では、廃食用油脂を加工後、食用油として販売した場合、景観環境衛生、食品薬品監督管理、品質技術監督などの部門が「中華人民共和国食品安全法」第八十五条の規定に基づいて、違法所得、違法に生産・経営を行っている食品、および違法生産・経営に用いる工具、設備、原料などの物品を没収する。違法に生産・経営する食品の価値が1万元以下の場合、2,000元以上5万元以下の過料、価値が1万元以上の場合は商品価値の5倍以上10倍以下の過料に処す。状況が深刻な場合は、許可証を取り下げると規定されている。青島市では、廃食用油脂を加工して使用した場合は、食品薬品監督管理、工商、品質監督などの部門が法に基づいて処罰する。上海市では廃棄食用油を食用油に加工して使用又は販売した場合は、期限内の是正を命じ、1万元以上3万元以下の過料に処してもよいと規定されている。

⑥運搬途中でみだりに食品廃棄物を投棄、遺棄、捨てた場合の罰則条項

蘭州市では、上述の状況に対し、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、警告を与え、期限を過ぎても是正しない場合は、2,000元以上1万元以下の過料に処す、とされている。寧波市では、食品廃棄物を下水道に排出した場合、期限内の是正を命じ、期限を過ぎても是正しない場合は、500元以上1,000以下の過料に処す、と規定されている。蘭州市では、上述の状況に対し、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、警告を与え、期限を過ぎても是正しなかった場合は、1,000元以上5,000元以下の過料に処す、とされている。江蘇省では、食品廃棄物を河道・湖泊に排出した場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門又は関係部門が法に基づいて調査、処罰する、と規定されている。上述の違反行為を行った場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が期限内の除去を命じ、5,000元以上1万元以下の過料に処す、とされている。

西寧市では、食品廃棄物を雨水用パイプおよび公衆トイレに排出した場合、市・区の主管部門が期限内の是正を命じ、200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。成都市では、上述の違反行為を行った場合、それぞれ都市管理、水利事業、林業園林などの部門が汚染の除去を命じ、事業者に対し2,000元以上1万元以下、個人に対し200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。武漢市では、上述の違反行為を行った場合、違法行為の停止及び期限内の是正を命じ、5,000元以上5万元以下の過料に処す、と規定されている。長沙市では、上述の違反行為を行った場合、都市管理総合法執行機関が期限内の是正を命じ、5,000元以上3万元以下の過料に処すことができる、とされている。広州市ではみだりに食品廃棄物を排出した事業者、個人事業者に対し5,000元以上5万元以下の過料、個人に対し200元以下の過料に処すとされている。

⑦食品廃棄物収集・運搬・処分事業者が作成した収集・運搬・処分台帳に偽装があった場合、又は規定どおりに報告しなかった場合の罰則

蘇州市では、景観環境衛生行政主管部門が5,000元以上3万元以下の過料に処す、と規定されている。江蘇省では、上述の行為を行った場合は、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が期限内の是正を命じ、5,000元以上1万元以下の過料に処す、と規定されている。成都市では、上述の違反行為はそれぞれ食品薬品監督、品質監督、商務、農業などの部門が職責・業務分担に応じて期限内の是正を命じ、事業者に対し1,000元以上5,000元以下、個人に対し200元以上1,000元以下の過料に処す、と規定されている。成都市では、上述の違法行為を行った場合、都市管理部門が期限内の是正を命じ、期限を過ぎても是正しない場合は2,000元以上1万元以下の過料に処す、と規定されている。長沙市では、許可を経ずに食品廃棄物収集・運搬に従事していた場合、都市管理総合法執行行政法執行機関が違法行為の停止を命じ、違法所得を没収し、事業者に対し3万元の過料、個人に対し2,000元の過料に処す、と規定されている。広州市では、要求通りに台帳を作成しなかった場合、違法行為の停止及び期限内の是正を命じ、5,000元以上3万元以下の過料に処す、と規定されている。

⑧許可を経ずに操業停止または休業した場合の罰則

江蘇省では、上述の違反行為を行った場合、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門が期限内の除去を命じ、2万元以上3万元以下の過料に処し、損失を招いた場合は、法に基づいて賠償責任を負う、と規定されている。青島市では、許可を経ずに無断で操業停止又は休業した場合、都市管理法執行部門が期限内の是正を命じ、期限を過ぎても是正しない場合は、1万元以上3万元以下の過料に処すことができる、と規定されている。成都市では、無断で操業停止又は休業した場合、都市管理主管部門が期限内の是正を命じ、2万元以上3万元以下の過料に処し、損失を招いた場合は、法に基づいて賠償責任を負う、と規定されている。河北省では、無断で操業停止又は休業した場合、現地人民政府景観環境衛生主管部門が期限内の是正を命じ、1万元以上3万元以下の過料に処し、損失を招いた場合は、法に基づいて賠償責任を負う、と規定されている。武漢市では、承認を経ず無断で操業停止又は休業した場合は、期限内に是正するよう命じ、食品廃棄物収集・運搬事業者に対し1万元以上3万元以下の過料、食品廃棄物処分事業者に対し5万元以上10万元以下の過料に処すことができ、損害を招いた場合は、法に基づいて賠償責任を負う、と規定されている。長沙市では、無断で操業停止又は休業した食品廃棄物収集・運搬事業

者に対し、都市管理法執行事業者が期限内に是正するよう命じ、1万元以上3万元以下の過料、食品廃棄物処理事業者に対し5万元以上10万元以下の過料に処すことができると規定されている。

⑨ 主管部門および関係部門職員に関する罰則条項

主管部門と関係部門の職員は手本とならなければならず、自らの行為を規範化し、違法行為があれば厳しく処理しなければならない。

北京市、寧波市では、関係管理者の行為処罰条例に関する説明が行われていない。

江蘇省、西寧市、青島市、蘭州市、江蘇省が公布した管理弁法では、県級以上の地方人民政府景観環境衛生主管部門およびその他関係部門並びにその職員に下記のいずれかの行為があった場合、その主管部門又は上級機関が是正を命じ、その主要担当者および直接の責任者に対し法に基づいて行政処分を行う。犯罪を構成している場合は、司法機関が法に基づいて刑事責任を追及する。

(一)規定された職権、手続きに反して食品廃棄物収集・運搬・処分サービス許可証を承認、交付した場合。(二)法に基づいて監督管理の職責を履行しなかった場合。(三)違法行為を発見しても、又は違法行為の通報を受けても、法に基づいて調査、処罰しなかった場合。(四)その他職権乱用、職務怠慢、私利私欲を満たそうとする不正行為を行った場合。

(6) 附則

附則は、法律文書の付属部分であり、主に実施日時、関連専門用語、過去の関連法律との関係などの内容に関する規定が含まれ、法律、法規の後ろに追加された規則であり、法全体では総則と分則の補助的内容として存在する構成部分である。

深圳市では附則部分が設けられていない。大部分の都市では管理弁法実施日時が記述されている。蘇州市の附則では管理弁法発行日時、実施日時および公布部門が説明されている。贛州市では、贛州市食品薬品监督管理局が本法の解釈を行う、と規定されている。金華市では、公共パイプの廃食用油脂は本弁法を参照に収集・運搬・処分してもよい、と規定されている。上海市では、実施日時および廃止事項が規定されている。

2.4 地方食品廃棄物管理立法に存在する問題

①食品廃棄物の専門用語が統一されていない

国務院弁公庁、江蘇省、武漢市の関連法規で「食品廃棄物」という名称が使用されている他、その他都市も通常「食品廃棄物」を使用しており、ハルビン市は「飲食および食品加工工業廃棄物」としている。「食品廃棄物」という名称が長い間に広く使われて、よく知られているため、国家レベルの食品廃棄物管理弁法では「食品廃棄物」を唯一の名称として使用したほうがよいだろう。

②食品廃棄物の定義が統一されていない

食品廃棄物の定義は統一されておらず、大部分の都市管理弁法における食品廃棄物には、生ごみ、廃棄油脂が含まれるが、フフホトなどの一部の都市の弁法では、食品廃棄物には廃食用油脂は含まない、と明確に述べている。食品廃棄物は生ごみと廃棄油脂の2種類に分けられ、これらは出所、発生量、成分、処分方法などが大きく異なるため、国家レベルの食品廃棄物管理弁法を制定する際にはその違いを具現化しなければならない。

食品廃棄物の範囲決定に関しては、中国の多くの地域の立法は、食品廃棄物の管理範囲を「住民の日常生活以外」と限定しており、これには主に2つの原因がある。1つは、管理の難度から考えると、立法者は住民の日常生活の食品廃棄物は量が少なく、分散しており、法執行の難度が高く、管理範囲に組み込むべきではない、と考えていることである。もう1つの原因は、家庭生活ごみの分別業務が全面的に実施されていないことである。日本の「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」も家庭食品廃棄物を対象範囲に組み込んでいない。国家環境保護局は食品廃棄物（Food Waste）を「住民の日常生活並びに食品雑貨店、レストラン、事業者の食堂および職員のランチルームなどの商業施設が発生した食用できない食品および食品加工廃棄物」と定義している。しかし、住民の日常生活における食品廃棄物の「分散している」、「単位当たりの発生量が少ない」という特徴を考慮すると、住民の日常生活における食品廃棄物は単独管理を実施することができる、つまり、住民の日常生活における食品廃棄物と日常生活以外の食品廃棄物を分けて管理することができる。そのため、中国の国家レベルでも住民の日常生活の食品廃棄物と日常生活以外の食品廃棄物を分けて管理するほうがよい。

③多くの専門用語の解釈が不十分である

中国の多くの地域では、食品廃棄物の立法定義において、食品廃棄物発生事業者は「飲食業、事業者に対する食事提供、食品加工などに従事する事業者および個人」と規定されている。しかし、「飲食業」、「事業者に対する食事提供」、「食品加工」に関する専門用語の解釈はなく、中国の上位法でも対応する法律概念が見つからない。そのため、三つの概念の異なる理解は、全く異なる解釈を生み出す恐れがある。例えば、各地の立法は、飲食業と事業者に対する食事提供に異なる収集・分別制度を規定している。二者の違いはどこにあるのか、営業許可証を取得しているかどうかを基準とすれば、学校内で下請け業者が経営する食堂又は学校内に開設されたレストランなど、事業者に対する食事提供も営業許可を取得することができる。また、「食品加工」について、百度（BAIDU）百科というサイトは「食料原料又はその他原料を人為的な処理を行い、新たな形式の直接食用できる製品を形成する過程を食品加工という」と解釈している。この理解に基づくと、食品加工の範囲は飲食業と事業者に対する食事提供だけでなく、すべての食品加工の生産型

企業も含み、ビスケット工場、乳製品企業もこの範囲に属することになるが、この範囲は中国の現在の食品廃棄物管理の現状を合致していないことは明らかである。

日本の「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」は、「食品」、「食品廃棄物」、「食品関連業者」などの専門用語を明確に定義している。

④立法目的に違いがある

管理原則と立法目的が入り混じっている。例えば、「西寧市食品廃棄物管理条例」第1条では、「都市食品廃棄物管理の強化し、都市の景観環境衛生を改善し、民衆の健康を保障し、食品廃棄物無害化処理および再利用を促進するため……」となっている。ここの食品廃棄物無害化処理および再利用とは、明らかに管理原則の範疇に属しており、管理原則実施の最終目的は依然として食品廃棄物管理の強化、市の環境衛生の改善、公衆の身体健康の保障へと帰属する。この3つのレベルの立法目的は、段階を追って進めるものである。

⑤法的責任の設定が科学的根拠に基づいていない

a) 法律の責任に関する条項が必ずしも整備されていない

「景德鎮市食品廃棄物管理弁法」には責任条項はなく、「寧波市食品廃棄物管理弁法」、「石家庄食品廃棄物処理管理弁法」、「ウルムチ市食品廃棄物処理管理弁法」では食品廃棄物発生事業者のみ法的責任を規定されており、その他の収集・運搬事業者、処分事業者および食品廃棄物主管部門についていかなる責任条項も規定されていない。「深圳市食品廃棄物管理弁法」などでは食品廃棄物主管部門の法的責任に関する規定が設けられていない。

日本の「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」では、事業者、消費者、国および地方公共団体の責務が明確に規定されている。その内、事業者と消費者の責務とは、食品の購入又は調理の方法の改善により食品廃棄物等の発生の抑制に努めるとともに、食品循環資源の再生利用により得られた製品の利用により食品循環資源の再生利用を促進するよう努めなければならないことである。国の責務とは食品循環資源の再生利用等を促進するために必要な資金の確保その他の措置を講ずるよう努めなければならないことである。また、国は、食品循環資源に関する情報の収集、整理及び活用、食品循環資源の再生利用等の促進に関する研究開発の推進及びその成果の普及その他の必要な措置を講ずるよう努めなければならない。国は、教育活動、広報活動等を通じて、食品循環資源の再生利用等の促進に関する国民の理解を深めるとともに、その実施に関する国民の協力を求めるよう努めなければならない。地方公共団体の責務とは、その区域の経済的社会的諸条件に応じて食品循環資源の再生利用等を促進するよう努めなければならないことである。しかし、日本の法律も食品廃棄物の収集・処理事業者の責務を規定していない。中国が国家レベルの食品廃棄物管理弁法を制定する際、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」の責務に関する制定を参考に、その不足を補わなければならない。

b) 不法行為に対する過料が低すぎる

例えば、「石家庄市食品廃棄物処理管理弁法」で規定された過料の金額はわずか100～500円で、このような不法行為に伴うコストは明らかに低すぎる。これは上位法に違反している。「固体廃棄物汚染防止法」、「都市生活ごみ管理弁法」などの法律法規は食品廃棄物管理立法の上位法であり、上位法が決めた範囲内で法的責任を設定すべきで、上位法に違反した場合は、法的効力はない。

しかし、中国各地の食品廃棄物管理立法では、法的責任を設定する際、多くの地域が上位法で規定された範囲に反している。例えば、中国の「都市生活ごみ管理弁法」第 45 条が規定している都市生活ごみ処理事業者が規定された技術基準および要求に違反して食品廃棄物を処理した場合の法的責任は、3 万元以上 10 万元以下の過料であるが、「西寧市食品廃棄物管理条例」第 45 条で規定された食品廃棄物処理事業者が規定された技術基準および要求に違反して食品廃棄物を処分した場合の法的責任は 1 万元以上 3 万元以下の過料であり、この金額は上位法の過料の金額を著しく下回っている。また、中国の「固体廃棄物汚染防止法」と「都市生活ごみ管理弁法」では、みだりに都市生活ごみの投棄、廃棄、放置行為を行った事業者を 5000 元以上 5 万元以下の過料に処することができる、と規定されている。しかし、「西寧市食品廃棄物管理条例」では、食品廃棄物発生事業者が規定通りの食品廃棄物を投棄する行為を行った場合の過料の金額は 200 元以上 1000 元以下と規定されており、この上限は上位法の最低限度よりも遥かに低い。

⑥台帳制度の規定が整備されていない

台帳制度は、食品廃棄物の全過程の監督、コントロールを強化するために、食品廃棄物の発生事業者、収集・運搬事業者、処理事業者が各自が発生・収集・運搬する食品廃棄物の数量、種類などの情報を登記、記入する制度を指す。発生・収集・運搬・処理はそれぞれ異なる事業者が担当するため、台帳は食品廃棄物が集中的に収集・運搬・処分されるようにするための重要な保障である。しかし、中国各地の立法の台帳制度に対する規定は整備されていない。このような不整備は、台帳制度の関連規定の不備に現れる一方、従来規定の不合理さにも現れている。

⑦緊急対応案制度が不十分である

食品廃棄物には腐敗しやすい物質、有毒有害物質が多く、収集・運搬・処分過程で大規模な流出、漏出などの突発事件があれば、都市の景観環境、公衆の健康に深刻な結果をもたらしかねない。そのため、食品廃棄物管理緊急対応案制度の構築は極めて必要であり、これは 2007 年に公布された「突発事件対応法」で求められていることでもある。しかし、中国各地の食品廃棄物管理立法はこの点に対する重視が十分ではない。食品廃棄物管理における緊急対応案制度に何の規定も設けていない立法もあり、たとえ規定があってもかなり簡略化されたものである。

⑧情報公開の規定が不十分である

食品廃棄物は公衆の飲食の安全と健康に関わり、公衆の参加がなければ、食品廃棄物管理は話にならない。情報公開は公衆参加制度の前提であり、公衆に十分な食品廃棄物管理の知る権利がなければ、参加は口先だけのものになる。中国各地の食品廃棄物管理立法は公衆参加制度を規定しているが、公衆参加を規定すると同時に情報公開も規定するケースは非常に少ない。たとえ規定があってもその原則的なもののみで、例えば「寧波市食品廃棄物管理弁法」第 16 条は、「市都市管理局は定期的に社会の食品廃棄物の処理状況を公表し、食品廃棄物発生事業者、収集・運搬事業者、処理事業者の規定違反状況を通報しなければならない」と規定している。公衆参加に必要な情報は食品廃棄物管理の全過程情報のはずであり、違法状況の通報だけでは、明らかな事後報告である。また、ここでは通報を求めているだけで、どのように通報するか、誰に通報するか、通報しなかった場合の責任についてはなんの制約も設けられておらず、このような情報公開の規定は全く形だけのものだと言える。情報公開規定の不備と「形式化」は公衆参加制度の形骸化を

招き、最終的に食品廃棄物管理の法律実施に影響を及ぼすだろう。

⑨発生事業者への要求が多すぎる

運搬・処分事業者に対する管理度合いが弱い。一部法規では発生事業者は品質のよい食品廃棄物を提供し、規定に合致した収納容器を配備しなければならず、食品廃棄物の処分に費用を支払うということを規定している。しかし、このような規定は発生事業者の反抗心を生み出しやすく、発生事業者は管理に協力しなくなる、又は消極的に協力するようになり、食品廃棄物の管理の全過程に影響を及ぼす。

⑩公布機関の違いが大きい

多くの地方法規、特に管理弁法は、所在地人民政府が政府令形式によって公布したものが多いが、政府弁公庁、環境保護局、建設局、環境衛生局、市政委員会、法制弁公室などの職能部門が公布する場合もある。そのような場合は間接的に上位法である国家レベルの法律から地方の景観管理条例までの違いを招いている。

2.5 国家レベル食品廃棄物管理弁法草案の枠組み

中国の地方食品廃棄物管理弁法のまとめに基づき、国外の食品廃棄物管理弁法に対する分析を結び付け、国家レベルの食品廃棄物管理弁法の全体的枠組みをおおむね制定した。その内容は表 2-2 で示したとおりである。

①総則

「弁法」が指定する目標、根拠、原則、適用範囲、組織実施主体を規定し、関連名詞、専門用語の意味について規範化された解釈を行う。

②施設建設計画

国家全体戦略計画目標および地方の計画に基づいて、食品廃棄物の収集・運搬・処理・処分施設の建設計画を規定する。

③発生・収集・運搬・処分

i.食品廃棄物の根本からの減量、申請登記

措置を講じてエコ消費を提唱し、根本からの減量、根本からの分別を実現する。一度発生すれば、申請登記制度を施行する。

ii.収集・運搬

収集・運搬の実施事業者、容器設備、車輛、人員、収集範囲、収集時間、運搬距離などに対する要求を規定する。

iii.処理・処分

減量化、資源化、無害化の要求に基づいて処理、処分を行うよう規定する。処理・処分を担当する事業者が備えるべき条件、処理・処分過程で満たすべき生産、環境保護、消防、労働衛生要求を規定する。

表 2-2 食品廃棄物管理弁法草案の全体的枠組み

番号	項目	含まれる内容
1	総則	立法目的の意義および根拠
		名詞解釈
		適用範囲
		管理原則
		管理部門の職責
		政府の職責
		経費補助
2	施設建設計画	環境衛生特別計画の編制
		環境衛生施設用地
		収集・処分施設建設
		法律法規および技術基準
		竣工検収および引き渡し・使用
3	発生・収集・運搬・処分	収集・運搬・処分原則
		入札制度
		サービス企業協議
		申請・報告制度

番号	項目	含まれる内容
		食品廃棄物発生事業者の責任および行為規範 自主収集・運搬の条件 収集・運搬事業者の条件 収集・運搬事業者の責任および行為規範 処分事業者の条件 処分事業者の責任および行為規範 処分場所
4	資源化製品要求	廃棄油脂、バイオマスガス、肥料、飼料化製品の安全品質要求
5	監督管理	監督管理制度の構築 関係部門の責任 検査時の措置 環境影響モニタリング 延長手続き申請 緊急対応案 査定体系建設 経過措置 苦情と通報
6	罰則	食品廃棄物発生事業者に関する罰則条項 食品廃棄物の経営を目的とする収集・運搬に従事する事業者に関する罰則条項 食品廃棄物の経営を目的とする処分に従事する事業者に関する罰則条項 無害化処理を経ずに食品廃棄物を家畜に与えた場合の罰則条項 廃食用油脂を加工後、食用油として経営を目的とする使用又は販売した場合の罰則条項 運搬途中でみだりに食品廃棄物を投棄、遺棄、捨てた場合の罰則条項 食品廃棄物収集・運搬・処分事業者が作成した収集・運搬、処分台帳に偽装があった場合、又は規定どおりに報告しなかった場合の罰則 許可を経ずに操業停止または休業した場合の罰則 主管部門および関係部門職員に関する罰則条項
7	附則	実施日時

⑥ 資源化製品要求

資源化製品が満たすべき安全品質基準を規定する。

⑦ 監督管理

各関係機能部門が、食品廃棄物の発生・収集・運搬・処理および処分過程で果たすべき職責を規定し、公衆の監督参加、通報、苦情を奨励する。

⑧ 罰則

規則違反行為の処罰法を規定する。

⑨ 附則

実施・発効日などを規定する。

3. 日本及びその他の国・地域での食品廃棄物管理の現状と課題

3.1 日本における食品廃棄物管理政策

下図に示すように、日本では、環境基本法、循環型社会形成推進基本法の下で、廃棄物処理法により食品廃棄物を含む廃棄物の処理が規制されている。食品廃棄物については、食品リサイクル法により、食品製造・加工業、流通業及びレストランからの食品廃棄物のリサイクルの推進が図られている。



食品リサイクル法は、食品の売れ残りや食べ残しにより、又は食品の製造過程において大量に発生している食品廃棄物について、発生抑制と減量化により最終的に処分される量を減少させるとともに、飼料や肥料等の原材料として再生利用するため、食品関連事業者（製造、流通、外食等）による食品循環資源の再生利用等を促進することを目的とする。

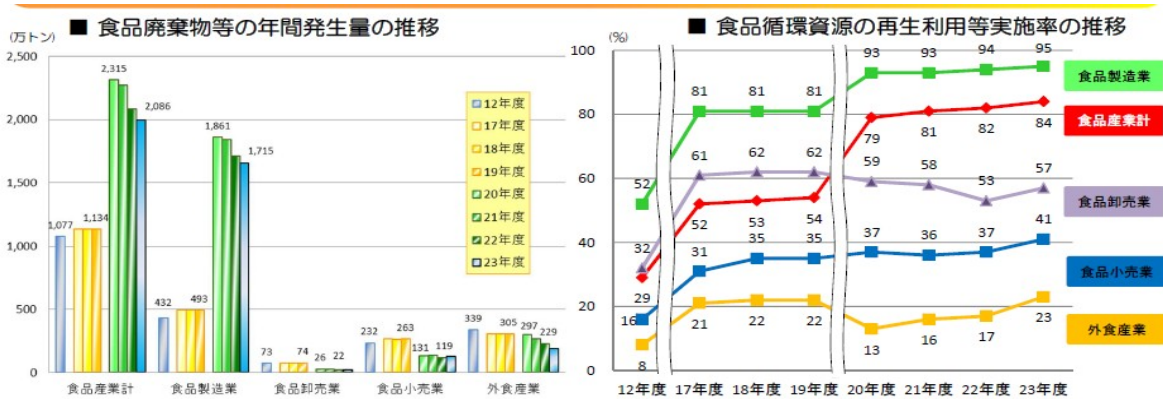
- ①主務大臣は、食品循環資源の再生利用等を総合的かつ計画的に推進するため、基本方針を定める。基本方針では、再生利用等を実施すべき量に関する目標を、業種別（食品製造業、食品小売業、食品卸売業、外食産業）に定めている。
- ②国は、食品循環資源の再生利用等を促進するために必要な資金の確保、情報の収集、整理及び活用、広報活動等に努める。
- ③食品関連事業者は、主務大臣が定める判断の基準となるべき事項に従い、再生利用等に取り組む。判断の基準となるべき事項では、再生利用等の実施の原則、食品循環資源の再生利用等の実施に関する目標、発生抑制の方法、特定肥飼料等の製造基準等について定める。
- ④食品廃棄物等を多量に発生させる食品関連事業者（多量発生事業者）は、毎年度、食品廃棄物等の発生量や再生利用等の取組状況を主務大臣に報告しなければならない。
- ⑤主務大臣は、食品関連事業者に対し、必要があると認めるときは、指導、助言を行うことがで

きる。

- ⑥主務大臣は、再生利用等が基準に照らして著しく不十分であると認めるときは、多量発生事業者に対し、勧告、公表及び命令を行うことができる。
- ⑦食品循環資源の肥飼料化等を行う事業者についての登録制度を設け、委託による再生利用を促進する。この場合、廃棄物処理法の特例等（運搬先の許可不要、料金の上限規制をやめ事前の届出制を採用、差別的取扱の禁止）及び肥料取締法・飼料安全法の特例（製造・販売の届出不要）を講ずる。
- ⑧食品関連事業者が、肥飼料等製造業者及び農林漁業者等と共同して、食品関連事業者による農畜水産物等の利用の確保までを含む再生利用事業計画を作成、認定を受ける仕組みを設け、計画的な再生利用を促進。この場合、廃棄物処理法の特例等及び肥料取締法・飼料安全法の特例を講ずる

食品廃棄物の処理・再資源化に関しては、地域の特性に応じ、以下の方法がとられる。

- ① 焼却処理：家庭系の食品ごみの大半は焼却処理されている。
- ② 肥料化：事業系の食品廃棄物や一部の家庭系食品はコンポスト化し、利用されている。製品の質の管理の問題、市場（引き取り先）の問題等を抱える。肥料として用いられる場合には、肥料取締法の規制対象になる。
- ③ 飼料化：食品廃棄物の飼料化については、「飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律」等による厳しい規制がある。2006年には、農水省により食品廃棄物の飼料化に関し、「食品残さ利用飼料の安全性確保のためのガイドライン」が定められている。食品廃棄物の飼料化を進めるため、エコフィード制度が作られたほか、顔の見えるリサイクルループなどが推進されている。
- ④ メタン発酵：近年日本でも食品廃棄物のメタン発酵が進められつつある。現状では日処理量数十トン程度の中小規模の施設が多いが、例外的に100トンを超える処理施設もある。残渣は、肥料として利用されるケースも多い。大量に排出される脱離液の処理が問題になるが、液肥として農地還元している事例もある。
- ⑤ 廃食用油：BDF等



3.2 日本における食品廃棄物に関するガイドライン等

食品廃棄物を含む廃棄物の処理に関しては、以下のような基準、ガイドラインがある

(1) 廃棄物処理法に基づく基準

廃棄物処理法の体系として、廃棄物の収集運搬処分の基準、業の許可基準、施設の設置に関する技術基準、維持管理に関する技術基準が定められている。特に重要と考えられる一般廃棄物の収集・運搬・処分等の基準、一般廃棄物処理施設の技術上の基準及び一般廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準を別紙1～3として章末に添付する。

○廃棄物処理法施行令による基準

- ・一般廃棄物の収集・運搬・処分等の基準（3条関係）[章末別紙1参照]
- ・一般廃棄物の収集・運搬・処分等の委託の基準（第4条関係）
- ・産業廃棄物の収集・運搬・処分等の基準（第6条関係）
- ・事業者の産業廃棄物の収集・運搬・処分等の委託の基準（第6条の2関係）

○廃棄物処理法施行規則による基準

- ・一般廃棄物収集運搬業の許可の基準（第2条の2）
一般廃棄物処分業の許可の基準（第2条の4）
- ・一般廃棄物処理施設の技術上の基準（第4条関係）[章末別紙2参照]
- ・一般廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準（第4条の5関係）{章末別紙3参照}
- ・産業廃棄物収集運搬業の許可の基準（第10条関係）
産業廃棄物処分業の許可の基準（第10条の5関係）
- ・産業廃棄物処理施設の技術上の基準（第12条関係）
- ・産業廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準（第12条の6関係）

(2) 各種ガイドライン等

○環境省

- ・メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル：市町村におけるメタンガス化施設の導入検討に役立つための資料。導入の検討手順と留意点、施設導入に関する基本的事項、施設の構成設備、運転管理上の留意事項等に関する広範な計画策定、技術に関する資料集（別添1）

○全国都市清掃会議

- ・ごみ処理施設整備の計画・設計要領
- ・エネルギー回収推進施設
 - ・ごみメタン化施設（別添2）
- ・有機性廃棄物リサイクル推進施設
 - ・ごみ高速堆肥化施設（別添3）

○その他

◇ 飼料化

- ・一般的には、「飼料もしくは飼料添加物の製造、使用もしくは保存の方法もしくは表示に関する基準」、「飼料もしくは飼料添加物の成分に関する規格（公定規格）」（「飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（飼料安全法）」第3条）が適用される。
- ・食品残渣に関しては、農林水産省により、「食品残さ利用飼料の安全性確保のためのガイドライン」が設けられている（別添4）。
- ・エコフィード制度：食品製造副産物や余剰食品、調理残さ、農場残さを利用して製造された家畜用飼料製造の促進のための制度
 - ・エコフィード制度により、廃棄物処理法、飼料安全法、食品リサイクル法の規定を調整
 - ・エコフィード推進に向けた各種ガイドライン等
 - 食品残さ利用飼料の安全性確保のためのガイドライン
 - エコフィードを活用した TMR 製造利用マニュアル：混合飼料としての利用方法のマニュアル化
 - 豚用エコフィード飼料設計プログラム：配合設計のマニュアル化

◇ 肥料化

- ・一般的には、「肥料取締法」により、肥料の規格及び施用基準の公定、登録、検査等が行われている。食品残渣を用いたものは、「普通肥料」の「有機質肥料」として扱われる。
- ・土壌改良材については、地力増進法により規制される。
- ・食品リサイクル法にもとづき、堆肥化・飼料化の目的で再生利用事業者登録をすれば肥料取締法による届出が一部免除される。

(3)中国に対する示唆

前述のように、日本には中国で行われている食品廃棄物の処理・資源化技術に関する様々な技術資料が整備されている。特に、中国で多く採用されているメタン発酵施設については、焼却等の技術と比べればその歴史は浅いが、10年余にわたる経験が蓄積された。

それらの経験を学ぶと、初期の馴致期間を除き、施設の運転管理の障害はほとんど選別設備において生じている。搬入段階での分別がどれだけ徹底しているか、破碎機の刃を破損するような不純物がないかをきちんとチェックすることが肝要である。また、紙などに含まれる繊維が多い場合には、ポンプのつまりの原因になる恐れがあるので定期的に排除する必要がある。

日常的な毎日のモニタリングは、概ね温度、pH、ガス発生量について行われる。それらに異常が生じた場合に、その以上の内容に応じ、有機酸の生成やアンモニア阻害などをチェックすることが求められる。ガス発生量が安定していない場合には、発電効率等に影響を及ぼす。

メタン発酵設備の場合には、大量の脱離液が生ずる。脱離液の適切な処理が重要になるが、周辺に農地がある場合には、液肥として農地還元することが望ましい。

なお、別添のガイドラインに加え、メタン発酵に関する技術資料、メタン発酵槽の運転管理、

メタン発酵の問題点と対応策に関する技術資料を提供したので、今後の運転管理に際しての参考とされることが期待される。

日本の経験から、施設に関する技術ガイドラインは行政の資料として基本的な事項を中心に取
りまとめ、別途詳細な技術的事項を取りまとめたマニュアルを専門家の監修のもとで行うことが
考えられる。そのような行政の技術ガイドラインとして、環境省による「廃棄物処理施設整備国
庫補助事業に係るごみ処理施設性能指針」（平成 20 年 3 月 31 日改正）がある。このような指針
と別添に示すような技術マニュアルとを組み合わせることにより、機動的、効率的な技術的事項
のアップデートが図られ、効果的な施設の建設・管理が期待できる。

別添

1. メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル
2. 全国都市清掃会議 ごみ処理施設整備の計画・設計要領
・エネルギー回収推進施設 ごみメタン化施設
3. 全国都市清掃会議 ごみ処理施設整備の計画・設計要領
・有機性廃棄物リサイクル推進施設 ごみ高速堆肥化施設
4. 食品残さ利用飼料の安全性確保のためのガイドライン

3.3 市町村における廃棄物処理施設の建設、維持管理

- 日本における廃棄物処理施設の建設と運営管理の方式は下表のとおり。
近年は公設民営方式（DBO方式）が増えている。

		施設の所有		資金調達	設計・建設	運営	施設撤去	備考
		建設時	運営時					
PFI事業	BOO方式	民間	民間	民間	民間	民間	民間	民間事業者が自ら資金調達を行い、施設を建設（Build）・所有（Own）し、事業期間にわたり維持管理・運営（Operate）を行った後、事業終了時点で民間事業者が施設を解体・撤去する方式
	BOT方式	民間	民間	民間	民間	民間	公共	民間事業者が自ら資金調達を行い、施設を建設・所有し、事業期間にわたり維持管理・運営を行った後、事業終了時点で公共に施設の所有権を移転（Transfer）する方式
	BTO方式	民間	公共	民間	民間	民間	公共	民間事業者が自ら資金調達を行い、施設を建設した後、施設の所有権を公共に移転し、施設の維持管理・運営を民間事業者が事業終了時点まで行う方式
公設民営	DBO方式	公共	公共	公共	公共/民間	民間	公共	① 公共が資金調達を行い、公共が関与しつつ民間事業者が施設を建設・所有し、民間事業者が事業期間にわたり維持管理・運営を行う方式 ② PFI事業の一種として実施する場合がある
	拡大性能発注	公共	公共	公共	公共	民間	公共	長期包括的運営委託と建設工事を一括して性能発注する。
	長期包括的運営性能発注委託	公共	公共	公共	公共	民間	公共	長期包括的運営委託は、建設工事と別に性能発注する。
	短期労務仕様運転委託	公共	公共	公共	公共	民間	公共	年度毎に運転業務を役務仕様により委託契約する
公設公営		公共	公共	公共	公共	公共	公共	一般的な公共事業方式である。

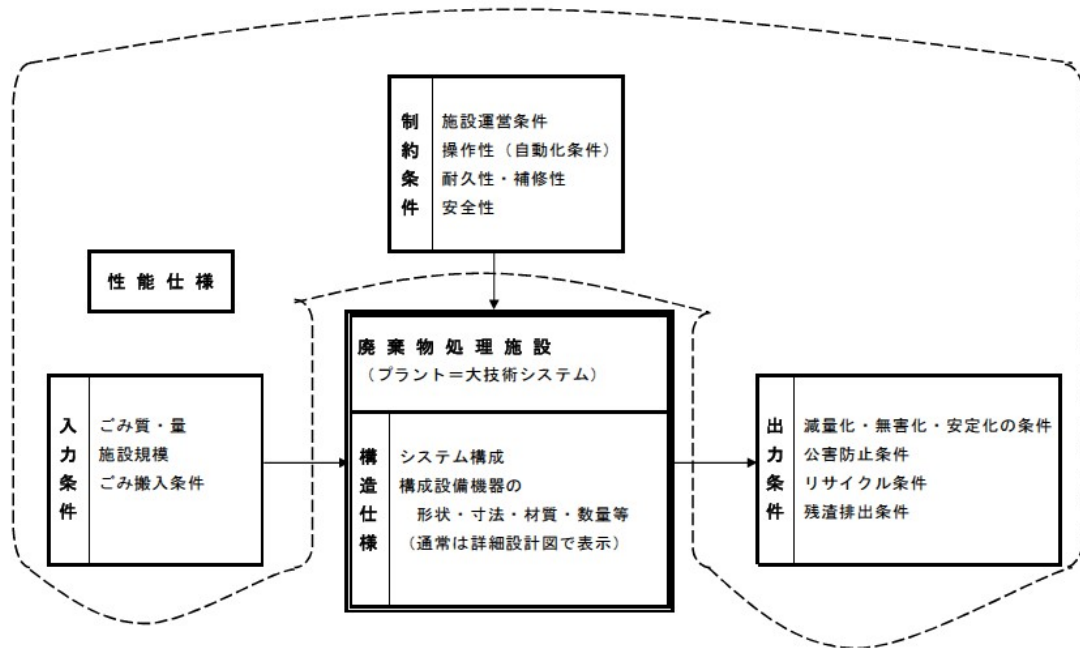
- 廃棄物処理施設の特殊性に鑑み、廃棄物処理施設の建設工事は一般公共工事と異なる発注方式を取っている。

ごみ焼却施設建設工事と一般公共工事との発注方式 比較

	一般公共工事	焼却施設建設工事	採用理由
1	工種別分割請負	JV一括請負 または 炉体業者一括請負	<ol style="list-style-type: none"> 巨大技術システム（プラント）である工場の全体性能の確保をはかるため 周辺住民の苦情に対する窓口の一本化をはかるため 建設管理の省力化をはかるため（内部調査を容易にするため）
2	施工契約	性能発注 （設計施工契約）	<ol style="list-style-type: none"> 各プラント業者は、特許ノウハウにもとづいて独自構造の焼却炉を製作・納入しているため 業者提案による技術開発で技術の向上をはかるため 確実に性能保証をさせるため（設計責任を担保するため） 建設工期の短縮をはかるため 建設管理の省力化をはかるため（内部調整を容易にするため）
3	指名競争入札	複数機種選定・価格競争	<ol style="list-style-type: none"> 公正な契約手続きを確保するため 価格競争により経済性を確保するため 複雑・大規模な工事であるため、契約前の機種選定手続きにおいて、各JVから見積り設計を提出させて技術審査を行い、契約内容の明確化をはかる必要がある。

(参考) 性能発注方式の特徴は以下の通り。

廃棄物処理施設の性能仕様と構造仕様



・このような事情を踏まえ、市町村における施設整備に際しての発注仕様書作成を支援するため、廃棄物処理施設の発注仕様書作成の手引き(標準発注仕様書及びその解説)が作成されている。

- エネルギー回収推進施設編 2 バイオガス化施設
- 有機性廃棄物リサイクル推進施設編 1 ごみ高速堆肥化施設

3.4 韓国における食品廃棄物管理政策と資源化の現状

- ・韓国における食品ごみの考え方と日本の食品ごみへの取り組みとは大変異なる。韓国ではまず食品ごみは再資源化することが大前提との認識があり、極論をすれば処理の一環として、採算性度外視で再資源化を進めている。
- ・全国ベースの食品廃棄物発生量と処理量(2012)
食品廃棄物の分別収集量は 13,000~14,000 トン/日
 - ・一般家庭及び小型マート等の生活系廃棄物：70%
 - ・多量排出事業場：30%、大型レストラン：16%、集団給食所：10%、流通事業場：4%
 - ・韓国における食品廃棄物の処理施設は以下のとおり（2012）

区分	飼料化	堆肥化	飼料+堆肥	下水 合併処理	嫌気性消化	その他	全体
施設数	124	91	7	7	9	21	259
公共	18	48	3	3	9	21	102
民間	106	43	4	4	-	-	157
処理容量(ton/day)							
公共	1,493.6	1,939.2	345.3	243.0	539.6	1,160.7	5,721.4
民間	4,894.0	1,935.5	190.1	37.7	-	-	7,057.3

- ・家庭形の生ごみを含めた肥料化、飼料化が処理の主流を占めていることが特徴的。
- ・一部の例外を除き、多くの場合に製品化された飼料や肥料は無償で農家等に提供されている。その場合、費用は排出者から徴収する処理費で賄われており、経済性を重視するというよりは廃棄物処理の一環としての位置づけがなされている。
- ・飼料化に関しては、20~50 トン/日のような比較的小規模な施設が多くみられる。飼料化は小規模の方が良いとの業界関係者の声もあり、韓国で家庭系を含めた飼料化が支障なく進んでいる理由は、事実上の「顔の見えるループ（ただし飼料化製品の生産まで）」が形成されているためと推測される。

3.5 台湾における食品廃棄物処理管理政策と資源化の現状

台湾では、事業系については、廃棄物清除法の下で「事業系廃棄物清除処理方法・及設施標準」が定められている。廃廚餘、廃酒糟、植物性廢渣、動物性廢渣、廢食油等に分類される食品廃棄物は、規則に則り、再利用施設でリサイクルされる。相当量が、飼料化・堆肥化等に再利用されていると推測されるが、統計データはない。再利用施設は、廃棄物処理施設よりも設立・運営の制約が緩和されている。

一般廃棄物については、2001年から家庭系厨芥を対象に、「一般廃棄物回収・清除及び処理弁法」の下に回収が義務づけられている。家庭系ゴミは、一般ゴミ、資源ゴミ、厨芥、粗大ゴミ、有害ゴミの5分類となっており、分別違反者に対して1,200~6,000台湾元(1新台幣元≒3.5円、2008年上期の平均的レート)の罰金制度が存在する。年々、回収率が向上しており、回収約66万トン/年(2008年)のうち、約51万トンが養豚飼料に、約14万トンが堆肥に再利用されている。これは、台湾における養豚飼料の数パーセントに相当し、事業系と併せると10%強が厨芥飼料になっていると想定される。

回収厨芥のうち、果物皮・卵殻など人が食さないものを生厨芥として堆肥化を推奨し、人が食べられるものを熟厨芥として飼料化している。回収比率は、地方によって、まちまちであり、台北市は例外的に堆肥化の方が多いが、ほとんどを豚飼料にする地方もある。

台湾では、1997年に今世紀最大といわれる口蹄疫により、甚大な被害を被った(発病、屠殺の合計約500万頭、年間出荷数1200万頭から700万頭に激減)。現在、厨芥を飼料化する際は、90度以上1時間以上で加熱殺菌することになっている。

3.6 その他の国・地域における食品廃棄物管理の現状と推進方策

次ページの表に、日韓のほか、米国、英国、ドイツ、フランス、スウェーデンの食品リサイクルに関する状況を取りまとめている。

欧州では、食品廃棄物の飼料化は1990年代以降、BSE、豚コレラ、口蹄疫等、伝染性のある家畜疾病が続いたことが理由で制限されている。ほ乳類由来の蛋白質を反芻家畜に与えることはBSE問題をきっかけとして禁止された。食肉部分以外の動物副産物に関しては、部位でカテゴリー分けし、焼却・殺菌・コンポスト化・バイオガス等の処理方法等が厳しく管理されている。食品厨芥は、一部で飼料化していたが、利用を禁止した。

食品廃棄物管理の現状と推進方策の各国比較

	日本	韓国	米国	英国	ドイツ	フランス	スウェーデン
基本情報	人口:12,745万人 面積:38万km ²	人口:4,888万人 面積:10万km ²	人口:30,905万人 面積:983万km ²	人口:6,222万人 面積:22万km ²	人口:8,170万人 面積:36万km ²	人口:6,278万人 面積:63万km ²	人口:938万人 面積:45万km ²
食品廃棄物の発生量	2,086万トン(平成22年度:食品製造業1,715万トン、食品卸売業22万トン、食品小売業119万トン、外食産業229万トン)	約490万トン(2010年、製造業除く)	5,540万トン(2009年:食品製造292万トン、小売(卸売、飲食店を含む)1,878万トン、家庭3,370万トン)	約1,400万トン(2006年:食品製造業約260万トン、流通約37万トン、家庭系約830万トン、学校・病院約260万トン)	約1,100万トン(2012年3月公表:一般家庭由来:667万トン、外食由来:190万トン、産業工業製造業由来:185万トン、流通由来:5.5万トン)	食品を含む有機性廃棄物の発生量約2,210万トン(事業系(食品製造者)560万トン、事業系130万トン(食品製造者を除く)、家庭系1,520万トン)	101万トン(2010年:食品製造業17万トン、外食産業約10万トン、家庭67.4万トン)
一人当たり食品廃棄物排出量(kg/人)	67(有価物を含めると164)	100	179	225	135	352	108
リサイクルの定義	食品リサイクル法上、飼料化、肥料化、油脂・油脂製品化、メタン化、炭化製品化(燃料、還元剤)、エタノール化がリサイクルに含まれ、その他の手法(土壌改良材、セメント燃料、固形燃料等)はリサイクルに含まれない。	廃棄物管理法(2007年改正)の定義によると、リサイクルとは、「廃棄物を再使用または、再利用する、あるいは、再使用可能又は再生可能にするか、エネルギー回収する行為」であり、飼料化、肥料化、バイオガス化のいずれもリサイクルに含まれる。	環境保護局(EPA)では、リサイクルを、「廃棄物から有用物質を回収し、新たな製品を製造すること」と定義しており、飼料化や肥料化も含まれる。エネルギー回収はリサイクルに含まれず、メタン発酵はエネルギー回収に含まれるためリサイクルに含まれない。	EU廃棄物枠組み指令(2008)によると、リサイクルとは、廃棄物を元の、あるいは他の目的の製品、原料、物質に再生する行為であり、飼料化や肥料化はリサイクルに含まれる。バイオガス化はエネルギー回収に含まれ、そのエネルギー回収や燃料、埋め戻し材に使われる場合はリサイクルに含まれない。			
食料自給率(カロリーベース:2009年) ※1	40%	50%	130%	65%	93%	121%	73%
粗粒穀物自給率(2009年) ※2	1%	3%	118%	112%	104%	157%	124%
施肥量(N成分量:万トン) ※3	46	22	1,149	103	179	205	17
都市ごみのコンポスト投入量(万トン)(年) ※4	11(2011年)	25(2009年)	1,830(2010年)	479(2009年)	830(2010年)	617(2011年)	65(2011年)
その他		食料自給率や飼料自給率が低いことから、飼料化と肥料化を推進。「飼料管理法」と「肥料管理法」に基づき工程規格があり、飼料化は加熱基準、肥料化は有害物質と腐熱度基準を設定。食品廃棄物由来の飼料も堆肥も品質が厳しく、ほとんどは無償で農家に提供されている。飼料は牛や羊等の反芻動物には与えず、鶏や豚に配合飼料の一部(概ね30%以下)として与えられている。飼料化も肥料化も減少傾向にあるが、バイオガス化は技術的、経済的検討が課題。「廃棄物管理法」に基づき、食品廃棄物の処理施設は毎年検査される。		埋立のディスインセンティブとして、埋立税が導入されているが、埋立税の標準税率を2011年から1トン当たり毎年8ポンドずつ引き上げ、少なくとも2014年まで引き上げを継続。埋立税の課税対象者(納税義務者)は、処分場の事業主であり、他者の処分場に廃棄物を処分しようとする者は、処理料金に税金を上乗せして支払うことになる。税率は、通常75ポンド/t(2013年4月1日時点)である。		・環境汚染活動税(TGAP)の埋立関係の引上げと焼却関係の新設 ・2025年までに食品廃棄物半減の目標達成に向けて、11の政策を実施。 (例) ・反食品ロス(anti gaspillage)の統一ロゴマーク ・反食品ロスの日(10月16日)に優良取組の表彰 ・企業のCSR活動に反食品ロス取組の導入 ・賞味期限表示から推奨表示(「前に食べた方がよい」)への変更 ・市民による食品寄付のための1年間の実験WEBサイトの立ち上げ	
<small>(出典) ※1, 2: http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/21/yuhyu/013.html, ※3: http://fao.org/home/index.html#DDOWNLOAD, ※4: (日本) http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ppar/h23/index.htm (日本以外) http://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?cood=brj&row=1&col=00801-# ※5, 6: http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/6112111e.pdf?expires=1371806736&url=http://www.oecd-ilibrary.com/doc/420042622.dhe&sum=7E9278C00606FDC0A2828A8E42F0E99 </small>							

3.7 まとめ

日本その他の国における食品廃棄物の処理・資源化の現状と課題を考慮した場合、中国における食品廃棄物の無害化、資源化を進めるためには以下の事項が提言される。

(1) 食品廃棄物を含む廃棄物の管理に関しては、日本では様々な基準が整備されている。

- 収集・運搬・処分の基準(廃棄物の管理全体をシステムとしてとらえ、必要な基準を設定)
- 廃棄物処理に係る業者に対する基準
- 廃棄物処理施設に関する基準
- 施設の構造に関する技術基準
- 施設の維持管理に関する技術基準
- 中国では、「生ごみ処理技術規範」が2012年12月に公布され、2013年5月から施行されているが、この技術規範は、施設の設計に関する基準としての性格が強い。今後、収集・運搬・処理システム全体、業者の資格要件、処理施設の構造と維持管理に関する詳細なガイドライン、マニュアルの整備が期待される。

(2) 処理施設の建設と運転管理に関しては、廃棄物処理施設の特性を生かした性能発注方式を採用するとともに、近年は公設民営方式(特にDBO方式)が増えている。また、自治体が発注仕様書を作成するための手引も整備されている。

- 施設建設に際しては、中国に適した施設建設、運転管理方式を模索する必要がある。当面、地方政府の技術的能力が向上するまでの間、運転管理を民間委託する方式が考えられる。

(3) 飼料化、肥料化については、日本ではエコフィード制度の導入による飼料化促進策が図られ、徐々に食品工場や流通業界、外食産業からの食品廃棄物の飼料化が進みつつある。韓国や台湾では、より大規模な飼料化が進められつつある。

- 食品廃棄物の飼料化や肥料化に関しては、搬入される廃棄物の質の管理(入り口の管理)、作られた製品の利用先(出口の管理)が極めて重要である。入り口、出口に関しては、地域により大きな違いがあることに留意する必要がある。
- 中国においては、飼料化を厳しく規制することにより、これまで非正規に行われていたレストランごみの飼料化(豚のえさ)をほぼ全面的に禁止することになる可能性が高い。その結果、飼料の需給動向への影響等、様々な影響が懸念される。日本の「エコフィード制度、顔の見えるリサイクルループ制度」を参考とした、中国に適した飼料化、肥料化に関するモデル事業の実施が望まれる。

(別紙)

1. 一般廃棄物の収集、運搬、処分等の基準

1. 一般廃棄物の収集又は運搬に当たっては、次によること。

イ 収集又は運搬は、次のように行うこと。

(1) 一般廃棄物が飛散し、及び流出しないようにすること。

(2) 収集又は運搬に伴う悪臭、騒音又は振動によつて生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。

ロ 一般廃棄物の収集又は運搬のための施設を設置する場合には、生活環境の保全上支障を生ずるおそれのないように必要な措置を講ずること。

ハ 運搬車、運搬容器及び運搬用パイプラインは、一般廃棄物が飛散し、及び流出し、並びに悪臭が漏れるおそれのないものであること。

ニ 船舶を用いて一般廃棄物の収集又は運搬を行う場合には、一般廃棄物の収集又は運搬の用に供する船舶である旨その他の事項をその船体の外側に見やすいように表示し、かつ、当該船舶に環境省令で定める書面を備え付けておくこと。

ホ 石綿が含まれている一般廃棄物であつて環境省令で定めるもの（以下「石綿含有一般廃棄物」という。）の収集又は運搬を行う場合には、石綿含有一般廃棄物が、破碎することのないような方法により、かつ、その他の物と混合するおそれのないように他の物と区分して、収集し、又は運搬すること。

ヘ 一般廃棄物の積替えを行う場合には、次によること。

(1) 積替えは、周囲に囲いが設けられ、かつ、一般廃棄物の積替えの場所であることの表示がされている場所で行うこと。

(2) 積替えの場所から一般廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないように必要な措置を講ずること。

(3) 積替えの場所には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。

ト 石綿含有一般廃棄物の積替えを行う場合には、積替えの場所には、石綿含有一般廃棄物がその他の物と混合するおそれのないように、仕切りを設ける等必要な措置を講ずること。

チ 一般廃棄物の保管は、一般廃棄物の積替えを行う場合を除き、行つてはならないこと。

リ 一般廃棄物の保管を行う場合には、次によること。

(1) 保管は、次に掲げる要件を満たす場所で行うこと。

(イ) 周囲に囲い（保管する一般廃棄物の荷重が直接当該囲いにかかる構造である場合にあっては、当該荷重に対して構造耐力上安全であるものに限る。）が設けられていること。

(ロ) 見やすい箇所に一般廃棄物の積替えのための保管の場所である旨その他一般廃棄物の保管に関し必要な事項を表示した掲示板が設けられていること。

(2) 保管の場所から一般廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないように次に掲げる措置を講ずること。

(イ) 一般廃棄物の保管に伴い汚水が生ずるおそれがある場合にあっては、当該汚水による公共の水域及び地下水の汚染を防止するために必要な排水溝その他の設備を設けるとともに、底面を不浸透性の材料で覆うこと。

(ロ) 屋外において一般廃棄物を容器を用いずに保管する場合にあっては、積み上げられた一般廃棄物の高さが環境省令で定める高さを超えないようにすること。

(ハ) その他必要な措置

(3) 保管の場所には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。

ヌ 石綿含有一般廃棄物の保管を行う場合には、石綿含有一般廃棄物がその他の物と混合するおそれのないように、仕切りを設ける等必要な措置を講ずること。

ル 一般廃棄物処理計画に基づき分別して収集するものとされる一般廃棄物の収集又は運搬を行う場合には、その一般廃棄物の分別の区分に従って収集し、又は運搬すること。

2. 一般廃棄物の処分(埋立処分及び海洋投入処分を除く。以下この号において同じ。)又は再生に当たっては、前号イ及びロの規定の例によるほか、次によること。

イ 一般廃棄物を焼却する場合には、環境省令で定める構造を有する焼却設備を用いて、環境大臣が定める方法により焼却すること。

ロ 一般廃棄物の熱分解(物を処分するために、燃焼を伴わずに加熱により分解することをいう。)を行う場合には、環境省令で定める構造を有する熱分解設備(熱分解により廃棄物を処理する設備をいう。)を用いて、環境大臣が定める方法により行うこと。

ハ 一般廃棄物の保管を行う場合には、前号イの規定の例によること。

ニ 一般廃棄物処理計画に基づき再生するために分別し、収集した一般廃棄物は、適正に再生するようにすること。

ホ し尿処理施設に係る汚泥を再生する場合には、環境大臣が定める方法により再生すること。

ヘ 特定家庭用機器廃棄物の再生又は処分を行う場合には、環境大臣が定める方法により行うこと。

ト 石綿含有一般廃棄物の処分又は再生を行う場合には、次によること。

(1) 石綿含有一般廃棄物の保管を行う場合には、前号トの規定の例によること。

(2) 石綿含有一般廃棄物による人の健康又は生活環境に係る被害が生ずるおそれをなくする方法として環境大臣が定める方法により行うこと。ただし、収集又は運搬のため必要な破碎又は切断であって環境大臣が定める方法により行うものについては、この限りでない。

3. 一般廃棄物の埋立処分に当たっては、第一号イ及びロの規定の例によるほか、次によること。

イ 埋立処分は、次のように行うこと。

(1) 地中にある空間を利用する処分の方法により行つてはならないこと。

(2) 周囲に囲いが設けられ、かつ、一般廃棄物の処分の場所であることの表示がされている場所で行うこと。

ロ 埋立処分の場所(以下「埋立地」という。)からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するために必要な環境省令で定める設備の設置その他の環境省令で定める措置を講ずること。

ハ 埋め立てる一般廃棄物(熱しやく減量十五パーセント以下に焼却したものを除く。)の一層の厚さは、おおむね3メートル以下とし、かつ、一層ごとに、その表面を土砂でおおむね50センチメートル覆うこと。ただし、埋立地の面積が一万平方メートル以下又は埋立容量が五万立方メートル以下の埋立処分(以下「小規模埋立処分」という。)を行う場合は、この限りでない。

ニ 埋立地には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。

ホ 埋立処分を終了する場合には、ハによるほか、生活環境の保全上支障が生じないように当該埋立地の表面を土砂で覆うこと。

へ 浄化槽の規定 [略]

ト 特定家庭用機器一般廃棄物の埋立処分を行う場合には、あらかじめ、前号への規定により再生し、又は処分すること。

チ 石綿含有一般廃棄物の埋立処分を行う場合には、次によること。

(1) 最終処分場（第五条第二項に規定する一般廃棄物の最終処分場に限る。）のうちの一定の場所において、かつ、当該石綿含有一般廃棄物が分散しないように行うこと。

(2) 埋め立てる石綿含有一般廃棄物が埋立地の外に飛散し、及び流出しないように、その表面を土砂で覆う等必要な措置を講ずること。

リ 石綿含有一般廃棄物を前号トの規定により処分し、又は再生したことにより生じた廃棄物の埋立処分を行う場合には、あらかじめ環境大臣が定める基準に適合するものによること。

ヌ 第一条第二号又は第三号に掲げる廃棄物を第四条の二第二号ロの規定により処分し、又は再生したことにより生じた廃棄物の埋立処分を行う場合には、あらかじめ環境大臣が定める基準に適合するものによること。

ル 感染性一般廃棄物の規定 [略]

ヲ ばいじん（集じん施設によって集められたものに限る。）若しくは燃え殻又はばいじん若しくは燃え殻を処分するために処理したもの（ばいじん等）の埋立処分を行う場合には、イからホまでによるほか、次によること。

(1) ばいじん等が大気中に飛散しないように、あらかじめ、水分を添加し、固型化し、こん包する等必要な措置を講ずること。

(2) 運搬車に付着したばいじん等が飛散しないように、当該運搬車を洗浄する等必要な措置を講ずること。

(3) 埋め立てるばいじん等が埋立地の外に飛散し、及び流出しないように、その表面を土砂で覆う等必要な措置を講ずること。

4. 一般廃棄物は、海洋投入処分を行ってはならないこと。

2. 一般廃棄物処理施設の技術上の基準

1. 自重、積験荷重その他の荷重、地震力及び温度応力に対して構造耐力上安全であること。
2. 削除
3. ごみ、ごみの処理に伴い生ずる排ガス及び排水等による腐食を防止するために必要な措置が識じられていること。
4. ごみの飛散及び悪臭の発散を防止するために必要な構造のものであり、又は必要な設備が設けられていること。
5. 著しい騒音及び振動を発生し、周囲の生活環境を損なわないものであること。
6. ごみの保有水及びごみの処理に伴い生ずる汚水又は廃液が、漏れ出し、及び地下に浸透しない構造のものであること。
7. 焼却施設（次号に掲げるものを除く。）にあつては、次の要件を備えていること。 [略]
8. ガス化改質方式の焼却施設及び製鋼の用に供する電気炉、銅の第1次製錬の用に供する転炉若しくは溶解炉又は亜鉛の第1次製錬の用に供する焙焼炉を用いた焼却施設 [略]
9. ばいじん又は焼却灰の処理施設 [略]
10. 高速堆肥化処理施設にあつては、発酵槽内の温度及び空気量を調節することができる装

置が設けられていること。

11. 破砕施設にあっては、次の要件を備えていること。
 - イ 投入する廃棄物に破砕に適さないものが含まれていないことを連続的に監視するために必要な措置が講じられていること。
 - ロ 破砕によって生ずる粉じんの周囲への飛散を防止するために必要な集じん器、散水装置その他の必要な装置が設けられていること。
 - ハ 爆発による被害を防止するために必要な防爆設備又は颯風逃がし口の設置その他必要な措置が講じられていること。
12. ごみ運搬用パイプライン施設 [略]
13. 選別施設にあっては、次の要件を備えていること。
 - イ 再生の対象とする廃棄物を容易に選別できるものであること。
 - ロ 選別によって生ずる粉じんの周囲への飛散を防止するために必要な集じん器、散水装置等が設けられていること。
14. 固形燐料化施設 [略]
15. 施設から排水を放流する場合は、その水質を生活環境保全上の支障が生じないものとするために必要な排水処理設備が設けられていること。

3. 一般廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準

1. 施設へのごみの投入は、当該施設の処理能力を超えないように行うこと。
2. 焼却施設（次号に掲げるものを除く。）にあっては、次のとおりとする。 [略]
3. ガス化改質方式の焼却施設及び電気炉等を用いた焼却施設にあっては、次のとおりとする。 [略]
4. ばいじん又は焼却灰の処理施設 [略]
5. 高速堆肥化処理施設にあっては、発酵槽の内部を発酵に適した状態に保つように温度及び空気量を調節すること。
6. 破砕施設にあっては、次のとおりとする。
 - イ 投入する廃棄物に破砕に適さないものが含まれていないことを連続的に監視すること。
 - ロ 破砕によって生ずる粉じんの周囲への飛散を防止するために必要な措置を講ずること。
7. ごみ運搬用パイプライン施設にあっては、次のとおりとする。 [略]
8. 選別施設にあっては、選別によって生ずる粉じんの周囲への飛散を防止するために必要な措置を講ずること。
9. 固形燃料化施設 [略]
10. ごみの飛散及び悪臭の発散を防止するために必要な措置を講ずること。
11. 蚊、はえ等の発生の防止に努め、構内の潤潔を保持すること。
12. 著しい騒音及び振動の発生により周囲の生活環境を損なわないように必要な措置を講ずること。
13. 施設から排水を放流する場合は、その水質を生活環境保全上の支障が生じないものとする。

14. 前各号のほか、施設の機能を維持するために必要な措置を講じ、定期的に機能検査並びにばい煙及び水質に関する検査を行うこと。
15. 市町村は、そのに係る設置の維持管理を自ら行うこと。
16. 施設の維持管理に関する点検、検査その他の措置の記録を作成し、3年間保存すること。

4. 食品廃棄物管理条例の制度構築

日本人専門家チームは、食品廃棄物国内検討委員会において中国北京工商江大学任連海教授から提案された食品廃棄物管理条例案の検討を行い、検討に際しての重要な考え方を整理し、カウンターパートである北京工商大学との意見交換を行った。その経緯は、以下のとおりである。

- 2013年8月に北京工商大学から食品廃棄物管理弁法素案当初案が示されたため、その内容の確認を含め、意見交換し、日本側からの主な指摘事項を伝達した。
- 2013年10月に北京工商大学から日本の意見を踏まえた修正案が提示された。基本的にこの条例案がJICA及び清華大学に提出されるものとなったが、日本側からは更なる意見が提示された
- 2014年1月、北京工商大学による更なる修正案(条例素案最終案)が示された。この案は、基本的な事項については、概ね日本側指摘を踏まえたものとなっており、大きく前進したと考えられる。
- 食品廃棄物国内検討委員会で最終案についてさらに検討を行い、2014年4月に北京工商大学を通じて国家発展改革委員会に意見を提出した。

4.1 制度設計に際しての基本的事項

①全般

- 定義の不明確なものがある。例えば、非正規の正規化という場合、どのようなものを指すのか、地方によって異なっている可能性がある。
- 資源化に関しては、他の業界との連携協力が重要な意味を持つ場合がある。特に、レストラン1件当たりの収集量が少ない場合には、収集運搬コストの低減化を考えれば、流通業界等との協力、共同化は大きな意味を持つ。
- 「固体廃棄物環境汚染防止法」のような既存法の適切な実施により解決できる問題と、新たな制度をつくらないと解決できないような問題とを整理する必要がある。
- 廃食料油とその他の固形食品廃棄物とが同時に収集されている可能性もある。その場合には、どのような問題が生ずるか慎重に検討する必要がある。
- 「発生抑制」と「減量化」とは厳格に使い分ける必要がある。日本では、例えば食品廃棄物の水切りや炭化などが減量化に該当する。

②法制的な観点からの意見

- 法目的を明確にすることがまず重要。減量化、無害化、資源化が法目的と考えて良いか？
- 法目的と規制する行為に応じて適切な法形式をとる必要がある。そのため、まずどのような目的でどのような行為を規定するかを明らかにしたうえで法形式を決めることが適切。例えば中国の弁法では罰則は規定できない。業者の許可制も弁法ではできない。

- どの部門が法制度の策定主体になるかも重要。例えば、国家発展改革委員会単独では「食の安全」に関する規定は制定できないだろう。
- 関連する他の法制度との関係を明確にすることが重要。特に、「固体廃棄物環境汚染防止法」との整合性、重複排除は重要。
- 収集、運搬、処分に関する行為規制を行おうとする場合には、「固体廃棄物環境汚染防止法」に基づく「国家固形廃棄物環境汚染防止技術基準」等との整合性を考慮する必要がある。
- 収集、運搬、処分に関する業者の許認可制を導入する場合には、やはり「固体廃棄物環境汚染防止法」との関係を考慮する必要がある。
- 国の制度と地方の条例等の制度との関係をどこまで考慮する必要があるか検討の余地がある。中国に適した対処が望まれる。
- すべてのレストランからのごみを法規制の対象にすることは難しいので、何らかの「すそ切り(一定規模以下のレストランは対象から外す)」を考える必要があると考えられる。

③ 外食産業という観点からの意見

- 資源化された製品が実際に利用されることが重要。資源化製品の利用について、有益に利用されている状態とその運用状況を行政が定期的に確認するような規定を追加できないか？
- 日本の現状の罰則規定を見ても、悪いことを防ぐ法律ではなく、良いことを推進する法令のため、実際に罰則規定が適用されたことはない。そのため、罰則規定よりも、良いことを推進するためのインセンティブがあった方が企業や事業者は進めやすい。
- 外食産業のような小規模で少量の廃棄物を出す場合には、物流が重要。いくら優良なリサイクル施設を作っても、その施設を利用することで生ごみを価値あるものにできたとしても、他店舗を回って車両を満載にするまでに化石燃料を多量に使う仕組みは、コスト面からも環境面からも無理がある。そのため、食品リサイクルに取り組む際には、施設よりも物流網を構築することが重要。
- リサイクル施設の設置場所も外食店舗とリサイクル品を使用する事業者が近隣にあるかにポイントを置く必要がある。店舗⇒遠方リサイクル施設⇒遠方製造品利用事業者では結果的に環境と経済の両立を阻害する。韓国同様に、できるだけ小さい循環の輪を作ることを意識して施設を設置していく必要がある。物流は、商売をする企業間の競争も必要だが、地域ごとの集約が重要。
- 単に「外食の生ごみ」を単体として見るのではなく、①そこで働く人たちの意識、②業界の社会的地位、③中国人が生ごみについてどう考えているのか、などの社会的な側面、④外食店舗の営業における仕込みはどこでやっているのか、⑤店舗のオペレーションはどうなっているのか、など中国の外食産業の実態を知る必要がある。そのためには、速やかな現地調査が望ましい。

4.2 食品廃棄物管理弁法素案当初案(2013年8月)に関する検討

食品廃棄物資源化利用と管理条例素案初稿に関する主要な論点を以下のように整理し、北京工商大学に伝達した。

① 収集運搬処分に関する責任

- 日本においては、産業廃棄物及び事業系一般廃棄物に関しては、食品廃棄物を含め、収集運搬処分の責任は排出者(レストラン等)にある。排出者は、自己処理を行うか、委託業者または許可業者等に処理させることになるが、基本的に処理責任は排出者に存する。本条例案の場合、第6条において、日本の場合と同様に、排出者に処理責任を負わせているが、第7条において、排出量に応じた排出費徴収を行うこととしている。また、省、市、区は、食品廃棄物の運搬と処理処分業者に補助金を与えることとしている。これは、基本的に行政による運搬処理を前提としているように見える。
- 事業者による自己処理、許可業者による処理は、日本と同様に認められると考えて良いか？
- 上記に関わるが、排出費徴収は、行政が提供するサービスに対してのみ課されるものと理解して良いか？自己処理がなされる場合には、排出費徴収は行われないと考えて良いか？

② 技術基準

日本では廃棄物処理法において、収集運搬処分に関する基準が決められるとともに、廃棄物処理施設に関する構造基準、維持管理基準が定められている。

本条例素案では、技術に関し、以下のような様々な基準、標準等が定められることとされている。

- 都市農村環境衛生特定項目(第10条)
- 食品廃棄物収集、運搬、処理処分施設建設の現地調査、設計、施工及び現場監督に関する技術基準(第13条)
- 食品廃棄物処理処分施設無害化格付け基準(第14条)
- 食品廃棄物収集容器の基準(第18条)
- 契約収集運搬サービス企業による24時間以内の処理(第18条)
- 食品廃棄物処理処分に関する技術標準(第24条)
- 無害化処理の技術標準？
- 食品廃棄物排出事業者の自己処理施設の規範要求(第26条)
- 食品廃棄物の処理処置に使う技術、設備の技術標準(第27条)
- 食品廃棄物の経営性の集中処理処置事業者機関による食品廃棄物の処理処分に関する関連標準の規範要求(第29条)
- 食品廃棄物を原料とする加工企業の製品品質、標準規範(第33条)
- 国家の食品安全標準(第33条)

これらの基準等からは、必ずしも汎用性がある収集運搬処分の基準が明らかではないように見受けられる。技術の基盤を構成するものとして、すべての主体に適用される「食品廃棄物の収集運搬処分の基準」を条例上明定することを検討すると良い。

また、施設の構造基準や、特に維持管理(運転)基準を何らかの形で整備することが望まれる。

技術基準等において、食品製造加工工場や流通業界など、他の部門から排出される食品廃棄物との混合処理が可能である旨を明らかにできると良い。

また、上記の基準等が、現在検討している技術ガイドラインとどのような関係になるのか、条

例案の中での技術ガイドラインの位置づけを明確にする必要がある。

③排出事業者のすそ切り等

対象排出事業者に関し、日本では一定規模以下のものに対しては対象外としている。中国の場合には、対象排出事業者（や収集運搬処理業者）に関する裾切りは考えられないか？

④行政処罰

日本の場合には、罰則や行政処罰を科す前に、改善勧告や改善命令を出すことが多い。遵守されなかった場合に罰則や行政処罰が適用される。中国の場合には、そのような措置を取らず直ちに行政処罰を科す方が良いのか？

⑤減量化、無害化、資源化に関するインセンティブ

本条例案では、排出事業者による減量化へのインセンティブ、処理業者によるインセンティブが明確でない。税制上の優遇措置等、言利用可や資源化に関するインセンティブの付与方策が考えられないか？

許可を得て収集運搬処理を行う業者に対する財政手記優遇措置や育成措置が見られない。適正処理や資源化を推進するためには、業者育成という観点が必要ではないか。

⑥地方条例との関係

現時点で特別な配慮は不必要か？

4.3 食品廃棄物管理条例案(2013年10月)に関する検討

2013年10月に北京工商大学から日本の意見を踏まえた修正案が提示された。また、日本側意見を踏まえた修正の説明が以下の通り示された。

事業者と行政の責任関係(6条、7条関係)

- 「下処理済み野菜の販売、食品加工技術の改善、食卓の節度などの提唱を通じて、発生源より食品廃棄物の減量化を目指す」を第6条の先頭にする。発生源から制御することの重要性を強調し、食品廃棄物発生事業者の義務は「分別収集の義務およびその関連義務」であることを明確にする。また、第7条の食品廃棄物発生事業者に徴収する排出費の応用は「食品廃棄物の収集運搬と処理処分」に限定する。
- 第7条は主に奨励行為を説明するためである。行政は確実に処理と処分に責任がある。この点について、第5条部門の職責および第5章監督管理の中に詳細な説明をした。
- 事業者から徴収する費用の用途は第7条で「食品廃棄物の収集運搬と処理処分」であることを明確にする。

資源化と減量化を促進するためのインセンティブ

- 資源化と無害化の原則は第4条に明確に書かれている。また、資源化生産に従事する企業に奨励をすることは第7条に書かれている。
- 第7条の中に、飲食業者及び資源化生産企業に(減量)効果に応じて奨励を与える内容を追加した。食品廃棄物を利用して生産をする企業の発展及び関連業界の形成を奨励し、サポートする。関連企業の発展レベル及び効果次第に経費補助と奨励をする。

技術基準の整理

すそ切り

- 中国の国の事情に合わせて、レストランの規模の限定を規定しない。各規模の全てのレストランに適用する。

行政処罰

- 第6章法律責任の中に、条例に違反した行為に対して、基本的に事前勧告、改善命令を出すことが規定されている。(勧告されても)改善しない行為に対して行政処罰を行う。

4.4 食品廃棄物管理条例案最終案(2014年1月)とそれに対する意見

2014年1月21日にJICA提出用最終案が北京工商大学から提示された。この案は、10月末時点での条例素案修正案をさらに改善したものとなっており、細部に関しては更なる改善余地があるものの、日本側の主要な意見が反映された内容になっている。

条文から必ずしも明確に意図を判断できない事項を指摘し、今後の検討に際しての明確化を求めた。また、今後の中国国内検討に際して留意することが望ましい事項を以下の通り整理し、北京工商大学に伝達した。

○条例案に対する更なるコメント

1. 資源化、無害化処理をどう進めようとしているのか、基本的な方向性が条例案からはよく分からない。減量化については、6条の提唱規定、8条の業界自己規律以外、ほとんど規定がなく、何らかの形での減量化推進施策の強化が望まれる。
2. 「収集・運搬業を行おうとする者は、〇〇部門の許可を受けなければならない」といった規定の仕方がされていない。営業義務を課している(32条)ことからすると、許可ではなく特許的なものをイメージしているのか。申請を前提として業者を確定するのか、また、どのような者が収集・運搬業を行うことを想定しているのかが明確でない。処理・処分業者についても同様(28条)。許可制度を導入する場合には、特に中国では、条文上明記することが必要。
3. 収集・運搬費用は、収集・運搬業者が契約を締結した食品廃棄物排出事業者から受け取るものと推察されるが、処理・処分の費用を処理・処分業者が誰からどのようにして受け取るのか不明。他方、食品廃棄物自体のフローは明確(排出者→収集・運搬業者(18条5号)→処理・処分業者(21条2号))。
4. 仮に、雑物を除去しなくともバイオ燃料を適切に生産できる施設があるとした場合、それでも30条違反で改善命令や過料の対象となるのか。
5. 第40条に定める清掃命令のような場合、裁判所に強制執行の申立てをするのでは迂遠であり、(行政強制法による)行政代執行によることとすることを検討したほうが良い。

別添資料

食品廃棄物管理条例(案)

第一章 総則

第一条 (目的・根拠) 食品廃棄物の管理を強化し、食品の安全を保障、食品廃棄物の資源化利用及び無害化処理を促進し、都市と農村の環境衛生を守るため、「中国人民共和国循環経済促進法」「中華人民共和国食品安全法」、「中華人民共和国固体廃棄物環境汚染防止法」及び国务院《都市の外観と環境衛生管理条例》などの関連法律、法規に基づき、各地の実情を配慮した上で、本条例を策定した。

第二条 (専門用語の定義) 本条例において、「食品廃棄物」とは、飲食業、集団給食、の活動において発生する食べ残し及び廃油などの廃棄物のことである。

第三条 (適用範囲) 本条例は市街区域、県(ハイテク産業開発区を含む)の食品廃棄物の収集、運搬、処理・処分、再利用及びその関連管理活動に適用する。

第四条 (事業の原則) 食品廃棄物の資源化利用を提唱すると同時に、減量化及び無害化処理を実行し、適切な処分ルート及び管理パターンの構築を推し進め食品廃棄物の資源化利用レベルを向上させる。

第五条 (部門の職責) 国家住宅と都市農村建設部は、全国の食品廃棄物の監督・管理、各省・自治区・直轄市人民政府住宅と都市農村建設主管部門は、それぞれの省・自治区・直轄市の食品廃棄物の監督・管理に責任を負う。市、県(市、区)人民政府都市環境衛生管理部門(以下は市政環境衛生部門と略する)は当行政区域内の食品廃棄物の監督・管理に責任を負う。

県レベル以上の地方人民政府において、発展改革委員会、公安、環境保護、農業、商務、衛生、工商、品質監督、価格、食品・薬品監督管理などの関連部門は、各自の責任をもって、食品廃棄物の監督・管理を行う。

第六条 (提唱・規定) 下処理済み野菜の販売、食品製造技術の改善、食卓の節度等の提唱を通じて、発生源より食品廃棄物の減量化を目指す。飲食企業、会社食堂、自営業者などの食品廃棄物の発生事業者は、本条例によって食品廃棄物の発生源における分別収集の義務を負う。

第七条 (経費・補助金) 各省・市・区の具体的な状況によって、飲食企業、会社食堂、自営業者などの食品廃棄物の発生事業者に発生量に応じた排出費徴収を次第に実現する。この費用で、食品廃棄物の収集、運搬と処理・処分を行う。

各省・市・区は、現地の物価によって食品廃棄物の運搬と処理・処分業者に補助金を与える。食品廃棄物の減量化、無害化を積極的に実行する飲食企業に適切な奨励をする。食品廃棄物を利用して生産をする企業の発展及び関連業界の形成を奨励し、サポートする。関連企業の発展レベル及び効果の程度によって経費補助を行う。

第八条 (業界自制) 外食産業協会は、業界自制精神を発揮し、関連標準の策定や業界行為の規範に参与し、食品廃棄物減量化の方法を普及しなければならない。食品廃棄物の管理を外食産業事業者の格付けに準じる。

第九条 (苦情・告発) あらゆる団体と個人は、本条例に違反する行為や職責を履行しない行為に対し、環境衛生部門へ告発することができる。関連部門は直ちに調査を行い、法律により処理し、結果を告発者に告知する。

第二章 処理計画と施設建設

第十条 国や各省・自治区・直轄市が作成した都市農村環境衛生特定プロジェクト計画に食品廃棄物の資源化利用と無害化処理の内容を盛り込み、都市（区域）食品廃棄物の収集、運搬、処理・処分施設の配分、土地使用と規模を統一的に計画し、幅広く意見聴取を行う。条件が優れている地域では、区域統一のモデルに基づき、地域特有の食品廃棄物処理・処分施設の建設を行うことができる。

第十一条 食品廃棄物処理・処分施設用地は、環境衛生施設用地として、都市農村計画に組み込まれるため、あらゆる団体、個人は他の用途に使ってはいけない。

第十二条 食品廃棄物収集、運搬、処理・処分施設の建設は、省・自治区・直轄市環境衛生特定プロジェクトと一致しなければならない。

食品廃棄物処理・処分施設が 100 t /日以上以上の規模を上回る建設プロジェクトは、省・自治区・直轄市人民政府投資主管部門及び発展改革委員会により審査・許可する。同時に、省・自治区・直轄市人民政府住宅と都市農村建設主管部門の意見を聴取しなければならない。行政区域にまたがった食品廃棄物処理・処分施設建設プロジェクトは、所管人民政府投資主管部門と発展改革委員会により審査・許可する。同時に、同環境衛生部門の意見を聴取しなければならない。施設の規模が 100 t /日以下の建設プロジェクトは、区・市人民政府投資主管部門及び発展改革委員会により審査・許可する。

第十三条 食品廃棄物収集、運搬、処理・処分施設建設の現地調査、設計、施工及び現場監督は、国の関連法律、法規及び技術基準に従って行わなければならない。

第十四条 食品廃棄物収集、運搬、処理・処分施設の竣工後に、担当業者は法律によって竣工検査を実施し、所管人民政府建設主管部門に竣工検査の記録を作成し、建設プロジェクトの保管書類に記入しなければならない。同時に、所管人民政府及び環境衛生部門に報告しなければならない。未検査または不合格の場合、使用を開始することはできない。

国家住宅と都市農村建設主管部門は関連部門と、食品廃棄物処理・処分施設無害化格付け基準を作成し、省（自治区、直轄市）人民政府住宅と都市農村建設主管部門は、操業中の食品廃棄物処理・処分施設の無害化を状況を確認する。

第三章 食品廃棄物の申告、収集及び運搬

第十五条 食品廃棄物に対し、分別排出、専門的な収集及び運搬を実施する。

第十六条 食品廃棄物発生事業者は、食品廃棄物収集、運搬サービス企業と契約を結び、現地の環境衛生部門に報告しなければならない。商工、環境保護、食品・薬品監督管理等の部門へ登録または許可申請を申し出る場合、契約書を提示しなければならない。

第十七条 食品廃棄物発生事業者は、毎年定期的に現地の環境衛生部門に来年度の食品廃棄物発生状況予測を申告する。新設食品廃棄物発生事業者は、営業日より 10 日以内に現地環境衛生部門へ発生状況予測を申告する。申告資料として、食品廃棄物収集、運搬サービス企業との契約の写しを添付しなければならない。また、経営場所の変更や食品廃棄物発生量が大きく変動した場合、直ちに環境衛生部門へ報告しなければならない。

第十八条 食品廃棄物発生事業者は下記規定を遵守しなければならない。

(一) 基準を満たした食品廃棄物収集容器を設置する。食品廃棄物の屋外放置を厳禁する。

(二) 食品廃棄物とその他の廃棄物は分別収集し、別々に貯留することを徹底する。食品廃棄物とその他の生活ごみの混合運搬・処理すること、及び食品廃棄物の雨水・汚水排水管、河、溝と公衆トイレへの排出は厳禁する。

(三) 環境保護の関連規定により、油水分離機等の汚染防止施設を設置する。

(四) 食品廃棄物収集容器と汚染防止施設を完全密閉とし、清潔を保持するとともに、周辺環境の保全を維持する。

(五) 契約収集・運搬サービス企業は、食品廃棄物発生後 24 時間以内に処理する。本条例に合格しない業者や個人への委託は厳禁する。

第十九条 環境衛生部門は関連規定により、正式なプロセスに沿って食品廃棄物収集・運搬サービス企業を選定し、食品廃棄物収集・運搬特別経営許可証を授与し、許可証には、経営期限、サービス基準と契約違反責任などを明記する。許可書を所持しない業者は、食品廃棄物収集・運搬業務をしてはならない。

第二十条 食品廃棄物収集・運搬サービス業者は、下記条件を満たさなければならない。

(一) 企業法人資格を有すること。

(二) 食品廃棄物収集において、専用全密閉収集容器を用いる。

(三) 食品廃棄物運搬において悪臭漏れ、飛散、流失を防ぐ全密閉自動荷卸装置付き収集車を用いる。

(四) 正しい技術、品質、安全性とモニタリング管理制度を有し、有効的に活用している。

(五) 法律に沿った道路運輸経営許可証と自動車運行証明書を有すること。

(六) オフィスと機械、設備、駐車場を有すること。

(七) 法律、法規が定めたその他の条件。

第二十一条 食品廃棄物収集・運搬サービス企業は、下記規定を遵守しなければならない。

(一) 環境衛生作業基準と規範に従って、定めた時間内に食品廃棄物を収集、運搬すること。

(二) 収集された食品廃棄物を本条例が定められた処理・処分場に運搬すること。

(三) 食品廃棄物収集・運搬台帳管理制度を設け、収集・運搬台帳を定期的に現地環境衛生部門に提出すること。

第二十二条 食品廃棄物を行政区域外へ運搬し処理する場合、担当業者は現地環境衛生部門に報告し、関連書類を提供すること。上述手続きなしに、行政区域外への運搬は禁止する。

第四章 食品廃棄物の処理・処分

第二十三条 食品廃棄物の処理・処分施設の建設は、都市の環境衛生施設の特定プロジェクトの計画に沿うべきであり、国家の関連規定に従って投資、建設、環境保護の関連許可審議の手続を取り扱う。

第二十四条 食品廃棄物の処理・処分は国の関連規定及び技術基準に厳格に従うべきであり、集中方式あるいは分散方式を採用して実施する。また、いかなる個人による食品廃棄物の無許可の処理・処分を禁じる。資源化利用できない食品廃棄物に対しては無害化処理を行う。

第二十五条 食品類の生産者に食品廃棄物を販売し、あるいは食品廃棄物を再利用して食品類の製品にすることを禁じる。廃棄油脂を食用油脂に加工することを厳禁する。処理されていない食品廃棄物をそのまま牧畜業に提供することを禁止する。

第二十六条 食品廃棄物を発生する事業者・機関は関係管理部門の批准を取った後、自ら食品廃棄物を処理・処分することができる。その処理・処分施設は関連標準の規範要求を満たさなければならない。

第二十七条 食品廃棄物の処理・処分に使う技術、設備は国家と地方の食品廃棄物に関する処理・処分の技術標準に準じなければならない。環境に対して汚染をもたらすことを防止する。新技術、新設備を採用にあたっては、所在地の人民政府の住宅都市と農村建設主管部門が担当して技術的な内容を確認する。

第二十八条 市政環境衛生部門が関連規定に基づいて、正規の手順で食品廃棄物の集中処理・処分事業者・機関を認定し、そして食品廃棄物の処理・処分の特許経営の許可証を授与する。許可証には、経営期限、サービスの基準と違約責任を明確に記載する。食品廃棄物の処理・処分の業務許可証を取っていない事業者・機関は、食品廃棄物の集中の処理・処分の活動業務に従事してはならない。

第二十九条 第二十九条 食品廃棄物の経営性の処理・処分に従事する企業は、処理工程所在地の経済、産業と社会発展状況に応じて、資源化レベルが高い食品廃棄物処理先進工程技术路線を選択し、現地の市政環境衛生部門の批准を得る。

第三十条 食品廃棄物を利用してバイオガスの燃料、肥料、飼料と化学工業の製品などを生産することを推奨する。製品は関連標準の規範要求を満足しなければならない。建てられた食品廃棄物処理施設は食品廃棄物処理の関連技術規範を満足するものでなければならない。食品廃棄物を利用してバイオ燃料を生産する工程では、生産過程にて雑物除去、砂除去、設備運転の順調を確保し、発酵施設の浸出防止、腐敗防止、保温及び密閉を確実に実施するとともに、メタンガス貯留タンクには防火、防爆装置を設置し、また、Flare Systemを設置しなければならない。食品廃棄物を利用して好気性堆肥をする工程では、処理プロセスにおいて、ごみに対して脱油、脱水及び炭素窒素比率の調整などを行い、ゴミの中の塩が土壌に対する悪い影響も考慮しなければならない。食品廃棄物を利用して飼料製品を生産する工程では、生産プロセスにおいて必ず湿熱処理設備を設置して病原菌を死滅させなければならない。生産した飼料化製品は反芻類動物の餌にしてはならない。食品廃棄物の処理・処分過程で発生する廃水、廃ガス、残さに対して合理的な処理の方案と基準に達する排出方案を作成しなければならない。

第三十一条 食品廃棄物の処理・処分サービスを従事する企業は、要求に応じて環境のモニタリングを行い、食品廃棄物の処理・処分施設の性能と環境保護の指標に対して定期的に検査・測定・評価をして、現地の市政環境衛生部門と環境保護の主管部門に検査・測定・評価結果を報告しなければならない。また、処理・処分処置の台帳を作成し、定期的に市政環境衛生部門に処理・処分の食品廃棄物の関連する状況を報告しなければならない。

第三十二条 現地の市政環境衛生部門の批准を得ていないうちに、自ら休業、廃業になるてはならない。食品廃棄物を収集、運搬と処理・処分事業者・機関は、やむなく休業、廃業しなければならない場合、あるいは処理・処分施設・設備を検査・修理をしなければならない場合は、規定された期日に従って、市政環境衛生部門に事前申請を出さなければならない。主管部門の同意を得た後、休業あるいは廃業することができる。

第三十三条 食品廃棄物の収集運搬、処理事業者・機関は、食品廃棄物の収集運搬、処理・処分の緊急対応策を作成し、規定に基づいて市政環境衛生部門へ提出しなければならない。

第五章 監督管理

第三十四条 国家と地方の発展改革の主管部門は、関連政策と措置の強化・改善を協議し、食品廃棄物の処理費及び汚染物質排出に対する費用の徴収政策を合理的に策定し、食品廃棄物の資源化利用と無害化処理を進め、積極的に関連企業の発展を支援しなければならない。

国家住宅と都市農村建設部及び地方市政環境衛生の主管部門は、監督管理制度の適正な構

築を行い、食品廃棄物の発生事業者・機関および収集、運搬、処理・処分企業に対して、本条例の実施状況を監督しなければならない。必要に応じて、地方の主管部門は、食品廃棄物の処理・処分企業に駐在監督員を派遣する。

国家と地方の環境保護の主管部門は、食品廃棄物の発生事業者、処理・処分事業者に対して、環境への影響にかかわる評価の審査許可と環境保護プロジェクトの竣工による「三同時」の検査業務を実施して、法律に基づいて汚染予防処理施設の運行および汚染物質排出の状況を監督・管理する。また、食品生産企業の汚染予防施設の監督・管理を担当し、規準を超えた油脂や廃水などを排出する違法行為を法律に基いて調査して取り締まりを行う。

国家と地方の食品・薬品監督管理部門は、飲食サービス一環の監督管理を担当し、飲食サービスを提供する者による食用油の仕入れ検査、証明書・領収書請求の制度の構築および実施を監督する。違法購入、食品廃棄物を原料として加工・利用をする食品安全法律法規を違反する行為を法律に基づいて取り締まる。飲食サービスを提供する者による食品廃棄物発生登録作業に対して監督検査を行う。

国家と地方の農業主管部門は、食品廃棄物を原料としての肥料製品への監督管理を強化しなければならない。また、無害化処理されていない食品廃棄物を畜禽の餌にする行為を法律に基づいて取り締まりを行う。

国家と地方の衛生主管部門と食品安全弁公室は、食品安全の総合調整、食用油安全のリスク管理を強化しなければならない。

国家と地方の財政主管部門は、都市公共事業管理に関する食品廃棄物の収集、運搬、無害化処理と資源化利用施設の運営と建設の資金に対して監督管理を強化しなければならない。

国家と地方の品質技術主管部門は、食品廃棄物を原料とする加工企業の製品品質、標準規範に対して監督管理を行い、食品廃棄物を原料とする食用油あるいは食品の生産加工の違法行為に対して法律に基づいて取り締まりを行う。

工商部門は、協力して飲食サービスと食品の流通段階に対して監督管理を行い、法律に基づいて国家の食品安全標準に準じない食用油を経営する違法行為の取り締まりを行う。

国家と地方の商務主管部門は、飲食業の業界管理を強化すべき飲食サービス業が発生源で食品廃棄物に対しての分別、減量を行うように促し、食品廃棄物を主管部門の許可をもらった企業に委託し、収集、運搬と処理・処分を行うように指導する。

国家と地方の公安機関は、食品廃棄物の収集運搬の車両の道路の交通安全に対して監督管理を行う。法律に基づいて、各種の無証明書・無免許の食品廃棄物の収集、運搬、処理・処分を行うものに対する取締を行う。また、食品廃棄物を原料とする油脂を作って、環境と人身健康に危害を及ぼす犯罪行為の取締を行う。

第三十五条 市政環境衛生部門は、食品廃棄物の収集、運搬と処理・処分企業の信用体系を構築する。また、ネットワークのプラットフォームを利用して直ちに企業行為を記録して、企業に対して定期的な審査を行い、そして社会に公表する。

第六章 法律責任

第三十六条 本条例の規定を違反する行為について、現行法律、法規に既に法律の責任規定がある場合、それに従って実行する。犯罪になった場合、法律に応じて刑事責任を追及する。

第三十七条 食品廃棄物の発生事業者は、下記の行為がある場合、県レベル以上の地方市政環境衛生部門が期限を定めて修正命令を出し、期限を過ぎても修正しない場合は、5000 元

以上 30000 元以下の罰金とする。

(一) 食品廃棄物の保管に標準に合う収集容器を使わない。

(二) 食品廃棄物とその他の廃棄物を分別して保管しない。

(三) 規定に基づいて食品廃棄物を主管部門の許可をもらった食品廃棄物収集運搬企業に委託せず、食品廃棄物を無許可で雨水のパイプ、市政污水パイプ、公衆トイレまたは海洋、湖、ダム、河川などに排出する。

(四) 食品廃棄物を本条例の規定に合わない事業者あるいは個人にして、回収、運搬、処理・処分をしてもらう。

(五) 大量の廃棄食用油を発生する事業者は、油水分離器あるいは浮上タンク（固液分離槽）などの汚染予防・対策の施設設備を設置しない。

第三十八条 食品廃棄物の発生事業者、食品廃棄物発生台帳を作成せず、あるいは毎月所在地の都市環境衛生主管部門に月毎の食品廃棄物の種類と数量を報告せず、それを警告しても実行しない場合は、5000 元以上 10000 元以下の罰金とする。

第三十九条 許可を取らず食品廃棄物の収集、運搬と処理・処分の業務に従事するものに対しては、県レベル以上の地方市政環境衛生部門から違法行為の停止を命令したのち、違法所得を没収し、さらに 5000 元以上 20000 元以下の罰金とする。

第四十条 食品廃棄物の収集、運搬サービスを従事する企業、運搬の過程で許可なしに撒いたり、放棄したり、撒き散らしたりしたものに対しては、県レベル以上の地方市政環境衛生部門が期限を定めて清掃命令を出し、さらに 5000 元以上 10000 元以下の罰金とする。

第四十一条 無害化処理されない食品廃棄物を畜禽の餌にしたものに対しては、県レベル以上の地方人民政府の農業主管部門が違法行為停止命令を出し、それを受け入れない場合 5000 元以上 30000 元以下の罰金とする。環境などに対して深刻な結果をもたらした場合は、20000 元以上の罰金とする。関連法律を犯した場合、関連法律に従って処罰する。

第四十二条 食品廃棄物の収集、運搬サービスを従事する企業は、本条例の第十九条～第二十一条を違反した場合、県レベル以上の地方市政環境衛生部門が期限を定めて改正命令を出し、そして 5000 元以上 10000 万以下の罰金とする。

食品廃棄物の処理・処分サービスを従事する企業は、本条例の第三十条か第三十一条を違反したものに対しては、県レベル以上の市政環境衛生部門が期限を定めて改正命令を出し、そして 10000 元以上 20000 元以下の罰金とする。損失をもたらした場合、法律に基いて賠償責任を取らせる。

第四十三条 食品廃棄物の収集、運搬サービスを従事する企業は、収集、運搬の過程で収集設備の中に水または雑物を投棄してはいけない。違反した場合、県レベル以上の地方市政環境衛生部門が期限を定めて改正命令を出し、そして 10000 元以上 20000 元以下の罰金とする。状況が極めた深刻な場合は、サービス許可資格を取り消す。

第四十四条 食品廃棄物の発生事業者及び食品廃棄物の収集、運搬サービスに従事する企業は、行政処罰に不服がある場合には、国家の法律、法規の規定に従って行政再議を申請できる、あるいは行政訴訟をすることができる。当事業者は、罰金及び改善命令に対して法定期間内に再議を申請しない、または訴訟をしても履行しない場合には、県レベル以上の地方市政環境衛生部門は、人民法院に強制執行を申請できる。

第七章 付 則

第四十五条 本条例は 201? 年? 月? 日より施行する。

5. 中国に適した食品廃棄物管理、資源化のための技術ガイドライン (案)

日中の専門家により食品廃棄物の管理、資源化に関する技術的事項について検討した結果、以下のように技術的事項を整理し、技術ガイドライン（案）を作成した。本ガイドライン（案）が今後然るべき国レベルでの検討プロセスを経て、国が示す食品廃棄物管理・資源化ガイドラインまたはマニュアルとして公表されることが期待される。

5.1 各地の事情に適した食品廃棄物管理方法の選択

中国には 34 の省級行政区域（4 の直轄市、23 の省、5 の自治区、2 の特別行政区を含む）、333（香港、マカオ、台湾を含まない）の地級行政区域（285 の地級市、15 の地区、30 の自治州、3 の盟）、2,852（香港、マカオ、台湾を含まない）の県級行政区画（860 の市轄区、368 の県級市、1,453 の県、117 の自治県、49 の旗、3 の自治旗、1 の特区、1 の林区）、41,658（香港、マカオ、台湾を含まない）の郷級行政区画（2 の区公所、7,194 の街道、19,683 の鎮、13,587 の郷、1,085 の民俗郷、106 の蘇木、1 の民俗蘇木）があるほか、662,238（香港、マカオ、台湾を含まない）の村級行政区画（街道弁事所など）がある（省以下の行政区画の統計は香港、マカオ、台湾を含まない）。全国は華北、華東、華南、華中、東北、西南、西北の 7 地区に分かれる。華北地区は北京、天津、河北、山西、内モンゴル、華東地区は上海、山東、江蘇、安徽、江西、浙江、福建、台湾、華中地区は湖北、湖南、河南、華南地区は広東、広西、海南、香港、マカオ、西南地区は重慶、四川、貴州、雲南、チベット、西北地区は陝西、甘肅、寧夏、新疆、青海、東北地区は黒竜江、吉林、遼寧（省以下の行政区画の統計は台湾を含まない）。各地区は経済発展状況が異なり、気候的特徴や文化的背景、飲食習慣もさまざまであるため、各地で発生する食品廃棄物の組成、食品廃棄物資源化製品に対するニーズや、各地に適した食品廃棄物管理対策、資源化処理技術もそれぞれ異なる。

華北地区では濃い味が好まれるため、食品廃棄物に塩分が多く含まれ、それが食品廃棄物の肥料化に一定の影響を及ぼしている。経済が発展している華東地区では、あっさりした味が好まれ、食品の種類が雑多であるため、食品廃棄物の組成が複雑で、前処理システムへの要求が高く、飼料化製品のニーズも高い。飲食業が発展している華中地区では、食品廃棄物の 1 人あたりの発生量が全国でも高水準にある。中国で最も経済が発展している華南地区は、沿海都市が多いため、食品廃棄物に貝類廃棄物が多く含まれ、処理工程における除砂装置への要求が高い。西南地区では火鍋料理（中国風寄せ鍋——訳注）が主体で、食品廃棄物に油脂が多く含まれるため、処理工程における脱油装置への要求が高い。土地が広くて人が少なく、イスラム系少数民族が多く暮らす西北地区では、牛肉や羊肉を多く使用するイスラム料理が主体であることから、食品廃棄物にも動物性脂肪が多く含まれ、処理工程では油脂回収効率を高めるため固相内部脂肪への湿熱処理が求められる。また西北地区は砂漠と山間地域が多いため、食品廃棄物の資源化製品を砂漠の土壌改良剤として用いることができる。寒さが厳しい東北地区では、低温に適した食品廃棄物生物処理技術が求められる。

したがって、各地の事情に適し、それぞれの特徴に相応しい食品廃棄物管理対策と資源化処理

の技術的方向性を選択することが非常に重要である。

食品廃棄物の処理、資源化に際しては、地域の実情に応じ以下の技術的方法の中から適切な方法を選択する必要がある。

- 飼料化：食品廃棄物の資源化方法としては、本来最も望ましい方式であるが、現在の中国の法体系のもとでは、農家の自家養豚に限定される等大きな制限が課せられている。食の安全という観点も踏まえ、優良な飼料化業者の育成や日本の「顔の見えるリサイクルループ」などを踏まえたモデル事業の実施が望まれる。
- 肥料化：事業系の食品廃棄物や一部の家庭系食品はコンポスト化し、利用されている。製品の質の管理の問題、市場（引き取り先）の問題等を抱えるため、地域の特性を踏まえて判断する必要がある。特に、動物の糞尿との競合に留意する必要がある。
- メタン発酵：飼料化や肥料化と比べて比較的食品ごみの分別精度が高くないながらも良いことから、近年多くの都市で導入が図られつつあるが、まだ稼働事例が少ない。プラスチックや陶器、金属などを除去するための一定程度以上の分別は不可欠。残渣は、肥料として利用することが可能。大量に排出される脱離液の処理が問題になる。
- 廃食用油：一般的に採算性がある。地溝油が食用油として利用されないよう規制を強化しつつ、商業ベースでBDF等としての活用を図ることが期待される。
- 焼却処理：ごみの焼却施設が整備されている場合には、焼却処理することも選択肢として考慮されるべきである。

5.2 食品廃棄物処理技術

(1) 共通事項

① 収集・運搬

食品廃棄物の収集と運搬過程は、食品廃棄物資源化処理の重要な過程であり、もちろん、排出源での減量化も非常に必要なことである。好ましい収集と運搬体系は、排出源での分別と減量を実現し、後期食品廃棄物処理に有利なだけでなく、現在社会で生じている不法処理の現象も効果的に防ぐことにつながる。

a) 発生源での分別

食品廃棄物の発生源での分別は、その中から古紙、廃プラスチック、廃ガラス、鉄くず、廃陶磁器など非有機系の異物を分離し、後続処理の負荷と処理難度を大幅に軽減する。

b) 食品廃棄物の収集

買い取り企業と契約を交わした一部の飲食業者は、収集過程でもいくつかの問題に直面する。まず、ごみの分別が十分徹底されておらず、食品廃棄物の中に比較的多くの生活系ごみが混じり、食品廃棄物処理の作業量が増えること。次に、収集設備と飲食業に対する一次分離設備の設置要求が統一化および強制化されておらず、同じように資源の浪費を招くこと。最後に、一部の都市では、収集と運搬を異なる組織が行っており、こうした方法が収集する食品廃棄物の「質」をある程度低下させ、作業効率を下げていること。

食品廃棄物を一種の特殊な生活系ごみおよび固体廃棄物と見なし、例えば『中華人民共和国固体廃棄物汚染環境防治法（中華人民共和国固体廃棄物汚染環境防止法）』（2005）、『城市生活垃圾管理弁法（都市生活系ごみ管理弁法）』（2007）、『餐飲企業經營規範（飲食業企業運営規範）』（2007）、『中華人民共和国循環經濟促進法（中華人民共和国循環型經濟促進法）』（2009）などの関連法に基づき、以下のような処理原則を定めることができる。(1) 食品廃棄物処理の「減量化、資源化、無害化」と「汚染者負担」原則、(2) 食品廃棄物収集・運搬処理組織は、対応する行政の許可を得なければならない、(3) 食品廃棄物は、権威部門が認定した処理場所に運ばなければならない、(4) 関連部門は、不法経営者を処分する権利を有する。

(5) 国は食品廃棄物の無害化、資源化処理した上での利用を極めて重視するものとする。

通常、食品廃棄物の収集過程は、専門スタッフが毎日一定時間に訪問して収集し、専用の運搬手段でごみ積み替え中継地点まで運ぶ、または食品廃棄物を発生させた事業単位・企業ならびに住民がごみを指定場所に捨て、専門スタッフが収集する。ごみを入れるごみ袋は、通常、食品廃棄物の排出者が自分で用意するか、環境衛生部門が無償で提供するか、またはコストのみ徴収する、または同部門が小型ごみ収集容器を無償で提供し、住民は定時にこの収集容器を指定場所に出し、代わりに空の収集容器を持ち帰るようにして、繰り返し使用し、ごみ運搬車は、ごみでいっぱいになった容器を収集して運ぶ。

ごみの収集容器は、各種生活系ごみを入れる専用器具である。経済的条件と生活習慣など各方面の制約を受けるため、各国で使用される収集容器の種類、形状および材質には大きな違いがあるが、収集容器を選択する際は、通常は以下の原則に従う。

- ①収集容器の容積は、付近の住民と企業の日常的なごみ排出量の需要を満たさなければならず、ごみの発酵、腐敗、ハエ・蚊の発生、悪臭の発散を防ぐために、1～3日間の貯留期間を超えてはならない。
- ②密閉収集容器はハエ・蚊・ネズミ、悪臭、雨・雪を防ぐものでなければならず、このために容器は蓋付きのもので、収集途中のごみの散逸も防ぐことができるものでなければならない。
- ③洗浄と環境への影響に関しては、収集容器内にごみが付着するのを防ぐためのもので、常に水で容器を洗わなければならない。このため、ごみ収集容器内はつつるして洗いやすく、残留物・付着物が残らないようなものでなければならない。
- ④その他、収集容器は扱いが便利で、頑丈で耐久性があり、外観が整っており、かつ低価格なものでなければならない。機械で収集・運搬しやすいものとする。

食品廃棄物の含水量の多さ、腐敗のしやすさなどを考慮すると、収集容器には密閉式を採用すべきで、こうすることで、食品廃棄物の異臭の発散を減らし、作業員の作業環境を改善できるだけでなく、細菌の繁殖を抑えることもできる。収集容器は、食品廃棄物の日産量に基づいて規格を設計し、かつ標準的な収集表示を明示すべきで、同時に運搬車量との整合性も考慮しなければならない。収集装置は耐食性、密封性、実用性、洗浄のしやすさ、計量可能などの条件を満たさなければならない。産業類の食品廃棄物排出事業所単位・企業は、排出量によって専門の収集・運搬会社（または回収地点）からタイプの異なる収集容器を借りることもできる。

c)食品廃棄物の運搬

食品廃棄物は含水量が多く、極めて腐敗しやすい点を考慮し、食品廃棄物は原則として排出したその日のうちに収集・運搬しなければならない。食品廃棄物には密閉性が高く、積み卸しが簡単な収集・運搬専用の清掃車を使用し、運搬途中で落としたり液体を漏らしたりしてはならず、

運搬車は洗浄と消毒を定期的に行わなければならない。

食品廃棄物の運搬過程には次のような問題があり、解決のために一層の取り組みが必要である。

- ①運搬または収集の過程で二次汚染を起こす。中小都市の多くでは、運搬過程で、密封性がよくないために汚水が漏れて路面に滴り落ち、都市景観に重大な影響を及ぼしている。
- ②収集方式の問題。収集設備、とりわけ運搬車両は、食品廃棄物を回収する過程では必要不可欠で、装備、性能の違いは食品廃棄物リサイクル体系のコストに大きく影響し、このため現地の状況に適した方法を取り、分相応の収集・運搬設備を選ぶべきである。運搬距離が比較的遠い、地域の中心地区のごみには、3～6tの収集車を採用すべきで、積み替え中継地点で大型運搬車に積み替えて処理施設に運ぶようにし、輸送用15tコンテナ車を用いてもよい。処理施設が比較的遠い農村地区は、人力収集車両でゴミを収集してから、3～6tの収集車で処理能力100t/d以上をゴミ分流センターに運び、分類と資源化利用を図った後、再び8～10tのコンテナ車で処理場に運ぶ。処理施設付近（遠くても7～10kmまで）の地区のごみは処理施設に直接運び込み、このうち郷鎮は、住民のごみを圧縮収集点で収集してもよく、農村地区は3～6tの収集車で巡回して収集してもよい。

食品廃棄物の収集・運搬方式には2種類ある。1つは直接収集・運搬方式である。収集・運搬の専用車両が食品廃棄物の排出場所から食品廃棄物処理場に直接運搬するもので、この方法は簡単かつ便利で、途中の作業過程が少なく、食品廃棄物発生量が比較的多く、かつ食品廃棄物排出事業所単位・企業が相対的に集中している地区の産業類食品廃棄物には適しており、また運搬距離が比較的近いものに適している。もう1つは中継収集・運搬方式である。まず回収地点の食品廃棄物を積み替え中継地点（回収センターの収集量は約1～5t）に運び、収集・運搬車両により積み替え中継地点から食品廃棄物処理場に運ぶ。この収集・運搬方式は市街地の道路が狭く、交通渋滞が発生し、食品廃棄物排出量が少なく、かつ分散した地区に適している。

収集・運搬ルート最適化は実際に、食品廃棄物量と車両の積載容量という条件下で収集地点から資源化企業までの最良のルートを求めることである。1つの地域系統または大きな市街地にとって、最適化されたマクロ的運搬ルートを確定することは、食品廃棄物収集・運搬と資源化の加工・利用全体の効率とコストにとって比較的大きな影響を与える。収集・運搬ルートの最適化は実質的には、複数ルートによる運搬問題である。食品廃棄物の収集方法、収集車両のタイプ、収集回数と関連事項を決定後、科学的な収集・運搬ルートを設計することで、コスト軽減を図ることができる。

通常、収集ルートの設計は、繰り返し試算することになる。収集・運搬ルート設計の主な問題は、どのように最短ルートをとるかということにある。実情に基づいて次の原則を考慮して設計することが望ましい。

- ①使用ルートは重複してはならず、無駄がなくまとまっていること。
- ②スタート地点はできるだけ車庫に近いこと。
- ③交通量の多い通りは、ラッシュの時間帯を避けること。
- ④ルート上、横切ることのできない一方通行道路は、通りの端で回路状につなげること。
- ⑤小高い地区での廃棄物収集は、道を下るときに収集し、車が下りやすいようにすること。
- ⑥地区ブロックを巡回するときは、できるだけ時計回りにする。
- ⑦長い直線道路は、時計回りで戻る前に走行ルートを確定すること。
- ⑧1本の双方向通行道路を折り返し点にしないことで、180度の方向転換を避けることができる。

以上のガイドラインに基づき、比較的合理的で具体的なルートを検討するとき、1地区内の各営業日・各ルート上の制限は、なるべくコンパクトにまとめ、断続や重複するルートがないよう

にする。作業量のバランスをとることで、各作業、各ルートの収集・運搬時間を合理的にほぼ同じにする。収集ルートの出発は車庫からとし、交通渋滞と一方通行道路などの要因を考慮しなければならない。

5.3 食品廃棄物の前処理技術

食品廃棄物の前処理技術とは主に、食品廃棄物中の鉄くず、廃ガラス、廃陶磁器などの無機不純物と古紙、廃プラスチック、廃弁当容器、はしなど、非栄養性有機物を除去することで、後続処理のために有利な条件を作ることである。食品廃棄物の油水分離と脂質成分の回収も食品廃棄物前処理の重要な一部である。

食品廃棄物中の鉄くずに対しては、磁力による選別を利用し、食品廃棄物中の鉄くずを選別することができる。食品廃棄物中のビール瓶、陶磁器製食器などの廃ガラス、廃陶磁器、貝殻は破砕し、沈砂装置に入れ、油分吸収または底部から砂を排出して除去する。食品廃棄物中の廃プラスチックは、一般に袋を破り、洗浄し、風力選別の方法で除去する。食品廃棄物中の廃油脂は、湿熱処理により浸出させ、固相内に浮かんだ油脂を、高効率の油水分離技術で廃油を分離する。

手選別を採用する場合は、選別作業員には相応の労働保護措置を取らなければならない。

(1)食品廃棄物による肥料製造

食品廃棄物を利用して肥料を製造するには、一般的には前処理、主発酵、二次発酵、後処理、脱臭および貯蔵などの工程がある。

①前処理

固体廃棄物の成分は非常に複雑で、とりわけ中国のごみは大部分が分別処理されておらず、前処理はとりわけ重要である。前処理過程には破砕、選別、ふるい分け、混合、および養分、水分、物理的性状の調整などが含まれる。前処理は主に、2つの点で意義がある。①堆肥にできない、または適さないものを取り除く。ごみに含まれる粗大ごみと堆肥化できない物質、例えば、石、プラスチック、金属物などは、ごみ処理機の正常な作動に影響する上、堆肥発酵槽の容積を増し、堆肥製品の質に影響するため、堆肥化する前に、原料を選別し除去する必要がある。②原料の栄養成分と物理的性状を調える。生物の発酵条件を満たすために、微生物の成長に必要な十分でバランスのとれた養分、水分を提供し、原料の大きさ、空隙度、均質性など物理的性状を調節し、高効率の堆肥化過程と高品質の堆肥製品を得る。一般に食品廃棄物の発酵にはわら、もみ殻などの補助材料を加えて堆肥原料の C/N 比、空隙率を調節する。

②主発酵(一次発酵)

主発酵は露天または発酵装置内で行い、攪拌または強制的な通風により堆積層または発酵装置に酸素を供給する。発酵は 55℃以上で少なくとも 5 日以上滞留させることが求められる。

③後発酵(二次発酵または熟成化)

主発酵を経た半加工品は、さらに後発酵を行わなければならない。すなわち二次発酵によって有機物をさらに分解させ、比較的安定した物質に変化させ、最終的に完全に腐熟した堆肥製品となる。この過程では、発酵反応の速度が低下し、酸素消費量が下がるため、所用時間が比較的長い。後発酵は密閉式反応器で行うが、広く開け放たれた場所や原料倉庫で行われることが比較的多く、通常、畝状に堆積する、または静置堆肥化の方法がとられる。原料は通常、1~2m の高さに積み重ね、露天のときは雨水が入り込まないような装置を施さなければならず、後発酵は攪拌

または通風を必要とすることもある。時には堆肥を熟成化させる発酵効率を高めることで、堆肥を十分に腐熟させ、微生物を接種し腐熟を速めることもできる。後発酵の時間は20～30日以上が最も望ましい。

④後処理

二次発酵を経ると、原料は細く変形し、体積も明らかに減少する。だが、堆肥原料には、まだ事前選別で除去されなかったプラスチック、ガラス、陶磁器、金属、小石などの不純物があり、後処理で取り除くことで、製品の品質と使用可能性を保証しなければならない。このほか、堆肥製品の質と商業化レベルを高めるために、さらにN、P、Kなどの養分を加えて肥料の効果を増し、研磨、造粒、袋詰めを行う。後処理設備には選別、研磨、袋詰め、締め固めによる造粒などの設備が含まれ、実際の工程では、現地の必要に応じて後処理設備を組み合わせ使用する。

⑤脱臭

堆肥製造の全工程で、微生物の分解により、においのする気体が発生する。一般に言うところの悪臭である。よくある臭気を伴う気体には、アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、アミン類などがある。環境を保護するために、発生する臭気に対し脱臭処理を行わなければならない。脱臭方法には、化学消臭剤の添加、生物脱臭、堆肥熟成、またはゼオライトによる吸着・ろ過などがある。好気性堆肥のときは、堆肥の表面を熟成化した堆肥が覆い、臭気の拡散を防ぐことができる。比較的多く用いられる脱臭装置は、堆肥ろ過機で、臭気がこの装置を通過すると、悪臭の成分が堆肥（熟成化後のもの）に吸着され、好気性微生物によって分解・消臭されるもので、堆肥の代わりに特殊な土壌を用いることも可能である。このろ過機は土壌脱臭装置と呼ばれている。

⑥貯蔵

堆肥は通常、春まき、秋まきの2つの季節で使用し、冬と夏に生産する堆肥は、一定期間貯蔵する必要がある。このため、一般の堆肥工場には、数か月分の生産量を貯蔵できる倉庫を設置しなければならない。堆肥は、二次発酵倉庫に直接貯蔵してもよいし、袋に詰めて貯蔵してもよい。堆肥は乾燥して、風通しの良い場所で貯蔵しなければならないが、密閉または湿度は、堆肥の質に影響する。

(2)好気性堆肥化プロセス

堆肥製造技術の主な区別は、堆肥原料の均等化と換気条件を維持するのに用いる技術方法にあり、堆肥製造法の分類は大同小異で、技術の複雑さによって、一般に畝状堆積式、静置通気堆積式、サイロ式（または反応器式と言う）の3種類に分けられる。

①畝状堆積式

畝状堆積式は、露天または日陰棚の下で、堆肥の原料を畝状または筋状に積み上げ、定期的に攪拌することで堆肥中の酸素量を確保し、微生物が有機物分解に必要な酸素量を満たすことができる。攪拌は、人力または特有の機械により堆肥原料の攪拌と再積み上げを行うと同時に、あらゆる原料を堆肥内部の高温域に一定時間滞留させることもでき、原料の殺菌と無害化を行うこと

ができる。最も一般的な畝の積み上げの形状は台形型で、不規則な四角形、または三角形でもよい。畝状堆積式は一次発酵の周期が1~3か月で、主な工程には前処理、積み上げ、攪拌、貯蔵の4つがある。

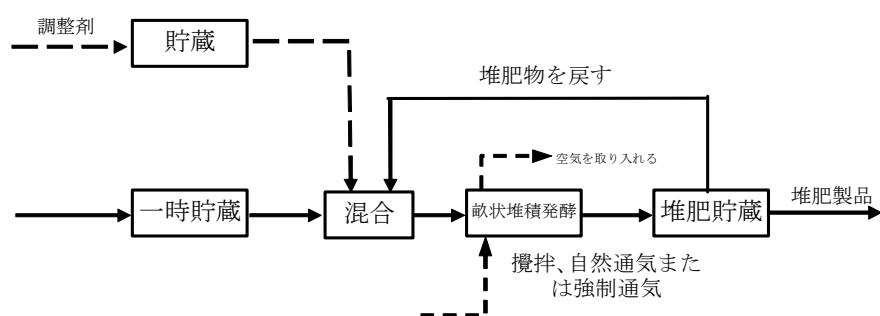


図 5-1 畝状堆積式攪拌フローチャート

畝状堆積式にとって、用地の選択は重要である。作業と堆積した状態を維持しやすくするためであれ、周辺環境と浸出の問題のためであれ、畝状堆積式は十分な面積がなければならず、床は、アスファルト、セメントなど堅固な材質で、溜まった水が速く流れるよう傾斜がなければならない。

積み上げ方法は現地の気候条件、原料の特性および汚泥、糞便など添加物の有無などによって異なる。形状は主に、気候、攪拌設備のタイプ、採用する通気方式で決める。大きさの点でまず考慮するのは発酵条件で、次が用地の有効使用面積と原料の主要成分の構造強度である。最も普遍的な畝の形状は幅3~5m、高さ2~3mの台形型である。

畝状堆積式は投資コストが低く、設備が簡単である。攪拌は、水分の消失を促すことで、堆肥を乾燥させやすくする。充填剤は、ふるい分けと再利用をしやすい。堆肥の腐熟時間が比較的長いと、製品として安定する。だが、畝状堆積式は用地面積が広く、製造周期が長い。他の堆肥系に比べ、畝状堆積式は頻繁に確認する必要がある、さもなければ十分な通気量と温度を保証できない。攪拌は、臭気を拡散させ、特に腐熟で生じる汚泥、またはまだ安定化していない汚泥の臭気はかなり強い。畝状堆積式は雨季、冬季など不利な気候条件では作業できない。

② 静置通気堆積式

静置通気堆積式が畝状堆積式と異なるのは、堆肥製造の過程で原料を攪拌することで原料の好気性状態を保つのではないという点であり、畝状堆積式に通気システムを加えたものが静置通気堆積式である。畝状堆積式と同様に、堆肥原料は、アスファルトまたはセメントなど堅固で傾斜のある床で堆肥を製造すると、溜まった水と浸出液を速やかに排出しやすい。

静置通気堆積式のコア技術は、通気システム（送風機と通気管を含む）である。このシステムでは、原料の下にパイプラインを設置し、送風機と接続する。通気管は固定式でも、移動式でもよい。固定式通気システムでは通気管は、セメント製の溝の中、またはセメントの平面な土台に敷設し、さらにその上におがくず、かんなくずなど、空隙の比較的大きな充填材を敷くことで、堆肥に多孔性の空気の流通路を十分に作り、酸素を均一に行き渡らせる効果を持たせることができる。移動式通気システムは主に、簡単なパイプを地面に置くもので、こうした通気システムは調整しやすく、設

計に柔軟性があり、コストも安いために、より一般的に普及している。

通気の制御方法には通常、温度制御または時間制御が用いられる。例えば、原料内の温度が 55℃ を超えると、送風機が自動的に作動し、熱量と蒸気を排出する。または送風機の時間を設定し、20 分ごとに 10 分間作動するようにする。

静置通気堆積式設備で用いる充填材は、使用量が少なく、投資が比較的少ない。通気条件と温度をより制御しやすい。腐熟時間が比較的短期で、病原菌を殺滅し臭気をより効果的に抑えるのと同時に、製品が安定化するのを待つ。用地面積も相対的に比較的小さくてすむ。

静置通気堆積式の欠点も畝状堆積式と大差なく、雨天、寒さなど気候条件の影響を受けやすい。もちろん、この問題は棚を覆うことで解決できる一方で投資が増えるという問題点もある。静置通気堆積式は、米国で最も普遍的に用いられている。小都市の汚泥処理（毎日乾燥重量 1t 以下の汚泥発生量）に適している。

③サイロ式

サイロ式は、原料の一部または全てを密閉式容器（サイロ、発酵塔など）内で、水分と通気条件を制御し、サイロ内で生物反応を起こさせ、分解と転化を行うものである。発酵系統は、1つまたは複数の密閉容器で行い、用地面積は少ない。堆肥化の全過程は、完全に自動化、機械化されている。畝状堆積式と静置堆積式に比べ、反応過程で生じる廃ガスを一括して収集処理し、環境に対する二次汚染の度合いを軽減できる。堆肥製造過程のパラメーター（水、ガス、温度など）をしっかりと制御できる。堆肥製造過程で気候条件の影響も受けない。堆肥を回収する過程で生じる熱量を利用できる。ただ、この系統にも欠点がある。サイロ式は、機械化の程度が高く、サイロ内の良好な通気状態を維持するのに、高い建設投資と運営維持費を必要とし、機械が故障すると堆肥製造過程に支障をきたす。堆肥製造周期が比較的短く、堆肥製品には潜在的な不安定性があり、数日間の腐熟では安定性があり、無臭の完全な製品を得るには足りず、堆肥の腐熟後期は相対的に延長される。

5.4 食品廃棄物の好気性堆肥化への影響要因

食品廃棄物は有機物の含有率が高く、栄養素がそろい、C/N比が比較的lowく、微生物にとって優れた栄養物質で、堆肥原料に非常に適している。食品廃棄物には、大量の微生物菌が含まれ、堆肥化を正常に進めやすい。このほか、食品廃棄物の不活性廃棄物（廃プラスチックなど）含有率が比較的lowく、堆肥を農業用としやすいが、堆肥製造過程では食品廃棄物の含水率が高く、脱水が難しい上、塩分含有率が高く pH 値が低いという特性を調整しなければならないが、そうすることで堆肥化が速く、正常に進みやすくなる。

①機物含量

高速・高温が機械化された堆肥にとって、まず問題なのは熱量と温度とのバランスである。有機物含量の低い物質が発酵過程で生じる熱量は堆肥化を維持するのに必要な温度に足りず、かつ製造された堆肥は、肥料効果が低いために販路にも影響が出るが、有機物含量が高すぎると通気による酸素補給に影響し、嫌気性と臭気を生じやすくなる。一般的な堆肥縁量の有機物含量は 20～80%である。原料の有機物含量が低すぎると、堆肥化の過程で生じる熱量が堆積層の温度を引き上げ、堆肥を無害化するには不十分である。原料中の好熱菌の繁殖にも不利で、原料中の微生物の活性を高められない。原料の有機物含量が高すぎると、含有率の高い有機物の堆肥化における酸素需要が大きく、実際の供給量では需要を満たすことができず、往々にして原料中は好気性状態にならずに悪臭となり、好気性堆肥の製造を順調に進めることもできない。

②通気による酸素供給量

食品廃棄物の有機物含量が比較的高いと、堆肥化過程での通気による酸素供給の需要が比較的高くなり、酸素供給不足により嫌気性と悪臭を生じる。通気量が多すぎると、発酵する堆積物の温度に影響するため、発酵速度を下げる。通気による酸素供給は主に、次の 3 つの点での意義がある。①堆積した原料内の微生物に酸素を供給する。微生物が有機物を酸化しエネルギーを生じるのに、 O_2 を消費し CO_2 を生成しなければならない。もし原料内の O_2 含量が足りないと、微生物は嫌気性状態となり、分解速度が低下し、 H_2S などの臭気を放つと同時に、原料の温度が下がる。通常、堆肥中の酸素の体積分立は 5～15%が比較的適していると考えられている。②温度調節。堆肥化には、微生物反応で生じる高温が必要だが、急速な堆肥化について言うと、長時間の高温は避けなければならない。温度制御の問題は強制的通気によって解決しなければならない。③水分を発散させ取り除く。堆肥化の 1 つの目的は、水分含量を下げることである。堆肥化の前期では、通気により主に O_2 を提供して有機物を分解し、後期では通気量を増やすことで、原料を冷却し水分を取り除き、堆肥の体積と重量を減らす目的を果たすことができる。

通気量は、堆肥原料の有機物含量、生分解性係数（分解効率%）、発酵装置の形状、堆積層の高さ、堆肥の顆粒、含水率などの要因によって決まる。通気は、送風または排気的方式をとることが可能で、この 2 つの方式にはそれぞれ一長一短がある。排気の長所は、原料中の廃ガスを大気中に排出する前に一括して処理し、二次汚染を減らすことができる点である。送風の長所は水分と熱量を発散させやすいことである。最も良い方法は、堆肥化の前期は排気方式を採用して臭気を処理し、後期は送風方式によって水分を減らしやすくすることである。

③含水率

食品廃棄物の含水率は比較的高く、通常 90%前後ある。堆肥化の過程では、水分制御は非常に重要である。水分の主な役割は次のとおりである。①微生物の新陳代謝のために必要な水分を提供する。②水分の蒸発を通じて熱量を奪い、堆肥の温度調節の作用を果たす。水分量は、好気性堆肥化反応の速度と堆肥の質に直接影響し、ひいては好気性堆肥化プロセスの成否に関わる。

通常、堆肥原料の含水率は 40~60%であることが要求される。水分が 70%を超えると、温度が上昇しにくく、分解速度が著しく低下する。水分が多すぎると、堆肥物質の粒子間に水が充満し、通気を妨げるために、嫌気性の状態をもたらす、好気性微生物の成長に不利になるとともに、 H_2S など悪臭のガスを発生させ、分解速度が遅くなり、腐熟時間を引き延ばすこととなる。水分が 40%以下だと、微生物の活性が低下し、有機物が分解されにくく、もし原料中の含水率が 12%以下であれば、微生物は活動を停止する。食品廃棄物は、堆肥化する前に水分を調節し、含水率を 60%程度まで下げなければならず、通常、遠心分離機で脱水する。実際の製造では通常、一定量の腐熟した堆肥を原料に戻すことで、水分を調節するとともに、微生物を接種し、堆肥化効率を高める。堆肥を原料に戻すかどうかに関わらず、調整剤を加えることは可能で、もし調整剤だけ使用して堆肥を原料に戻さない場合には、往々にして大量の調整剤を使わなければならない。

④温度

温度は、堆肥化を順調に進める上での重要な要因で、温度の役割は主に、微生物の成長に影響する。好熱菌が大量に繁殖し、温度が明らかに上昇するとき、堆肥の発酵は中温から高温の段階に入るとともに、高温の範囲で一定時間安定する。ちょうどこの温度の範囲で、堆肥中の寄生虫と病原菌が死滅する。このため、一般に堆積層の各測定点の温度はいずれも 55℃以上を保ち、かつ持続時間は少なくとも 5 日以上であることが求められるが、発酵温度は 75℃以上であってはならない。

好気性堆肥化では、温度は通常、空気供給量によって調節する。異なる微生物の成長に対しては、温度への要求も異なる。一般的に言って、中温菌に最適の温度は 30~40℃、好熱菌の発酵に最適な温度は 45~60℃である。高温の堆肥のときは、温度が 65℃を超えると孢子形成段階に入り、この段階では孢子が活動せず、分解速度も遅くなるために堆肥化には不利である。このほか、この温度帯では、形成される孢子が再び発芽し繁殖する可能性も少ないため、高温堆肥の温度は 45~60℃が最も望ましい。

堆肥の自然な温度上昇を利用するときは、食品廃棄物が固まりやすいという特性を考慮しなければならず、原料には一定の充填材（おがくず、わらなど）を加え、酸素の伝達と物質移動の作用を働きやすくさせる。

⑤C/N 比

食品廃棄物の有機物含量は比較的高く、炭素量と窒素量の比率、炭素量とリン量の比率をしつかり制御することは、堆肥にとって重要である。微生物の分解に必要な各種の元素のうち、炭素と窒素が最も重要な元素である。炭素は、エネルギーと微生物の細胞の 50%を構成する物質を提供し、窒素はタンパク質、核酸、アミノ酸、酵素など、細胞の成長に必須の物質を構成する重要な元素である。堆肥化の過程では、炭素源が消費され、二酸化炭素と腐植質の物質に転化する。窒素は、アンモニアガスの形で散逸する、または硝酸塩と亜硝酸塩に変わる、または生物体に同

化吸収される。このため、炭素と窒素の変化は、堆肥の基本的な特徴の1つである。

通常、堆肥原料と充填材との混合物の C/N 比に、この2つの重要な元素の作用が反映される。C/N 比は、堆肥化の過程では温度と有機物の分解速度に直接影響する。C/N 比が高いと、炭素が多くなる一方、窒素養分が相対的に乏しく、細菌とその他微生物の成長が制限され、有機物の分解速度が遅くなり、発酵過程が長くなる。もし堆肥原料の C/N 比が高いと、完成した堆肥の C/N 比を容易に過度に高くし、このような堆肥を土壤に施すと、土壤中の窒素が奪われることで、土壤が「窒素飢餓」状態になり、作物の成長に影響を及ぼす。C/N 比が 35 以上のとき、微生物は、何度もライフサイクルを経て、酸化で多すぎる炭素を分離し、適切な C/N 比に達するまで新陳代謝を繰り返し行うことで、高い C/N 比は分解速度を下げるが、もし C/N 比が 20:1 を下回る場合は、消費に供給できる炭素が少ない反面、窒素養分が相対的に過剰で、窒素はアンモニア態窒素に変化して揮発し、窒素元素の大量損失と肥料効果の低下を招くことになる。

微生物は、30 の炭素を利用するたびに1つの窒素を必要とするため、初期の原料の C/N 比は 25:1~35:1 が適している。初期の原料の C/N 比が高すぎる時は、低 C/N 比の廃棄物（例えば糞便、生污泥など）を加えて調節する。初期の原料の C/N 比が低すぎる時は、高 C/N 比の廃棄物（例えば、わら、おがくず、もみがらなど）を加えて調節する。

C/N 比のコントロール目標を 30:1 とするが、この比率は堆肥原料の違いに合わせて調整する。堆肥原料の多くは、窒素は利用しやすいが、一部の有機物中の炭素は分解しにくく、利用しにくいリグノセルロース類の物質から主に組成されるために、これら原料を堆肥に使用する時は比較的高い C/N 比を考えなければならない。堆肥化が進むにつれ、C/N 比は徐々に下がるが、これは有機物が微生物によって消費されるからで、3分の2の炭素は CO₂ に変わり放出され、3分の1の炭素だけが窒素と細胞物質を合成する。最終製品の堆肥の適切な C/N 比は 20:1 以下にすべきである。

⑥pH

pH も微生物の成長にとって重要な影響要因の1つで、堆肥の微生物にとって最適の pH は 5.5~5.8 で、pH が高すぎる、または低すぎると堆肥化処理に困難を生じる。

堆肥化の全過程では、pH は時間と温度が変化するにつれて変わる。堆肥化の初期段階では、有機酸が生成されるために pH は 5.0~6.0 まで低下し、pH の低下は真菌類の成長を刺激し、リグノセルロースとセルロースを分解させ、さらに有機酸を分解する。それから pH はまた上昇し始め、発酵が完了する前に 8.5~9.0 に達し、最終製品の pH は 7.0~8.0 となる。堆肥原料に有機汚泥を使用するとき、汚泥は調整、分解、圧縮、ろ過を経てケーキ状になると pH が比較的高く、pH を調整する必要がある。このほか、pH は窒素の損失にも影響する。なぜならば pH が 7.0 のときに、窒素はアンモニアガスの形で大気中に散逸するからである。だが、通常、堆肥化の過程では、pH には十分な緩衝作用がある。もし pH が 4.5 まで低下したら、微生物の活性を著しく制約する。曝気することで pH を正常域まで上昇することができる。

食品廃棄物の pH は低めで、通常、一定量の石灰を加えて調節し、適量の石灰を加えることで微生物の成長を刺激することができる。

⑦粒度(空隙度)

堆肥化の過程で酸素を供給することは、顆粒間の隙間を通して原料内部に行き渡らせることで、

顆粒の大きさ、すなわち粒度は通気による酸素供給に重要な影響を与える。このため、堆肥原料の顆粒の大きさには一定の条件がある。研究結果でもわかるように、堆肥原料の顆粒の適切な平均粒度は 12~60mm である。最良の粒径は、ごみの物理的特性によって変わり、例えば、紙、ボール紙などの最適な粒度は 3.8~5.0mm である。材質が比較的硬い廃棄物の粒度は小さめで、0.5~1.0mm でなければならない。台所生ごみの粒度はやや大きめにし、破碎後にペースト状になり、好気性発酵に支障を来さないようにする。このほか、ごみの粒径のサイズを決めるときは、細かく破碎するほど、動力消費が大きくなり、ごみ処理費用が高くなるため、経済面からも考慮しなければならない。

微生物の接種

食品廃棄物は、有機物含量が都市ごみに比べて高く、食品廃棄物堆肥化の正常で、速い進行を確保するために、適量の微生物を加え、堆肥化速度率を引き上げなければならない。通常、低非原料に下水の汚泥を接種すればよく、一定量の遺伝子組換えを行った菌、または腐熟した堆肥を配合してもよい。

5.5 食品廃棄物の好気性堆肥化の主要設備

①前処理装置

前処理のプロセスで、原料を大まかに選別するには回転式ふるい、振動ふるい装置、円盤式ふるい装置、乾燥型の比重による風力選別機、多段式比重選別機、半湿式選別破碎機、風力選別機、磁選機、アルミ選別機などが利用できる。

回転式ふるいは大粒径の各種原料を大まかに選別するのに広く用いられ、原料の粒度によって選別することができるため、原料中の堆肥化できる物質の比率を高める。最大の問題はふるい網の目詰まりで、清掃しにくいことである。振動ふるいは、不均等なおもりの励振を利用してふるい部の筐体を振動させる選別機である。ふるい網は、ふるい目、またはふるい格子とふるい軸からなり、振動ふるいの構造が簡単で、生産能力は大きく、ごみの粗ふるいとして利用できる。主な問題は、ふるい網の目詰まりで、清掃がかなり難しいことである。円盤式ふるい装置は、ローリングふるいとも言われ、ふるい面は多くの円盤型回転軸から成る。この種のふるいは、必要とする動力が少ない。乾燥型の比重風力選別機は、堆肥物質からガラス、陶磁器など特定の密度の物質を取り除くのによく用いられる。この機械は、振動ふるいを利用し、風力も利用する。多段式比重選別機は、破碎処理後のごみに用い、2段階に分けて選別し、ごみを比重によって分ける。半湿式選別破碎機の原理は、加水によって各種原料の脆性の差が増大することを利用するもので、同時にごみの破碎と選別を行う。都市ごみには50～60%の水分が含まれることから、加水する必要がない。風力選別機は、ごみに混在する紙とプラスチックを取り除くのによく用いられ、空気流中のごみの浮力の違いによって選別するもので、エアコンプレッサーと送風装置で空気をサイクロン分離器に送り込み、風力の強さによって選別効果を変えることができる。磁選機はごみから空き缶、鉄くず、乾電池など鉄の異物を分離する。吊り下げ式とベルト式の2種類に大別される。前者は主に、ごみの破碎前後の一次磁選に用いられ、後者は一次磁選で大まかに選別した後、破碎したごみから鉄を除去する二次磁選によく用いられる。アルミ選別機はアルミ、銅など非鉄金属の選別に用い、この種のタイプは多い。

前処理では、粗選機と精密な選別機などの破碎設備がよく用いられる。粗選機には、破碎機と二軸剪断・破袋機などがある。精密な選別機には常温型、低温型、湿式、半湿式の破碎機がある。

破碎機の構造は比較的簡単で、ごみを粉碎するのではなく、ただ破り裂くだけである。二軸剪断・破袋機は、主に包装を破り、中のごみを裂いたり砕いたりはしない。湿式破碎機は、ごみを直接水の中に入れ、例えば、紙と生ごみが投入されると混合液となるが、それを散水機と似たような原理で十分に混合・攪拌すると同時に、水中で破碎機のリングハンマーにより粉碎し、粉碎された原料は、混合液と一緒に後続処理で分別される。このタイプの破碎機は比較的複雑な污水处理系統に関係するため、実際に利用されることは比較的少ない。半湿式破碎機は、加水によって各種原料の脆性の差を利用することで、破碎と選別を行う。低温破碎機は、しばしば硬質の物質または廃棄物の中から収集しにくい物質に用いられ、極めて低い温度ではもろくなるため、破碎して極く細かな顆粒にすることが可能だが、この方法はコストが非常に高い。常温破碎機は、ごみ破碎の中で最もよく使用される。常温破碎機は、剪断型破碎機と衝撃/剪断回転型破碎機に分けることができ、剪断型破碎機は繊維材、むしろ、プラスチック、タイヤなどを破碎するのに用いるが、金属やセメントの塊など硬い物質には適さない。衝撃/剪断回転型破碎機は、高速回転す

る軸と筐体に固定した衝撃を与えるバーとプレートの機能による。回転軸には、ハンマーが取り付けられ、同時に剪断と破砕の機能を果たす。このタイプの破砕機は、もろい物質、石炭、金属、セメントの塊などを破砕できるが、繊維材、むしろなどの処理には適さない。

前処理系統には、さらに調節と混合の設備を組み合わさなければならない。堆肥原料の有機物含量、水分、空隙、C/N比など諸要素の最適の組み合わせを保証するために、発酵前の原料を十分に混合し攪拌しておくべきである。この設備は、通常、ダブルスクリー型の攪拌機、円盤状料供給装置が用いられることが多い。調節設備は、必要なときには、堆肥化可能な原料を一時貯蔵する。その機能は、作動の連続性を保つことで、一部のタイプの調節設備には予備発酵の機能がある。調節設備は、固定型調節設備と回転型調節設備とに大別される。

②発酵装置

a)縦型発酵槽

堆肥化の縦型発酵槽は通常5～8層からなる。堆肥原料は頂部から投入され、槽内の堆肥原料はさまざまな形式の機械運動により、頂部から1層ずつ底部に移動する。通常、5～8日の好気性発酵を経て、堆肥原料は頂部から底部まで移動し一次発酵を完了する。縦型発酵槽は通常、密閉型構造をしており、槽内の温度は上層から下層に徐々に高くなり、塔型装置の酸素供給は通常、送風機で強制的に通風して、微生物の酸素需要を満たしている。

b)横型ドラム回転式発酵装置

横型ドラム回転式発酵装置は、ダノ式とも言う。この発酵装置では、廃棄物は、円筒内の表面との摩擦により回転の向きに従って上昇し、また自身の重さで落下する。このように上昇と落下を繰り返し、廃棄物は均一化しながら回転し、供給された空気と接触し、微生物の作用で発酵する。このほか、円筒は斜めに設置されているため、回転方向に沿って上昇した廃棄物が自身の重さで落下するとき、円筒の排出口の方に徐々に移動し、こうして横型発酵槽は自動的に安定して堆肥を供給、伝送、排出を行うことができる。もし発酵の全過程がこの装置で完了するならば、滞留時間は2～5日のはずである。この装置で全過程の発酵を行うとき、発酵過程の堆肥原料の平均温度は50～60℃で、最高温度は70～80℃に達する。この装置で一次発酵を行うとき、平均温度は35～45℃で、最高温度は約60℃に達する。

c)箱型発酵槽

箱型発酵槽は種類が多く、利用もかなり一般的で、主な分類は次のとおりである。長方形の固定型スクープ式攪拌方式発酵槽は、箱型発酵槽にスクープ式攪拌装置を備えたもので、機械による廃棄物攪拌作用があり、定期的な攪拌と原料を何回か移動させることが可能で、槽内の通気を保つことができ、原料を均質化させ、運搬機能を持たせ、原料を投入してから排出するまで、槽内に5～10日滞留させ、底に設置された散気用プレートによって強制的に通気する。発酵槽には搬送式攪拌装置を用い、原料の堆積高度を高くできる。

d)ショベル式攪拌方式発酵槽

この発酵槽は水平方向に固定され、槽内に設置された攪拌装置が攪拌し廃棄物の湿度を均一化し空気に接触させることで、堆肥原料を迅速な分解を促し、臭気の発生を防ぎ、滞留時間は7～10日で、廃棄物の攪拌頻度の基準は1日に1回とする。この発酵装置は、作動中において次のような特長がある。①発酵槽には1台の攪拌機と車式コンベヤーにセットした攪拌車が装備され、

廃棄物を攪拌するとき、攪拌車が発酵槽の上を移動し、攪拌が終わると、攪拌車は移動作業車に戻る。②処理量によっては、クレーン構造の車式コンベヤーを装備しなくてもよい。③槽内の原料の攪拌が終わったら、攪拌機はケーブルで牽引する、または機械式ピストン傾倒装置で引き上げる。再び攪拌するとき、攪拌機を降ろして攪拌する。④攪拌車を別の発酵槽に移動させるには、レール伝送式移動作業車とクレーンを用いて輸送機、ベルトコンベアー、または振動コンベヤーを外し、堆肥は攪拌機で攪拌し、発酵槽の端に置いた車式コンベヤーで送り、最後に移動作業車に取り付けた輸送機で槽外に出す。⑤発酵過程の幾つかの特定の過程は、コンプレッサーで制御し、必要な空気を発酵槽の底部から送り込む。

e)横型プロペラ式発酵槽

この発酵設備の際立った特徴は、攪拌装置が横方向と縦方向に移動可能な点で、操作時に攪拌装置は、縦方向に繰り返し移動して原料を攪拌すると同時に、横方向に原料を送る。また、攪拌により発酵槽全体に行き渡らせることができるため、発酵槽を広く設計することができ、処理能力を増すことができる。

f)横型かき板式発酵槽

この発酵槽の主要部品は、平らなかき板で、ラックピニオン装置で駆動し、それから左から右へ揺れ動きながら廃棄物を攪拌し、右から左へは攪拌せずに戻り、再び左から右へと揺れ動きながら一定量の原料を押しながら進む。原料の量は、調節可能で、発酵槽は密閉型の陰圧式構造で、臭気が外に漏れない。発酵槽には、好気性の状態を保つために多くの通気孔がある。

g)サイロ式発酵槽

サイロ式発酵槽は単層の円筒状（または直方体）で、発酵槽の深さは通常、4～5mあり、多くは鉄筋コンクリート製である。発酵槽内への酸素供給には高圧遠心通風機を用いて、槽内の好気性発酵を維持し、空気は通常は底部から発酵槽に送られ、堆肥原料は頂部から投入され、6～12日間かけて好気性発酵を行い、基本的に腐熟した堆肥を発酵槽底部から排出装置によって排出する。

堆肥の発酵槽内での動きにより、サイロ式発酵槽は、静置と攪拌の2種類に分けられる。静置発酵は構造が簡単なため、中国では比較的広く用いられている。堆肥原料は、頂部から供給装置で槽内に投入し、10～12日かけて好気性発酵を行った後、発酵槽底部からスクリーコンベヤーで排出する。サイロ式攪拌発酵槽の使用時は、前処理工程で選別・破碎された廃棄物が供給装置で発酵槽中頂部に送られると、ブーム作業機で槽内の原料を平らにならし、回転層のスクリー・オーガの公転と自転で槽内の廃棄物を攪拌し、ムラができないようにする。製品は発酵槽の底部から排出し、好気性発酵に必要な空気は底部の通気孔から送り込む。

i)通風機と攪拌設備

通風設備には、送風機と吸気ファンがある。攪拌設備は、ごみを空気と十分に接触させるとともに、一定の空隙を保たせ、攪拌設備にはスクリー・オーガー、短型プロペラ、かき板式、グリップル式およびショベルローダ式、ドラム回転式などがある。

③後処理設備

堆肥製品の質を高め、堆肥製品の付加価値を増すために、原料は二次発酵後、ガラス、陶磁器、プラスチック、木片、繊維、石などの異物を取り除かなければならない。浄化後、ばら積みした

堆肥製品は、消費者に直接販売し、農地、菜園、果樹園に施肥するか、土壌改良剤として利用することができ、土壌の状態、利用者のニーズによって、ばら積みの堆肥に N、P、K 添加剤を入れ有機・無機の複合肥料を製造することも可能で、袋詰めすると、輸送にも貯蔵にも便利であり、肥料効率もさらに良くなる。地方によっては現地の実情に基づいて、ばら積みの堆肥を押し固めて埋め立てるところもあり、ある地方は固めて粒状にしてから貯蔵し、堆肥販売のピーク時に利用している。

後処理設備には選別、研磨、圧縮固化・造粒、包装・袋詰めなどの設備があり、実際の工程過程では、現地の需要に基づき、後処理設備の組み合わせを選ぶ。

後処理の選別設備は、前処理とは異なり、前処理と二次発酵を経た後の堆肥の粒度は、前処理の原料粒度より小さいため、後処理の選別設備は前処理のものよりも精巧で、利用する方法も全て同じということはなく、後処理の選別設備には伸縮性ふるい網のふるい、弾性選別機、静電気選別機などが多く用いられる。

造粒加工設備は、堆肥化した物質を粒状にするのに用い、貯蔵、輸送がしやすくなり、季節による堆肥需要の変化に対応し、時には埋め立て地を造成するのに用い、堆肥を圧縮固化しなければならないこともある。造粒機には、一定の大きさの粒度比と一定量の堆肥化能力がなければならず、粒度比とは、堆肥の圧縮前の粒度堆積と圧縮後の粒度堆積の比率を指し、これはふるい分けによって測定できる。

造粒機の成型の仕組みは下記の要因と関係があり、設備を使用するときは、これらの要因に十分注意し、理想的な効果が得られるようにする。

- 1) 湿度は、水分の表面張力または毛細管作用の形成と関係がある。
- 2) 顆粒形成は、造粒機に投入する原料と関係がある。
- 3) 顆粒形成は、造粒機に投入する原料の粘着力と関係がある。
- 4) 表面密度は、圧力比と関係がある。

④包装機

輸送、管理および保存の利便性を考慮し、包装機を常用して最後に堆肥製品を包装するには、堆肥の数量と用途によって包装袋の材質、サイズ、形状、包装機の仕様を選ばなければならない。

⑤二次汚染の防止方法と設備

堆肥化系統では、工程過程であれ設備の稼働過程であれ、二次汚染が生じ、自然環境を汚染し、人々の正常な生活に影響を与える。発生する汚染は臭気、汚水、ちり、騒音、振動、重金属などである。堆肥化系統を設計するときは、二次汚染発生を防ぐためにしかるべき措置をとらなければならない。

a)脱臭技術と設備

堆肥化系統で生じる臭気には主に、「アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、アミン」などがあり、臭気の発生を防止する策を講じなければならない。通常、臭気は人体の健康に直接影響するため、人の嗅覚を基準として、相応の脱臭措置を施す。主な脱臭技術は次のとおりである。

- 1) クリーンガス法。クリーンガス法は、排出された臭気を液体に変えるものである。水、海水、酸（各種酸、オゾン水、過マンガン酸カリウムなど）、アルカリ（水酸化ナトリウム、次亜塩素酸ナトリウム）などの液体を用いて、臭気を液体化する、またはこれら液体を利用して臭気

を減らす。この方法は、清潔な槽内で行い、ジェット槽系統、密閉槽系統などの利用が可能である。

- 2) オゾン酸化法。この方法は、オゾンの強い酸化能力と、オゾンの遮蔽作用を利用するもので、オゾン発生装置、オゾン反応塔の設置を必要とする。
- 3) 堆肥酸化吸着法。堆肥酸化吸着法は土壌の脱臭法で、通常、腐熟した堆肥を用いて脱臭、または腐熟した堆肥を施した土壌を用いて脱臭し、この方法および施設は比較的簡単で、腐熟した堆肥は、堆肥製品を原料とする。

処理設備からはこりが発生しないよう、集じん装置を設置すべきである。

b) 振動と騒音の防止

堆肥化設備の中で、振動は破砕機内の原料がぶつかる、または回転ドラムの回転が不均衡なために生じる。振動の規制基準値は、昼間は **65～70dB**、夜間は **60～65dB** である。

振動を減少させる方法は、設備と土台の間に防振材を置き、設置用地をできるだけ大きくとる。特に、土台が比較的軟質のところでは、先に地質状況を理解してから機器を設置する。通常、設備を据え付けて運転を開始した後に、振動が生じても、振動の解決策をとるのは難しいため、事前によく考慮しなければならない。

堆肥化系統の騒音源は主に、エアコンプレッサーと送風機で、通常は出力が **7.5kW** を超えると、基準を超える騒音が発生するので、騒音を削減する措置を施すべきである。

c) 汚水処理

汚水処理施設は、サイロ式発酵槽、処理設備の稼働中、および関連建築物から排出される生活汚水などを処理する。堆肥化系統で生じる汚水は、必ず処理しなければならない。その他のごみ処理設備に比べ、堆肥化系統で発生する汚水は比較的量が少ない。

つまり、ごみ埋め立て用地選択がますます難しくなり、ごみ焼却場の排ガス処理への要求が厳しくなるにつれ、堆肥化プロセスは、次第にその強みが際立っており、一定の条件下では競争力がある。もしごみが厳密に分別収集されるならば、台所生ごみは堆肥となり、優れた効果が得られる。

5.6 食品廃棄物の好気性発酵による堆肥製品

①堆肥製品の腐熟度評価方法

堆肥は、微生物の作用を受け、高温発酵によりごみに含まれる病原菌の無害化、有機物の腐植質化、安定化が行われ、最終的に腐熟されたもので、さらに複合肥料に加工することもできる。堆肥を完全に腐熟していないまま土壌に施すと、悪い影響が出る。不完全な状態の堆肥は C/N 比が比較的高く、土壌に施肥すると植物は窒素不足になる。炭素が少なすぎるとアンモニアが発生する。不完全な状態の堆肥を土壌に施すと、微生物の激しい活動を引き起こして酸素不足を招き、極端な嫌気性環境となり、根の成長に影響する。また、不完全な状態の堆肥は、こうした環境条件では大量の中間代謝物——有機酸、還元条件下で生じる NH₃、H₂S などの有害成分を生じ、これらの物質は植物の根を著しく害し、作物の正常な成長に影響を及ぼす。不完全な状態の堆肥によって生じる有毒代謝物は、種子の発芽を抑制し、臭気を放ち、利用がしにくい。したがって腐熟の判定には重要な意義がある。

堆肥の腐熟度には、物理学的指標、化学的指標、生物学的指標などの判断方法がある。

a)物理学的指標

- ①温度：環境温度に近づくと、測定しやすい。堆肥系統が異なると温度変化の違いは特に顕著で、堆肥は不均一相系であり、各区域の温度分布は不均衡で、温度を腐熟度の定量指標とすることを制約する。
- ②におい：堆肥製品には土のにおいがある。においに基づき直観的、定性的に堆肥が不熟しているかどうかを判定できる。定量化は難しい。
- ③色：黒褐色または黒色。堆肥の色は、原料の成分の影響を受けるため、統一の色基準は設定しにくく、各種堆肥の腐熟度を判別することは難しい。
- ④残留濁度と電気電動率。堆肥化時間が 7～14 日の堆肥は土壌の残留濁度と電気伝導率を改良する点で最適の作用をなす。この研究は、初歩的な実験を行っただけで、植物の毒性実験と化学的指標とを結び付けて研究する必要がある。

b)化学的指標

- ①揮発性固体 (VS)：VS は 38%以上分解し、製品中の VS が 65%未満だと検出しやすい。原料中の VS は変化範囲が比較的広い上に、生物分解されにくい部分を含むため、VS 指標の実用は、普遍的な意味を持ちにくい。
- ②デンプン：堆肥製品はデンプンを含まないため、検出しやすい。デンプンを含有しないことは、堆肥腐熟の必要条件であり、十分条件ではない。
- ③BOD₅：通常、20～40g/kg である。BOD₅が示すのは、堆肥化過程で微生物に利用された有機物の量である。各原料の指標は統一できない。その上、BOD₅の測定は、方法が複雑で、時間がかかる。
- ④pH 値：pH 値は通常、8～9 程度である。測定は比較的簡単である。pH 値は堆肥原料と条件の影響を受けるため、堆肥腐熟の必要条件とすることとどめる。
- ⑤C/N 比：C/N 比は 15～20:1 である。理論上、腐熟した堆肥の C/N 比は、微生物菌体の C/N 比、すなわち 16 前後に近づく。原料の一部は、初期の C/N 比が 16 未満で、広義のパラメーターとして使用しがたい。
- ⑥生分解性指数 (BI)：BI=2.4 である。この指標は、堆肥の腐熟時間と原料の性質を考慮するにとどまり、通気量と持続時間など腐熟条件は考慮していない。

c)生物学的指標

- ①呼吸作用:比酸素消費速度は $0.5\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$ VS 未満である。微生物の酸素消費速度の変化は、堆肥化過程における微生物活性の変化を反映する。酸素濃度のオンラインモニタリングは速く、簡単である。
- ②発芽実験:GIは80~85%である。植物成長実験は、堆肥腐熟度を評価する最終的で説得力のある方法である。各植物の植物毒性に対する受容力と適応性には差がある。

②堆肥製品の基準

『城鎮垃圾農用控標準（都市部ごみの農業用規制基準）』（GB8172）の規定によると、都市部の即時農用による土壌、農作物、水系への汚染を防止し、農業生態環境を保護し、農作物の正常な成長を保証するために、都市部ごみの農業用規制基準は、表 5-1 の規定に従わなければならない。この基準は農地に施肥する都市部生活系ごみ・都市部ごみ堆肥化工場の各種腐熟製品に適用し、かつ工業廃棄物とその他廃棄物を混入させてはならない。

表 5-1 堆肥化製品の品質基準

項目	不純物	粒度	回虫卵死亡率	大腸菌	有機質 (Cで計算)	全窒素量(Nで計算)	全リン量 (P ₂ O ₃ で計算)	全カリウム量 (K ₂ Oで計算)
基準値	≤3%	≤12mm	95%~100%	10 ⁻¹ ~10 ⁻²	≥10%	≥0.5%	≥0.3%	≥0.1%
項目	pH	水分	全水銀量(Hgで計算)	全カドミウム量(Cdで計算)	全クロム量(Crで計算)	全鉛量(Pbで計算)	全ヒ素量(Asで計算)	
基準値	6.5~8.5	25%~35%	≤5ppm	≤3ppm	≤300ppm	≤100ppm	≤30ppm	

注:1.表中の「ppm」の基準単位は「mg/kg」である。2.表中の粒度、回虫卵死亡率、大腸菌の値を除き、他の項目はすべて無水ベースで計算したものである。3.不純物にはプラスチック、ガラス、金属、ゴミを含む。

上記基準で定めた具体的な要求以外に、堆肥化製品はさらに下記の基本的な条件を満たさなければならない。

- (1) 土壌中の微生物が有機物を分解すると同時に、アンモニア態窒素または硝酸性窒素を吸収して自身の栄養素として繁殖を維持しなければならない。もし C/N 比が高すぎると、利用可能な窒素量が少なすぎて微生物が「窒素飢餓」状態に陥り、最終的に肥料効果に影響するため、完成した堆肥の C/N 比は 20 以下にすべきである。
- (2) 堆肥化製品は完熟したものでなければ施肥することはできず、不完全な状態の堆肥を大量に施すと、有機物が土壌で分解し、植物の根が酸素不足に陥り、災難的な結果をもたらすことになる。完熟した堆肥は、茶褐色から黒色を呈し、有機物が腐るときの悪臭はない。
- (3) 輸送、保管、施肥に便利である。このため、水分は 40%以下にすべきで、袋詰め堆肥の含水量は 20%以下にしなければならない。最も良いのは顆粒状に加工することである。

日本と欧州の一部の国は、堆肥の重金属含量に対する要求が非常に厳しく、欧州の一部の国における堆肥製品の重金属含量制限値を表 5.2 に示した。

表 5-2 日本および欧州の堆肥製品の重金属含量制限値 (mg/kg)

国	肥料の種類	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
ドイツ	生物的肥料・ エコ肥料	25～60	10～30	30～50	150～ 350	0.1～1	0.1～ 0.5	150～ 350
	ごみの混合堆 肥	70	50	270	1300	4.0	2.5	400
	個人の庭で作 った堆肥	40	20	30	250	0.5	0.2	100
	有機性廃棄物 由来の堆肥	100	50	100	400	1.5	1	150
オース トリア	良質の有機堆 肥	70	42	70	75	0.7	0.7	70
デンマ ーク	有機性廃棄物 由来の堆肥	100	30	1000	4000	0.8	0.8	120
オラン ダ	有機性廃棄物 由来の堆肥	50	10	25	75	0.7	0.2	65
ベルギ ー	有機性廃棄物 由来の堆肥	70	20	900	800	1.5	0.7	120
日本	有機性廃棄物 由来の堆肥			600	1800	5	2	

③食品廃棄物堆肥化製品の使用上の注意

堆肥を使用するときは、以下の点に注意しなければならない。

熟した堆肥は、生きた微生物が多く含まれ、その酸素消費量は、不完全な状態の堆肥より少ないが、依然として嫌気性状態になりやすいため、使用に当たっては十分に注意しなければならない。耕地に施肥するときは、堆肥を埋めてはならず、土の上にまき空気にさらすのが最も良い。ミミズは、堆肥と泥土を適度に混ぜることができ、地中でその役割をなす。耕作によって、堆肥も適度に土中に混ざる。堆肥の厚さは1～2cmを超えてはならない。もし良質の堆肥ならば、厚さは1mm以下でも十分である。

新鮮な堆肥は基肥に適している。粒の粗い堆肥は粘土質や、沖積した土砂、硬化した土壌に用いるのが最も良い。粒の細かな堆肥は乾燥し、まばらで砂の多い土壌に用いる。石灰が5%以上含まれる都市ごみ由来の堆肥は、石灰質肥料に属し、酸性の土地と土壌が酸性化しつつある土地への使用を提案する。

都市ごみ由来の堆肥はC/N比が高く、すなわち窒素含量が低いため、最も良いのは窒素肥料と配合して使用し、土壌の「窒素飢餓」を予防する。

堆肥は袋に密封して運搬したり保存したりしてはならない。必要に応じて、袋に空気孔を開ける。

5.7 食品廃棄物嫌気性発酵技術

(1)嫌気性発酵工程の分類

食品廃棄物は有機廃棄物に属し、有機ごみの嫌気性発酵のプロセスは固形分含有率の多寡により湿式と乾式に分かれる。原料の供給方式によりグループ式と連続式に分かれる。発酵過程全体が1つの反応器の中で行われるかどうかにより単相と多相に分かれる。発酵温度により常温嫌気性発酵、中温嫌気性発酵、高温嫌気性発酵に分かれる。

①乾式発酵と湿式発酵

湿式嫌気性発酵とは供給する反応物質の固形分含有率が10～15%であるものをさし、乾式嫌気性発酵の固形分含有率は20～40%である。通常、都市部の有機ごみの含水率は80%以下で、現在の利用状況を見ると、乾式発酵は加水を減らせる、ひいては加水する必要がなく、さらにはより高い有機負荷率と気体生成効率を有するため、近年、食品廃棄物処理において主導的な地位を占めつつある。

食品廃棄物の乾式嫌気性発酵技術は前処理に対する要件が湿式法に比べて簡単で、一般に投入する原料を希釈する必要がないが、乾式法は廃棄物の粘度を高める必要があり、利用設備は湿式法よりも高価である。湿式法のスラリーは完全に混合された状態のために、アンモニア態窒素、塩分などの物質による抑制を受けやすい。

②単相発酵と二相発酵

単相発酵とは、有機ごみのすべての発酵過程が1つの反応器の中で完了することをいう。二相式発酵は、酸生成とメタン生成の2つの反応器から構成され、酸生成相とメタン生成相を分離し、酸生成菌とメタン生成菌をそれぞれに適した条件下で生長させ、それぞれの活性を最大に発揮させ、システムの安定性と発酵効率を高める。

③グループ式発酵、半連続式発酵および連続式発酵

グループ式発酵とは、反応装置に1回原料を供給し、植菌した後に密閉し、有機物の発酵過程が終了したら、反応器を1度空にし、新たな原料を加えて上記の過程を繰り返す。グループ式嫌気性発酵はプロセスが簡単で、製造費が安いという長所があり、技術・経済が発達していない地域のごみ処理に適している。半連続的に原料を投入する方式には比較的高い適応性があり、主に有機汚泥、し尿、有機廃水の嫌気性処理に用いられる。連続式発酵は反応器に連続して原料を供給し、発酵物は連続して反応器から排出されることをいう。

④中温発酵と高温発酵

中温発酵の温度範囲は30～40℃で、中温発酵システムは菌種が多く、培養物の順化がしやすい上に活性が高く、熱量消費が少なく、システムの運行が安定し、コントロールしやすいために、実際の事業ではよく中温発酵が採用される。高温発酵の温度範囲は50～60℃で、長所は分解速度が速く、処理時間が短いことだが、保温と加熱の装置を必要とし、建設および運転コストが比較的高い。

(2)食品廃棄物嫌気性発酵の代表的プロセス

代表的な食品廃棄物の嫌気性発酵には脱水、破砕などの前処理過程、嫌気性発酵、浸出液処理、ガス浄化および貯蔵などの段階が含まれる。まず遠心分離機で原料の水分調節を行う。破砕は破砕機を利用して原料の中の粗大物を破砕し、後続の発酵が順調に行われるようにする。嫌気性発酵の段階は最初の通性および嫌気性菌によって、原料の中の有機成分の分解を強化し、比較的安定した発酵生成物をメタンベースの発酵ガスとする。水処理装置を利用して原料を脱水した後の有機廃水を処理し、浸出液による二次汚染を防ぐ。このほか、メタンは比較的高い経済的利用価値のある気体であり、浄化装置により発酵ガスから H_2S など不純ガスを除去し、発酵ガスの利用価値を高める。プロセスフローは図 5-2 を参照。

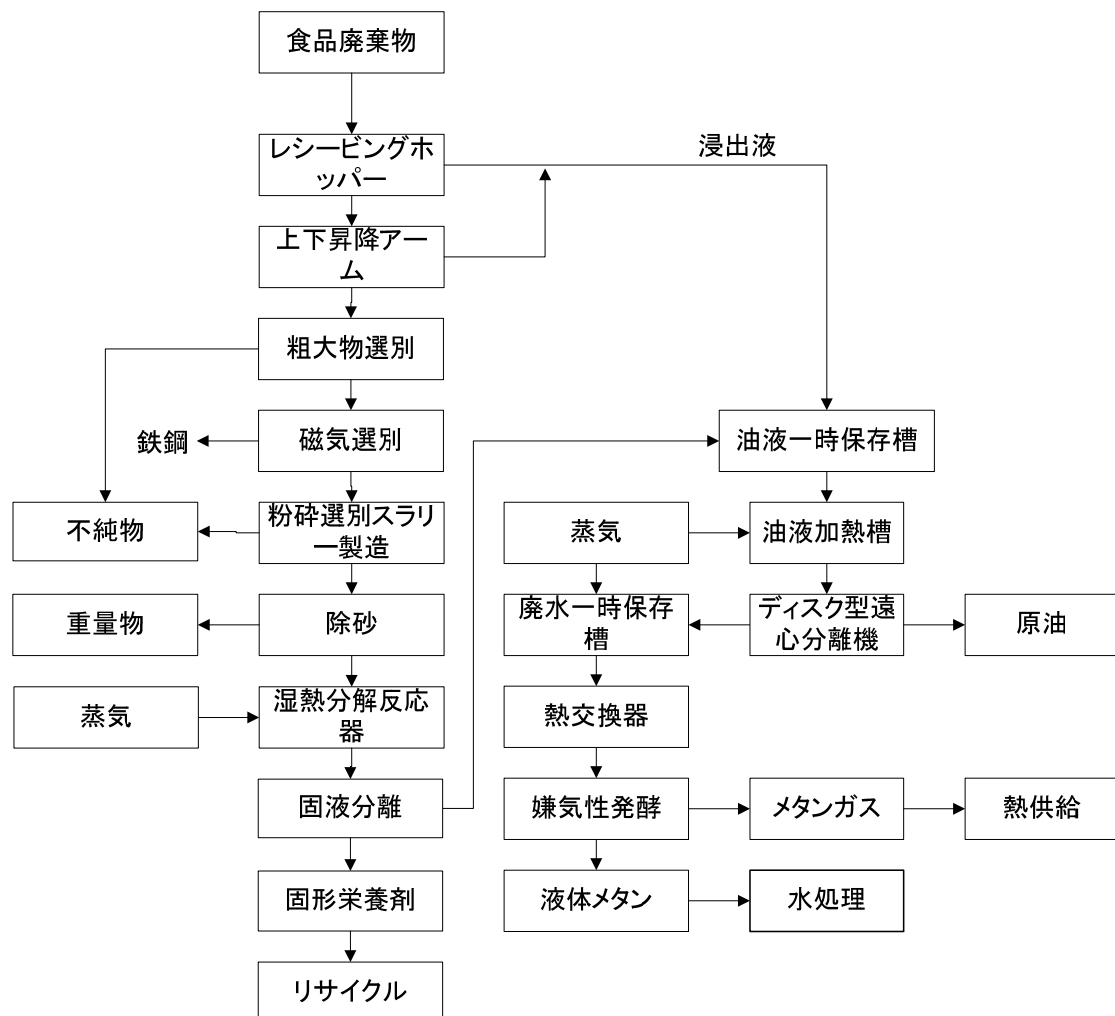


図 5-2 食品廃棄物嫌気性発酵処理の総合プロセスフロー

(3)食品廃棄物嫌気性発酵への影響要因

有機物の嫌気性発酵の過程では、各異なる反応段階は相互に関連し、メタン生成菌、酸生成菌および加水分解細菌の活動は動的均衡な状態にある。このうち 1 つの段階が阻まれると、他の段階、さらには発酵過程全体が影響を受ける。このため、嫌気性発酵の最良の状態を維持するため

に、反応システムの嫌気性状態を保たねばならないほか、さらに以下のいくつかの要因をコントロールする必要がある。

① 温度

嫌気性発酵プロセスは温度の影響を受ける。温度は嫌気性発酵過程での微生物の個体群構造、生長速度、微生物酵素活性の程度、生化学反応の速度および基質の分解速度に影響し、さらに基質の生化学的反応における流れ、代謝過程での中間生成物の形成、各種物質の水中溶解度に影響を与えることができ、またメタンガスの生成量と成分などにも影響する。嫌気性微生物の温度適応範囲は好気性微生物より広いが、ある嫌気性微生物について言えば、温度適応範囲は比較的狭い。嫌気性微生物は低温、中温、高温だけでなく、さらに高い温度（100℃）でさえ生存できる。このため、温度範囲の違いにより嫌気性発酵を低温嫌気性発酵、中温嫌気性発酵、高温嫌気性発酵の3種類に分けることができる。表 5-3 を参照。

表 5-3 嫌気性発酵細菌の温度別分類

細菌の種	生長温度範囲/℃	最適温度/℃
低温菌	10～30	10～20
中中温菌	30～40	35～38
高温菌	50～60	51～53

実際には、中温の最適温度 35℃前後か、高温の最適温度 55℃前後で発酵を行うことが多い。中温発酵、高温発酵を行う優勢菌群は同じではなく、高温発酵よりも中温発酵を行う菌群の種類の方が多い。また、処理の特徴から中温発酵と高温発酵を比べると、高温発酵の方が、加水分解率と病原微生物の死亡率が高く、発酵速度が速いため、高負荷に達しやすいが、有機酸が蓄積されやすい。それとは逆に、中温発酵は分解速度が遅いが、安定性に優れている。中温発酵と高温発酵の長所を最大限に発揮するため、処理の対象と目的によって、高温発酵と中温発酵を適切に使い分ける必要がある。

② pH 値と水素イオン濃度

敏感な嫌気性菌の pH 値など環境条件に対する要求が厳格なことで、発酵過程の安定性を保証しにくく、嫌気性反応器にはしばしば pH 値が酸化を示す現象が起こり、システム性能の悪化をもたらす。このため、適当な pH 値、水素イオン指数および比較的高い緩衝能は嫌気性システムが正常に動作するための重要な条件である。酸生成菌の環境の pH 値に対する適応範囲は相対的にやや広く、一部の酸生成菌は pH 値 5～6.5 の範囲で良好に生長することができ、pH 値 5.0 以下の環境でさえ生長できることもある。メタン生成菌は適応できる pH 値の範囲が比較的狭く、基本的に中性付近の pH 値を好むため、メタンガス発酵の最適な pH 値範囲は中性から弱塩基性で、一般に最適の pH 値は 6.6～7.5 と考えられる。メタンガス化施設の pH 値が高いほどアンモニア態窒素濃度が高くなるため、pH の管理に注意する必要がある。

③ 栄養素と塩分

嫌気性反応過程の有機物質は各種嫌気性微生物の生長に栄養を供給する栄養物質（主に炭素と窒素）であり、メタン生成の基質でもある。通常、事業で実際に利用する際は主に C/N 比を管理する。多くの実験研究が示すのは次の通りである。嫌気性発酵過程の C/N 比は（10～20）：1に

制御するのが望ましい。C/N 比が高過ぎる時は、微生物の細胞中の窒素量が比較的少なく、嫌気性発酵体系の緩衝能が弱く、嫌気性環境の pH 値が比較的低下しやすい。C/N 比が低過ぎる時は、細胞中の窒素量が多すぎ、pH 値が上昇しやすく、発酵反応過程におけるアンモノ塩の多量な蓄積を招くため、発酵過程で抑制作用が生じる。微生物は C、H、O、N、P のほかに、S、Mg、Fe、Ca、K などの元素、および Mn、Zn、Co、Ni、Cu、Mo、V、I、Br、B などの微量元素も必要とする。

生活系生ごみには比較的高い塩分が含まれるが、生活系生ごみの嫌気性発酵の過程で、メタン生成菌は塩類に比較的敏感で、中でもナトリウム塩の濃度が急に上昇すると、嫌気性発酵過程の正常な進行が衝撃を受ける。低濃度の無機塩は微生物の生長を促すが、濃度が高すぎると抑制作用が働く。無機塩の微生物の生長に対する抑制作用は主に微生物の外界の浸透圧が比較的高い時に見られ、微生物の代謝酵素の活性を低下させ、甚だしい場合は細胞壁の分離を引き起こし、細胞死を招くことすらある。

④ アンモニア

食品廃棄物のメタンガス発酵プロセスの中で、蛋白質の分解によって発生する NH_4^+ はメタン生成菌が繁殖させた栄養成分で、過酸化物イオン (HCO_3^-) との均衡によって塩基性になる。メタンガス発酵をうまく進めるために必要不可欠な元素である。ただ、 NH_4^+ 濃度が高すぎると、発酵阻害が起き（有機酸が蓄積し、メタン生成速度が落ちる）、メタン発酵のアンモニア抑制がさまざまな要因の影響を受ける。文献によれば、阻害を受ける濃度には幅があり、菌群の順化によって耐アンモニア性が強くなる。そのうえ、解離状態のアンモニアイオン (NH_4^+) に比べて、遊離状態のアンモニア分子 (NH_3) は毒性が強く、解離均衡は pH と温度によって変化し、pH が高いほど温度が高くなる。したがって、pH と温度が高いほどアンモニア抑制が発生しやすい。

アンモニア態窒素の濃度が 50~200mg/L の時、嫌気性反応器中の微生物に刺激を与える作用がある。アンモニア態窒素の濃度が 1,500~3,000mg/L の時、明らかな抑制作用がある。

高濃度発酵において、とりわけ NH_4^+ 前駆体の蛋白質濃度が高いとき、アンモニア抑制を引き起こしやすいため、設計と動作において十分に注意が必要である。アンモニア抑制に殺菌性はなく、多くの場合、pH、温度、希釈を通じて元どおりに回復する。

⑤ 植菌

すでに多くの研究が証明しているように嫌気性微生物を植菌することは有機物質の安定化を速め、有機性廃棄物が安定化する時間を減らす。植菌する菌種が異なると、反応に必要な最適条件も異なる。なぜなら各微生物の生長と繁殖の最良の温度、最適な pH 値はすべて異なるからである。このほか、単一菌の植菌と混合菌の植菌には大きな違いがある。李春筍氏と郭順星氏が行った微生物混合発酵研究で発見されたように、混合微生物による発酵は単一菌の多くができない生産を行える。

⑥ 抑制性または毒性の物質

食品廃棄物の嫌気性生物処理の過程では、多くの物質が微生物の活性を抑制することができ、嫌気性反応に害毒を与える作用があり、これを抑制物と言う。特殊な原子団または活性のキーを含む一部の化合物はまだ順化していない微生物にとってしばしば有毒だが、これら有毒な有機化

合物そのものも嫌気性生分解を行える。微生物の各種基質への適応能力には一定の限度があるため、一部の化学物質が一定の濃度を超えると、嫌気性発酵を抑制する作用が働き、嫌気性の過程を完全に破壊することすらある。

一般に有毒物質は以下の数種類に分けられる。(1) 金属元素。適量のアルカリ金属は嫌気性微生物の生命活動に有用で、微生物の活性を刺激することができる。だが含有率が多すぎると、微生物の生長を抑える。(2) 重金属。重金属が細菌に与える害毒は主に溶解してイオン状態になった重金属の作用による。このほか、可溶性重金属は硫化物と結合して不溶性塩を形成するが、微生物への甚だしい悪影響はない。このため、重金属はたとえ濃度が高くても、もし同時に相応の硫化物が存在するならば、抑制作用は生じない。

⑦ガス組成と硫化水素

発酵によって生成されるバイオガスの主な組成はメタンと二酸化炭素である。 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ の含有率は廃棄物の種類の影響を受けるが、一般的に安定しており、含有率はそれぞれ60% ($\pm 5\%$)、40% ($\pm 5\%$)である。 CH_4 含有率は、蛋白質と脂肪の含有率が高いときに高くなり、炭水化合物の含有率が高いときに低くなる。 CO_2 含有率の急上昇と CH_4 含有率の急低下は多くの場合、発酵阻害と関係がある。

メタンガス発酵プロセスにおいて、硫黄成分は硫化水素 H_2S の生成を行う。硫化水素は硫酸塩の還元と蛋白質の発酵に由来するため、原料中の硫酸塩濃度と蛋白質濃度の影響を受ける。バイオガスの硫化水素濃度は、処理する原料によって異なり、数百 ppm から数千 ppm の範囲で変動する。濃度が高くなると、バイオガスの質量を低下させるだけでなく、発酵阻害を起こす。

硫化水素は水中で、 $\text{H}_2\text{S} = \text{HS}^- + \text{H}^+$ の均衡によって解離し、硫化水素の阻害は主に遊離 H_2S によってもたらされる。pH7.0~7.2の毒性の影響は、40mg-S/l (バイオガス中の1.5% H_2S) から始まり、硫化水素と鉄の反応により難溶性硫化鉄 (FeS) を生成し、遊離 H_2S を非常に低い程度に抑えることができる。そのため、液体メタン中の鉄塩は、硫化水素による阻害を抑制し、バイオガス中の硫化水素濃度の効果を下げる働きをする。

⑧攪拌と混合

嫌気性発酵は細菌内の細胞内酵素および細胞外酵素と基質との接触反応であり、このため両者を十分に混合させねばならない。発酵槽内の発酵液は通常、自然に4層に分かれ、上から順にスカム層、上澄み液層、活性層、汚泥層となる。こうした状況では、嫌気性微生物の活動が比較的旺盛な場所は活性層に限られ、他の層では原料不足のため、または微生物の活動に適さないため、嫌気性発酵を進行させるのは難しい。発酵液を制限的に攪拌することで、微生物を発酵原料と十分に接触させ、原料の分解速度を増し、層に分かれる現象を防ぎ、活性層を発酵液全体に行き渡らせ、生成されるメタンガスを分離させやすくし、ガス生成率を高めることができる。

発酵槽内は良好な物質移動の条件と嫌気性微生物の生存に適した環境が保たれてこそ嫌気性発酵過程を順調に進めることができる。適切な攪拌は、発酵槽内の温度分布を均一にし、部分的な酸の蓄積を防ぎ、生化学反応によって生成される硫化水素、メタンなど嫌気性菌の活動を妨げるガスを迅速に排出し、原料と微生物の混合を速め、スカムを破砕することができる。つまり、良好な攪拌は原料に含まれる有機物と微生物を密に接触させることができ、物質移動の過程を速める。現在、事業の実際の規模などの条件により、主に機械攪拌、液体攪拌、気体攪拌の3種類が

採用されている。

⑨滞留時間

滞留時間は有機物の生分解率に影響を及ぼすだけでなく、後続処理の負荷変化の原因をつくりだす。完全混合型曝気槽であれば、滞留時間は投入負荷に関わる重要な指標である。メタンガス化処理施設の安定した動作を保証するためのポイントは、発酵槽内のメタン生成菌の保持と反応の終了である。生活系生ごみは加水分解反応を早めに終了させるが、内部で微生物の分解を受け入れるまでに時間が必要であるため、原料の粉碎具合、前処理、発酵方式など施設の特徴を踏まえ、停留時間にある程度余裕を持たせなければならない。

嫌気性発酵の過程では上述の主な影響要因以外に、長鎖脂肪酸、植菌率、有機負荷および反応タイプなど多くの要因が嫌気性発酵反応への影響を生じる。嫌気性反応の全過程では、多くの要因が嫌気性発酵に影響し、したがってどの段階もおろそかにすることはできない。

(4)食品廃棄物嫌気性発酵の主な設備

さまざまな嫌気性発酵プロセスにおいて、発酵反応器は核心設備である。よく見られる反応器には上向流嫌気性汚泥床、膨張粒状汚泥床、嫌気性内部循環反応器、嫌気性生物ろ過槽、嫌気性流動床、嫌気性付着膜膨張床などがあり、以下にそれぞれを簡単に紹介する。

①上向流嫌気性汚泥床

上向流嫌気性汚泥床 (upflow anaerobic sludge blanket、UASB) は汚泥床区、浮遊区、上澄み区の 3 区から成る。汚水が下から上に向かって 3 区を流れる時、まず汚泥床区と浮遊区の嫌気性微生物が有機物を転化させ、メタンと二酸化炭素、水に変える。または硝酸塩と亜硝酸塩を電子受容体とし、窒素を放出させる。最後に上澄み区で気・固・液 3 相を分離する。このような構造には次のような特徴がある。①汚泥濃度が高く、比活性が大きいため、有機負荷が高く、処理効果が良い。汚泥床の汚泥濃度は $1 \times 10^5 \text{mg/L}$ に達し、全体の汚泥濃度も $2 \times 10^4 \text{mg/L}$ 以上あり、通常は $(4 \sim 5) \times 10^4 \text{mg/L}$ と、標準の 5 倍から 20 倍で、比活性が大きい。これにより常温時は、化学的酸素要求量 (COD) の有機負荷は $4 \sim 10 \text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、除去率は 85% 以上となる。中温発酵で $35 \sim 37^\circ\text{C}$ の時は、COD の有機負荷は $8 \sim 16 \text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、除去率は 90% 以上となる。高温発酵で 55°C 前後では、COD の有機負荷は $10 \sim 20 \text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、除去率は 90% 以上となる。②エネルギー消費が低い。原水分配器により等速に床層と汚泥を接触させることができるため、攪拌と循環を必要とせず、原水を上向きに流入すればよく、したがって動力の消耗が少ない。同時にメタンガスの回収もでき、常温下でのガス生成率は $0.4 \text{m}^3/\text{kgCOD}$ 、熱量は $2,299 \text{kJ}/\text{m}^3$ メタンガスである。③汚泥生成率が低く、汚泥処理が便利である。好気性菌の汚泥転換率は $0.4 \sim 0.5 \text{kg-BOD}$ (生物化学的酸素要求量) だが、嫌気性菌の転換率は 0.1kg-BOD 未満で、汚泥の安定性、脱水性がともに良く、乾燥化しやすく、肥料または魚の飼料にすることができる。④生化学、上澄みが一体となり、構造がコンパクトで、スペースの節約、投資の低さにつながる。⑤断続的な運転が可能で、耐衝撃性があり、管理しやすい。

②膨張粒状汚泥床

膨張粒状汚泥床 (expanded granular sludge blanket、EGSB) は上向流嫌気性汚泥床の改良型で、通常は比較的大きな径高比と還流比を採用し、運転中に高い上昇流速 (2.4~6m/h) を維持し、これは上向流嫌気性汚泥床の 0.5~2.5m/h を大きく上回る。グラニュール汚泥を膨張し浮遊した状態とすることで、流入水とグラニュール汚泥との十分な接触を保証し、運転の効果を UASB より高くする。EGSB は嫌気性流動床に似ており、ただ充填材がなく、上昇速度も流動床より遅い。一般的な状況では、低温条件で低負荷の時は、メタンガス生成率が低く、ガス生成の混合度も低くなり、UASB の利用は制限されるため、EGSB は特に低温で濃度が相対的に低い汚水処理に利用される。

③内部循環反応器

嫌気性内部循環(internal circulation、IC)反応器は 2 つの UASB 反応器ユニットを相互に重ね、初の嫌気性内部循環式反応器を建造した。

廃水は反応器の底部から第 1 反応室に送られ、リターンパイプから送られた内部循環した汚泥混合液と十分に混合された後、グラニュール汚泥の膨張床に入り COD の生分解が行われ、ここでの COD 負荷は高く、大部分の有機物はここで分解されメタンガスを生成する。メタンガスは第 1 反応室のセトラで収集され、メタンガスの気泡は形成過程でタンクのエアリフト効果でガスの上昇作用が起こり、メタンガス、汚泥、水の混合物はマニホールドに沿って反応器上部の気・液分離装置まで上昇し、メタンガスはここで泥水と分離されカテーテルから排出される。分離された泥水混合物はリターンパイプに沿って第 1 反応室の底部に戻り、底部のグラニュール汚泥および投入された原水と十分に混合し、混合液の内部循環を行う。内部循環の結果、第 1 反応室には高い生物量と長い汚泥の泥齢だけでなく、速い上昇流の速度もあり、同反応室のグラニュール汚泥を完全に流動状態とし、速い物質移動速度を備え、生化学反応速度を高めたことで、第 1 反応室の有機物の分解能力を大幅に高めた。第 1 反応室で処理された汚水は、第 2 反応室に入り処理される。廃水中に残っている有機物は第 2 反応室内のグラニュール汚泥によってさらに分解され、廃水はさらに浄化され、排出する水の質を高める。第 2 反応室が生成するメタンガスはこの反応室のセトラで収集され、マニホールドを通して気・液分離装置に入り、処理システムから排出される。第 2 反応室の泥水は混合液沈殿区で固・液分離が行われ、処理後の上澄み液は排水管で排出され、沈殿したグラニュール汚泥は自動的に第 2 反応室に還流し、これによって廃水処理の全過程が完了する。

④嫌気性生物ろ過槽

嫌気性生物ろ過槽 (anaerobic biofilter、AF) は一種の内部に微生物の担体を充填した嫌気性生物反応器である。嫌気性微生物の一部は充填材に付着して成長し、嫌気性生物膜を形成し、一部の微生物は充填材の隙間に浮遊する。有機廃水が充填材を流し、有機廃水中の汚染物は除去され、有機物は嫌気性微生物の作用でメタンガスを生成する。嫌気性生物ろ過槽の底部に砂れき、栗石、プラスチックまたは繊維をろ過材として充填し、嫌気性微生物を充填材の広い表面に付着させ、嫌気性生物膜を作り、廃水が流れて生物膜のろ過材に付着する時、有機物は生物膜の表面に広がるとともに、生物膜の中の微生物によって分解されメタンガスに転化し、浄化された水は排水装置を通してタンクの外に排出され、生成されたメタンガスは収集され利用される。

嫌気性生物ろ過槽の問題は次の通りである。反応器内の固体の蓄積およびガスの生成は大量の浮遊物を反応器の底部に貯留し、部分的な閉塞を招きやすく、高い有機負荷を受けるまたは廃水に分解しにくい浮遊物質が含まれる時、こうした現象は深刻化する。反応器の高さによって、異なる微生物が生長し、下から順に加水分解菌、酢酸生成菌、メタン生成菌となっているが、最も上部では、生成されるメタンガスが底部で微生物との結合を妨げる。閉塞の問題を解決する方法は以下の通りである。1、充填カラムのそれぞれ異なる高さに水を入れる方式を採用することで、底部からのみ水を入れる充填カラムと比較すると、投入する水 $10\text{kgcod}/\text{m}^3$ 、有機負荷 $30\text{kgcod}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ の条件下で、410d 運転したところ、複合型カラムは COD の除去、水力および有機物負荷によるショックの下での安定性が単純型カラムより優れている上、上部と下部の微生物群が似ており、複合型カラムの実行容積は 85% に達するが、単純型カラムは 65% に留まった。2、許容範囲で比較的大きな粒径または空隙率が大きい充填材を選択することも閉塞の発生を防ぐ。3、水循環の方法を採用することも可能で、送水し有機物の濃度を下げ、同時に嫌気性生物ろ過槽内の高さによる汚泥濃度の差も大幅に縮小し、水が上昇する流速を引き上げ、ろ過材の隙間にある浮遊物質を減らすことができるため、閉塞の可能性を減らせる。同時に、排水循環は送水に対し水素イオン濃度を中和させる作用も果たす。送水の浮遊物質が $200\text{mg}/\text{L}$ 以下、または浮遊物質が分解しやすいものであれば、閉塞の問題は際立たない。

充填材は嫌気性生物ろ過槽の中核を構成する。嫌気性生物ろ過槽の充填材は種類が多く、砂、砕石、セラミック、プラスチック、貝殻、サンゴ、スポンジ、活性炭などがある。充填材への一般的な要件は、生物膜が付着しやすい、比表面積が大きい、空隙率が高い、透水抵抗が小さい、安定性が高い、寿命が長い、価格が安い、供給源が十分あるなどである。砕石、栗石を充填材とする嫌気性生物ろ過槽は、比表面積が大きくなり、空隙率が低いため、閉塞しやすく水の流れが短くなりやすい。このため有機溶剤の負荷は高くなく、通常は $3\sim 6\text{kgcod}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ である。充填物の空隙率と内径の大きさは反応器の性能を発揮する上で比表面積より影響が大きく、かなりの部分の COD は充填材の隙間で止められた浮遊物質により除去され、多孔質の充填材がもたらす生物量の損失は無孔のものより少ない上、多孔質の充填材の嫌気性生物ろ過槽は比較的高い有機負荷の時に比較的良好な性能を保つことができ、運転が安定する。充填材の表面の粗さの度合いと表面の空隙率は細菌の増殖速度に影響を与え、粗く穴の多い表面は生物膜の形成に有利で、充填材の表面の穴の大きさは微生物を受容するほか、細胞と基質の間で拡散と交換を行う空間を残さねばならず、充填材表面の 70% 以上の口径サイズが反応器内の最大微生物のサイズの $1\sim 5$ 倍の範囲内にさえあれば、最大の生物学的蓄積を得ることができる。空隙率が比較的大きな中空の充填材を用いるのは有益で、なぜならば嫌気性生物ろ過槽内の嫌気性菌の大部分は充填材の隙間で生長するからで、大きな隙間はより多くの汚泥をとどめるのに有利で、さらに閉塞を防ぐのに有利である。粒径を適切に小さくし、比表面積を増やすことは、生物膜の形成に有利だが、粒径が比較的小さいと、水流の再分布に影響し、閉塞を招きやすく、 $2\sim 5\text{mm}$ が比較的適したろ過としての粒径である。充填材の置き方は嫌気性生物ろ過槽の性能に対して一定の影響があり、充填材と水平面が成す角度は小さいほど、再分配する水流が留まりやすく、微生物と有機物とが十分に接触するほど、溶解性 COD の除去効果も良くなる。

⑤嫌気性流動床

嫌気性流動床（anaerobic fluidized bed、AFB）は効率が最も高い嫌気性反応器で、流動態は嫌気性汚泥と廃水量を最大限に接触させることができ、固定床底部の負荷が過重になることを防ぐ。小グラニュール担体（粒径は一般に 0.2～0.8mm、比表面積は 3,300～10,000 m²/m³）は微生物の固定化に巨大な表面積を提供し、反応器内の生物量は 10～14g/L に達し、除去率が高くなる。液体の流速が速い（10～30m/h）と、グラニュールと流体の相対的な速度を高め、生物膜を薄くし、物質移動の抵抗力が小さく、物質移動の速度が速くなる。嫌気性生物ろ過槽の閉塞とチャンネル現象を克服した。水質への適応性が強く、耐衝撃性が強い。充填材の多くは砂、ガラス球、活性炭が担体として多く用いられ、多孔質の高分子材料を担体とすると、比表面積を抑えることができ、密度も低く、流動しやすく、還流で消費するエネルギーは比較的少ない。

嫌気性流動床の最も際立った特徴は次の通りである。1、大量の水は速い上昇速度を得ることで流動態を保証しなければならず、したがってエネルギー消費が多く、コストが高くなる。2、流動の程度はコントロールしにくく、生物膜のグラニュールが均等な形態、大きさおよび密度を保つようにしなければならず、そうしなければ良好な流動態を実現できず、汚泥とグラニュールを流失させてしまうが、ほとんど実現しがたい。

⑥嫌気性付着膜膨張床

嫌気性付着膜膨張床（anaerobic attached film expanded bed,AAFEB）と嫌気性流動床との違いは担体の膨張の程度にあり、充填材層の高さで見ると、膨張床の膨張率は約 10～20%、嫌気性流動床は 20～70%となっている。膨張床の特徴は床層にある程度の膨張と柔軟性があるが、流動態にまではなっていないことである。

⑦メタンガス貯蔵設備

ガスはガスホルダーなどの貯蔵設備を用いて貯蔵する。ガス発生量が貯蔵能力を超える緊急事態発生時には残留ガス燃焼装置を使って処理した後、ガスを大気中に放出する必要がある。バイオガスには硫化水素が含まれているので、燃焼装置を保護し、大気汚染を防止するために、脱硫設備を設置して硫化水素を除去する必要がある。

発酵設備から生じたバイオガスを保存するには、以下のいくつかの方法がある。

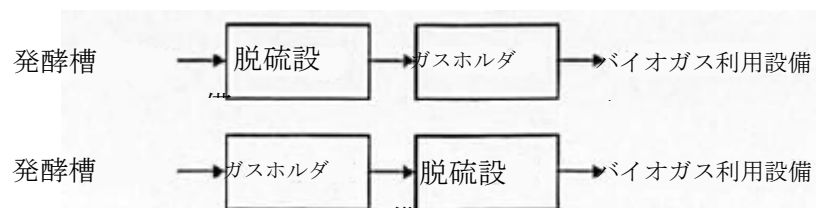


図 5-3 バイオガス貯蔵設備の基本的な貯蔵フロー

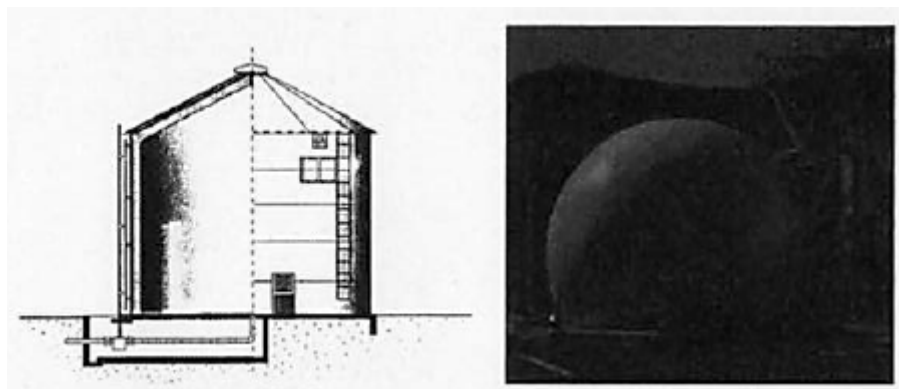
a)ガスホルダー

ガスホルダーの容積は、後続のバイオガス利用設備の要件を必ず満たすよう注意する。ガスホルダーには高压型、中圧型、低压型があり、実際には低压型が用いられる。低压型は無水式と水封を使った有水式に分けられる。

懸架式ガスホルダーは、プラスチックやゴムなどの有機素材で作られたガス嚢を鋼製のガスホルダー内の装置に吊り下げた装置で、吊り下げられたガス嚢はガスホルダー内で風船のように膨張してガスを保存する。また、付属として異常の加圧や異常な負圧を防止するための安全装置が

設けられている。

二重膜ガスホルダーは風船状の二重膜構造で、室外と室内の2層の膜によってガスを保存する。外膜にはガスを供給するためのブロワがあり、膨張状態を常に保持することで内膜を保護する。



懸架式ガスホルダー概略図 二重膜ガスホルダー概略図

図 5-4 低圧型ガスホルダーの概略図

低圧型ガスホルダーに関して、ガス貯蔵量の正確な測量方法に注意する必要がある。ガス嚢が容器内に設置された構造だと、ガス嚢の状態をもとにガス貯蔵量を正確に測量することができない。

バイオガス利用設備を使用する場合において、24時間休みなくガスを供給するならば、ガスホルダーの容積は2時間～4時間ほど収容できるくらいでよい。一方、間断的にガスを供給する場合、ガス供給停止時間のガス貯蔵量を考慮して容積を確定しなければならない。

⑧ バイオガス利用設備

バイオガスの再資源化方法として、ガスエンジン、マイクロガスタービン、燃料電池を利用した発電と廃熱回収、ボイラーの熱エネルギー回収、バイオガスとしてのガス供給がある。発電やボイラーなどのバイオガス利用設備を選択する場合、ガス発電量、熱回収量、施設の需要量などに照らしながら、合理的な利用計画により設備の機種、規模、数量を決定することが極めて重要である。ガス発生量が少ない場合、コストパフォーマンスを十分に加味し、有効な利用方法を検討する必要がある。

a) 発電機

i. ガスエンジン

最もよく見られるガスエンジンは、発電と同時に、コージェネレーションを通じて熱水によって廃熱を回収する仕組みである。また、蒸気や熱水によって熱エネルギーを回収するものもある。通常、発電効率は20～30%で、廃熱回収を含めた総合的な効率は廃熱の回収方法によって異なるが、大体50～70%である。注意事項としては、防音対策、防腐対策を講じること、大気汚染防止法にある燃料消費量換算規定による廃ガス中の窒素酸化物の濃度規制値に注意することである。

ii. マイクロガスタービン

ガスタービンは主に大型発電に用いられ、コージェネレーションシステムに応用される装置で、発電機を回転させて発電を行うと同時に、ボイラーを利用して廃ガスから熱エネルギーを回収し、高温・高圧の蒸気を生じさせる。ほとんどは大型設備で、施設のガス発生量に対応する発電出力

が数十から数百 kW ほどのマイクロガスタービンが次第に応用され始めている。マイクロガスタービンが生じる騒音はガスエンジンと違って、主に高周波騒音であるため、防止対策や防振対策が講じやすい。ただ、環境保全の面で優位性があるが、電気事業法に定められているとおり、ボイラー、タービンの主任技術者（電力出力が 300kW 未満の場合、主任技術者は不要）を配備し、かつ自主点検を定期的実施しなければならないことに注意する必要がある。マイクロガスタービンの発電効率と熱エネルギー回収を含めた総合効率は基本的にガスタービンと同様である。

iii. 二元燃料エンジン

ガスエンジンとガスタービン以外に、二元燃料エンジンがある。二元燃料エンジンは、軽質油とバイオガスの 2 種類の流体を燃料として発電を行うエンジンで、小規模の発電に用いられる。軽質油とバイオガスの燃焼比は各地域の実情をもとに設定することができる。発電効率 30~35% は高い方である。軽質油専用ガスホルダーなど付帯設備の設置が必要となり、規定の数量を超える場合は、消防署に必ず届出を行わなければならないことに注意する必要がある。

a) 燃料電池

燃料電池は、リン酸型、融解炭酸塩型、固体酸化物型、固体高分子型に分類される。ここでは、バイオガスのリン酸型燃料電池の利用例を紹介する。

バイオガスのリン酸型燃料電池は電池素子、改質装置、水蒸気分離器、熱交換器、インバータで構成される。特徴としては、発電効率が 40% 前後に達し、熱エネルギー利用を含めた総合効率が最高 80% 以上に達することが挙げられる。電子素子が発生させる直流電流はインバータを用いて交流電流に変換され、電気素子反応によって生じる回収熱エネルギーは熱水や蒸気の形で外部に出力される。燃料電池はまた、有害な廃ガスをほぼ排出せず、モーター発電に比べて騒音が小さいなど、環境保全の面でも優位性がある。ただ、使用寿命の延長や長期使用の信頼性確保、メタン濃度の向上などの課題も残っており、技術開発のさらなる進展が待たれる。

b) ボイラー

ボイラーは、バイオガス以外にも、多種多様な燃料に使用する取り組みが行われている。燃料の燃焼によって得られた熱水（90℃前後）や蒸気を単独でバイオガスに使用するほか、バイオガスと重質油、バイオガスと都市ガスなどオイルガス混焼の方式を採用することもできる。そのため、設置場所の条件を踏まえて、供給価格が最も低い熱源を利用するのがよい。ボイラーの熱効率は 80~90% である。

c) ガス供給

バイオガスを脱硫、精製した後、燃料として付近のガス事業者に提供する方法もある。当然ながら、付近にガス利用設備があることが前提条件である。この方法により、廃棄物メタンガス化施設はガス貯蔵設備・利用設備が必要なくなり、経済性、維持管理の面で非常に特長のある循環利用方法だといえる。

d) 自動車燃料

バイオガス精製後、メタン濃度が高まったところで、約 20MPa の高圧下で自動車に搭載すれば、自動車の燃料として使用できる。車載燃料には単独で精製バイオガスを使用するものもあれば、ガソリンと合わせて搭載し、切り替えながら走行するハイブリッド方式もある。プロパンなどを精製されたバイオガスに添加すると、その性状は天然ガスに相当し、圧縮天然ガス自動車

(CNGV) の燃料として使用できる。

e)その他

また、バイオガスからメタンガスを精製し、固体（水化合物）を生成した後で運搬、貯蔵する方法や活性炭吸着を利用して保存する方法などの技術開発も進められている。

(5) メタンガス発生量の計算

メタンガスの発生量は、工場の受入処理対象の品質の違いによって大きな差異がある。中国において、食品廃棄物の COD は平均 100,000mg/L～300,000mg/L である。

有機廃棄物 1t あたりの平均ガス発生量（基準値）は表 5-4 のとおり。

表 5-4 食品廃棄物のガス発生量(基準値)

項目	食品廃棄物
メタンガス発生量	350Nm ³ /kg～600Nm ³ /t 生分解 CODcr
メタン濃度	50～80%

(6)メタン発酵消化液の資源化利用技術

嫌気性条件下で、各種農業廃棄物および人と家畜のし尿など有機物質はメタンガス発酵を経て、炭素、窒素を除去してメタンガスを生成するほか、その他は農作物の元素窒素、リン、カリウムがほとんど流失されないように働く。こうした発酵の余剰物は良質の有機肥料である。通常はメタンガス肥料と呼ばれる。このうち、メタン発酵消化液はメタンガス液肥、メタン発酵残さはメタン発酵残さ肥料と言われる。主要成分は表 5-5 の通り。

表 5-5 メタンガスとその他の有機肥料の成分比較

成分 肥料	有機質/%	腐植酸/%	全窒素/%	全リン/%	全カリウム/%
メタン発酵消化液肥	—	—	0.03～0.08	0.02～0.06	0.05～0.1
メタン発酵残さ肥料	30～50	10～20	0.8～1.5	0.4～0.6	0.6～1.20
人尿・人糞	5～10	—	0.5～0.8	0.2～0.4	0.2～0.3
豚糞	15	—	0.56	0.4	0.44

このほか、嫌気性発酵液は速効性の栄養能力が高く、養分の利用可能率が高い、多元的な即効性複合肥料であり、速やかに作物に吸収される。

①根の周りへの追肥

嫌気性発酵液を根の周りに追肥すると、栄養成分が果樹と作物の茎・葉によって直接吸収され、光合成も加わり、増産と品質向上と同時に、病気への抵抗力と耐寒力を増強できる。嫌気性発酵液を長期間使用することで土壌の団粒構造の形成を促し、土壌の保水力と保肥性を増強し、土壌の理化学的性質を改善し、土壌の温度を上げ、土壌中の有機質、全窒素、全リンおよび有効態リン酸などの養分をそれぞれ高める。また汚染を減らし、肥料コストを軽減することができる。1 ムーあたりの使用量は約 1,000～1,500kg である。

②養豚

嫌気性発酵液を添加剤として豚に与えると効果が良く、それは嫌気性発酵液には常量元素と微量元素、特にアミノ酸がかなり豊富に含まれ、その上いずれも可溶性栄養物質であるため、吸収発酵しやすく、したがって豚の成長の需要を満たす。嫌気性発酵液を豚に与えることで飼料を節約し、コストを減らし、飼育期間を短縮する。

③魚の養殖

嫌気性発酵液を利用して魚の養殖もでき、嫌気性発酵液中の栄養成分はプランクトンに吸収されやすく、その繁殖と成長を促し、水質を改善し、溶解型酸素の消費を減らし、魚類の大量死発生を防ぐと同時に、寄生虫卵と病原菌が比較的多い新鮮な家畜・家禽の糞を与えることで引き起こされる魚の病気を排除する。

④浸種

嫌気性発酵液に種を浸す。嫌気性発酵液には大量の腐植酸アンモニア、各種ビタミン、オーキシン、作物に必要な窒素、リン、カリウムおよび微量元素と微生物が分泌する多種類の活性物質が含まれ、これら可溶性栄養物質は浸透作用によって異なる度合いで種子に吸収され、胚と胚乳中の酵素源を効果的に活性化し、酵素の活力を増強し、発芽を促し成長を刺激し、種子の休眠・発芽から苗の育成過程まで養分転換を加速し、代謝を促す。嫌気性発酵液を利用した浸種は、種子の発芽率、成苗率および抗ストレス性を高めることができる。

⑤作物の病虫害の予防

嫌気性発酵液にはさらに病虫害を予防する作用がある。この効能はすでに大量の実践により証明されている。嫌気性発酵液を作物の茎、幹、葉に直接噴射することで、病虫害を防ぐ作用をなす。さらに浸種液とすることで、病虫害予防の目的を果たせる。すでに実証されているが、嫌気性発酵液は穀物、経済作物、野菜、果物など 17 種類の農作物のうち、30 種近い病気に良好な予防効果があり（表 5-6）、19 種類の農作物の 19 種類の虫害（表 5-7）を防ぐことができ、23 種類の病害と 15 種類の害虫を防ぐことができる。

表 5-6 嫌気性発酵液が予防する病害の種類

農作物	病害の種類
水稻	いもち病/紋枯病/白葉枯病/斑点病/球状菌核病
小麦	馬鹿苗病/立枯病菌/根腐病
大麦	葉さび病/黄斑モザイク病
トウモロコシ	すす紋病/ごま葉枯病
ソラマメ	萎凋病
ピーナッツ	病株
綿花	胴枯れ病/炭疽病
サツマイモ	軟腐病/黒斑病
煙草	モザイク病/たばこ疫病/赤星病/炭疽病/生理的斑点病
キュウリ	うどん粉病/べと病/灰色かび病
トウガラシ	うどん粉病/べと病/灰色かび病
ナス	うどん粉病/べと病/灰色かび病
マクワリ	うどん粉病/べと病/灰色かび病
イチゴ	うどん粉病/べと病/灰色かび病
スイカ	胴枯れ病

表 5-7 嫌気性発酵液が防除する害虫の種類

農作物	害虫
水稲	コブノメイガ/ヒメトビウンカ/セジロウンカ/メイチュウ/イ ネアザミウマ/グロヨコバイ/短翅型ツマグロヨコバイ/長翅型ツ マグロヨコバイ/ニカメイチュウ/トビイロウンカノメイガ
小麦	アリマキ
トウモロコシ	蛾幼虫
黄豆	アリマキ
綿花	ワタキバガ
柑橘	赤ダニ/ナミハダニ/ヤノネカイガラムシ/アリマキ/アオムシ
白菜	シ
レタス	アリマキ/アオムシ
キャベツ	アリマキ/アオムシ
セルラス	アリマキ
ピーツ	アリマキ
キュウリ	アリマキ/赤ダニ/コナジラミ
トマト	アリマキ/赤ダニ/コナジラミ
ナス	アリマキ/赤ダニ/コナジラミ
マウリ	アリマキ/赤ダニ/コナジラミ
トウガラシ	アリマキ/赤ダニ/コナジラミ
イチゴ	アリマキ/赤ダニ/コナジラミ

(7)メタンガス精製技術

メタンガスは一種の混合気体で、燃焼させることができ、主な成分は CH₄ で、普通は 50～80% 程度あり、その他は CO₂ と少量の N₂、H₂、O₂、CO、H₂S など、特性は天然ガスと似ている。メタンガスの代表的な組成は表 5-8 に示した通り。

表 5-8 メタンガスの代表的な組成

主要成分	CH ₄	CO ₂	N ₂	H ₂	O ₂	H ₂ S
体積分率 /%	50-80	20-40	0-5	≤1	≤0.4	0.1-3

メタンガスに含まれる硫化水素は環境と人体に被害をもたらす。硫化水素による被害を防ぐために、メタンガスを利用する前に硫化水素を除去しなければならない。メタンガスの浄化とは実際のところ硫化水素の浄化である。中国は大気、作業場の空気および工業廃ガス中の硫化水素濃度についてすでに厳しく規制している。生活環境としての大気中の硫化水素の最高濃度は 0.01mg/m³ を超えてはならない。作業場の空気中の硫化水素の最高濃度は 10mg/m³ を超えてはならない。都市ガス中の硫化水素の最高濃度は 20mg/m³ を超えてはならない。

硫化水素ガスの浄化と利用方法は弱酸性と強い還元性による脱硫で乾式と湿式の 2 種類に分けることができ、このうち湿式には吸収法と湿式酸化法が含まれる。乾式には酸化鉄吸着法、活性炭法、分子選別法、イオン交換法、電子ビーム照射法、膜分離法、生物法などがある。しかし国内の諸々の条件の制限により、メタンガス中の硫化水素の浄化はまだ広く重視されるには至っておらず、多くの農村がメタンガスを使用する際には脱硫処理を行わず、処理している場合でも簡単かつ安価で大ざっぱな方法を用いて脱硫しているに過ぎない。これは環境に悪影響を及ぼすのは必至で、このため生活ごみを微生物分解しメタンを生成する時、脱硫装置は不可欠である。以下にメタンガスの脱硫に適した方法を簡単に紹介したい。

①湿式脱硫

脱硫剤の違いにより、湿式脱硫は液体吸収法と吸収酸化法の 2 種類に分けることができる。

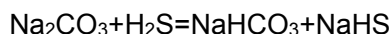
a)吸収法

吸収法にはアルカリ性溶液を利用する化学吸収法、有機溶剤を利用する物理吸収法、および同時に物理吸収と化学溶剤を利用する物理化学吸収法が含まれる。

i.炭酸ナトリウム吸収法

吸収液はアルカリ性を示し、酸性のガスを吸収できる上、弱酸性の緩衝作用により、酸性のガスを吸収する時に、pH 値が急に変化することはなく、システムの運転の安定性を保証する。このほか炭酸ナトリウム溶液は H₂S を吸収するのが CO₂ の吸収より早く、メタンガス中にこの 2 つの酸性ガスは同時に存在するため、H₂S を部分的に選択して吸収できる。この方法はすでにガスから大量の CO₂ を取り除くのに成功し、CO₂ と硫化水素を含む天然ガスおよびメタンガスから酸性ガスを除去するのにも用いられている。

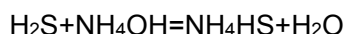
この溶液が H₂S を吸収する化学反応式は次の通り。



この方法の主な長所は設備が簡単で、経済的なことである。主な短所は一部の炭酸ナトリウムが重炭酸ナトリウムに変化して吸収効率が下がり、一部が硫酸塩に変化して消費されることである。

ii. アンモニア水法

硫化水素は酸性ガスであり、アルカリ性のアンモニア水を用いて硫化水素を吸収すると、中和反応が起きる。

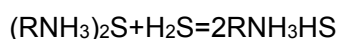
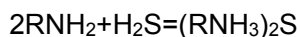


まず、ガスの中の硫化水素がアンモニア水に溶解するのは、物理的溶解である。次に溶解した硫化水素と水酸化アンモニウムが中和反応を起こすのは、化学的吸収過程である。再生方法は硫化アンモニウムを含む溶液に空気を吹き込み、吸収反応の逆の過程を起こすことで、硫化水素ガスを分離させる。分離後の水酸化アンモニウム溶液は新鮮な水酸化アンモニウムを補充した後で、引き続き吸収に利用する。再生時に生じた硫化水素は、二次加工し、環境汚染を防がねばならない。もし水酸化アンモニウムを触媒とする液相脱硫法を採用するなら、溶液中のヒドロキノンの酸化作用を利用し、硫化水素を酸化させ元素硫黄を分離し、同時に溶液を再生させる。

iii. アルカノールアミン吸収法

アミン法脱硫は早くも 1930 年に産業化され、ガス浄化の産業利用で最も多い方法である。過程が簡単で信頼性があり、溶剤が安価で入手しやすく、浄化度が高い。主に使用されるアミン類は、モノエタノールアミン、ジエタノールアミン、トリエタノールアミン (TEA)、メチルジエタノールアミン (MDEA)、ジグリコールアミン、ジイソプロパノールアミンの 6 種類である。

主な反応式は次の通り (モノエタノールアミンを例にとる)。



以上は可逆反応で、比較的低い温度 (20~40℃) で、右方向に行う (吸収)。比較的高い温度 (105℃以上) では、左方向に行う (溶解吸収)。代表的なアルカノールアミン溶液は硫化水素を吸収する比較的良好な溶剤であり、長所は価格が安い、反応力が強い、安定性が良い、回収しやすいなどである。欠点は、気泡が出やすい、腐食しやすい、硫化水素と二酸化炭素への選択性がない、有機硫黄が存在する場合は分解する、蒸気圧が高い、溶液の損失が大きいなどである。

b) 湿式酸化法

湿式酸化法には次のような特徴がある。(1) 脱硫の効率が高く、浄化後のガスの硫黄含有量を 10ppm (13.3mg/m³) 以下、さらには 1~2ppm (1.33~2.66mg/m³) 以下にすることができる。(2) 硫化水素をさらに単体硫黄に転化させることができ、二次汚染がない。(3) 常温下で操作でき、加圧下でも操作できる。(4) 大多数の脱硫剤は再生でき、運転コストが低い。だが、原料気体中の CO₂ 含有率が高すぎるとき、溶液の pH 値は低下し液相中の H₂S/HS の反応を速やかに減速させるため、H₂S 吸収の物質移動速度と装置の経済性に影響を与える。

iv. A.D.A 法 (アントラキノンジスルホン酸ソーダ法)

この方法はバナジウムを脱硫の基本触媒とし、アントラキノンジスルホン酸ソーダ (ADA) を用いて還元態バナジウムの再生酸素単体とし、洗浄液は炭酸ソーダを媒質とする。工程装置が簡

単で、技術が確立し、脱硫効率がよく、硫化水素含有率が 0.001%～5%の各種ガスと廃ガスの処理に適しており、浄化後の硫化水素含有量は 1×10^{-2} 以下にすることができる。短所は吸収圧力が高く(1.8Mpa 前後)、硫黄吸収容量が低く(0.37g/L)、比較的価値の高い NaVO_3 と A.D.A の消費量がやや多いことである。

v.DPS 法(ジフェニルスルフィド法)

DPS 法はジフェニルスルフィドを含む Na_2CO_3 溶液を吸収液に用い、他の触媒酸化法との違いは DPS には脱硫と酸化再生の 2 つの過程とも触媒作用があり、脱硫過程は全過程を抑制する段階であることにある。DPS 法は無機硫黄と有機硫黄に対し良好な除去効率がある。DPS) が元の脱硫液を投入して運転の初期に取って代わり、pH 値に上昇傾向があるのは、DPS 法の塩基消費が低い根本的な原因である。DPS 法には硫黄吸収容量が大きい、生じる泡が浮選しやすい、分離しやすい、吸収塔をつまらせない、触媒が HCN 中毒を起こしにくいなどの長所がある。

②乾式脱硫

乾式脱硫の中で、ある物質を用いて化学または物理化学的な過程を経て硫化水素を固定する。化学過程を採用する条件下で、硫化水素は吸収剤と直接作用する。物理化学過程を採用する時、吸着剤の表面を利用しガス中の硫化水素を吸着し、吸着剤の硫化水素に対する酸化には触媒作用があることもある。多くの固体吸着剤は活性表面積が大きいいため、ガスから H_2S を吸収する能力があり、 H_2S を自身の空隙に保存する。

a)活性炭による吸着脱硫

活性炭は常用される固体脱硫剤で、常温では H_2S の酸化を加速し S とする触媒作用があり溶解硫黄が吸着されるようにする。活性炭は乾燥したガスの脱硫効果に劣り、浄化ガスの相対湿度は 70～100%であることが求められる。

活性炭は常用の固体脱硫剤で、その特徴は吸着容量が多い、耐酸・耐アルカリの化学的安定性が高い、溶解吸収が容易である、比較的高温での溶解吸収・再生でも結晶体構造に特に変化はない、熱安定性が高い、複数回の吸着と溶解吸収操作を経ても本来の吸収性能を保っているなどである。報告によると、ガス中の硫化物を取り除くあらゆる活性炭は、一定の孔径を必要とする。無機硫化物 (H_2S) の分離に適した活性炭は、細孔と大孔の数量はほぼ同じで、平均孔径は 8～20nm である。活性炭で硫化物を吸着脱硫する時、活性炭に一定の水分が含まれると、吸着効果を改善できる。実践する中では、これは水蒸気賦活の方法で達成できる。活性炭の脱硫能力を高めるために、一般の活性炭を改質しなければならず、常用の改質剤は金属酸化物および金属塩で、例えば ZnO 、 CuO 、 CuSO_4 、 Na_2CO_3 、 Fe_2O_3 などがある。脱硫反応のために、活性炭の表面には徐々に単体硫黄が沈積し、一定の硫黄吸収容量まで蓄積したら活性炭を再生させねばならない。

b)酸化鉄法

常温酸化鉄脱硫は常温下で、触媒作用を補助するアルカリと水分を含む酸化鉄でガス中の硫化水素を除去する。酸化鉄の脱硫過程では、硫化水素ガスを選択し固体酸化鉄の表面で進行させ、メタンガスは脱硫装置内の流速が低いほど、接触時間が長くなり、反応が十分に行われるほど、脱硫効果が良くなる。脱硫剤中の硫化鉄含有率が 30%に達すると、脱硫効果は著しく低下し、脱硫剤を再生しなければならない。酸化鉄脱硫装置は図 5-5 に示した通り。

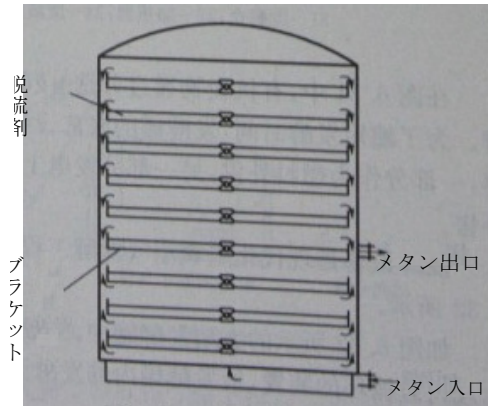


図 5-5 酸化鉄脱硫の概略図

図 5-5 の中央に円形の穴のある吊りかご状のものを塔内に設置し、重ねた吊りかごは脱硫塔中心で円柱形のメタンガスの通り道となり、矢印で示した方向の通りである。メタンガスは脱硫塔底部から中心の通り道に入れ、また各吊りかごに均一に入るほうにし、脱硫剤層を通ると吊りかごと塔壁との隙間に入り、塔の側壁から排出される。

(8)メタンガス利用技術

メタンガスは再生可能なクリーンエネルギーで、従来型のバイオマスエネルギー（わら、薪など）および商品化されたエネルギー（石炭など）に取って代わることができ、効率は明らかに薪、わら、石炭などより高く、メタンガスには二酸化炭素が含まれ、メタンガスの燃焼安定性に重大な影響を及ぼし、常用の燃料ガス、例えば石炭ガス、天然ガス、液化石油ガスなどの中で、メタンガスは火炎伝播速度が最低で、燃焼の安定性が最も劣る燃料ガスであるため、いくつかの浄化方法を用いて二酸化炭素を除去する必要がある。

①生活用の燃料にする

1 m³のメタンガスは1世帯分の湯沸かし・煮炊きに足りる量である。メタンガスを生活用燃料に利用することは、クリーンかつ衛生的で、利用が便利だけでなく、熱効率が高く、時間を節約でき、一般に1回ご飯を炊くのに30分、0.3 m³のメタンガスしか必要としない。1 m³のメタンガスで1つのメタンガス灯5～6h分の照明が可能で、60～100Wの電灯の輝度に相当し、特に辺鄙な地区、電力不足の地方での利用に適している。一般にメタンガス事業の規模が小さい地方は、生成・収集したメタンガスを家庭向けに供給できる。

②輸送機関の動力源にする

メタンガスは一種の良質な動力燃料で、1 m³のメタンガス熱量は0.5kgのガソリンまたは0.6kgのディーゼル油、または1kgの原炭に相当する。メタンガスの耐ノック性は比較的優れ、オクタン価が125に達するメタンガスは各種内燃機関を動かすのに直接利用できる。

メタンガスを自動車の動力とする時、通常はメタンガスを酸素ボンベに高圧で充填し、1台の車両で数本を予備とする。熱量がやや低いため、始動がやや遅いが、排気ガスには黒煙がなく、汚染が比較的少ない。

メタンガスをガスエンジンに利用する時は、いかなる改造も必要としないが、比較的良好的な効果を得るためには、メタンガスは圧縮比が12の時に燃焼効果が最も良いことから、ガスエンジ

ンの圧縮比を変えねばならない。メタンガスをガソリンエンジンに用いる時は、元のエンジンのキャブレターの前にメタンガス・空気の混合装置を設置する必要がある。メタンガスをディーゼルエンジンに用いる時は、メタンの着火点が 841℃と、ディーゼルエンジンの圧縮が終わるシリンダーの温度より高く、圧縮による点火は難しいため、メタンガス・空気混合装置を加えるほか、さらに着火装置の追加または混合燃焼法を採用しなければならず、そうすることでメタンガスを主燃料に、少量のディーゼル油で引火するようにし、一般にディーゼル油の量を 10～20%の範囲内に抑えると、ディーゼルエンジンのメタンガス燃焼効率はガソリンエンジンより高くなる。

③発電

メタンガスをエンジンの燃料にすると、燃焼と膨張を通じて生じた原動力によってエンジンが発電機を発電させる。エンジンには主にバイフューエルエンジン、点火エンジン、ガスタービンエンジンがあり、熱効率は低下する。

メタンガスには硫化水素が含まれることから、金属設備に対する比較的強い腐食作用があり、このために設備には耐食性が求められる。メタンガスが内部に入るおおよびその前に、まずメタンガスを簡単に浄化すべきで、主に硫化水素を除去すると同時に、二酸化炭素を一部吸収することで、メタン含有率を引き上げる。

メタンガス発電の方式には 2 種類ある。1 種類はメタンガスを単独で用いて燃焼させることで、もう 1 種類はガソリンまたはディーゼル油と混合して燃焼させる。前者は安定性にやや劣るが、比較的経済的である。後者は逆である。今のところ専用のメタンガス発電機はなく、多くはディーゼル油またはガソリン発電機を改造したもので、容量は 5kW から 120kW までさまざまであり、1 度発電するごとに 0.6～0.7m³のメタンガスを消費し、コストは火力発電より少し高いが、石油を燃料とする発電よりはかなり安く、環境要因を考慮すると、良いエネルギー利用手段となる。

④化学工業の原料にする

メタンガスを浄化すると、純粋なメタンを得ることができ、メタンは一種の重要な化学工業原料であり、高温、高圧または触媒の作用の下で、メタンは多く反応することができる。照明下で、メタン分子中の水素原子は徐々にハロゲン原子に取って代われ、クロロメタン、ジクロロメタン、トリクロロメタン、テトラクロロメタンの混合物を生成する。この 4 種の生成物はいずれも重要な有機化学工業原料である。クロロメタンはオルガノシリコン生産の原料である。ジクロロメタンはプラスチックとアセテート繊維の溶剤である。トリクロロメタンは合成フッ化物の原料である。テトラクロロメタンは溶剤であり消火剤であり、ナイロンの製造原料でもある。

特殊な条件下では、メタンはメタノール、ホルムアルデヒド、ギ酸などにも変わることもできる。さらに空気を遮断し加熱した条件では、分裂分解しカーボンブラックと水素を生成することができる。

メタンは 1,600 度の高温で分裂分解しアセチレンと水素を生成する。アセチレンは酢酸、化学繊維、合成ゴムを生産することができる。

メタンは 800～850 度の高温で、触媒が存在する状況では水蒸気と反応して水素、一酸化炭素を生成することができ、窒素、尿素、メタノールの製造原料である。

⑤鳥類の孵化

木炭を燃料とする孵化、オンドルを利用した孵化の技術による温度の不安定性と一酸化炭素中毒を防ぐことができる。メタンガスによる孵化技術は信頼性があり、操作が便利で、孵化率が高く、汚染物による環境汚染が発生しない。

⑥野菜栽培

野菜を植えた栽培用ビニールトンネルまたは温室内でメタンガスを燃焼させ、メタンガス燃焼で生じた二酸化炭素を気体肥料として与えると、明らかな増産効果があるだけでなく、無公害野菜が生産される。

⑦貯穀の防虫

メタンガスの酸素含有率は極めて低く、貯穀施設に適量のメタンガスを送り込み密閉して一定時間滞留させた後、空気を排出し、酸欠で窒息する環境を作ることで、害虫を酸欠で窒息死させる。この方法は穀物の品質を保持し穀物を汚染せず、人体と種子の発芽に影響を与えない。この技術は貯蔵コストを60%以上節約し、穀物の損失を約10%減らすことができる。

(9)メタン発酵残さの資源化利用技術

メタンガスには比較的全面的な養分と豊富な有機物が含まれる、一種の減速的に土壌を改良する機能のある良質な肥料である。堆肥時、当地に需要があるかどうか、買い手が付くかどうかどうかを確認する必要がある。メタン発酵残さを使用した土壌は、有機質と窒素・リンの含有率がメタン発酵残さを使用していない土壌に比べて増え、土の密度が低下し、空隙率が上昇し、土壌の理化学的性質が改善され、保水力と保肥性が増強される。

メタン発酵消化液は一毛作の本肥としての効果が良く、もしメタン発酵消化液への浸種、根の周りへの追肥と組み合わせると、効果はさらに良くなり、作物と果実には生育期間全体を通して基本的に病虫害が発生せず、化学肥料と農薬の使用量を減らせる。

メタンガス肥料の利用実験が示すように、メタン発酵残さ肥料は水稻への利用効果が畑の作物より良く、メタン発酵消化液は畑の作物への利用効果が水田よりも良い。メタンガス肥料と化学肥料を組み合わせると、効果は1種類だけを使用した場合の増産効果よりも良い。これは有機肥料が遅効性肥料で化学肥料が速効性肥料だからで、両者を組み合わせると長短を補い合うことができる。

5.8 食品廃棄物飼料化技術

食品廃棄物の成分は複雑で、さまざまな動物の蛋白物が含まれており、簡単な脱水、粉碎によって作られた飼料には「相同性汚染」、すなわちある動物が同種の動物の肉、骨、血液などの動物組織によって生産された動物由来性の飼料を食用することで生じる潜在的、不確定の疾病伝播リスクが存在する。このほか、飼料の塩分濃度が1.8%を超える場合、成年家禽の生長に影響を及ぼすが、食品廃棄物を原料として製造された飼料の塩分は通常、その2倍以上である。生物処理法を利用して菌類蛋白質飼料を製造、調製すればアミノ酸、蛋白質、ビタミンの含有率を高めることができ、大豆、フィッシュミールなどの蛋白質飼料に代替することができる。また、蛋白消化吸収率が高い、嗜好性が高いなどの長所がある。そのため、生物処理法によって食品廃棄物を蛋白質飼料に転換する方法が人々に好まれている。

日本の「食品リサイクル法」では、食品廃棄物に対する飼料化とリサイクルを行う場合、まずリサイクルに適さない食品廃棄物を徹底的に分別し、容器、包装、食器、爪楊枝その他の異物の混入を防ぎ、リサイクル製品の安全性を確保し、含有成分を安定させることで、品質を向上しなければならないと定めている。日本の康正産業株式会社は食品廃棄物の統一化された収集・運搬を経て、それに飼料化処理を施した後、得られた液状飼料を霧島市の野上農場に黒豚養殖用の飼料として売り、養殖場で養殖された豚を再び康正産業が経営するレストランに売るという「目に見えるライフサイクル」を構築した。各レストランには食品廃棄物の変質を防ぐために一括配備された食品廃棄物保管用の冷凍庫があり、毎朝専用の冷蔵車が各レストランを回って食品廃棄物を回収し、当日発生した食品廃棄物は基本的に当日、遅くとも翌日の午前中には運搬される。食品廃棄物を南栄加工センターまで運んだ後、まず異物分離機に投入して異物を選別し、圧送ポンプを通じて発酵塔に送る。発酵槽ではユーロチウム属を加えて24時間発酵し、最終的に液状飼料にする。液状飼料は野上黒豚養殖場に売り、それを利用して養殖された黒豚を康正産業がレストラン経営用に購入する。この方法は、資源の浪費を防止し、コストを節約できるほか、飼料を自ら発酵して製造するため、安全性を保証できる。こうした「目に見えるライフサイクル」により、本当の意味での食品廃棄物の再資源化が実現する。

現状から察するに、食品廃棄物飼料化の市場規模は莫大で、飼料の安全性さえ保証できれば、とりわけ飼料の衛生基準がその品質基準を満たしさえすれば、それに真の利用価値を与え、その価値を実現できる。食品廃棄物を利用して蛋白質飼料を生産できれば、国内の蛋白質飼料不足を緩和でき、「未消毒の食品残渣で飼養された豚」の販売業者、食品廃棄物を利用して有毒・有害食品を製造する不法業者を源から根絶でき、人々の食の安全、身体の健康の保護につながる。

(1)代表的な飼料化技術

食品廃棄物飼料化の基本的要件は、消毒、滅菌により飼料の衛生基準を満たし、栄養成分を最大限に保留することである。食品廃棄物の発生源は多岐にわたるが、あらゆる食品廃棄物から飼料を製造できるわけではなく、飼料化を行うには原料となる食品廃棄物が以下の条件を満たさなければならない。

- (1) 蛋白質が豊富。
- (2) 消化しやすい。

- (3) 塩分を減らす処理を必要としない化学構造。
- (4) 発生源と運搬、飼料化のプロセスにおいて衛生管理を行える。
- (5) 分別回収でき、腐敗する前に迅速に処理できる。
- (6) 飼料化技術の中に滅菌工程がある。

飼料化処理技術として、脱水乾燥法（物理法）と微生物発酵法（生物法）がある。脱水乾燥法はまた、通常高温乾燥、発酵脱水、油温脱水に分けられる。食品廃棄物の発酵プロセスにおいて、微生物の発熱は、体系内の水の蒸発を促進し、含水率を減らすプロセスである。脱水乾燥法による飼料製造の技術的核心は、高温乾熱滅菌プロセスで、加熱法によってその加熱温度と加熱時間は異なるが、一般的に湿熱法のほうが乾熱法よりも温度が若干高い。生物処理法の技術的核心は、微生物が食品廃棄物の中の栄養素を利用し、これらの物質を自身の成長と繁殖に必要なエネルギー、物質に変えることである。その生成物は通常、微生物自身およびその分泌蛋白質で構成された蛋白質飼料と考えられている。

①脱水乾燥法(物理法)

物理法は、食品廃棄物を直接脱水し、乾熱消毒を行い、それを粉砕して飼料にする方法で、高温消毒によるウイルス駆除を原理とする。そのプロセスフローは図 5-6 のとおり。脱水方法は通常、乾熱乾燥、発酵乾燥、油温脱水に分けられ、脂肪吸着、含水率調整のために麦ぬかを使用する場合がある。食品加工業者によって排出された廃棄物がおから状で、他の成分が混入していない状態で排出される場合において、乾燥などの簡単な工程を通じて加工された粉末は、飼料として使用しやすい。

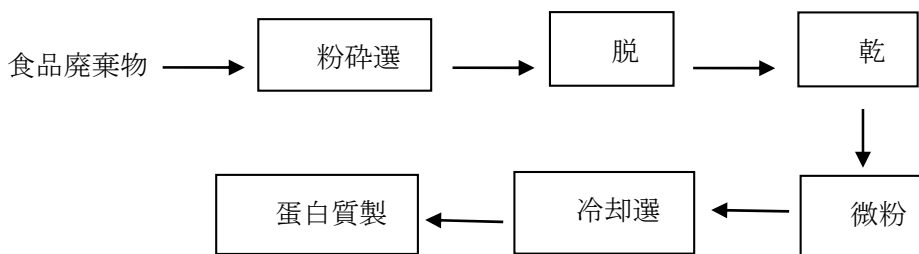


図 5-6 食品廃棄物の物理法による飼料加工のプロセスフロー

a)乾熱乾燥

乾熱乾燥法は、食品廃棄物に対して前処理（通常は、選別、脱水、脱油）を行った後、湿熱法や乾熱法により、滅菌、乾燥を目的として食品廃棄物を一定の温度まで加熱し、後続の処理を通じて飼料または飼料添加物を取得する方法である。乾熱乾燥法による微生物蛋白質飼料の製造は通常、次のステップを踏む。

- 原料貯蔵槽の湿式原料を、分離槽を経て選別した（一部の水分は槽底部の篩板を通じて流出する）後、蒸気ボイラーに送る。
- 蒸気ボイラーの中のジャケット釜の蒸気が原料に対して予熱を行い、原料に含まれる油分の粘度を下げて、原料から脱離しやすくする。
- 原料を蒸解した後で圧搾機に送り、脱水、脱油を施した後、半乾燥材にする。
- 分離された油水混合物は油水分離装置に入れ、再生油脂または飼料用油の生産に用いる。

- 脱水後の半乾燥材を再び乾燥機に送り、高温・高圧蒸気を通じて消毒、滅菌、二次脱水を行い、最終的に原料の含水率を 10%前後まで下げる。
- 最後に篩い分け、磁力選別、粉碎を経て、蛋白質粉末を完成品として袋詰めし、入庫する。

この方法を利用して得られた脱水飼料の栄養成分の含有率（平行検査 59 回の平均値）は表 5-9 のとおり。

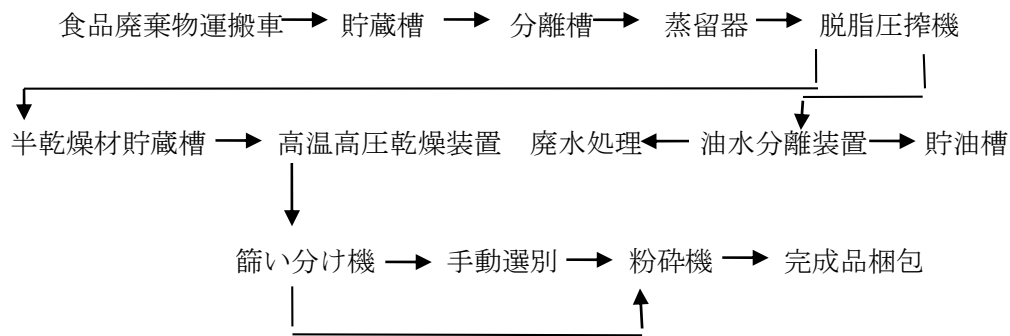


図 5-7 高温乾燥食品廃棄物蛋白質飼料の加工プロセス

表 5-9 食品廃棄物の物理法により得られた脱水飼料の栄養成分の含有率(n=59)%

有機質	粗蛋白	粗脂肪	炭水化物
92.2	23.4	9.7	59.1

a)発酵乾燥

発酵乾燥は微生物発酵技術を通じて食品廃棄物を発酵飼料にする方法である。発酵プロセスにおいて、微生物の発熱は、体系内の水の蒸発を促進し、含水率を減らすプロセスである。この処理プロセスは通常サイクルが長く、菌種の選択管理を行う必要があり、複雑である。

b)油温脱水

油温脱水は油を熱媒体とし減圧状態で原料を脱水し、圧搾する脱油技術である。この方法は、原料中の蛋白質に溶解や変性が起こらない条件下で、短時間で脱水できる。日本では、主にこの方法を通じて処理後のごみを直接飼料化している。日本の札幌飼料化リサイクルセンターは油温脱水法により動物飼料を生産している。このセンターは毎日、学校、病院など 188 の機関から食品廃棄物 50 トンを収集し、廃植物油を用いて、減圧条件において低温で揚げ（約 110℃）、脱水飼料を生産している。2001 年に日本で狂牛病(BSE)が発見されたため、日本の農林水産省の大臣は「消費のプロセスで発生した食品廃棄物に肉類が含まれる場合、それを豚の飼料として再利用してよいが、反芻動物の飼料としてはならない」と発表した。

②微生物発酵法(生物法)

微生物発酵は、微生物菌体を利用して食品廃棄物を発酵し、微生物の生長、繁殖、新陳代謝を利用して有用な菌体、酵素、中間体を蓄積した後、乾燥を経て蛋白質飼料にする方法で、一定の環境条件下で育成された菌種を食品廃棄物に加えて密封貯蔵し、菌種が代謝活動を通じて飼料の原料中のある物質を分解、転換することで原料中の家畜、家禽に利用されにくい高分子物質から

消化吸収されやすい低分子物質に変えると同時に、微生物菌種を増殖させる。微生物菌体の単細胞の蛋白質含有率は非常に高いため、飼料の蛋白質含有率を増やすことができ、その完成品は微生物蛋白質飼料といえる。微生物菌種群の中に家畜、家禽に対するプロバイオティクス機能を有する飼料用微生物が含まれている場合、微生物蛋白質飼料は優れた飼養効果を有する。現時点で、国内外で採用されている菌種の多くはバシラス属、乳酸菌、酵母菌、糸状菌で、食品廃棄物の中の複雑な成分の分解、有害菌の駆除または抑制、毒素の生分解、原料の外観や臭いの改善、蛋白質粉末製品の安全性向上に用いられる。微生物菌体は毒素を栄養成分として吸収、利用でき、細胞外酵素を分泌してこれらの毒素に作用させることができるほか、二次代謝生成物を産出し、毒素と結合させて解毒することもできる。酵素は活性が高く、特異性の強い生体触媒で、現時点でよく使われているのは糖化酵素、アミラーゼ、プロテアーゼ、セルラーゼ、グルコース酵素、キシラナーゼであり、これらはさまざまな形で飼料に添加することができる。

③食品廃棄物飼料化技術

微生物飼料は大きく2種類に分けられる。一つは、微生物の発酵作用を利用して飼料原料の理化性状を変えるか、またはその嗜好性を高めて消化吸収率とその栄養価を向上させるか、または解毒、脱毒を行うか、有用な中間生成物を蓄積するかである。この種の微生物飼料としては、乳酸発酵飼料（サイレージ）、動物屠殺廃棄物発酵飼料、脱毒発酵飼料、微生物発酵により製造された飼料添加物がある。もう一つの微生物飼料は、各種の廃棄物、セルロース系物質、澱粉質原料、ミネラルなどを利用して培養した微生物菌類蛋白質、藻類である。

食品廃棄物を原料とし、微生物を利用した大量繁殖と代謝によって製造、調製された微生物蛋白質飼料は、アミノ酸、蛋白質、ビタミンの含有率を高め、大豆、フィッシュミールなどの蛋白質飼料に代替できるほか、蛋白質の消化吸収率が高く、栄養価が高く、嗜好性が優れているといった長所があり、さらに連続生産が気候、土壌、自然災害の影響を受けず、成功率が高い。

微生物蛋白質とは、単細胞蛋白質(single cell protein、略称 SCP)とも呼ばれ、藻類、放線菌、細菌、酵母、糸状菌および高等菌類の乾細胞をいい、成長プロセスにおいて各種の基質を利用し、適切な培養条件下で、細胞や糸状微生物の固体を培養することで得られる菌類蛋白質(microbial protein)である。

a)単細胞蛋白質飼料の生産工程

微生物を利用した単細胞蛋白質飼料の生産工程には、脱水前処理、雑質除去、粉碎、固液分離、油水分離、高温滅菌、混合攪拌、発酵、調製、造粒、乾燥がある。

i.雑質除去

食品廃棄物は、選別を行う前に脱水前処理により、食品廃棄物の中の自由水を排出しなければならない。これにより、後続の固液分離の工程において食品廃棄物に対して効果的な脱水処理を施すことができる。

食品廃棄物には大量の使い捨て食器、ビニール袋、キャップが含まれており、これらの雑質は最終製品の品質に影響を及ぼす。雑質除去を粉碎の前に行うことで、大きな雑質が粉碎される前に多くの雑質の粉碎屑と有用な物質の混合を避けることができる。食品廃棄物に含まれる雑質の寸法、密度の違いが大きい場合、1種類の選別方法では理想的な選別効果が得られない。食品廃棄物のこの特徴に鑑みて、2ステップの選別方法を検討することができる。

まず、食品廃棄物を選別し、粒径が大きな雑物を除去する。次に、選別後の食品廃棄物を粉砕し、粉砕後に二次選別を行う。発生源別はそれ以降の段階における分類よりも優位性があり、食品廃棄物の分別排出、分別収集・運搬を行えば、処理の難易度を大きく引き下げることができる。

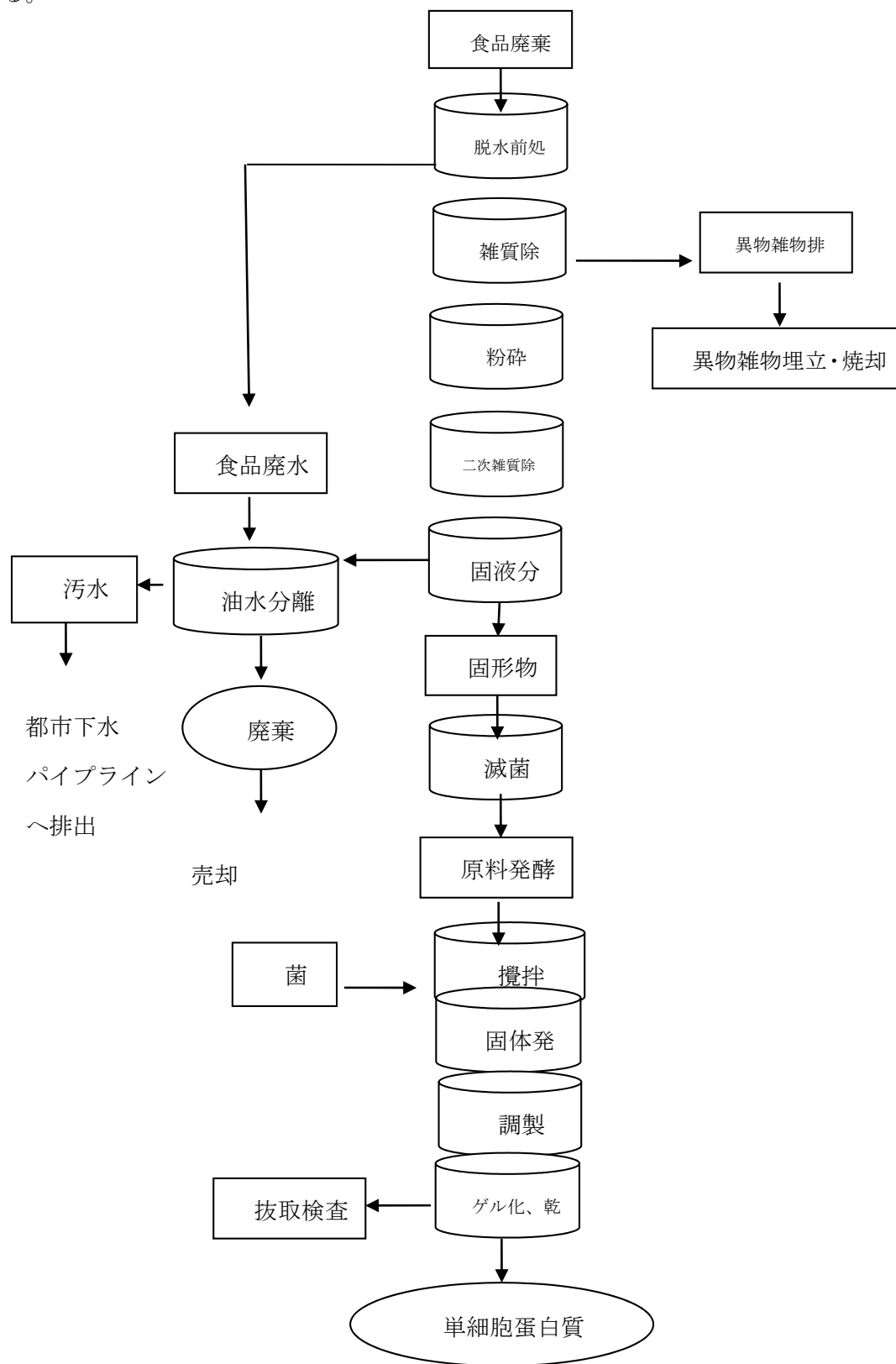


図 5-8 単細胞蛋白質飼料の生産フロー

ii.粉砕

食品廃棄物にくるまれる砕かれた骨、果物の皮・種などの固形状物質は必ず粉砕処理を施し、粉砕後の残滓粒度は均一でなければならない。それは流動性を強化し、固液分離を容易にするほか、残滓の粉砕後、その相互間の空隙が小さくなり、密度が増し、貯蔵スペースが節約されることから、圧縮処理に有利となる。

粉砕方法は主に、処理待ちの廃棄物のタイプと最終製品をもとに選択する。固形廃棄物の粉砕に使用する外力に基づき、エネルギー消費の形式を機械式粉砕と非機械式粉砕の2種類に分けることができる。機械式粉砕は固形廃棄物に力を加えてそれを粉砕する方法で、衝撃式粉砕、圧迫粉砕、切断粉砕、摩擦粉砕などがある。非機械式粉砕は、電気エネルギー、熱エネルギーなどを利用して固形廃棄物を粉砕する新しい方法で、低温粉砕、熱粉砕、減圧粉砕、超音波粉砕などがある。食品廃棄物に含まれる固形物成分の特殊性により、その粉砕処理に刃による切断方法を用いる必要はなく、圧迫、研磨による方法を用いればよい。

iii.固液分離

食品廃棄物の水分含有率があまりに高い場合、後続の選別と発酵工程の処理効果に影響を及ぼす。すでに脱水前処理を経たとはいえ、脱水前処理はただ食品廃棄物の中に流動形式で存在する水分を除去するだけで、まだ非常に多くの水分が残っている。このとき、固液分離を通じて食品廃棄物に含まれる水分と食品廃棄物を分離することができる。収集段階で、固液分離装置を有する専門の食品廃棄物収集車を使用する場合、処理段階では固液分離装置を省くことができる。

iv.油水分離

廃油脂は空気中で酸敗し、異臭が生じやすいため、食品廃棄物の飼料化製品の油脂含有率が高すぎないことが望ましい。油脂含有率が高すぎると、製品の貯蔵時やその味に好ましくない影響を及ぼすからである。そのため、食品廃棄物を利用して飼料製品を生産するとき、廃油脂をなるべく分離する必要がある。食品廃棄物の固液分離後に発生する油水混合物を油水分離装置に入れて油水分離を行う。油水分離技術については本書の第四章で論じたため、ここでは割愛する。

v.高温滅菌

自然に放置された食品廃棄物は極めて変質しやすい。原料に含まれる水分を除去し、加熱による高温乾燥を通じて滅菌することで、乾燥製品の安定性を保証する。物質は、絶乾状態では長期的な保存による変質が起きない。乾燥後の原料は性質が安定しており、有害成分を含んでおらず、貯蔵と運搬に適し、飼料原料としての安全性が保証される。食品廃棄物の変質、食中毒を引き起こす細菌としては、バシラス属菌、クロストリジウム属菌、大腸菌、サルモネラ属菌、赤痢菌、ブドウ球菌、ストレプトコッカス属菌が一般的である。バシラス属菌はグラム陽性菌で、中には毒性を有し、食中毒を引き起こすものもある。ストレプトコッカス属菌の中のレンサ球菌属は疾病を引き起こす。赤痢菌はシゲラ属菌とも呼ばれ、主な腸内病原菌である。食品廃棄物には大量の水分が含まれ、高温前処理のプロセスにおいて生じる湿熱蒸気は極めて強い透過能力を有するため、蛋白質が凝固しやすくなり、雑菌・微生物の死亡を招く。

表 5-10 は、一般的なバチルス菌の耐熱性を列挙した。表 5-11 は、一般的な、人体、動物にとって有害な病原性細菌の耐熱性を列挙した。表 5-10、表 5-11 から、バチルス菌が形成する芽胞

は非常に強い耐熱性があり、生存能力が強いことが分かる。また、沸騰水の中で16～18時間経過しても生存する芽胞もあるが、高温加圧の条件下では、酵母菌は熱に対して非常に敏感で、通常は90℃を超えると生存できなくなる。一方、口蹄疫ウイルスは高压蒸気の条件下で、100℃に達した瞬間に活力を失う。

食品ごみから単細胞蛋白質飼料を生産する場合、一般的に微生物実験に使用される121℃で20分間保温する滅菌方法で滅菌を行うことができる。この方法の長所は、1) 食品廃棄物のウイルスおよび病原微生物の大部分が駆除され、雑菌と接種菌による栄養の争奪が大幅に減り、接種菌の菌体成長に好ましい条件を醸成するほか、最終的な菌類蛋白質製品の生物学的安全性が高まる。2) 食品廃棄物に含まれる澱粉糖、蛋白質などの高分子有機質が低分子物質に熱分解されることで、微生物による栄養素の吸収・利用にとって有利となり、後続の微生物発酵にとっても極めて有利に働く。

表 5-10 一般的な芽胞の耐熱条件(湿熱条件)

菌種	致死温度(℃)	致死時間(分)	菌種	致死温度(℃)	致死時間(分)
好気性バチルス菌	100	2～1200*	バシラス-ステアロサーモフィラス	100	
バシラス-メガテリウム	100	1～2.1	バシラス-ステアロサーモフィラス	121	
バチルス-サブテイルス	100	11.3	バチルス-リケニフォルミス	100	
バチルス-プミルス	100	1.5	バチルス-セレウス	100	
ボツリヌス菌	85	18	エニバチルス・ポリミクサ	100	
バチルスコアグランス	100	30～270*	バシラス-サーキュラン	100	
クロストリジウム・スポロゲネス PA3679	110	5.8～15.9	クロストリジウム-テルモサッカ ロリテイクム	124	72.5
クロストリジウム・スポロゲネス PA3679	121	0.84～2.6	クロストリジウム-テルモサッカ ロリテイクム	132	4.4

注:*90%駆除に要する時間

表 5-11 一般的な、人体、動物にとって有害な病原性細菌の致死温度・時間(湿熱条件)

名称	致死温度(℃)	致死時間(分)	名称	致死温度(℃)	致死時間(分)
回虫卵	50～56	5～10	結核菌	60	30
鉤虫卵	50	3	雑菌	55	30
蟻虫卵	50	1	大腸菌	55	60
鞭虫卵	45	60	チフス菌	66	10
血吸虫卵	53	1	真正細菌	55	120
蠅群	51～56	1	豚丹毒菌	50	15
サルモネラ菌	56	10～20	豚コレラ	50～60	30
赤痢菌	60	10～20	口蹄疫	60	30

vi.混合攪拌

混合攪拌は、培養済みの菌種と処理を経た食品廃棄物を均一に混合させ、菌種と原料を十分に混合・接触させる工程である。

vii.発酵

発酵は、固体発酵と液体深層発酵に分けられる。

①固体発酵

固体発酵法は非常に古い技術で、早くから固体発酵を利用した食品、チーズ、堆肥の製造が行われている。液体発酵法と比べて、固体発酵法は機械化が難しい、発熱、細菌汚染、成長予測、基質含水率のコントロールが難しいといった短所が存在する一方で、高生産性、簡易、低投資、低エネルギー消費、高回収率、無気泡、制御パラメータが少ない、環境汚染の度合いが低いといった際立った長所がある。あるタイプの製品を生産する場合、固体発酵法の経済的便益は液体発酵法によって生産された製品をはるかに上回る。コストパフォーマンスの面で、微生物細胞自体を製品とする単細胞蛋白質の固体発酵培養製品は、液体発酵培養製品よりもはるかに優れている。

固体発酵法は大規模生産を採用することもできれば、小規模で分散して生長させることもできる。また、半機械化または機械化による集約生産も可能で、生産方式としては主に麹培養法、発酵槽法、発酵機法がある。各種生産方式の特徴は表 5-12 のとおり。

表 5-12 固体発酵法による各種生産方法の特徴

生産方式	適用範囲	特徴
麹培養法	使用量・生産量が 200t 未満の小規模分散型生産	手動操作。低投資で取りかかりやすい。労働強度が高く、生産量が低い。
発酵槽法	1,500～3,000t の中規模生産	半機械化、手動操作が主体。低投資で、生産量が高い。労働強度が高く、連続生産が困難。
発酵機法	大規模集約型生産	機械化の強度が高く、連続生産が可能。生産量が高く、労働強度が低いが、高投資で建設サイクルが長い

②液体発酵

液体深層発酵には分割発酵と連続発酵がある。連続発酵は、対数期に定流量流加法を用いて菌体細胞を培養し、基質の消耗、補充、細胞繁殖、細胞内物質の抽出率を一定に保つ方法である。分割発酵と比べて汚染が起こりにくく、品質が安定する。近年盛んなバイオリクター、分離結合技術の液体深層発酵への応用が著しく進展し、発酵槽が菌株に理想的な生長環境と代謝環境をもたらしているものの、各製品や菌株の特徴に応じて以下の要素を最適化する必要がある。

- 物理的環境: 発酵温度、pH 値、溶存酸素量など。
- 化学的環境: 生長・代謝に必要な各種栄養物質の適切な濃度、菌体の生長・代謝を阻害する有害物質の濃度を下げる。

液体発酵の通常のプロセスフローは以下のとおり。

スラント培養物→培養槽→発酵槽→板枠式圧濾機/媒体吸着→乾燥→粉碎→品質検査→包装→完成品

③発酵生成物指標測定

発酵生成物に対して、各種指標の測定を行う。測定方法は表 5-13 を参照。

表 5-13 発酵生成物指標測定

指標	測定方法	方法の根拠
粗蛋白質	ケルダール法	GB6432-94
粗脂肪	ソックスレー抽出器	GB6433-86
灰分	高温燃焼法	GB6438-94
粗繊維	酸・アルカリ洗浄法	GB/T6434-94
水分		GB6435-92

④菌種の選択

自然界において純粋種は滅多に存在しない。微生物種の多様性が自然環境の特徴を構成している。生物群集間の生態的地位の重複と競争は、時に異種混交後の生産量の総計が種単独での生産量の単純な総和を上回る「過剰生産」現象を形成することができる。これは生物多様性の表現の一つであり、多様性が生態系の機能向上に役立つことを物語っている。混合発酵が単独発酵にはない優位性を備えるケースがしばしばあるが、いかにしてニーズに適した菌種間の適合性を取得するかという点が問題のポイントである。

菌種間の適合性の基本的要件は、生物多様性と各微生物群の栄養的地位が異なるという視点から、菌種間で相互抑制してはならないことである。また、菌種の選別は、次の条件を満たさなければならない。

- 繁殖スピードが速く、菌類蛋白質含有率が高い。
- 基質炭素源と無機態窒素源をうまく同化できる。
- 無毒性と病原性。
- 菌種の性能が安定し、抗雑菌能力が強い。
- 環境に対する適応能力が強い。

最後に適合種の選択は、発酵を必要とする原料の性質に基づいて選別し、機械的に一つの方法を当てはめるのではなく、個々の発酵原料について適合種の選別を行わなければならない。

viii.調質、造粒、乾燥

①調質

飼料の調質は、飼料の熟化プロセスの一つで、粉剤を一定の熟度のある粉末に転換する。飼料の優れた調質の技術と設備は飼料の造粒と膨張成形に有利に働く。飼料の性能は粉粒体の品質改善によって高められることが多くの研究により証明されている。

②造粒

単細胞蛋白質飼料の造粒は、飼料が湿度の高い環境に耐えられ、悪条件下でも原状を保持できるようにするためのプロセスである。粉粒体の品質に影響を及ぼす最大の要因は飼料の調合方法(40%)で、研磨(20%)、調質(20%)、ダイの選択(15%)、冷却と乾燥(5%)と続く。飼料原料の造粒特性とは、原料を圧縮して粒体にする難易度をいい、それは造粒効率の高低、品質の良し悪しを大きく左右する。単細胞蛋白質飼料の蛋白質含有率が高ければ熱を受けた後で粘性が増加

し、造粒効率が高く、品質も良い。粉碎の粒度は飼料構成の表面積を決定付け、粒度が細かいほど表面積が大きくなり、原料が蒸気中の水分を速く吸収する速度も速まる。これは原料の調質、糊化にとって有利に働き、造粒、成形も容易となる。しかし造粒の視点からいえば、粉碎物が過度に微細で、造粒物の強度が高いと、蒸気を加えすぎた場合、容易に機械を詰まらせてしまうことになる。さらに、原料の粉碎物が過度に細すぎると、粉碎時に過大な電力を消費する。逆に粉碎物の粒度が粗すぎると、今度はリングダイと圧縮ローラーの磨耗が増加し、造粒、成形の難易度が増す。とりわけ、小径リングダイの成形はさらに難しくなり、原料糊化の効率が落ち、エネルギー消費が高く、生産量が低く、粒体の粉含有率が高くなる。そのため、原料の粉碎強度を適度に調整しなければならない。

③乾燥

乾燥の目的は、蛋白質飼料に含まれる水分を除去し、飼料を保存しやすくすることである。乾燥を加えた後、乾燥余熱が長時間にわたって分散せず、蛋白質飼料の品質に影響を及ぼすことを避けるため、冷気を使って蛋白質飼料を冷却しなければならない。なお、調質と乾燥において温度は60℃以下の状態であれば、蛋白質飼料の発酵中に形成される酵素がすべて破壊されずに済むからである。酵素の存在は飼料の消化と吸収に役立つ。

(2)食品廃棄物飼料化に影響を与える要因

食品廃棄物の飼料化製品は、無機態窒素源の種類、含水率、発酵時間、発酵温度、接種量などさまざまな要因の影響を受ける。

①無機態窒素源

窒素源の選択は、菌類蛋白質の合成に直接影響を及ぼす。窒素が等量である条件下で、加える窒素源によって発酵生成物の粗蛋白質含有率に違いが生じる。

②含水率

水分は、微生物の生命活動における基本物質の一つで、細胞外の栄養素を細胞内に送り込む媒体、細胞内の代謝物質を細胞外に送り出す媒体であるのみならず、生物の体内で発生するほぼすべての生化学反応の優れた溶剤でもある。含水率は微生物の生長にとって極めて重要である。含水率が低すぎると、基質の膨張度合いが低くなり、微生物の生長が抑制される。逆に含水率が高すぎると基質の多孔性が下がり、発酵物の粘度が過大となり、基質内の気体の体積と気体交換が減り、通気や冷却がしにくくなり、製品の粗蛋白質含有率が顕著に低下するほか、細菌汚染の危険性も増す。通常、含水率の上昇に伴って、粗蛋白質含有率も上昇するが、含水率が一定の数値を超えると粗蛋白質含有率は低下傾向を呈する。それは、水分の増加に伴って発酵基質の粘度が増すことで、発酵原料の通気量に影響を及ぼすからである。基質中の澱粉含有率が高いため、含水率が程良いときの基質は粒が均等で、緻密度が優れ、通気性が良く、水と空気の固形物内部の交互の流動に有利となり、溶存酸素が正常に伝達できる。一方、含水率が高いか、あるいは低いときの基質は半液状か粘塊状で、速やかに酸素分を補充できない。

③発酵時間

発酵時間が増すにつれ、発酵生成物の粗蛋白質含有率は上昇する。温度が上昇し続けても粗蛋

白質含有率に顕著な変化はない。

④発酵温度

温度は、微生物が正常に生長するために必要なものであり、どの微生物にも自らに最も適した生長温度がある。混合発酵は、複数の微生物の共同の生長にかかわることから、適切な発酵温度を選択し、各微生物間の生長・繁殖のバランスを保つことは、発酵生成物の品質に多大な影響を与える。一般的に、発酵生成物の粗蛋白質含有率は発酵温度の上昇に伴って高まり、一定の温度に達した後でさらに加熱を続けると、一部の微生物は生長が抑制され、粗蛋白質含有率が低下する。

⑤菌接種量

接種量の違いによって、それが発酵生成物の粗蛋白質含有率に与える影響も異なる。一般的に、発酵生成物の粗蛋白質含有率は、菌接種量の増加に伴って上昇するが、菌接種量が一定量まで増えるとそれ以上増加しなくなる。その要因は、菌種が多くなると、必要な栄養素も増えるが、培養基に含まれる栄養素は限られているため、一定レベルまで生長すると微生物の正常な生長に必要な栄養素を満たせなくなり、複数の菌種間で相乗効果がなくなり、相互に栄養源を奪い合うようになり、結果として生長、繁殖が阻害されるためと考えられる。また、接種量が増えると、微生物の生長の衰退期が早まり、自己融解現象が生じるほか、菌株の正常な生長、繁殖が抑制され、可溶蛋白質、粗蛋白質含有率の減少を招く。

(3)食品廃棄物飼料化設備

生産設備は食品廃棄物飼料化に相応しく、生産工程のフローは修理やメンテナンスを念頭に置いたものでなければならない。また、生産設備は損傷がなく、生産環境は国が定める安全基準、衛生基準を満たさなければならない。主要な設備としては、前処理設備、発酵設備、造粒設備がある。

①前処理設備

前処理設備には、選別設備、粉碎設備、脱水設備がある。前処理システムにより、食品廃棄物の粒径、水分などの要素を効果的にコントロールでき、後続の発酵処理の効率を高め、完成品の外観を向上させることができる。

a)選別設備

選別設備は、原料の純度を高めるため、食品廃棄物に含まれる各種組成物を分別する機械設備である。原料の形状、寸法、全体の密度、水分、粘結性を考慮し、耐腐食性があり、洗浄しやすい材料が用いられ、稼働時のエネルギー消費が少なく、騒音が小さく、信頼性が高いものを選ばなければならない。食品廃棄物の選別は通常、水平型振動篩を採用する。

b)粉碎設備

食品廃棄物の粉碎は、ごみを処理プロセスに必要な形状と寸法に粉碎し、ごみ混合物を均一化する工程である。よく使用される粉碎設備は粉碎機である。この工程において鉛直構造の粉碎機

を使用し、ターンテーブル上に刃付のハンマーと給じん装置を設置すれば、作業中に刃付ハンマーが硬い骨を砕き、長い繊維原料を引き裂くことができ、給じん装置が原料の遠心輸送の役割を果たすことで、粘度の高い原料の供給排出を円滑に行うことができる。

c)脱水設備

脱水設備は主に脱水機を指す。専用の圧縮脱水機は食品廃棄物に含まれる水分を十分に排出できる。耐摩擦性、防腐食性のある材料を使用し、水分を調節できるものでなければならない。脱水設備の使用にあたって、脱水設備の維持費、操作管理レベルを重点的に考慮しなければならない。

②発酵設備

工業で応用されている固体発酵装置には円盤式、回転ドラム式、攪拌式がある。円盤式発酵機は国内で先端の新型固体発酵設備である。回転ドラム式固体発酵機は固体発酵に適しており、通気、温度を十分にコントロールできる。攪拌式発酵機は縦型と横型に分けられる。江蘇大学生物工程研究所が開発した固体発酵装置は、原料の混合、滅菌、冷却、接種、発酵を一つの作業場によって遂行でき、原料の運搬を避けることで、微生物の生長に必要な環境条件を保証し、雑菌による汚染を効果的に防止している。固体発酵装置は、無菌操作を行い、発酵プロセスにおける温度、湿度、水分を制御できる、優れた攪拌・通気・散熱・冷却システムを備えると同時に、洗浄や消毒がしやすくなければならない。また、費用の低さなども設備選択時に考慮が必要な重要ポイントである。

③造粒設備

造粒機は、飼料生産において最も重要な設備の一つである。造粒機は主に可変速フィーダ、調質筒、圧力室、蒸気システムで構成される。設備選択時には、構造設計の合理性、操作の利便性、構造パラメータ、加工手段、製造レベル、部品素材、購入ルート、制御機能などを総合的に評価しなければならない。設備生産における適合性原則に基づき、主要設備の選択においては、生産の円滑な進行を保証するため、プラントを選択してもよい。現在、食品廃棄物飼料化プラントの開発は積極的に進められている。寧波開誠生態技術有限公司などの事業者はシステム最適化により、雑質の除去、温度均等化、凝集分離、固液分離、油水分離、微生物発酵、乾燥、廃水・廃くず・廃ガス処理などの工程技術を分離し、食品廃棄物の大規模処理に適したプラントを独自開発した。プロジェクトにおける設備選択にあたって、実需を踏まえ、技術が先進的で、稼働が信頼でき、生産に適したハイパフォーマンスの設備を、真摯に比較した上で選択しなければならない。

④専用設備の選択

設備選択とは、同一のニーズを満たすことのできる諸々の型番、規格の設備から、技術経済の分析と評価を通じて、最適なプランを選択し、購買意思決定を下すことである。これにより、限られた資金で最大の経済的便益を挙げることができる。

a)設備選択の原則

i.生産適合性原則

購入する設備は、自企業の生産規模拡大または新製品開発のニーズに適したものでなければならない。生産プロセスにおいては、将来的な食品廃棄物の処理量に応じて発酵設備の選択を決定

するなど、使用する設備が生産ノルマを遂行できるかどうか、製品品質を保証でき、かつ一定の範囲内において生産量の変化に対応できるかどうかを優先的に考えなければならない。また、設備が諸工程の処理要件を満たせるかどうかも考慮が必要である。最後に、設備は扱いやすく、柔軟にコントロールできなければならない。生産量が大きな設備については、機械化、自動化の度合いを高める必要がある。

ii.技術先進性原則

生産のニーズを満たしていることを前提に、その性能指標は先進レベルを保持し、製品の品質向上と技術寿命の延長に資するものでなければならない。

iii.経済合理性原則

第一に、設備価格が合理的で、設備自体のコストパフォーマンスが高くなければならない。第二に、使用中のエネルギー消費、維持費が低く、省エネルギー性が高く、投資回収期間が短くなければならない。設備選択の経済性に関しては、初期投資が少額で、生産効率が高く、耐久性が高く、エネルギー消費量・原材料ロスが少なく、修理・管理費用が低いことが求められる。

初期投資には、購入費、運搬費、据付費、付帯設備費、クレーン輸送費がある。耐久性とは、部品の使用において物質の磨耗が許容する自然寿命をいう。多数の部品で構成される設備は、設備一式の主な技術指標（作業の精度、速度、効率、出力など）が許容限界値に達するまでの時間によって耐久性を測る。寿命が長いほど一年間に分担する購入費用が低くなり、マンアワーコストあたりの費用に占める設備投資の割合も減り、生産コストも低くなる。ただ、設備の技術レベルは常に上昇しているため、自然なライフサイクルの中で技術の後進性により設備が淘汰される可能性がある。そのため、設備のタイプによって求められる耐久性は異なる。エネルギー消費量は、製品あたりのエネルギーの消費量で、非常に重要な指標である。消費量の大小のみならず、どのようなエネルギーを使用するかを考えなければならない。オイル、電気、石炭、ガスは産業用エネルギーだが、経済効果はそれぞれ異なる。中国はエネルギーが豊富とはいえ、1人あたりのエネルギー資源保有量は世界平均の2分の1、米国の10分の1に過ぎない。また、生産高1万元あたりのエネルギー消費量が米国の数倍高く、生産におけるエネルギー節約が極めて際立った問題となっている。

iv.信頼性原則

信頼性は、製品の品質管理の範疇に属するもので、精度、確度の保持性、部品の耐久性、安全信頼性などをいう。設備管理における信頼性とは、設備を使用する中で達することのできる正確性、安全性、信頼性をいう。信頼性原則は、通常、以下の3つを含む。

- 設備が持続的かつ安定的に作動し、故障率が低い。
- 設備の性能が優れ、精度が高く、製品品質の信頼性を十分に保証できる。
- アフターサービスが優れている。

食品廃棄物は腐食しやすく、オーバーストックを極力避けるため、速やかに処理されなければならない。また、飼料には多くの関連基準があり、これらの基準はいずれも設備が高い信頼性を有すること、長時間故障せずに正常運転でき、製品の品質を保証できることを求めている。

b)設備選択の手順

設備選択の原則を決定し、設備を選択するにあたり、通常は以下のステップを踏む。

i.設備に関する市場情報の収集と候補選択

製品のカタログ、サンプル、広告、営業担当者の訪問販売の状況、専門家が提供する情報、見本市から収集した情報、インターネット上の情報など、国内外の市場情報を幅広く収集する。また、これらの情報をジャンル別に分けて編集し、索引を付け、その中から機種、メーカーの候補を選ぶ。

ii.設備の型番とサプライヤーの仮選定

候補として選択された機種とメーカーに連絡をとり、調査訪問を行い、製品の諸々の技術仕様（処理能力、性能など）、付属品の状況、価格、供給時期、製品に対するユーザーや市場の評価、メーカーのアフターサービスの質や信用などを詳しく調査し、調査記録を作成する。その上で分析、比較を行い、最も期待できる機種とメーカーを2～3選出する。非標準機種についてはオーダーメイドの形をとってよい。

iii.選択、評価、意思決定から仮選定を経たメーカーに対して注文書を出す。

注文書には、注文する設備の機種、主な規格、自動化の度合い、製品付属品に対する意見、希望する納期および包装、運搬状況などを盛り込み、製品の部品図面（またはいくつかの代表的な部品の図面）、年間の予測需要量を付す。メーカーはこれらの要望をもとに、工程の分析を行い、見積書を提出する。見積書には、詳細な技術規格、設備の構造特徴の説明、供給範囲、品質検査基準、価格、納期、付属部品、技術資料、テクニカルサービスなどの内容を盛り込む。

いくつかのメーカーの見積書を受け取った後、必要に応じてメーカー、ユーザーへの再調査、メーカーとの交渉、製品部品に対する性能試験を行う。このとき、調査が必要な内容を徹底的に調査し、詳細記録を最終的な選択、意思決定の拠所とする。調査研究の後、設備の工程、技術、メンテナンスなどの担当部門がいくつかのメーカーの製品について比較分析を行い、技術の経済性を評価し、第一候補となる最も理想的な機種、メーカーを選出する。また、可能であれば、起こりうる注文状況の変化に対応するため、第二候補、第三候補を準備する。

⑤食品廃棄物飼料化製品

a)単細胞蛋白質

微生物蛋白質とは、単細胞蛋白質(single cell protein、略称 SCP)とも呼ばれ、藻類、放線菌、細菌、酵母、糸状菌、高等菌類など微生物の乾細胞が、その生長プロセスにおいて、さまざまな基質を利用し、適切な培養条件下で、細胞または糸状微生物を培養することにより得られる菌類蛋白質(microbial protein)をいう。微生物蛋白質は栄養素が豊富で、菌類蛋白質含有率が40～80%に達し、そのうちアミノ酸成分が揃っており、リシンなどの必須アミノ酸の含有率が高い。またビタミンも豊富であり、ビタミンの代替品として利用できる。豆粉に比べて、単細胞蛋白質の蛋白質含有率は10～20%上回るほか、窒素利用率は大豆よりも20%高く、メチオニン添加時の窒素利用率は95%を超える。単細胞蛋白質の生産に用いられている微生物として、非病原性、非中毒性の酵母菌、細菌、真菌、微細藻類の4大分類がある。食品廃棄物を利用して生産された微生物蛋白質飼料は蛋白質含有率が高い上、天然の発酵から生まれた香りが漂い、優れた食欲増進効果があり、飼料の嗜好性を顕著に高められる。また、飼料に含まれる大量の有益菌、消化酵素は、動物腸内細菌叢の均衡に有利に働き、栄養素の消化吸收を助ける。さらに、飼料に含まれる乳酸を主体とする酸化剤のpH値の平均値は4.5で、動物の胃腸内酸性化を促し、有害菌の成長を抑

制する。発酵後の飼料は糸状菌毒素および飼料の抗栄養因子などの有害物質を生分解、吸着する作用があり、有害物質の動物に対する傷害を軽減する。

酵母菌は、単細胞蛋白質を生産する微生物種の中で最も注目を浴びている菌類で、応用範囲が最も広範な菌類でもある。酵母菌の蛋白質含有率は60%に達し、ほぼすべてのアミノ酸を含んでいる。とりわけ、リシン、ロイシン、フェニルアラニンなどの必須アミノ酸の含有率は高く、ビタミンの含有率も豊富である。よく使用される酵母菌としてビール酵母、カンジダ酵母があり、中でもカンジダ酵母は六炭糖と五炭糖を合成でき、高濃度のSO₂に耐えられる。菌体には質の高い蛋白質が含まれ、大量のリシン、多量のビタミンおよび多くの微量元素が含まれる。

細菌の生産原料は広範囲に及び、ライフサイクルが短い。一方で、細菌の個体が小さく、収穫と分離が難しく、核酸の含有率が高く、また消化性が低い。単細胞蛋白質の生産に用いられる細菌は、光合成細菌、水素細菌など多岐にわたる。その原料は主として植物性繊維と石油派生物（メチルアルコール、エチルアルコールなど）である。その他の菌株と比べて、病原菌によって生産される菌類蛋白質は有毒物質を含む可能性が高いため、加工プロセスにおいて有毒物資を必ず処理し、食用する動物の安全を確保しなければならない。現在、盛んに研究されている細菌は、紅色光合成細菌と自己栄養型アルカリゲネス属細菌である。

真菌菌糸は生産が遅く、酵母汚染を受けやすいため、無菌条件下で培養しなければならないが、真菌は収穫、分離が容易なため、培養液からフィルター処理し、プレス成形することができる。現在、よく応用されているのはコウジカビと青カビで、主に糖蜜、醸造かす、セルロース系農業副生成物を利用した単細胞蛋白質の生産が行われている。

微細藻類は分布が最も広く、蛋白質含有率が非常に高い微量光合成水生生物で、繁殖が速く、太陽光エネルギー利用率は陸上生物の十数倍から20倍に及ぶ。現在、全世界で開発、研究が盛んなのはスピルリナとアナバナである。中でもスピルリナは繁殖が速く、産出量が高く、蛋白質含有率は58.5%~71%に達するほか、良質で核酸の含有率が低く、乾燥重量のわずか2.2%~3.5%であるため、極めて消化、吸収されやすい。

5.9 廃食用油の無害化・資源化技術

廃食用油は、廃揚げ油、廃棄油、地溝油（下水油）など飲食業に由来する廃油脂が含まれ、その成分は調理用植物油と食品中の動物性油脂で、脂肪酸グリセリドを主な化学成分とする。廃揚げ油は飲食業の揚げの工程に由来し、高温で繰り返し揚げるため、発がん性のある脂肪酸重合体が発生しやすく、その発生源は比較的集中しているため、収集しやすい。廃棄油とは、主に食品廃棄物から分離、回収した廃油をいい、植物油と動物油の混合物であり、主に食品廃棄物処理場に由来するため、収集と集中管理が容易である。下水油は下水道や食堂の油脂分離槽から収集した廃油脂で、汚水中の浮遊物、食堂で食器を洗う際に使用する界面活性剤などが大量に含まれ、酸敗による変質、糸状菌の繁殖、発がん性物質の発生を招きやすい。下水油は3種類の廃油のうち衛生状況が最も悪く、通常は行商人が個人で収集した後、加工事業者に売却している。

現在、国内外の主な廃食用油資源化技術としては、廃食用油を化学原料としてバイオディーゼル、ステアリン酸、オレイン酸、石鹼、潤滑油、コンクリート製品離型剤などを生産する技術がある。これらの技術は実際に応用され、ある程度の効果を挙げている。バイオディーゼルは、廃食用油、動物性・植物性油脂などのエステル交換反応によって得られた石油化学系ディーゼルに代替できる再生燃料である。従来の燃料に比べて、バイオディーゼルは燃焼後に発生する廃棄物が少なく、環境負荷も少ない。バイオディーゼルは石油化学系ディーゼルに代替可能な、再生可能でエコロジーな資源といえる。廃食用油に大量に含まれるステアリン酸、オレイン酸は抽出・分離を経て、化工、繊維、医薬品、化学、建材、食品などの産業に応用される。主に、油水分離後、各種の脂肪酸（主にステアリン酸、オレイン酸）に分離する形で生産される。

廃食用油が再び食卓に上がるのを防ぎ、住民の食の安全を確保するため、廃食用油の高度加工による化学製品の生産が奨励されている。現在、国内外の主要な廃油高度加工技術としては、バイオディーゼル（脂肪酸メチルエステル）の生産技術、ステアリン酸、オレイン酸の生産技術などがある。

(1) 廃食用油による脂肪酸メチルエステル生産技術

バイオディーゼルは、廃食用油、動物性・植物性油脂などのエステル交換反応によって得られた石油化学系ディーゼルに代替できる再生燃料である。従来の燃料に比べて、バイオディーゼルは燃焼後に発生する廃棄物が少なく、環境負荷も少ない。欧州では、バイオディーゼルが商用化されてからすでに10年余りが経過している。中国でも近年、バイオディーゼルの商用化が開始された。廃食用油を原料とすることは、廃油が食卓へと流入し、人体の健康を脅かす事態を防ぎ、バイオディーゼルの精製コストを減らせるほか、環境負荷を低減できる。

バイオディーゼル精製には物理法と化学法がある。物理法にはマイクロエマルション法と直接混合法があり、精製されるバイオディーゼルはカーボンデポジットが生じやすく、ゲルは潤滑油を汚染するほか、潤滑油の粘度を高めてします。化学法は目下、バイオディーゼル精製の主要な方法であり、熱分解法とエステル交換法の2種類がある。熱分解は、触媒の作用下で廃油脂と低炭素アルコールにエステル交換反応を行わせ、洗浄・乾燥を経てバイオディーゼルの得る方法である。熱分解を利用して得られたバイオディーゼルは副生成物が多く、そのプロセスはコントロールが難しく、しかも設備が高額である。エステル交換法には主として、酸触媒によるエステル

交換法、塩基触媒によるエステル交換法、超臨界エステル交換法、酵素触媒によるエステル交換法がある。よく用いられる酸触媒としては、濃硫酸、スルホン酸、塩酸、リン酸、ホウ酸がある。よく用いられる塩基触媒としては、金属アルコキシド、KOH、NaOH、KCN、K₂CO₃がある。高酸価の廃食用油については、ワンステップ酸触媒法や、酸触媒、塩基触媒の順で連続的に反応させるツーステップ触媒法が多く用いられる。ワンステップ酸触媒法は反応時間が長く、効率が低いいため、工業では後者が多く採用されている。とはいえ、ツーステップ触媒法も設備に耐強酸性があることが必須条件で、反応後に大量の廃水が生じるため、触媒を繰り返し利用できない、濃硫酸触媒は副反応を生じやすいため製品の品質に影響を及ぼすといった欠点がある。

表 5-14 各方法の比較

バイオエタノール製造プロセスの比較

方法	長所	短所
直接混合法	工程が簡単で、フローが短い。	長期的に使用すると、炭化コークス化が生じる。
化学法	触媒効率がよく、生産コストが低い。塩基触媒時は条件が温和で、酸触媒時は遊離脂肪酸と水分に対して敏感でない。	製品の後続の精製工程が複雑で、廃液が生じる。
熱分解法	反応時間が短く、発生率が高い。	生産条件・設備の要求が高い。
超臨界流体抽出法	時間が短く、触媒が不要。発生率が高く、適応性が強い。	設備の要求が高く、エネルギー消費量が大きく、コストが過大。
生体触媒法	原油の要求が低く、後続の分離が簡単。エネルギー消費が低く、汚染がなく、繰り返し使用でき	触媒時間が長い。生体触媒の精製コストが大きい。耐毒性の強い生体触媒の使用例は

①マイクロエマルション法

マイクロエマルション法は乳化剤を利用し、動植物油と溶剤を混合させて製造されたマイクロエマルションにより、動植物油を粘度の低い溶剤に分散させることで、動植物油の粘度を下げる方法で、廃油とミネラルディーゼル、メチルアルコール、水酸化アンモニウム、エチレングリコール、エチレンジアミン、トリエタノールアミン、ブタノールもしくはイソアミルアルコールを一定の比率で混ぜ合わせて W/O マイクロエマルションバイオディーゼルの得る。この反応系は、2種類の相互に溶解しない液体とイオンまたは非イオンの両性分子を混ぜ合わせてできた直径約 1~150nm のコロイドの均衡の反応系である。この方法によって精製されたバイオディーゼルのセタン価とカロリー価は若干低く、しかも成分の沸点が低いことから、フラッシュ蒸留時の霧化特性の改善に役立ち、さらにこの方法で精製されたバイオディーゼルは長時間放置しても剥離しない。ただ、高額な乳化剤を使用しなければならず、設備投資が大きい。

②直接混合法

直接混合法は、石油化学系ディーゼルと天然油脂、アルコール類もしくは溶剤を相異なる比率で混ぜ合わせた後、その粘度を下げて揮発度を高める方法である。得られた混合燃料は基本的に、燃料として使用するための要件を満たし、エンジン燃料として使用できる。直接混合法のプロセスは簡単であるが、精製されたバイオディーゼルは質が低く、粘度が高く、長期間使用すると炭

化、コークス化が発生し、エンジンのノズルの詰まりを引き起こす。

③熱分解法

熱分解法は、空気または窒素流の中で熱エネルギーによって化学結合の断裂を引き起こし、小分子を産出するプロセスである。つまり、加熱（または触媒作用条件下）を通じて脂肪酸グリセリドを分解する方法である。熱分解反応プロセスは、プロセスにおいてあまりに多くの反応の経路や反応中に産出する反応生成物が存在するため、記述が難しい。熱分解の原料は、植物油、動物性脂肪、普通の脂肪酸、脂肪酸メチルエステルであってよい。この方法で産出されるバイオディーゼルは副生成物であることが多く、バイオガソリンが主な製品である。また、製品の生成をコントロールすることが難しく、生産コストも高めであることが、その普及の妨げとなっている。

④エステル交換法

エステル交換法とは、各種の短鎖アルコールと油脂を原料とし、塩基、酸、酵素などを触媒とするか、または超臨界条件下で触媒を必要とせず、エステル交換反応によってバイオディーゼルの合成する方法をいう。この方法では、エステル基の入れ替わり作用によって高粘度の動植物油脂を低粘度の脂肪酸エステルに転換する。エステル交換法において使用する短鎖アルコールには通常、メチルアルコール、エチルアルコール、ブタノール、プロピルアルコール、アミルアルコールがあり、そのうち最もよく使われるのはメチルアルコールである。それは、炭素鎖が短く、極性が強く、脂肪酸グリセリドとの反応速度が速い、塩基性触媒が溶けやすい、価格が低廉である、といったメチルアルコールの特徴による。エステル交換法によるバイオディーゼル精製において使用する油脂原料はとても多いが、そのうち最もよく使われるのは動植物油脂である。動植物油脂の中には、不飽和二重結合や不飽和側鎖が多く含まれ、炭素鎖が長いために油脂の粘度が過剰に高く、直接使用すると、不完全燃焼（燃料ノズル閉塞、カーボンデポジット、変質、潤滑油の希釈など）、低温始動性の低下、失火や着火遅れといったトラブルを引き起こす恐れがある。

エステル交換法、すなわちエチルアルコール、メチルアルコールなどのアルコール類を利用して油脂のトリグリセリド中のグリセリンと置換し、長鎖脂肪酸メチルエステルを形成することで、炭素鎖の長さや粘度を下げるができる。

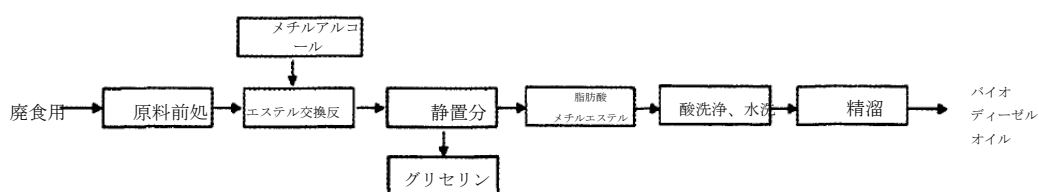


図 5-9 廃食用油によるバイオディーゼル製造技術のフロー

(2)バイオディーゼル製品の指標

廃食用油を利用してバイオディーゼルの生産する場合、バイオディーゼルの国家規格である GB/T20828-2007 「ディーゼルエンジン燃料調合用バイオディーゼル」に適合しなければならない

い。

表 5-15 バイオディーゼルの主な検査指標

指標	国家規格 GB/T20828-2007	米国のバイオディーゼル規格 ASTM6751(2004)	検査方法
セタン価	≥49	≥47	GB/T386
引火点(密閉)/°C	≥130	≥130	GB/T261
運動粘度(40°C)/(mm ² /s)	1.9~6.0	1.9~6.0	GB/T265
酸価/(mgKOH/g)	≤0.8	≤0.8	GB/T264/ GB/T5534
鹼化価(mgKOH/g)			GB/T8021/GB/T5534
硫黄含有率(m/m)/%	≤0.05	≤0.05	SH/T0689
残留炭素(m/m)/%	≤0.3		GB/T17144
水分(m/m)/%	≤0.05	≤0.05	SH/T0246/GB260
機械雑質	なし		GB/T511
密度(20°C)/(Kg/m ³)	820~900		GB/T2540
90°C回収温度/°C	≤360		GB/t6536
銅腐食(50°C, 3h)/級	≤1		GB/T5096
総グリセリン含有率(m/m)/%	≤0.020		ASTMD 6584

相対分子量の経験公式：

$$\text{相対分子} = \frac{56.1 \times 1000 \times 3}{\text{鹼化価}} = \frac{168300}{\text{鹼化}}$$

バイオディーゼル生産性の測定

$$\text{発生} = \frac{\text{バイオディーゼルの質}}{\text{処理後の廃食用油の質量}} \times 100\%$$

(3)廃食用油によるステアリン酸とオレイン酸の生産技術

廃食用油に含まれる大量のステアリン酸とオレイン酸は、工業精製、分離を経て、化工、繊維、医薬品、化学、建材、食品などの産業に応用される。主として、油水分離後、各種の脂肪酸（主にステアリン酸、オレイン酸）を分離する方法で行われる。そのうち、油水分離の方式は常圧下の鹼化と高圧酸化の2種類に分けられる。混合脂肪酸の分離方式は大きく低温圧搾法、高圧酸化、蒸留法に分けられる。これらの方法は技術が成熟しているとはいえ、生産条件、設備投資に対する要求が高く、ライフサイクルが長く、一定の汚染物質を発生し、製品の品質も悪いため、生産の推進例がまだ見られない。郭濤氏は前述のノウハウを手本として、常温・常圧下においてステアリン酸とオレイン酸を同時に生産できる技術を編み出した（図 5-10）。脱色プロセスにおいて、理想的には、白土は3回に分けて加え、温度は120°Cに制御することが望ましく、時間は25

分を超えない。鹼化プロセスにおいて、鹼化温度は 100℃を保持し、鹼化時間は 4 時間とし、水酸化ナトリウムの質量分率が 8%のときに効果が最適となるようにする。混合脂肪酸の精製において pH 値が 8 のとき、Pb(OH) 沈殿が少なく、最終的なステアリン酸純度は 83%に達する。その特徴はオレイン酸の分離が徹底している点であり、通常の工程において融解点の違いを利用した場合に徹底的に分離されないという弊害を回避することができ、製品の品質が優れている。

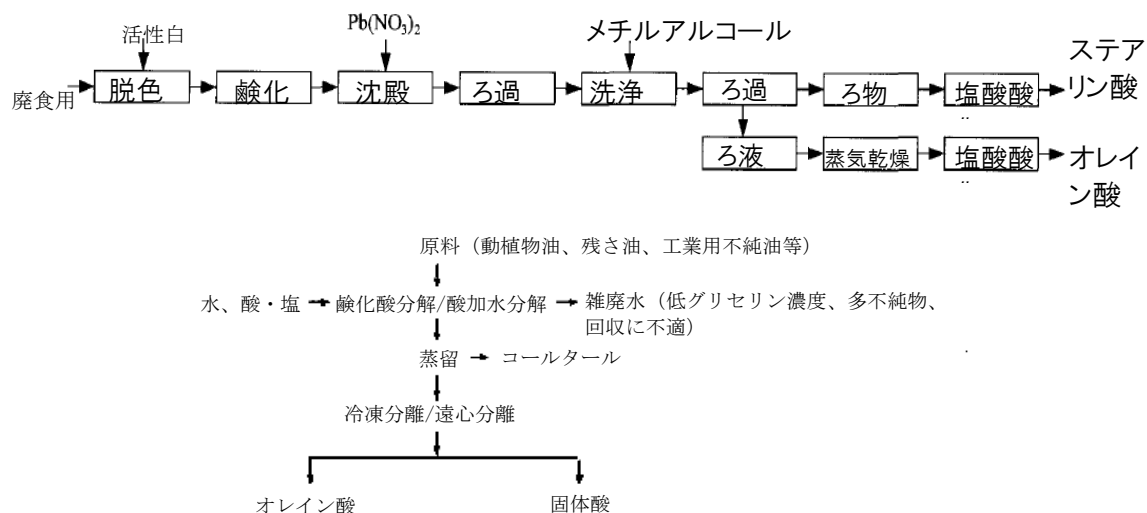


図 5-10 廃食用油によるオレイン酸、ステアリン酸の生産プロセスフロー

①ステアリン酸

純ステアリン酸は光沢のある白く柔らかい小さい部分を有する。融解点は 69.6℃、沸点は 376.1℃(分解)、相対密度は 0.9408(20/4℃)、屈折率 nD(80℃) 1.4299 で、90～100℃においてゆっくりと揮発する。冷水に対してわずかに溶け、アルコール、アセトンに溶け、ベンゼン、クロロホルム、ジエチルエーテル、四塩化炭素、二硫化炭素、酢酸 n-オクチル、メチルベンゼンに溶けやすい。工業品は白色または淡黄色の粒体または塊状を呈し、ステアリン酸とパルミチン酸の混合物で、少量のオレイン酸を含み、やや脂肪臭い。主に、ステアリン酸ナトリウム、ステアリン酸マグネシウム、ステアリン酸カルシウム、ステアリン酸鉛、ステアリン酸アルミニウム、ステアリン酸カドミウム、ステアリン酸鉄、ステアリン酸カリウムといったステアリン酸塩の生産に用いられる。化粧品、プラスチック耐寒性可塑剤、離型剤、安定剤、界面活性剤、ゴム加硫促進剤、防水剤、光沢剤、金属石鹼、浮遊選鉱剤、軟化剤、医薬品その他の有機化学品に用いられている。また、油溶性顔料の溶剤、クレヨン型スリップ防止剤、ステンシル研磨剤、ステアリン酸グリセリンの乳化剤にも使用される。食品工業において潤滑油、消泡剤、食品添加物ステアリン酸グリセリン、ステアリン酸ソルビタンエステル、ショ糖エステルの原料のほか、助剤の原料や化学製品の原料にも用いられている。ステアリン酸は、PVC プラスチックパイプ、板材、型材、フィルム製造に幅広く用いられ、優れた潤滑性、光・熱安定性を有する。PVC プラスチックパイプの中で、ステアリン酸は加工プロセスにおける「コークス化」の防止に役立ち、PVC フィルム加工において添加すれば効果的な熱安定剤となり、硫化物に曝されることによる完成品フィルムの変色を防ぐことができる。

中国において工業用ステアリン酸は主に、200 型、400 型、800 型の 3 種類に分けられる。

表 5-16 工業用ステアリン酸指標

主要成分	オクタデセン酸とパル		
	200 型	400 型	800 型
ヨウ素価 $\text{g}/100\text{g} \leq$	2.0	4.0	8.0
鹼化 酸価 mg/g	206~211	203~214	193~220
色合 (Hazen)	200	400	800
凝固 (°C)	54~57	≥ 54	≥ 52
水分 $\% \leq$	0.20	0.20	0.30
無機 $\% \leq$	0.001	0.001	0.001

ステアリン酸は通常、油脂の水素化、加水分解、蒸留などのプロセスを経て生産される。製品の品質は国家規格 GB9103-88 を満たす。ステアリン酸の包装は 25kg/袋で、内包装はビニール袋、外包装はクロス袋である。

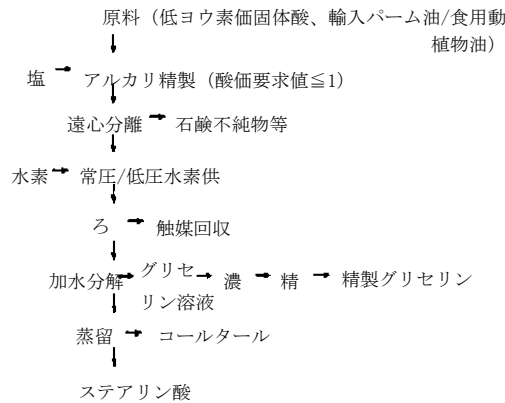


図 5-11 ステアリン酸の製造工程

a) 水素化

脂肪酸の水素化とは、触媒作用の下で、脂肪酸と水素を反応させ、不飽和二重結合を飽和結合に変えることにより 8、各種用途の脂肪酸を得ることをいう。この反応は、気体—液体—固体の三相系において進行する。通常、水素化の反応プロセスは 4 つの段階を踏むと考えられている。

- 拡散段階：水素を脂肪酸に拡散・溶解させる。
- 吸着段階：溶解された水素が触媒の表面に吸着し、活性化して金属-水素活性中間体となる。
- 反応段階：オレフィン中の二重結合が活性中間体に配位し、活性化された金属複合体を生成する。
- 脱着段階：金属炭素。結合中間体が水素を吸着すると同時に、不飽和オレフィンを脱着する。

脂肪酸の水素化に用いる水素は、乾燥し、雑質の含有率が少なく、純度が高いことが求められる。

b) 加水分解

加水分解の原理：

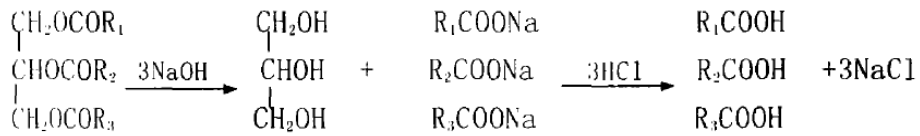


図 5-12 廃油の直接加水分解

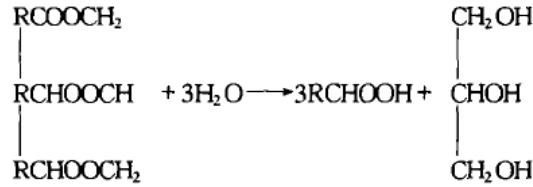


図 5-13 水素化後の脂肪酸の加水分解

全反応方程式：

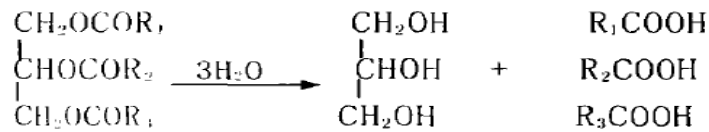


図 5-14 全方程式

この反応式は、加水分解手順の高度に複雑な理論上、脂肪の加水分解を段階的に行った方がいいことを示すものではない。前の2段階において、2つの方法のうちいずれか一つを選べばよい(下の方程式)。

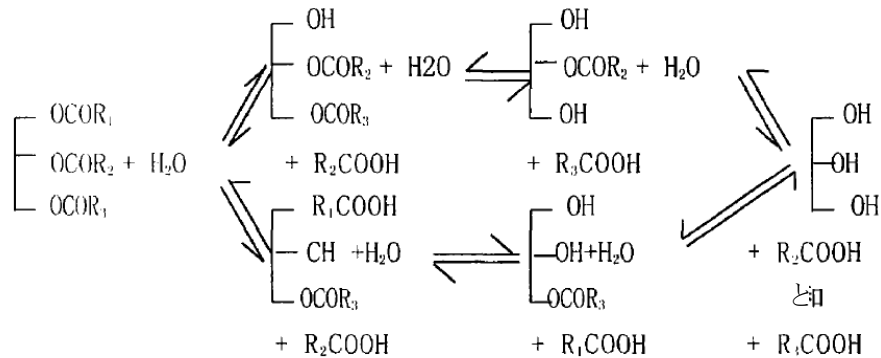


図 5-15 反応のステップ

脂肪の熱加水分解は実質上、脂肪相の中の水と脂肪の均相反応であり、脂肪と界面 L の非均相反応ではない。

常温下の水と油脂の間の溶解度は非常に小さいが、温度の上昇に伴い、油脂における水の溶解度の増加は非常に速くなる。相関関係は以下のとおり。

表 5-17 温度上昇に伴う溶解度の変化

温度	32	180	230	250
溶解度%	0.14	3	8	20

上表から、反応温度の上昇により、油、水の溶解度が増えることで、油脂の加水分解の反応速度が大きく速まることが分かる。

油脂の加水分解反応は一種の可逆反応であり、反応条件を適度に変えることで、反応が所期の方向に進行するよう促すことができる。そのため、反応プロセスにおいて生成物、淡水を移行させることは油脂のさらなる加水分解にとって有利に働く。

油脂の加水分解は、常圧加水分解、中圧加水分解、高圧加水分解に分けられる。

i.常圧加水分解

常圧触媒作用下での加水分解方法は、常圧下で新鮮な水または低濃度のグリセリン廃水を加え、直接加熱により加水分解を行う。実際の加水分解のプロセスにおいて、状況に応じて適量の硫酸を加えてもよい。この方法でよく用いられる触媒はスルホン酸と硫酸である。最もよく用いられるのは、アルキル基ベンゼンスルホン酸、アルキル基スルホン酸である。硫酸は通常、前述の乳化剤とともに使用することで、乳化剤の水相中の溶解度を下げ、酸触媒の加水分解反応の油相における溶解度を増やし、加水分解の速度を速める。

常圧触媒作用下での加水分解方法の長所は、必要な設備が簡便で、操作が簡単、設備投資が少なく、生産要件が高くないことである。欠点は、硫酸化またはスルホン化によって生産される脂肪酸の品質が悪い、水消費量が大きい、グリセリンの回収率が低い、設備の消耗が速いことである。

ii.中圧加水分解

中圧加水分解は、現在最も工業的価値のある加水分解方法で、加水分解のプロセスで触媒を加えるかどうかで、中圧非触媒加水分解法と中圧触媒加水分解法に分けられる。

高温条件下での反応を行うとき、酸触媒は設備に対する腐食が激しいため、中圧加水分解においては、塩基触媒が用いられることが多い。とはいえ、金属酸化物を用いて反応を行う場合、一定量の鹼を生成し、脂肪酸の収率を下げてしまうため、精製を行う前に鹼を除去する必要がある。触媒を用いた加水分解を行わないならば、これを回避できる。触媒の使用量は反応の条件、原料の品質と関わりがある。

中圧加水分解は、常圧触媒作用下での加水分解と比較して、ライフサイクルが短い、工業用水が少ない、操作が簡単であるという長所があるが、設備投資が大きいという短所があるため、大規模な脂肪酸メーカーに適している。

iii.高圧加水分解

連続高圧加水分解法は、加水分解方法の中で最も複雑な方法の一つだが、効率は最高である。加水分解の圧力は **4.8-5.2MPa** で、飽和脂肪酸、ヨウ素価が **120** 未満の不飽和脂肪酸に対しては最も経済的な方法である。生産プロセスにおいて、高温にすれば油中の水の溶解度を高め、油脂加水分解の反応速度と加水分解度を高めると同時に、反応によって生成される脂肪酸とグリセリンを連続的に分離させ、加水分解の逆反応による最終的な加水分解度の上昇を防ぐことができる。ただ、高温であるため、原料に対する要求が高く、原料の質量が変化する場合、操作条件の変更が求められる。高圧加水分解法は今日の脂肪酸の工業生産において最も進んだ加水分解技術で、加水分解による生産方法の一切の長所を有するが、原料に対する要求が高く、操作が難しく、設備投資が大きい。

b)蒸留

蒸留は、脂肪酸精製方法の一つである。脂肪酸は飽和蒸気圧が高く、一般的な条件下で脂肪酸蒸留によって得られた製品は色つやが濃いため、通常、真空条件で脂肪酸の減圧蒸留を行うことにより脂肪酸を精製する方法が用いられる。蒸留によって、脂肪酸の色つや、臭い、雑質を除去することで精製の目的を達成することができる。

c)分離

分離には、超臨界流体抽出法、圧搾法、有機溶剤分離法、界面活性剤分離法、精溜の5種類の方法を用いることができる。

i.超臨界流体抽出法

超臨界流体抽出法は近年発展し始めた新しい分離技術で、国内外で注目を浴びる研究対象である。超臨界流体抽出は温度と圧力の調整により、原料の各成分が超臨界流体中の溶解度を大幅に変化させることにより分離を実現する。従来の抽出方法と比べて、優れた、液体に近い溶解能力、気体に近い拡散能力を有するため、抽出効率を大幅に高められる。また、超臨界流体抽出は、二酸化炭素（臨界温度 **31.3°C**、臨界圧力 **7.374MPa**）など、臨界温度が低く、化学的に不活性な物質を抽出剤に選ぶことが多いため、易熱性物質や易酸化性物質の分離に非常に適している。実験によると、各種脂肪酸の溶解度は一酸化炭素の密度の増加に伴って増加する。しかし、同一の条件下で、短鎖脂肪酸の溶解度は長鎖脂肪酸のそれを上回り、炭素鎖の長さが同一の脂肪酸の溶解度は二重結合の増加に伴って、顕著ではないが減少する。研究によると、超臨界流体抽出を利用すれば、鎖長が大きく異なる脂肪酸を効果的に分離できるが、炭素鎖の長さが近い脂肪酸を分解する場合、他の分離技術と組み合わせなければならない。超臨界流体抽出法の特長は、操作温度が低く、**CO** が無毒で汚染がないことである。短所は、抽出圧力が非常に高く、高圧ポンプと回収設備のメンテナンスを必要とし、経済的便益が低いことである。

ii.圧搾法

圧搾法は、オレイン酸とステアリン酸を分離する従来の方法である。分盤低温圧搾法は工業において最も早期に応用された方法である。混合脂肪酸の中の飽和酸と不飽和脂肪酸の融解点の違いに応じて、一定温度の下で、飽和脂肪酸を混合系から少しずつ結晶を析出し、不飽和脂肪酸は反応系の中で液体状態を維持し、加圧によってこれらを分離する。

そのプロセスフローは図 5-16 のとおり。

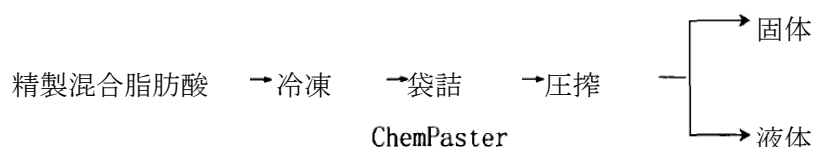


図 5-16 分盤低温圧搾法

分盤低温圧搾法による脂肪酸分離の操作：混合脂肪酸をポンプで凍結槽に送り込み、連続的に攪拌し、低温脂肪酸の温度を **0~5°C** まで下げた後、弾性が優れた袋を油圧機器に層毎に重ねて平らに置き、圧縮させる。圧縮は軽く、こまめに行い、圧力をゆっくりと上昇させ、液体酸の水滴がほぼなくなるまで流出させ、残った固体酸を溶かして収集する。

圧搾工程は以下の3つのステップを踏む。

①冷圧

蒸留後の脂肪酸に温圧を施した結果物、コイニングを施した半固体状の結果物の混合物の清浄度に応じて洗浄プロセスを調整し、**30~40°C** で、水と **8~10%** の硫酸(状況に応じて配合比を適度に調整)を **pH 値 5~6** まで洗浄した後、布で包んで圧搾する。

②コイニング

粗オレイン酸の混濁状況に応じて洗浄を行い、結晶状態と室温の2つの面から総合的に原料温度を確定する。微細な結晶粒、半固体状態の結晶状を呈するのが理想的である。温度は、夏季：0～2℃、冬季：2～4℃に制御すると、圧搾速度が最高となる。

③温圧

洗浄は前述の方法と同じで、1～2回圧搾を行うと、ヨウ素価が確実に理化学的指標に達し、潔白になるまで洗浄すれば、精オレイン酸を得ることができる。原料の冷却後、80～90℃で塊をかきとれば、ステアリン酸を得ることができる。

操作中の脂肪酸の循環量は大きく（40%で循環を行う）、労働強度が大きい。

iii.有機溶剤分離法

有機溶剤分離法は低温下で相異なる脂肪酸または脂肪酸塩、有機溶剤中の溶解度の違いを利用して分離・精製を行う。通常、脂肪酸の有機溶剤中の溶解度は炭素鎖の長さが増えるに伴って減少し、二重結合数の増加に伴って増加し、溶解度の差異は温度低下に伴って顕著になる。飽和脂肪酸は溶剤の中で結晶となって析出され、不飽和脂肪酸は溶解状態を保持する。そのため、混合脂肪酸を有機溶剤に溶かし、一定の温度下で段階を踏んで結晶化させれば、混合脂肪酸を分離できる。脂肪酸溶液の冷却温度と溶剤比を通じて、質量が多様な脂肪酸を得ることができる。よく用いられる溶剤としては、メチルアルコール、エチルアルコール、アセトン、プロパンがある。例えば、エチルアルコールを抽出剤として利用する場合、オレイン酸のエチルアルコール中の溶解度はステアリン酸を遥かに上回る。エチルアルコール溶液を使ってステアリン酸とオレイン酸の混合物を抽出するとき、オレイン酸は液相の中で溶解し、ステアリン酸は結晶体で析出される。フィルタリングによって分離すると、そのろ過ケーキはステアリン酸で、液相は蒸留処理を経てエチルアルコールを回収でき、残留物がオレイン酸となる。

有機溶剤分離法は原理が単純で、操作が便利だが、大量の有機溶剤を回収する必要がある。現在、分離効率は高くなく、溶剤は製品に一定の影響を及ぼす。メチルアルコールを溶剤に用いると、少量のメタンが生成される。この方法は2つの実施方法がある。

- 選択性溶剤を使用すれば、分子の二重結合の有無または二重結合の多さおよび分子の質量の大きさに応じて呈される極性の違いに応じて、フルアルデヒドなどの対応する有機溶剤において相異なる溶解度の特性を示すことができ、混合脂肪酸を固体酸と液体酸に分離できる。
- 混合脂肪酸を有機溶剤に加えた後、一定の温度まで冷却し、飽和脂肪酸を少しずつ結晶化して析出し、不飽和脂肪酸を溶液中に留め、フィルタリングによって得られたろ過屑とろ過液から溶剤を除くことで固体脂肪酸と液体脂肪酸を得る。

後者の方法が工業において多く使用されている。

溶剤分離法は燃えやすく、貴重な溶剤を大量に使用する必要があり、エネルギー消費量が大きいうえ、冷凍温度が低いが、分離効果に優れ、生産性が高く、分離設備が簡易である。

iv.界面活性剤分離法

界面活性剤分離法は乳化分離法とも呼ばれ、工業において実質的な効果が最も優れた分離方法である。一定の温度に制御して、乳化状態で混合された原料から凝固点の高い成分を結晶化して析出し、凝固点の低い成分を液体状態のまま残す、つまり均相の混合物を固相と液相に変化させる。混合原料に界面活性剤水溶液を加えると、界面活性剤は界面張力を変化させる能力を有する

ため、界面活性剤の分子の親油基が結晶表面に接近して湿らせ、親水基が水相に入り込み、原料系を均等な乳化状態にし、界面活性剤によって浸潤された結晶は排斥されて、結晶面上の液体成分に付着する。結晶のない液体成分は凝集し、水と均等に混合し、結晶分子と液体分子の比重差を高め、高速遠心分離機を通じて固体成分と液体成分を分離する。

界面活性剤の分離方法の鍵は水溶液を構成する界面活性剤と電解質である。工業においてよく使われている界面活性剤はアルキル基ベンゼンスルホン酸ナトリウム、脂肪アルコール硫酸ナトリウムの2種類で、電解質は通常、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、塩化ナトリウムもしくは硝酸ナトリウムである。

乳化分離法は3つのステップを含む。

- 溶解された脂肪酸を適切な温度で攪拌、冷却、結晶化して必要なヨウ素価の固相と液相を得る。
- 適切な界面活性剤と電解質の濃度などの条件を選び、固体・液体脂肪酸を同時に水溶液に分散させる。
- 得られた分散物を連続遠心分離機の中で遠心分離し、液相脂肪酸を分離し、固相脂肪酸の水、溶液を浮遊させる。この懸濁液を加熱し、固相脂肪酸を分離する。

v.精溜

精溜分離法は現在、最も広く使用されている脂肪酸分離技術である。混合脂肪酸の中の各成分の揮発性の違いを利用し、同一の温度下で、飽和蒸気圧の性質の違いによって分離物を取得する方法で、かなり早期から蒸留法を利用した脂肪酸の生成が開始されている。蒸留は、臭気や低沸点炭化水素、ケトン、製品に色を帯びさせるアルデヒド、高沸点重合体、残留エステルなどの雑質を除去できる。単純で断続的な蒸留により、これら2種類の雑質を大量の脂肪酸から分離できる。ただ、脂肪酸を分離する場合、複雑な精溜設備を使用しなければならない。新型の効果的な低ドロップアウト充填材の開発成功に伴い、脂肪酸の精溜技術は工業化を遂げた。しかし、精溜技術には操作温度が高く、操作時間が長いため、脂肪酸に熱化学反応が発生し、製品の品質と収率に影響を及ぼすという顕著な短所がある。

また、脂肪酸分圧、精溜操作温度を下げるため、水蒸気蒸留が開発された。水蒸気蒸留は、脂肪酸蒸留プロセスにおいて熱蒸気を直接通し、脂肪酸分圧の下降を実現することにより、脂肪酸の沸点を下げる仕組みである。水蒸気蒸留は蒸気、脂肪酸との接触が密接なため、脱臭効果が非常に優れており、色素物質をうまく除去できる。しかし、これらの特徴を実現するには、大量の蒸気消費、多大な廃水負荷量という犠牲を払わなければならない。

従来の精製ステアリン酸精製技術は、廃油は水素化してから加水分解し、廃食用油は先に水素化してからステアリン酸を生産していたが、この方法ではオレイン酸を精製できなかったため、新技術では先に加水分解、分離をしてから水素化を行っている。真技術は油脂を加水分解し、蒸留した後で水素化するため、加水分解の生成物を浄化でき、水素化された触媒は被毒されにくいいため、その使用寿命を延すことができる。また、原料油脂の範囲が広がり、さまざまな質量の油脂を加工できるようになった。この技術は操作時に窒素化の時間が短い、温度が低い、制御しにくい。生産条件が温和、操作が簡便、労働強度が低いといった長所がある。分離後にオレイン酸と固体酸を得られ、固体酸の水素化によってステアリン酸を精製できる。

②オレイン酸

オレイン酸(olcicacid) はオクタデセン酸、レッドオイルとも呼ばれ、天然の動植物油脂の二重結合を一つ含む不飽和脂肪酸で、分子量は 284.25、分子式は $C_{17}H_{33}COOH$ 、その構造式は以下のとおり。



図 5-17 オレイン酸の化学式

純オレイン酸は室温下において無色無臭の油状の液体であり、空气中に長期間曝露された工業用オレイン酸である。酸化によって黄色または赤味がかかった茶色の液体で、油の酸敗臭を含む。オレイン酸は水に溶けず、アルコール、エーテル、クロロホルム、ベンゼンなどの有機溶剤に溶解する。その構造はシス構造とトランス構造がある。オレイン酸は、グリセリンエステル形式で各種油脂に存在し、油脂の鹼化、蒸留、分離によってオレイン酸を得ることができる。主に、プラスチック可塑剤のエポキシ化オレイン酸ブチルやエポキシ化オレイン酸オクチルに用いられる。毛紡工業では、帯電防止剤や潤滑・柔軟剤の精製に使用される。木材工業ではパラフィンワックス、撥水剤、乳化剤の精製に用いられる。酸化を経て精製されたアンコイン酸は、ポリアミド樹脂(ナイロン)の原料である。また、農薬乳化剤、浮遊選鉱剤、離型剤、油脂の加水分解剤のほか、カーボン紙、複写用紙、ボールペン油、各種オレイン酸塩などにも使用され、化学試薬として、クロマトグラフィー比較サンプルや生物化学研究、カルシウム、アンモニア、銅の査定、マグネシウム、硫黄の測定にも用いられる。純粋なオレイン酸ナトリウムは優れた汚染除去能力を持ち、乳化剤などの界面活性剤に用いられるほか、胆石症の治療にも用いられる。オレイン酸のその他の金属塩も防水テキスタイル、潤滑油、光沢剤などに、バリウム塩は殺鼠剤に加工できる。オレイン酸の 75% のアルコール溶液は錆落とし剤に用いられる。

工業において使用されるオレイン酸は、用途、凝固点によって Y-4 型、Y-8 型、Y-10 型の 3 種類の型番に分けられる。

表 5-18 工業用オレイン酸の種類と各パラメータ

特性 \ 品種	Y-4 型	Y-8 型	Y-10 型
凝固点(°C)	≤4	≤8	≤10
ヨウ素(gI ₂ /100g)	80~95	80~100	80~100
鹼化価(mg KOH/g)	190~205	190~205	185~205
酸価(mg KOH/g)	190~203	190~203	185~203
水分(%)	≤0.5	≤0.5	≤0.5
色合い(Hazen)		≤400	

注：QB/T 2153-95 (付録 2) より引用

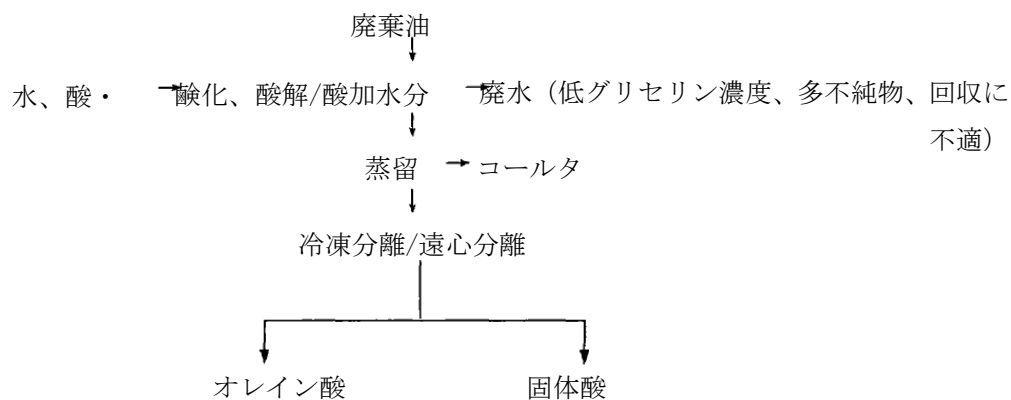


図 5-18 従来の工法によるオレイン酸製造技術

オレイン酸精製技術は加水分解、蒸留、分離を含む。各部分についてはステアリン酸の精製プロセスを参照されたい。

5.10 食品廃棄物処理場の脱臭技術

食品廃棄物は組成が複雑で、水分、油脂、塩分が多く、腐食や悪臭が発生しやすいほか、生分解しやすく、量が多いという特徴がある。そのため、前処理と選別のプロセスで、通風の不良や微生物の作用を受けて腐敗し、臭くなりやすく、悪臭ガスが発生しやすい。これらのガスは主に H_2S 、 NH_3 で、少量のメタンチオール、メチルアミン、メチルスルフィドなども含まれる。発生ガスは有毒で、揮発性、刺激臭が強く、空气中に拡散することで作業員の健康に悪影響を及ぼすほか、周辺住民の生活にも悪影響を及ぼし、環境を汚染してしまう。とりわけ夏季においてこの悪影響は深刻である。

悪臭による空気の汚染、人の健康への危害を防ぐため、敷地の制限、システムの操作性・柔軟性、効率などを十分に踏まえた上で、ガス捕集装置、加湿・温度調整システム、生物ろ過システムなどを通じて悪臭の問題を解決し、排出ガスが「悪臭汚染物排放标准（悪臭汚染物排出規格）」（GB14554-93）に適合するようにしなければならない。

脱臭プロセスは、低濃度多成分の悪臭混合ガスを吸収、破壊、生分解、隠蔽するプロセスである。脱臭方法も当初の水洗浄法から次第に微生物脱臭法へと進歩を遂げた。現在、一般的な廃ガス処理技術としては、活性炭吸着法、化学脱臭法、活性酸素技術、植物抽出液消臭法、高エネルギー粒子消臭法、生物ろ過法がある。

①生物ろ過法

生物ろ過装置は、増湿装置と生物処理装置の2つの部分で構成される。誘引ファンによって収集された悪臭に対し、増湿装置による前処理（温度調節、顆粒物除去などを含む場合もある）を施した後、生物処理装置に入れる。ガス中の汚染物質は気相から充填材外層の水膜へと拡散し、充填材に吸着されると、最終的に二酸化炭素、水へと生分解する。処理後のガスは生物ろ過槽の頂部から排出される。生物ろ過法に用いる充填材は吸着性を有し、大量の有機物を含むろ材であり、その豊富な微生物群はプロパン、イソブタンなどのパラフィン系化合物を効果的に除去し、エステル、エタノールなど生分解性物質の処理に優れた効果を発揮する。

②活性炭吸着法

活性炭吸着法は、活性炭の吸着効果を利用し、吸着剤の充填層によって悪臭ガスを吸着させることで除去する方法である。活性炭吸着法は効果の高い脱臭技術で、悪臭物質に対する吸着量の均衡化や多様な悪臭ガスに対する優れた吸着効果を発揮する一方、ランニングコストが高く、定期的なメンテナンスを必要とする。低濃度の悪臭、脱臭の後処理に用いられることが多い。

③化学脱臭法

化学脱臭法は、有機廃ガスのある種の化学成分を含む溶液に通すか、または化学薬品を有機廃ガスの排出口に直接吹き付け、化学薬品と有機廃ガスの一部成分を反応させ、悪臭物質を吸着、吸収する方法である。酸溶液は可溶性アンモニア系物質と反応でき、塩基溶液は硫化水素などの廃ガスと反応できる。水溶性物質にもこのプロセスにおいて水溶液に吸着、吸収させることで有機廃ガス中のこの種の物質の排出量を減らすことができるものがあるが、有機廃ガスは成分が複雑で、悪臭因子が豊富なため、単純に1種類または数種類の化学吸着吸収媒体では、ガス中のす

すべての成分を同時に脱臭することは難しい。また、吸着吸収法は薬剤の消費量が多く、費用も高額であるため、化学脱臭法は、食品廃棄物の廃ガス処理においては大きな限界性がある。また、化学吸着後の有機廃ガスによって形成された水溶液を排出する前に、二次汚染を防ぐためのさらなる浄化処理も必要となる。

④ 活性酸素技術

活性酸素技術による脱臭の原理は、常温常圧の下で、空気中の酸素分子をオゾン (O_3)、酸素原子 (O)、ヒドロキシルラジカル (OH) などの活性酸素に電離する。活性酸素中の酸素イオンは、酸素の 1,000 倍に及ぶ極めて強い酸化能力があり、アンモニア、硫化水素、メタンチオールなどの汚染物質、ならびに悪臭や異臭などその他の有機物を速やかに酸化することができる。酸化に要する時間はわずか 100 分の数秒であり、活性酸素の寿命もわずか数秒である。そのフローチャートは図 5.18 のとおり。

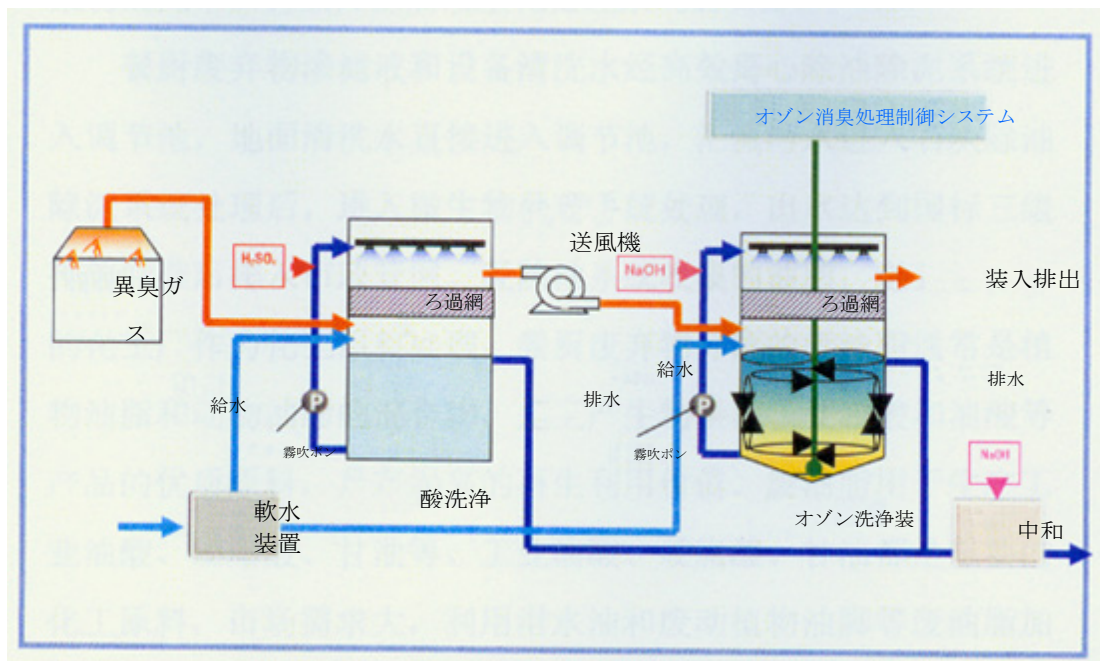


図 5-19 オゾン脱臭装置

⑤ 植物抽出液消臭法

植物抽出液消臭法は、悪臭中の異臭分子が空間中に吹き付けられて分散した植物抽出液の液滴によって吸着され、常温下でさまざまな反応が発生し、無臭・無毒の分子を生成する方法である。下水処理場において植物抽出液消臭剤は主にポンプ室、生物処理槽、汚泥脱水施設などの悪臭ガスが発生し、しかも悪臭ガスを収集しにくい構築物内に使用される。国内の天山污水廠（天山下水処理場）は悪臭ガス中の H_2S 除去に植物抽出液を使っており、平均除去率は 2 級排出基準を満たす 96%以上に達している。

⑥ 高エネルギー粒子消臭法

高エネルギーイオン浄化システムは、室内に置かれたイオン発生装置が、室内の空気中の揮発性有機化合物 (VOC) と接触し、有機揮発性ガス分子、VOC の化学結合を開き、二酸化炭素と

水に分解する。硫化水素、アンモニアについて同様に分解作用を有する。イオン発生装置がイオンを発射して空気中のダスト粒子、固体粒子と衝突し、粒子の荷電に重合作用を発生させ、大きな顆粒が自身の重力によって沈降できるようにすることで浄化を実現する。発射されたイオンはまた、室内の静電気、異臭などと相互作用を起こすと同時に、空気中の細菌が生存できる環境を効果的に破壊し、室内の細菌濃度を下げ、それを完全に除去する。

6. 残された課題

中国で食品廃棄物の無害化、資源化を推進するうえで残された主要課題は以下のとおりと考えられる。

①レストラン業界における分別徹底に向けた対応

レストランからの食品廃棄物の資源化を推進するためには、レストランから排出する段階での分別を徹底することが極めて重要である。現時点ではレストラン業界における資源化に向けた関心は必ずしも高くはないと考えられることから、レストラン業界に対する行政による規制の徹底とインセンティブの付与が極めて重要と考えられる。

そのためには、例えば経費の節減に資するというようなレストランにとって分別するほうが経済的利益があるような仕組みを構築することが重要である。また、そのような場合にあっても現場の従業員にとっては分別の徹底は面倒な活動と受け取られることから、レストランの経営者による分別徹底に向けた従業員教育が必要である。日本におけるレストラン業界における分別徹底に向けた経験（ワタミ）を参考とすることが有益と考えられる。

②非正規業者に対する取り締まり

中国ではこれまで多くの食品廃棄物が非正規業者により収集、処理されてきた。近年、一部の都市では条例により業者の登録が進められ、非正規業者の正規化が徹底している。今後、食品廃棄物の適正な無害化、資源化を推進するためには、規制強化を含め、非正規業者の取り締まりを強化し、正規業者への転換を促進する必要がある。

③食品廃棄物処理・資源化施設の技術選択

食品廃棄物の処理、資源化については、肥料化、飼料化、メタン発酵等、様々な選択肢があり、地域の実情に応じて適切な技術選択を行う必要がある。それらの技術選択は、一地区で一方式というだけでなく、農業活動等の現地のニーズを考慮して複数の方式の組み合わせを検討することが望ましい。また、焼却処理や下水処理が行われる場合には、それらとの複合処理の検討も重要である。

一般に、食品廃棄物の処理・資源化に際しては、必ずしも大規模な施設が有利とは限らない点に留意する必要がある。日本や韓国の事例では、特に飼料化に関しては、数十トン規模の中小規模の施設が用いられる多い。そのような規模に限定することにより、搬入される食品廃棄物の分別状況や鮮度の管理を徹底できるためである。

そのような技術選択を可能にするためには、例えば大学や専門官における廃棄物管理に習熟した専門家の育成を進めるとともに、地方都市の行政担当官の資質を向上する必要がある。食品廃棄物処理技術に関する定期的な意見交換の場を設定し、大学等の専門家に対する研究促進のインセンティブを与えるとともに、広範な地方都市の職員が受講できるような基本的な（食品）廃棄物に関する全国的な研修制度を創設することが推奨される。

④食品廃棄物処理・資源化施設の建設と運転管理

食品廃棄物処理・資源化施設の建設は数十年に一度のことであり、地方政府にとって適切な審

査を行うことは容易ではない。また、竣工後においても、適切な施設の運転管理には高い技術能力を必要とする。このため、日本では、廃棄物焼却施設等においては「性能発注方式」という一般の公共工事とは異なる発注形態がとられている。中国においても、地方政府の技術力が向上するまでの間においては、性能発注を可能とするような発注方式を採用することが好ましい。

施設の運転管理に際して高い技術能力を確保し、また、より経済効率的に運転管理を行うことを目的に、日本では PFI (private finance initiative) 方式や DBI などの公設民営方式が広まりつつある。特に、近年は公設民営方式を採用する自治体が増えており、DBI が廃棄物処理施設建設の主流になりつつある。一部の高い技術能力を有する都市を除き、多くの自治体ではプラントメーカーと関連する民間企業に管理を委託するようになりつつある。中国でも BOO 方式、BOT 方式をはじめとする PFI の事例が見られつつある。地方政府の技術能力が向上するまでの間は、運転管理に際して民間の技術力を活用するような PFI、または公設民営方式の活用が期待される。同時に、施設の建設や運転管理を任せることになる業者については、その質の確保が重要になる。国家施策として、施設の建設・運転管理に関する業者の登録政党により、業者の技術レベルの確保を図ることが重要である。

⑤飼料化の促進方策

中国においては、現状では大量のレストランからの食品廃棄物が非正規に飼料化されていると推測されている。今後取り締まりを強化することにより、それらの業者による飼料としての活用が根絶される可能性が高い。

食の安全の確保は、中国においても今後ますます重要視されることになるため、食品廃棄物の飼料化に際しては、厳しい安全管理の基準が必要である。日本においては、エコフィード、顔の見えるリサイクルループ、という制度を活用し、一定の条件を満たす食品廃棄物の飼料化を推進している。また、韓国や台湾では、家庭からの食品ごみを含む多くの食品廃棄物が飼料化されている。日本や韓国における食品リサイクルの特徴は、比較的小規模なシステムを組むことにより、食品廃棄物の鮮度や分別精度の確保を図っている点である。

中国では、レストランから直接養豚農家へ食品廃棄物を飼料として提供することは禁止されたが、レストランからの食品廃棄物を飼料製造業者が加工して一定水準を満たす飼料として販売することは可能である。中国において食品廃棄物の飼料化を進めるためには、そのような飼料製造業者の育成を図ることが有力な方策の一つであると考えられる。

飼料化は、食品廃棄物の資源化方式として優先度の高い、望ましい方式であると考えられており、食の安全を確保しつつ、日本、韓国等の経験を踏まえ、中国に適した食品廃棄物の飼料化推進方策についてさらに検討することが望ましい。その場合、日本のエコフィード、顔の見えるリサイクルループ制度を中国の実情に合った方式に修正し、モデル的に実施することが考えられる。

⑥人材養成

食品廃棄物を含む廃棄物処理・資源化の推進には、高度の技術的能力が求められる。民間の技術を活用する場合にあっても、地方政府の職員にも一定の技術能力が要求されることから、施設の建設に際しては、地方政府の職員に対する技術研修も組み込んだ契約とすることが望ましい。

また、食品廃棄物の処理・資源化は、レストラン業界、収集運搬業者、プラントメーカー等、多くの関係者を含む総合的な社会システムであることから、単に技術的事項だけでなく、行政的

な施策が重要である。そのため、食品廃棄物問題を総合的に考えられるような地方政府職員の研修が極めて重要であり、国としての研修制度の樹立が期待される。

さらに、食品廃棄物の処理・資源化に関わるレストラン業界、収集運搬業者、プラントメーカー等の質の維持向上に向けて、それらのグループごとの定期的な研修会や事例発表のためのワークショップ等を開催することが望ましい。

⑦廃棄物処理システム全体の中での位置づけ

今回の検討は、レストランからの食品廃棄物に限定しての検討であるが、例えば食品工場からの食品くず、マーケットやコンビニのような流通業界からの食品廃棄物と合同で処理・資源化することができれば、処理・資源化の選択肢は大きく広がる。そのような合同処理の可能性について、将来的には検討することが望まれる。

・また、処理方式についても、焼却処理や下水処理と組み合わせることができれば、残渣や脱離液の処理が容易で経済効率的になる。そのような複数のシステムを組み合わせた総合システムは、既に日本では各地で実用化されつつある。中国においても同様な総合システムの開発が期待される。

⑧家庭系の食品廃棄物への適用可能性

今回の検討は、レストランからの食品廃棄物に限定した検討であるが、そこで培われた無害化・資源化の知見は、将来的には家庭系の食品廃棄物の無害化、資源化にも応用が可能である。中国では家庭系のごみに占める食品廃棄物の割合が非常に高いこと、食品廃棄物は含水率が高く、また、腐りやすいことから多くの環境問題を発生する可能性があること等を考慮すれば、将来的には家庭系の食品廃棄物の適正処理方策を推進する必要がある。レストランでの経験は、そのような検討に資すると期待される。

メタンガス化（生ごみメタン） 施設整備マニュアル

平成20年1月

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課

目次

第1章 総則	1985
1-1 目的	1985
1-2 用語	1986
1-3 メタンガス化施設導入の検討手順と留意点	1987
第2章 メタンガス化施設導入に関する基本的事項	1990
2-1 メタン発酵（メタンガス化）	1990
2-2 処理フロー	1991
2-3 前処理	1992
2-4 処理方式の分類と特徴	1993
2-5 標準システムフロー	1995
2-6 稼働時間	1997
2-7 バイオガス	1998
2-8 発酵残さ（発酵液）	2001
2-9 環境対策	2002
2-10 安全対策	2003
2-11 関連法規	2004
2-12 施設導入の検討に関する留意事項	2006
2-12-1 現状把握調査	2006
2-12-2 処理対象物（生ごみ等）の種類、発生量の把握	2007
2-12-3 計画ごみ質の設定	2008
2-12-4 処理対象物の回収体制	2012
2-12-5 メタンガス化施設導入に伴う中間処理システム 及び一般廃棄物処理に与える影響事項	2014
2-12-6 交付金の交付対象となる高効率原燃料回収施設について	2015
2-12-7 施設整備モデル計画例	2018
第3章 メタンガス化施設の構成設備	2020
3-1 受入供給設備	2020
3-2 前処理設備	2021
3-3 メタン発酵設備	2025
3-4 バイオガス前処理設備	2029
3-5 バイオガス貯留設備	2031
3-6 バイオガス利用設備	2033
3-7 発酵残さ処理設備	2036
3-8 脱臭設備	2039
第4章 メタンガス化施設の運転管理上の留意事項	2041
4-1 臭気対策	2041
4-2 維持管理コストの抑制	2041
4-3 搬入量の季節変動の対応	2042
4-4 安定稼働をする上での留意事項	2043
4-5 エネルギー回収・利用をする上での留意事項	2044

参考資料

1	メタンガス化施設稼働状況（国内）	2046
2	メタンガス化施設導入状況（海外）	2052
3	生ごみリサイクル・分別収集に関する調査結果（財）廃棄物研究財団	2053
4	家庭系生ごみ排出量の推移	2073
5	メタン発酵処理に関する経済性の検討例	2074
6	食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律の一部を改正する法律案の概要	2080
7	平成18年8月エコ燃料利用推進会議報告書（概要）	2081
8	メンプレンガスホルダーに係るガイドライン	2088

第1章 総則

1-1 目的

本マニュアルは、生ごみ等の有機性ごみからのエネルギー回収を推進するため、メタンガス化施設整備を検討する市町村に必要な情報を提供し、支援することを目的としている。

【解説】

- 地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するため内閣に設置された地球温暖化対策推進本部が、平成14年3月19日に決定した「地球温暖化対策推進大綱」では、廃棄物分野に関連する施策として、廃棄物の発生抑制、再利用、再生利用の推進による廃棄物焼却量の抑制を図りつつ、燃やさざるを得ない廃棄物からのエネルギーを有効活用する廃棄物発電やバイオマスエネルギー活用等により、化石燃料の使用量の抑制を推進している。
- メタンガス化施設は、可燃ごみとして焼却処理されていた生ごみ等の有機性ごみ（以下、「生ごみ等」という。）を分別回収又は選別してメタン発酵させ、バイオマスエネルギーとしてメタンガスを回収する施設で、焼却してごみ発電をするより高効率のエネルギー回収が可能となることから政府の経済成長戦略において、廃棄物発電と比肩するごみ処理システムとして確立し、普及させるべきものと位置付けられている。
- このようなことから、「循環型社会形成推進交付金」では、高効率なメタンガス化施設について交付率を1/2に嵩上げて重点的に支援することとしている。
- また、平成19年度からは、新たにメタンガス化施設及びメタン発酵残さとその他のごみ焼却を行う施設を組み合わせた方式を交付率1/2の対象に加えたところである。
メタンガス化施設：メタン回収ガス発生率 150Nm³/ごみトン以上
メタン回収ガス発生量 3,000Nm³/日以上
発電効率又は熱回収率 10%以上
焼却施設：発電効率又は熱回収率 10%以上
- 本マニュアルは、これらの背景等を踏まえ、市町村におけるメタンガス化施設の導入検討に役立てるために策定するものである。

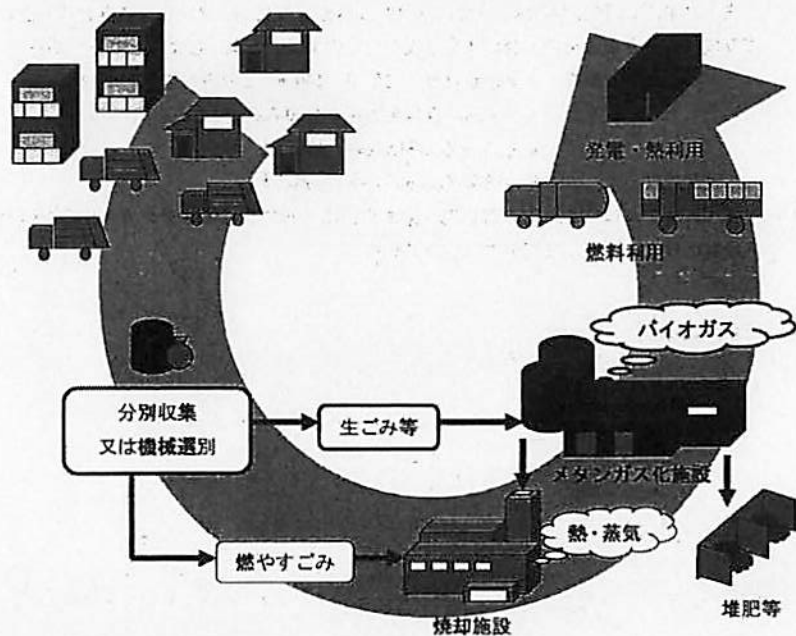
1-2 用語

本マニュアルにおける用語の定義は、次のとおりである。

- 1 **メタンガス化**
生ごみ等をメタン発酵することをいう。
- 2 **メタンガス化施設**
生ごみ等をメタン発酵するために必要な設備の総称をいう。
- 3 **生ごみ等**
メタン発酵が可能な厨芥類等の有機性ごみをいう。
- 4 **バイオガス**
生ごみ等をメタン発酵することにより発生するメタンガスと二酸化炭素を主成分とする可燃性ガスをいう。
- 5 **発酵残さ**
メタン発酵後の難分解性有機物からなる有機性残さをいう。

生ごみはメタンガス化で 高いエネルギー回収率が可能

- 焼却廃熱を回収して蒸気ボイラ・タービンで発電するより、メタンガスエンジンで発電の方が高効率。
- ただし、生ごみ以外の可燃物、メタン発酵残さ等の処理システム（焼却発電など）も併せて必要。



1-3 メタンガス化施設導入の検討手順と留意点

1 メタンガス化施設の導入にあたっては、次のような検討が必要となる。

- ① 基本事項の確認・検討
 - ② 受入条件と資源化物の利用条件の検討
 - ③ 施設導入有効性の検証
- 2 メタンガス化施設導入を成功させるためには、特に、以下の点に留意する必要がある。
- ① 分別がどの程度見込めるか
 - ② 収集運搬体制をどう組むか
 - ③ その他の燃やすごみ、異物、メタン発酵残さ等の処理システムをどう組むか

【解説】

1 検討手順

(1) 基本事項の確認・検討

導入を検討する際、CO₂削減が図られ、地域特性に応じた効率的で効果的な一般廃棄物処理システムが構築されるよう、まずその地域の自然及び社会的特性や処理方法の現状及び課題等について調査確認を行う。

(2) 受入条件と資源化物の利用条件の検討

基本的な必要事項の確認や調査した結果に基づき、生ごみ等の分別の可否や収集体制及びバイオガス、発酵残さの処理・利用方法について検討する。

(3) 施設導入有効性の検証

検討した処理システムを導入するにあたり、住民の分別排出期待度、処理システム全体への影響、環境負荷や投資効果、またそのシステムの信頼性・安全性等について総合的に評価し、導入が有効なのか判断する。

※ 検討手順の詳細については「第2章 2-12. 施設導入の検討に関する留意事項」で述べる。

2 留意点

(1) 分別がどの程度見込めるか

メタンガス化施設の導入にあたっては、生ごみ等メタン発酵に資するごみと、そうでないごみをできるだけ分別する必要がある。

分別がどの程度可能かについては、地域住民や店舗等の分別への協力がどの程度見込めるかが鍵となる。分別に関する普及啓発活動等を見込んだうえで、どの程度の分

別が見込めるのか、また、どの程度のごみをメタンガス化施設に投入できるのかをあらかじめ評価しておく必要がある。この点は、メタンガス化施設の設定や処理能力決定に当たっても重要である。

併せて、生ごみのみを集積する分別箱等についても検討しておく必要があろう。

(2) 収集運搬体制をどう組むか

一般に分別の種類が増えれば新たに収集運搬体制を考える必要があるが、分別した生ごみ等の回収、運搬が可能な限り効率的になるような体制をどう組むか検討する必要がある。例えば、パッカー車を2室式にし、生ごみ、その他の燃やすごみをそれぞれの室に分けて回収することにより、一度の収集で双方を運搬する方法等が考えられよう。いずれにしてもこの点は(1)とも密接に関連するので、併せて検討を行う。

(3) その他の燃やすごみ、異物、メタン発酵残さ等の処理システムをどう組むか

メタンガス化施設は、それだけで燃やすごみの処理が完結する施設ではない。すなわち、①木くずやプラスチック等その他の燃やすごみ、②メタンガス化施設に投入する際に分離した異物、③メタン発酵後の残さ等の処理をどのように行うのかを併せて検討しなければならない。また、④廃液の処理も必要となる。

一般にはごみ焼却施設を併設することにより、①～③の残さ等についてはエネルギー回収を行い、かつ、④廃液はプラント排水等と併せて水処理を行ったり、排除基準を満足した上で下水道に放流すること等が考えられる。

ごみ焼却施設を併設しない場合にあつては、これら残さ等の処理が安定して確実に、行える施設を別途確保し、かつ、当該施設への運搬システムを組む必要がある。これらの体制が確実なものとならない限り、安易にメタンガス化施設を導入することは失敗に帰することとなる。

3 施設導入計画フローを図1に示す。

1 基本事項確認・検討

(1) 現状把握調査

- 7 市町村の特性
- イ 他の市町村の動向
- ウ 既存のメタンガス化施設の情報

(2) 竣工までの概略工程の検討

(3) 処理対象物の性状・量の把握

(4) 設置場所の候補選定



2 受入条件と資源化物の利用条件の検討

(1) 処理対象物の把握

7 処理対象物の種類、発生量

イ 計画ごみ質

(2) 処理対象物の回収体制

7 分別収集と機械選別

イ 施設導入に伴う分別収集体制の影響

(3) 資源化物の利用/処理方法の検討

7 バイオガス

イ 発酵残さ



3 施設導入有効性の検証

(1) メタンガス化施設導入に伴う中間処理システム及び一般廃棄物処理に与える影響事項

(2) 投資効果

図1 施設導入計画フロー

第2章 メタンガス化に関する基本的事項

2-1 メタン発酵（メタンガス化）

メタン発酵（メタンガス化）とは、有機物を種々の嫌気性微生物の働きによって分解しメタンガスや二酸化炭素を生成するものである。

【解説】

○ メタン発酵における物質変換の概要を図2に示す。

メタン発酵における分解過程は、

- ① 低分子有機物に分解する可溶性・加水分解
- ② 有機酸（プロピオン酸、酪酸等）を生成する酸生成
- ③ 酢酸と水素を生成する酢酸生成
- ④ メタンと二酸化炭素を生成するメタン生成

の4段階からなる。

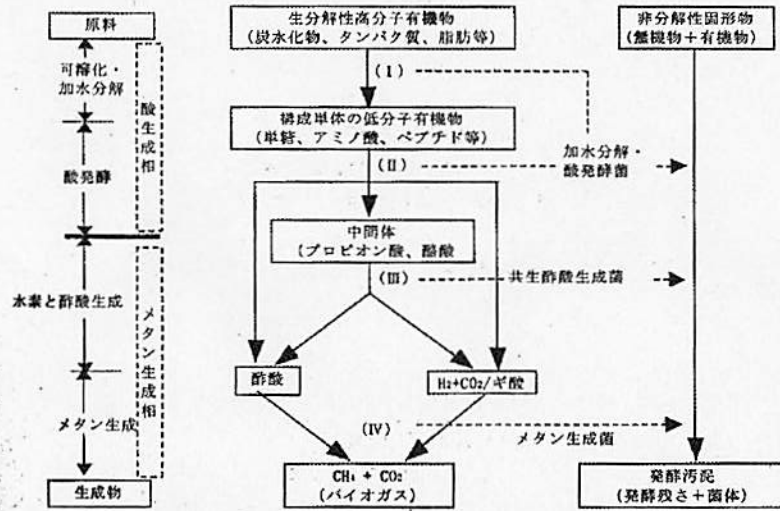


図2 メタン発酵における物質変換の概要

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」
(社)全国都市清掃会議 平成 18 年 6 月

2-2 処理フロー

一般的な処理フローは次のとおりである。

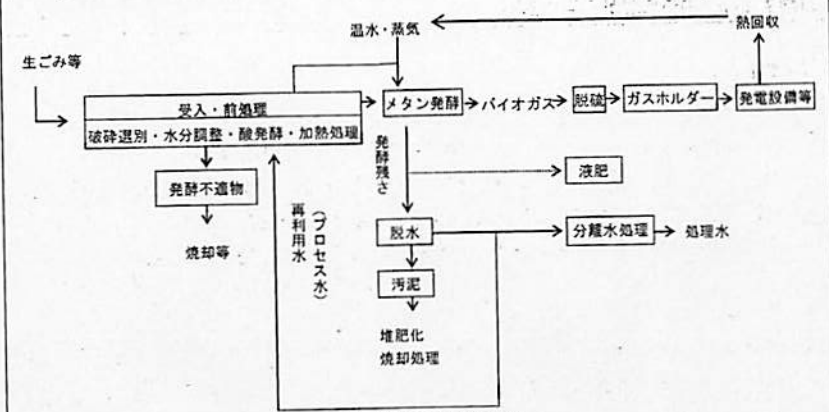


図3 代表的な処理フロー

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」
(社)全国都市清掃会議 平成 18 年 6 月を一部改変

【解説】

- メタンガス化施設では、まず、メタン発酵に適さない異物を除去し、次に、メタン発酵が可能な厨芥類を主体とする有機性ごみを嫌気発酵させ、発生するバイオガスを回収してエネルギー利用する。
- 発酵残さについては、一般的に脱水処理し、脱水残さは他の燃やすごみと焼却処理もしくは堆肥化利用される。脱水ろ液は、分離水処理設備によって処理される。
- 焼却処理では、処理後の生成物としては熱、焼却灰等の焼却残さ、ばいじん・酸性ガス・窒素酸化物等を含む排ガス、排水等であるのに対し、メタンガス化処理では、前処理で異物として除去された発酵不適物、メタンガスと二酸化炭素を主成分とするバイオガス、有機系の脱水ろ液・脱水残さが生成されるためそれぞれ適切に処理・利用する必要がある。

2-3 前処理

ごみのメタンガス化を行うには、ごみをメタン発酵に適するものと適さないものに分別、選別するなどの前処理が必要である。

【解説】

1 分別収集

異物混入を防止し、効率的にメタンガス化を行うには、処理対象物を分別収集することが望ましいが、最近、燃やすごみを機械により選別し、バイオガス化処理する実証実験の報告もされている。燃やすごみを機械選別した場合には、既存の分別収集で対応できる可能性がある一方で、生ごみ以外のごみがある程度混入することが想定される。

2 機械選別

前処理設備等施設規模を適正かつ最小化するためには、分別収集した生ごみに含まれる発酵不適物（骨、貝殻、卵の殻類は生ごみと一緒にしている場合が多い）を減少させることが効果的である。

なお、選別された発酵不適物は別途、焼却等の処理が必要となる。

2-4 処理方式の分類と特徴

処理方式の分類は、メタン発酵槽へ投入する固形分濃度の違いにより、湿式方式と乾式方式、発酵温度の違いにより中温方式と高温方式に分類される。

【解説】

1 固形分濃度による分類

(1) 湿式方式

固形分濃度を10%前後に調整した後、メタン発酵槽へ投入する。生ごみ等を対象とした場合は希釈水が必要となる場合がある。発酵槽は酸生成とメタン生成を1槽で行う場合が多いが、可溶化や酸発酵の促進のため、前段に可溶化槽を設ける例もある。

(2) 乾式方式

メタン発酵槽へ投入する物の固形分濃度が15~40%程度のものを対象としている。このため、一般的に湿式方式に比べ、水処理の規模が小さくて済む。また、湿式方式では処理しにくい剪定枝や紙ごみ類を投入することができる。

表1 湿式方式と乾式方式

	湿式方式	乾式方式
処理対象物固形物濃度	~10%	15~40%
発酵温度	中温、高温	高温
国内実績*	<ul style="list-style-type: none"> ・北空知衛生センター (北海道深川市) ・リサイクルクリーン (北海道滝川市) ・クリーンプラザくるくる (北海道砂川市) ・ジャパンリサイクル㈱ (千葉県千葉市) ・富山グリーンフードリサイクル㈱ (富山県富山市) ・日田市バイオマス資源化センター (大分県日田市) 	<ul style="list-style-type: none"> ・カンボリサイクルプラザ (京都府園部町) ・実証施設で枚ヶ所

※ 生ごみ等を処理している施設。

2 発酵温度による分類

(1) 中温発酵

35℃付近で活性するメタン生成菌により発酵を行う方法である。一般に中温発酵は、後述する高温発酵に比べ、負荷変動やアンモニア阻害に強い。しかし、その一方で有機物の分解速度が遅いので、メタン発酵槽の容量は大きくなる。

(2) 高温発酵

55℃付近で活性するメタン生成菌により発酵を行う方法である。中温発酵に比べ、有機物の分解速度が速いため、槽の容量を小さくできるが、負荷変動やアンモニア阻害に弱い。

表2 発酵温度による特徴の比較 (参考)

	中温発酵	高温発酵
発酵温度	約 35℃	約 55℃
有機物負荷	小さい	大きい
発酵期間	20~25 日程度	10~15 日程度
必要とするエネルギー	少ない	多い
アンモニア濃度の上限	~4,000ppm	~3,000ppm

3 発酵温度と有機物負荷・バイオガス量の関係例を図4示す。

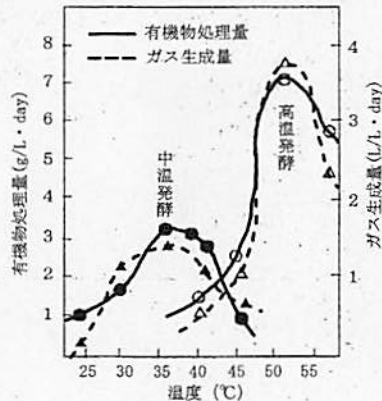


図4 発酵温度と有機物負荷・バイオガス量の関係例

出典：「バイオガス化マニュアル」(社)日本有機資源協会 (平成18年8月)

2-5 標準システムフロー

標準的なシステムフローは次のとおりである。

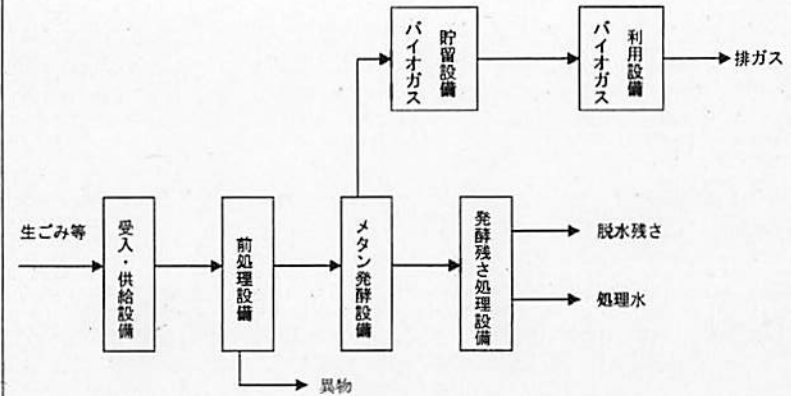


図5 標準システムフロー

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」(社)全国都市清掃会議
平成18年6月を一部改変

【解説】

1 受入・供給設備

受入設備は、計量機、プラットホーム、受入ホッパ、受入ピットにより構成される。処理対象物の投入方式によって構成が異なる。国内では、生ごみは、臭気の拡散防止の観点から、パッカー車等の収集・運搬車からホッパに直投する方式が用いられる例が多い。

2 前処理設備

前処理設備の機能は、破碎、選別、調質に大別される。

破碎、選別機能を有する装置としては、多軸式低速回転破碎機や破碎と選別を兼ね備えた回転ブレード式破碎分別機、湿式破碎分別機等があり、処理対象物によって適切に組み合わせる。

破碎、選別された処理対象物は、調整槽(可溶化槽)に移送される。調整槽は、後段のメタン発酵槽に可溶化した原料を定量的に投入すること、酸発酵を促進することなどを目的として設置される。

3 メタン発酵設備

前処理設備から供給される有機性廃棄物を、嫌気性反応により減量化するとともにバイオガスを回収することを目的とした設備である。

メタン発酵槽は、嫌気性条件を維持するため密閉槽であり、熱の放散を少なくするため断熱構造をしている。湿式方式では、嫌気性微生物と有機性廃棄物を効率よく接触させるため、及びスカムの発生や固形物の堆積を防止するため攪拌を行う。また、スカムの排出装置を備えている。乾式方式においては、基質内のガス抜きを目的として攪拌を行う。

4 バイオガス貯留設備

バイオガス貯留設備は主に、脱硫装置等のバイオガス前処理設備、ガスホルダー、余剰ガス燃焼装置から構成される。

一般にバイオガスは、数100～3,000ppmの硫化水素を含んでおり、これは、後段の装置の腐食や焼却により硫酸化物となって大気汚染の原因となるため脱硫装置により除去する必要がある。

発生したバイオガスを一時的に貯留する必要がある場合は、ガスホルダーが必要になる。種類としては、液体でガスを水封する湿式方式や、二重膜式のメンブレン方式、メンブレンを鋼板で覆った方式等がある。

余剰ガス燃焼装置は、点検時や異常時などでバイオガスを利用できないときに燃焼処理し、バイオガスを大気放出させないための装置である。

5 バイオガス利用設備

バイオガスの利用形態によって構成は異なる。国内では、発電と熱利用を組み合わせたコージェネレーションシステムが一般的である。その他、最近ではバイオガスを精製、圧縮して天然ガスに混合させた自動車の燃料化や、都市ガスへの利用、及び圧縮貯留して輸送する等の開発や実用化も見られる。

6 発酵残さ処理設備

発酵残さ処理設備は、脱水処理設備と分離水処理設備によって構成される。各設備は発酵残さの性状（含水率等）や処理後の利用処理形態により仕様や構成が異なる。

7 脱臭設備

発酵の場合、臭気の発生場所は、主に受入・供給設備や脱水設備である。国内では、微生物脱臭、水・薬液洗浄脱臭が多いが、一部には活性炭脱臭を設置している施設もある。

2-6 稼働時間

各工程の稼働時間は一般的には次のとおりである。

① 原料ごみの受入	5～6時間/日
② 原料ごみの供給	8～24時間/日
③ 発酵処理	24時間/日
④ 発酵残さの取り出し	8～24時間/日
⑤ 脱臭	24時間/日

【解説】

- 原料ごみの受入工程は収集時間や収集エリア等により受入時間が各自治体で異なるのでその状況に合わせて稼働時間を設定する必要がある。
- 原料ごみの供給、発酵残さの取り出しについては、構成機器の仕様により稼働時間が決定される。

2-7 バイオガス

バイオガスの主成分は、メタンガスと二酸化炭素であり、他に硫化水素等が微量含まれる。

組成は分解する有機物によって異なるが、概ねメタンガスの含有比率は50~75%である。

また、発生量は分解する有機物によって異なる。

バイオガスを利用する方法として、発電とその廃熱利用(コジェネレーション)、熱回収、濃縮精製による燃料化、及びガス供給がある。

【解説】

1 バイオガスの性状

食品残渣のバイオガス性状の例を表3に示す。

表3 食品残渣のバイオガス性状の例

	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
ホテル厨芥	57	43
生ごみ	56	44

バイオガスの発生量は、処理されるごみの成分組成に左右され、たんぱく質、脂質が多い場合は、メタン濃度が高くなる。

2 バイオガスの発生量

受入れる処理対象物の質によってバイオガス発生量は、大きく異なる。実際の成分分析値を用いて精度を高めると同時に、他市町村の実用施設での実績値も考慮し、発生量の推測を行うことが重要である。

有機性廃棄物1トンあたりのバイオガス発生量例を図6に、生ごみからのバイオガス発生量(参考値)を表4に示す。

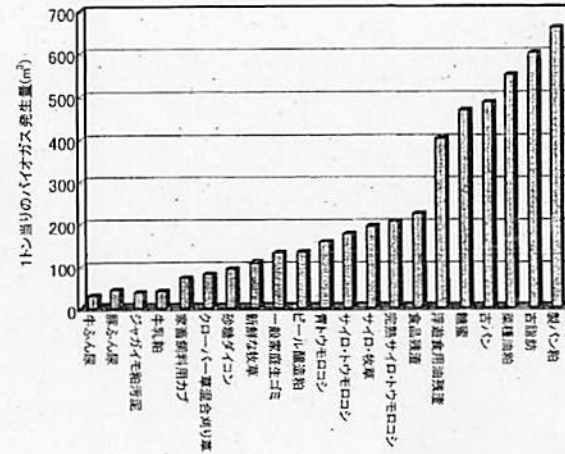


図6 有機性廃棄物1トンあたりのバイオガス発生量例

出典：「バイオガス化マニュアル」(社)日本有機資源協会(平成18年8月)

表4 生ごみからのバイオガス発生量(参考値)

項目	生ごみ
メタン発生量	0.35~0.55Nm ³ /kg-分解 VS 0.35Nm ³ /kg-分解 COD _{Cr}
有機物分解率	
VSとして	75~80%
COD _{Cr} として	70~75%
メタン濃度	50~65%

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領2006改訂版」

(社)全国都市清掃会議 (平成18年6月)

※ VS、COD_{Cr}については、「2-12-3 計画ごみ質の設定」を参照

3 バイオガスの含有成分

生成したばかりのバイオガスは硫化水素をはじめとする種々の不純物を含んでいるため、利用設備に応じて不純物を除去する必要がある。バイオガス中の制限対象物質の含有濃度例を表5に示す。利用設備ごとの制限濃度例は第3章3-4バイオガス前処理設備の表12に示す。

表5 バイオガス中の制限対象物質の含有濃度例

制限対象物質	含有濃度	備考
硫化水素	500~2,000 ppm	発酵槽内脱硫を行う場合は100~500ppm程度
アンモニア	50~200 ppm	
水分	(備考参照)	ガス温度による飽和水分
シロキサン類	20~50 ppm	下水処理場の場合
メチルメルカプタン	10~30 ppm	
ジメチルサルファイド	10 ppm以下	

出典：「バイオガス化マニュアル」(社)日本有機資源協会
(平成18年8月)を一部改変

4 バイオガスの利用方法

- (1) バイオガスの利用において、国内ではガスエンジンやマイクロガスタービンによる発電とその排熱回収によるコージェネレーションにより電力と熱を回収し、所内の電力と発酵槽等の加温のために熱を利用しているケースが多い。また、一部では余剰電力を売電しているところもある。
- (2) 先進施設では、燃料電池によるコージェネレーションが導入されている。
- (3) 小規模な施設では、ガスボイラーによる熱回収を行い、メタン発酵槽の加温に利用している。
- (4) バイオガス中のメタンを濃縮精製することにより、天然ガス自動車の燃料として利用が可能である。天然ガス自動車に充填する際、圧縮設備が必要であり、それらには高圧ガス保安法が適用される。
- (5) バイオガスを前処理後、燃料としてガス会社等に供給することも可能である。

2-8 発酵残さ(発酵液)

メタン発酵処理により発酵残さ(発酵液)が発生する。
発酵残さは脱水処理し、脱水残さは焼却処理もしくは堆肥化され、脱水ろ液は放流先の水質基準に適合した処理を行う。

【解説】

1 発酵残さ(発酵液)の発生量(参考値)

ごみ1tの処理に対し、発酵残さは湿式方式では1~2t、乾式方式では1~1.5t発生する。しかし、発酵残さの発生量は、処理対象物の性状や含水率、また処理方式により大きく異なることを留意しなければならない。

2 処理方法

通常、水処理の負荷を下げるため前処理として脱水処理が行われる。脱水ろ液の性状例を表6に示す。脱水残さは、堆肥化して農地還元するか、出来ない場合は燃やすごみとして焼却処理される。特に堆肥化する場合には、域内での需要があるか、また受入先が確保できるか確認が必要である。

脱水ろ液は分離水処理設備で処理されるが、分離水処理設備では脱水ろ液の他に受入設備の洗浄水や脱臭設備の排水等も処理の対象となることを留意しながら分離水処理設備の処理規模や処理能力の検討を行う必要がある。

放流先の水質基準値を確認するとともに、周辺環境への影響も十分検討し、場合によっては更に上乗せ基準を設ける検討も行う必要がある。

表6 メタン発酵残さの脱水ろ液の性状(実証試験による実績)

BOD(mg/L)	COD(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
1,800~4,000	900~2,000	1,700~2,500	40~70

出典：「汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領」

(社)全国都市清掃会議 平成19年3月

2-9 環境対策

施設から発生する排ガス（内燃機関における発電設備や熱供給用の熱機関を設置する場合）、悪臭、排水、振動、騒音等は、関連法規及び条例等に適合するものでなければならない。

【解説】

1 排ガス

排ガス中の窒素酸化物に関して、大気汚染防止法に定める濃度規制値以下でなければならない。

2 悪臭

施設より発生する悪臭は、敷地境界及び排出口において、悪臭防止法及び関連条例で定める規制基準値以下でなければならない。

3 排水

河川等の公共用水域へ放流する場合は水質汚濁防止法及び関連条例で定める排水基準値以下、下水道へ放流する場合は下水道法及び関連条例で定める排水基準値以下でなければならない。

4 振動、騒音

施設から発生する振動及び騒音は、敷地境界において、それぞれ振動規制法、騒音規制法及び関連条例で定める規制基準値以下でなければならない。

2-10 安全対策

メタン発酵では可燃性のバイオガスが発生し、またその中には硫化水素等も含まれていることからバイオガスの取り扱いには十分注意する必要がある。

【解説】

1 爆発・火災事故と酸欠事故の発生防止対策

最も留意すべき安全対策として、爆発・火災事故と酸欠事故の発生防止対策が挙げられる。

(1) 爆発火災防止対策として、漏洩ガスの検知器の設置、および貯留施設、燃焼施設に逆火防止装置および圧力調整装置の設置を検討する必要がある。

(2) 酸欠防止対策としては、ガスの滞留を避けるとともに定期的にガス濃度測定を行うことが重要である。

※ バイオガスの主成分であるメタンガスは、二酸化炭素以上に温暖化に影響を与える気体である。余剰なバイオガスは大気放散させずに余剰ガス燃焼装置等で燃焼させて適切に処理する必要がある。

2 硫化水素対策

硫化水素は人体への影響が大きいことから、バイオガスの漏洩や脱硫装置の管理に注意が必要である。

また、施設の運転・点検等においても十分な注意が必要である。

表7 硫化水素の人体への影響

H ₂ S (ppm)	人体作用
> 700	数分の暴露で失神、けいれん、呼吸停止、致死
400~700	30分程度の暴露で生命の危険
170~300	1時間程度が耐えられる限界
70~150	長時間暴露で目、鼻、のどに灼熱感、疼痛が認められる。
20~30	臭気は強いが耐えられる。臭気に対する慣れの現象がある。
20	長時間の労働に耐える。
10	許容濃度
3~5	臭気強く、不快感
0.3	すべての人が臭気を感知できる。
0.0005~	敏感な人が臭気を感知できる。
0.025	

出典：「廃棄物処理施設技術管理者講習 基礎・管理課程[有機性廃棄物資源化施設]」

(財)日本環境衛生センター 平成17年9月より一部改変

2-11 関連法規

国内において、メタンガス化施設を導入するにあたり、設備の構成、容量、用途等によって各種の法的規制が適用される。

【解説】

- 主な関連法規は、以下のとおりである。

	法律名	特記事項等
環境面	廃棄物処理法	一定規模以上の処理施設の設置に許可が必要。
	大気汚染防止法	ガスエンジンにて燃料を35L/h(重油換算)以上利用する場合、またはボイラーで伝熱面積が10m ² 以上の場合、ばい煙排出基準の遵守が必要となる。
	水質汚濁防止法	自治体によっては上乘せ基準が設定されている。
	騒音規制法	空気圧縮機及び送風機(原動機の定格出力が7.5kW以上のものに限る)は、本法の特定施設に該当し、知事が指定する地域では規制の対象となる。
	振動規制法	圧縮機(原動機の定格出力が7.5kW以上のものに限る)は、本法の特定施設に該当し、知事が指定する地域では規制の対象となる。
	悪臭防止法	本法においては、特定施設制度をとっていないが、知事が指定する地域では規制を受ける。
	下水道法	処理水を公共下水道へ排出する場合に適用する。
安全面	消防法	重油タンク等は危険物貯蔵所として本法により規制される。
	労働安全衛生法	ボイラー利用設備に対し、ボイラー技師が必要となるが、伝熱面積が6m ² (蒸気ボイラー)、28m ² (温水ボイラー)未満の場合は不要となる。
	肥料取締法	堆肥について届出や品質表示が必要となる。
	建築基準法	建築物を建築しようとする場合、建築主事の確認が必要である。

	法律名	特記事項
事業面	電気事業法	特別高圧(7,000V以上)で受電する場合。 高圧受電で受電電力の容量が50kW以上の場合。 自家発電設備を設置する場合及び非常用予備発電装置を設置する場合。
	ガス事業法	ガスの製造能力又は供給能力のいずれか大きいものが300m ³ /日以上である場合、メンブレンガスホルダーはガス事業法技術基準への適合・維持義務が課せられる。
	高圧ガス保安法	高圧ガスの製造、貯蔵等を行う場合。
	熱供給事業法	複数の建物(自家消費は除く)へ熱を供給し、加熱能力の合計が21GJ/h以上の熱供給者が対象。

※ その他、条例アセスや都市計画法や環境アセスメント条例が適用される場合があるので留意する。また、関連する法律として、食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)がある。

2-12 施設導入の検討に関する留意事項

2-12-1 現状把握調査

基本事項の確認・検討項目は次のとおりである。

- 1 市町村の現状・特性
- 2 他市町村の生ごみ等に関する取り組み状況の確認
- 3 既存メタンガス化施設の情報収集

【解説】

1 メタンガス化施設導入検討に当たっては、市町村の現状・特性を把握するため、次のことを確認、把握する。

- ① 現人口数、および将来の増減予想
- ② 資源化物の利用状況
- ③ 関連施設（下水処理場、焼却施設等）の規模や場所

2 他市町村の生ごみ等に関する取り組み状況の例として、

- ① 生ごみ等の分別収集
- ② 生ごみ処理機の導入
- ③ 生ごみ等の堆肥化

等が挙げられる。

また、現在広域処理している場合は、メタンガス化施設導入に関し市町村間の意見交換等により考え方を整理しておくことも必要である。

3 既存メタンガス化施設の情報収集について

(1) 確認事項例

- ① 生ごみ等の分別収集実施の有無、実施後の状況
- ② 処理対象物の量・質、種類（生ごみ・紙類、剪定枝）、異物混入の割合
- ③ バイオガスの利用方法
- ④ 関連施設（下水処理場、焼却施設、し尿処理施設等）との関わり
- ⑤ 計画段階との差異による課題事項とその原因と対策

(2) 国内外の施設の状況については参考資料1、2を参照のこと。

(3) 課題と対策については第4章参照のこと。

2-12-2 処理対象物（生ごみ等）の種類、発生量の把握

対象となりうる廃棄物の種類、発生量等を調査し、システム検討に必要なデータを把握する。

【解説】

- メタン発酵施設に投入できる対象物として、生ごみの他に家畜排泄物、有機性汚泥等があり、条件によっては、紙類、剪定枝も処理可能である。これらは地域によって現在の処理状況、発生量も様々であるとともに将来の地域産業や人口の増減の変化によっても変動する。将来の見通しを十分検討しながら、処理規模を設定する必要がある。
- 生ごみ等の性状や発生量は季節変動や社会経済等により変動が予想されるが、長い期間を見れば、ある程度の数値を把握することが出来る。
- 地域特産物のある地域は、その収穫時期に生ごみ等の量、質ともに変動しやすいので留意しておく必要がある。
- 事業系一般廃棄物を取扱う場合、ごみの性状は安定的なことが多いが、継続的な搬入が可能か、時期による処理量の変動はどの程度かについても確認しておく必要がある。

2-12-3 計画ごみ質の設定

施設設計の基礎となる計画ごみ質は、次に示す項目について設定することが望ましい。

- ① TS (全蒸発残渣)：液体を蒸発乾固した時に残留する固形物のこと。
- ② VS (強熱減量)：蒸発残留物を 600 度で強熱したときに揮散する物質量を指し、有機物質含有量の指標になる。
- ③ T-N (全窒素)：窒素化合物の窒素の総量をいう。
- ④ BOD (生物化学的酸素要求量)：微生物が水中の有機物を分解するのに消費する酸素要求量のこと。COD とともに排水中の有機物含有量の指標の 1 つとして用いられる。
- ⑤ COD_{Cr} (ニクロム酸カリウムによる化学的酸素要求量)：還元性有機物を分解するのに必要な酸化剤 (ニクロム酸カリウム) の量を当量酸素量で表したものの。
- ⑥ 含水率：処理対象物中の水分含有率。
- ⑦ 異物混入率：メタン発酵に適さない物質の混入率。

【解説】

1 指標の意義

- (1) 有機物濃度
VS や COD_{Cr} といった有機物濃度は、バイオガスの予測量を算出するために必要である。
- (2) 窒素濃度
たんぱく質に含まれる窒素は、アミノ酸の分解に伴い、アンモニアを生成する。アンモニアはメタン発酵において不可欠な成分であるが、濃度が許容値を超えるとメタン発酵の阻害を起こす。
また、BOD、COD とともに排水基準にもなっていることから分離水処理設備の設計においても必要となる
- (3) 含水率
生ごみ等を処理対象物とする場合は、希釈水が必要となる場合もあることから、季節による変動等について把握していることが望ましい。
- (4) 混入異物の把握
異物の混入は、機器の故障や発酵阻害につながり、安定稼働に大きな支障をきたす場合がある。

2 発酵に適するもの

メタン発酵するものは、炭水化物、たんぱく質、脂質の易分解性有機物であり、難分解性有機物 (リグニン等) は発酵に長時間を要する。

3 発酵不適物：発酵に適さないもの

- 例) プラスチック、皮革、石・陶磁器、ゴム、ガラス、金属、甲羅、卵の殻、貝殻等
※ 大きな石や金属類は、前処理設備を故障させる恐れがあるため、生ごみ等との混入は避ける必要がある。
※ 発酵不適物は、その形状や大きさ、混入率等によって精度は異なるが、機械による選別除去が可能である。選定する設備の特徴を踏まえ、排出元での分別や機械選別等について十分に検討することが必要である。

4 発酵阻害物質：メタン菌の活性を弱める、もしくは死滅させるもの

例) 薬品、溶剤等

5 生ごみの性状例を表 8 に示す。

表 8 生ごみの性状例

項目	区分	調査事例 1			調査事例 2 (n=5)		
		ごみの種類：事業系			ごみの種類：事業系		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
含水率 (%)	(%)	78.7	67.4	86.3	77	68	85
pH		4.6	3.8	5.3	—	—	—
BOD	(mg/kg)	83,000	43,000	150,000	34,000	24,000	49,000
COD _{Cr}	(mg/kg)	147,000	39,000	300,000	210,000	130,000	250,000
蒸発残留物	(mg/kg)	—	—	—	230,000	150,000	320,000
強熱減量	(mg/kg)	—	—	—	210,000	130,000	280,000
全窒素	(mg/kg)	4,900	2,000	8,500	5,800	3,000	9,700
全リン	(mg/kg)	500	210	1,000	1,900	900	2,900
n-ヘキサン抽出物質	(mg/kg)	—	—	—	—	—	—
VS/TS	(%)	82.4	43	97	88	86	91

項目	区分	調査事例3 (n=37) ごみの種類: 事業系 測定: 05年4月~06年3月			調査事例4 (n=8) ごみの種類: 混合系 測定: 03年5月~12月		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
		含水率(%)	(%)	75.9	64.5	81.2	77.7
pH		—	—	—	4.7	4.5	4.9
BOD	(mg/kg)	—	—	—	203,000	180,000	230,000
COD _{Cr}	(mg/kg)	249,000	165,000	369,000	270,000	190,000	410,000
蒸発残留物	(mg/kg)	241,000	188,000	355,000	223,000	190,000	226,000
強熱減量	(mg/kg)	218,000	164,000	329,000	192,000	159,000	228,000
全窒素	(mg/kg)	6,660	4,460	10,300	8,000	6,220	10,600
全リン	(mg/kg)	743	450	1,480	1,170	1,040	1,380
n-ヘキサン抽出物質	(mg/kg)	—	—	—	—	—	—
VS/TS	(%)	87.6	84.8	90.5	83.3	81.6	85.9

項目	区分	調査事例5 (n=8) ごみの種類: 家庭系 測定: 01年7月~03年1月			調査事例6 (n=9) ごみの種類: 家庭系 測定: 01年12月		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
		含水率(%)	(%)	80.0	74.8	87.1	77.1
pH		—	—	—	4.4	3.6	5.0
BOD	(mg/kg)	—	—	—	96,000	62,000	134,000
COD _{Cr}	(mg/kg)	183,000	120,000	281,000	269,000	168,000	433,000
蒸発残留物	(mg/kg)	200,000	129,000	252,000	229,000	167,000	283,000
強熱減量	(mg/kg)	164,000	114,000	232,000	189,000	134,000	272,000
全窒素	(mg/kg)	6,180	4,160	10,200	7,300	2,800	20,000
全リン	(mg/kg)	1,260	460	2,800	830	3,700	1,900
n-ヘキサン抽出物質	(mg/kg)	—	—	—	15,300	4,700	33,000
VS/TS	(%)	82.9	66.5	94.1	—	—	—

項目	区分	調査事例7 (n=5) ごみの種類: 事業系 測定: 99年7月~00年6月			調査事例8 (n=6) ごみの種類: 家庭系 測定: 03年9月~10月		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
		含水率(%)	(%)	72.3	61.7	77.0	81.9
pH		5.0	4.3	5.4	4.3	4.2	4.5
BOD	(mg/kg)	—	—	—	—	—	—
COD _{Cr}	(mg/kg)	310,000	225,000	381,000	179,000	174,000	184,800
蒸発残留物	(mg/kg)	277,000	230,000	383,000	182,000	168,000	200,000
強熱減量	(mg/kg)	—	—	—	—	—	—
全窒素	(mg/kg)	9,022	5,230	13,400	—	—	—
全リン	(mg/kg)	—	—	—	—	—	—
n-ヘキサン抽出物質	(mg/kg)	—	—	—	—	—	—
VS/TS	(%)	93.1	92.1	93.7	—	—	—

項目	区分	調査事例9 (n=4) ごみの種類: 事業系 測定: 04年1月~7月			調査事例10※
		平均	最小	最大	
		含水率(%)	(%)	81.1	
pH		—	—	—	—
BOD	(mg/kg)	—	—	—	—
COD _{Cr}	(mg/kg)	311,030	311,500	583,637	504,000
蒸発残留物	(mg/kg)	117,800	160,400	190,800	407,000
強熱減量	(mg/kg)	169,730	151,600	183,000	327,000
全窒素	(mg/kg)	19,000	5,600	37,400	5,200
全リン	(mg/kg)	1,469	89	2,850	—
n-ヘキサン抽出物質	(mg/kg)	—	—	—	—
VS/TS	(%)	95.4	94.5	95.9	—

※ 燃やすごみの機械選別後の性状: 生ごみ (60.4%)、紙類 (24.4%)、その他異物 (15.2%)

出典: 「汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領 2006改訂版」

(社)全国都市清掃会議 平成19年3月等からの取り纏め

2-12-4 処理対象物の回収体制

1 分別収集と機械選別

異物混入防止のため処理対象物を分別収集することが望ましいが、燃やすごみから処理対象物を機械選別する方法も最近報告されている。

2 施設導入に伴う分別収集体制の影響

施設導入により収集形態を見直す必要のある市町村では、施設設置場所の立地条件、経済性を考慮し、適切な収集運搬方法を検討する必要がある。

分別収集では燃やすごみ量が減る一方で収集運搬コストの増加が考えられる。地域特性を踏まえて分別方法を十分に検討し住民理解と協力の向上を図る必要がある。

【解説】

1 分別収集と機械選別

- (1) 前処理設備等施設規模を適正かつ最小化するためには、生ごみに含まれる発酵不適物（骨、貝殻、卵の殻類は生ごみと一緒にしている場合が多い）を減少させることが効果的である。
- (2) 最近、燃やすごみを機械により選別しバイオガス化処理する実証実験の報告もされている。燃やすごみの機械選別の場合は、既存の分別収集で対応できる可能性がある一方で、生ごみ以外も程度混入することが想定される。
- (3) 最近、紙ごみを処理することによりバイオガス量が増加することが報告されているが、処理システムによって紙ごみ類受入の可否および受入可能量の限度があることに留意する。
- (4) 生ごみ等の分別収集方式と燃やすごみの機械選別方式については、収集体制の現状や経済性等を踏まえ、採用する処理方式と併せて十分に検討する必要がある。

2 施設設置に伴う分別収集体制の影響

- (1) 分別収集を新たに行う場合、運搬費の増加（収集の回数増加に伴う人件費等）が考えられる。経済性の検討時にその影響を考慮しておく必要がある。
- (2) 搬入車両（パッカー車、バキューム車、トラック）を確認し、受入ピット等の大きさ・形状を検討しておく必要がある。
- (3) 広域処理している場合は、関連市町村との調整が必要であり、受入量がなるべく平均化するよう、市町村毎に生ごみ等の収集日をずらす等の工夫が必要である。

3 分別収集導入後の効果と課題

生ごみ分別収集を実施している自治体では次のような状況である。（参考資料3の抜粋）

(1) 効果

- ① 住民の分別意識の向上
- ② ごみ排出量の減少（燃やすごみ、生ごみともに）
- ③ 焼却施設、破砕施設等の中間処理施設への負荷が減少
- ④ リサイクル率の向上
- ⑤ 最終処分量の減少

(2) 課題

- ① 収集運搬費の増加
- ② ごみステーション等の排出場所保全（臭気等）
- ③ 分別生ごみの精度が低い（異物の混入が多い）
- ④ 計画処理量相当の生ごみを確保できない

4 メタンガス化施設設置自治体の分別収集体制（参考資料3の抜粋）

メタンガス化施設を設置している自治体（アンケート回答のあった11自治体）における状況は、次のとおりである。

(1) 生ごみの収集回数

2回/週が最も多く、その他としては4回/月、1回/週である。

(2) ごみ排出量の変化

ほとんどの自治体で減少しているが、減少率は10～50%とばらつきがある。

(3) 生ごみ排出量の変化

ほとんどの自治体で減少している。

(4) 収集運搬経費の変化

生ごみの分別収集実施による収集運搬経費の変化について、10%未満の増加（4自治体）、10～20%程度の減少（3自治体）、増減はない（2自治体）といった状況である。

(5) ごみ有料化

ほとんどの自治体でごみ有料化を実施している。ある自治体ではごみ有料化を実施しているが、生ごみ分については無料としているところもある。

2-12-5 メタンガス化施設設置に伴う中間処理システム及び一般廃棄物処理に与える影響事項

メタンガス化施設を設置することで中間処理システム及び一般廃棄物処理において次のような事項について影響がある。各市町村の地域性によりその影響度合いは異なるが、これらを踏まえ、施設設置を判断する必要がある。

- ・焼却処理の負荷
- ・ごみの総排出量
- ・最終処分量
- ・熱回収量
- ・収集コスト、施設建設コスト
- ・敷地面積

【解説】

- 現状では生ごみは可燃物として焼却処理されている場合が多いため、ごみ量減少に伴う焼却処理量の低減および発熱量の増加による熱回収率の向上が考えられる。また、メタンガス化施設設置に伴い、生ごみの分別収集やごみ有料化を実施している自治体ではごみの総排出量が減少したところが多い。
- 一般廃棄物処理全体を踏まえると、メタン発酵残さの堆肥化等による資源回収率の向上や最終処分量の低減が見込まれる。
- メタンガス化施設導入に伴い分別収集する場合、分別作業や収集の細分化により収集コストが増加する場合がある。
- 施設建設費については、一般廃棄物に係るメタンガス化施設の建設実績が少ないこと及び施設整備の内容が異なることから、現時点では平均的な費用を例示することは困難である。
しかし、参考資料1の事例では、9億3千万円(16t/日)、17億2千万円(55t/日)、9億6千万円(22t/日)となっており、1トン当たりの建設費は、3,000万円～6,000万円となっている。
なお、焼却施設のみ建設する場合と焼却施設とメタンガス化施設を組み合わせる場合の建設費の比較については、実際に検討を行った市町村の調査報告においても、いずれが安価となるかは一致していない。これは、建設に係る諸条件の違いによるものと考えられる。
また、焼却処理との組み合わせ処理の検討については、参考資料5の「メタン発酵処理に関する経済性の検討例」も参考のこと。
- 敷地面積については、隣接する施設や安全性を考慮し、各設備や構内道路の配置を検討する必要がある。参考資料1の事例では、1トン当たりの建築面積(管理棟、バイオガス貯留設備は含まず)は、50～120㎡となっている。

2-12-6 交付金の交付対象となる高効率原燃料回収施設について

循環型社会形成推進交付金取扱要領において以下のとおりとされている。

エネルギー回収推進施設において、高効率原燃料回収施設を整備する場合は、メタン回収ガス発生率が150Nm³/ごみトン以上であり、かつ、メタン回収ガス発生量が3,000Nm³/日以上、メタンガス化施設に限り、メタン発酵残さとその他のごみの焼却を行う施設(発電効率又は熱回収率は10%以上のものに限る。)と組み合わせた方式(メタンガス化施設の発電効率又は熱回収率が10%以上のものに限る。)を含む。

【解説】

1 高効率原燃料回収施設

高効率原燃料回収施設に該当する場合は交付金交付率が1/2となっている。交付率1/2の取扱い、平成19年度の循環型社会形成推進交付金取扱要領附則では、平成23年度までとされている。

なお、高効率原燃料回収施設に該当しないメタンガス化施設の交付率は1/3である。

(1) メタンガス化施設単独の場合

メタン回収ガス発生率	150 Nm ³ /ごみトン以上
メタン回収ガス発生量	3,000Nm ³ /日以上

(2) メタンガス化施設及びメタン発酵残さとその他のごみの焼却を行う施設とを組み合わせた場合

ア メタンガス化施設

メタン回収ガス発生率	150 Nm ³ /ごみトン以上
メタン回収ガス発生量	3,000Nm ³ /日以上
発電効率又は熱回収率	10%以上

イ メタン発酵残さとその他のごみの焼却を行う施設

発電効率又は熱回収率	10%以上
------------	-------

2 メタン回収ガス発生率等

(1) メタン回収ガス発生率

分母である投入ごみ量(ごみトン)及び分子であるメタン回収ガス発生量については以下のように設定するものとする。

ア 投入ごみ量(ごみトン)は、メタン発酵槽に新たに投入する、処理対象ごみの重量とし、循環水および希釈水は含まないものとする。

イ メタン回収ガス発生量は、メタン回収ガス中のメタン濃度を50%に換算したメタン回収ガス発生量とする。

(2) メタン回収ガス発生量の算出方法の例

$$\begin{aligned} & \text{メタン回収ガス発生量 (Nm}^3\text{/日)} \\ & = \text{メタン回収ガス発生量 (Nm}^3\text{/日)} \times \text{メタン濃度 (\%)} \div 50 (\%) \end{aligned}$$

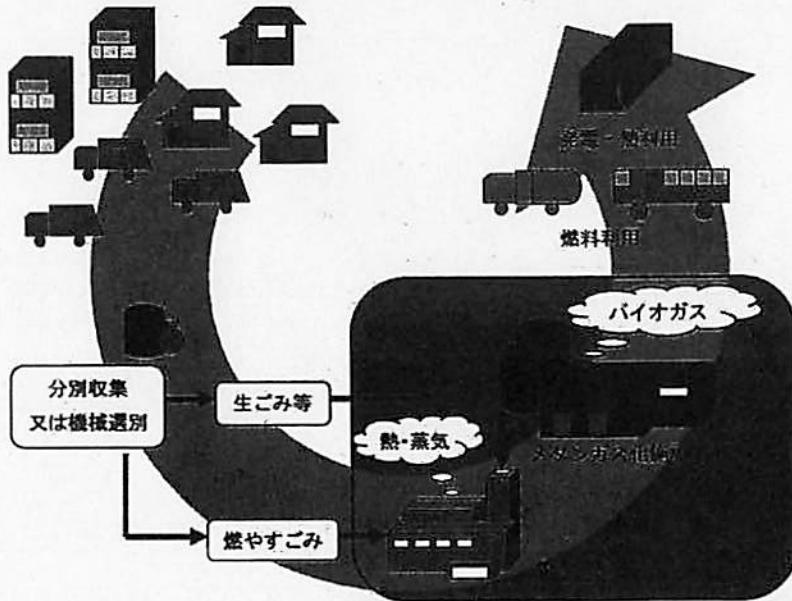
(3) 発電効率の算出方法の例

$$\begin{aligned} & \text{発電効率 (\%)} \\ & = \text{発電量 (kWh/日)} \div (\text{処理対象物の湿基準低位発熱量 (kJ/kg)} \times \text{処理量 (t/日)} \times 1,000 \text{ (kg/t)} \div 3,600 \text{ (kJ/kWh)}) \times 100 (\%) \end{aligned}$$

(4) 熱回収率の算出方法の例

$$\begin{aligned} & \text{熱回収率 (\%)} \\ & = \text{回収熱量 (kJ/日)} \div (\text{処理対象物の湿基準低位発熱量 (kJ/kg)} \times \text{処理量 (t/日)} \times 1,000 \text{ (kg/t)}) \times 100 (\%) \end{aligned}$$

※ 処理対象物である厨芥類の湿基準低位発熱量は、概ね 2,000~7,000kJ/kg であるが、紙類を入れると発熱量はこれより高くなる。また、排出、収集方法によって生ごみ等の発熱量は変動することに留意する必要がある。



高効率原燃料回収施設に該当する場合は交付率1/2

3 交付対象事業

エネルギー回収推進施設（高効率原燃料回収施設を含む。）の新設及び増設に係る事業において交付の対象となる事業の範囲は次のとおりである。

(1) 直接必要な設備の範囲

- ① 受入・供給設備（搬入・退出路を除く。）
- ② 前処理設備
- ③ 固化燃料設備・メタン等発酵設備・その他ごみの燃料化に必要な設備
- ④ 燃焼設備・乾燥設備・焼却残さ熔融設備・その他ごみの焼却に必要な設備
- ⑤ 燃焼ガス冷却設備
- ⑥ 排ガス処理設備
- ⑦ 余熱利用設備・エネルギー回収設備（発生ガス等の利用設備を含む。）
- ⑧ 通風設備
- ⑨ 灰出し設備（灰固化設備を含む。）
- ⑩ 残さ物等処理設備（資源化設備を含む。）
- ⑪ 搬出設備
- ⑫ 排水処理設備
- ⑬ 換気、除じん、脱臭等に必要な設備
- ⑭ 冷却、加温、洗浄、放流等に必要な設備
- ⑮ 前各号の設備の設置に必要な電気、ガス、水道等の設備
- ⑯ 前各号の設備の設置に必要な建築物

(2) 1の設備を補完する設備の範囲は、次に掲げるものであること。

- ① 搬入車両に係る洗車設備
- ② 電気、ガス、水道等の引込みに必要な設備
- ③ 1の設備および前各号の設備の設置に必要な擁壁、護岸、防潮壁等

(3) エネルギー回収推進施設に係る交付対象とならない建築物等の設備は1⑯の建築物のうち、⑪、⑫、⑭及び⑮の設備に係るもの（これらの設備のための基礎及び杭の工事に係る部分を除く。）

2-12-7 施設整備モデル計画例（参考）

計画人口 30万人、10万人、5万人の規模の市町村に対し、高効率原燃料回収施設の概念的設計を行ったものを以下に示す。

【解説】

○ 「一般廃棄物に係る新基準策定調査報告書」（社）全国都市清掃会議 平成 17 年 3 月より抜粋および一部追記したものである。

1 本モデル設計における生ごみ排出量、及びごみ質を表 9 に示す。

表 9 本モデル設計における生ごみ排出量、およびごみ質

項目	計画値
生ごみ排出量	260g/人・日
含水率	80%
COD _{cr}	270,000mg/kg

2 計画人口ごとの施設規模は、表 10 のとおりとする。

表 10 施設規模の設定

都市規模	平均処理量 (t/日)	計画 月変動係数	施設規模 (t/日)	設定施設規模 (t/日)
30万人規模	78	1.15	89.7	90
10万人規模	26	1.15	29.9	30
5万人規模	13	1.15	14.95	15

※ 計画月変動係数は、隣接する関連施設の規模の設定や各地域の処理対象物の排出量の実績等を十分に考慮すること。

3 本モデル設計における処理フローを図 7、また物質収支を表 11 に示す。実際の処理フローおよび物質収支は、ごみの性状や処理方式によって大きく異なることを留意すること。

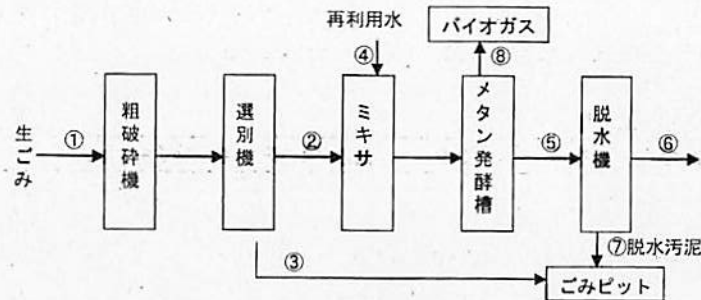


図 7 処理フロー

表 11 モデル計画における物質収支

計画人口		30万人	10万人	5万人
施設規模	t/日	90	30	15
① ^{※1} (投入生ごみ)	t/日 (含水率)	90 (80%)	30 (80%)	15 (80%)
② (選別生ごみ)	t/日 (含水率)	90 (80%)	30 (80%)	15 (80%)
③ ^{※4} (異物)	t/日 (含水率)	0	0	0
④ (希釈水)	t/日 (含水率)	90 (100%)	30 (100%)	15 (100%)
⑤ (発酵残さ)	t/日 (含水率)	166.3 (97.4%)	55.4 (97.4%)	27.7 (97.4%)
⑥ (脱水ろ液)	t/日 (含水率)	151.9 (99.9%)	50.6 (99.9%)	25.3 (99.9%)
⑦ (脱水汚泥)	t/日 (含水率)	14.4 (71%)	4.8 (71%)	2.4 (71%)
⑧ (バイオガス)	Nm ³ /日	11,300	3,770	1,880
補正後メタン 回収ガス発生量 ^{※2}	Nm ³ /日	13,560	4,524	2,256
メタン回収ガス 発生率	Nm ³ /ごみ t	125.5	125.5	125.5
補正後メタン 回収ガス発生率 ^{※2}	Nm ³ /ごみ t	150.6	150.6	150.6
発電量 ^{※3}	kWh/日	16,856	5,624	2,804

※1 ①～⑧は図 7 中のことを指す。

※2 メタン濃度を 50% に換算した場合の数値 (補正前はメタン濃度 60% で設定している)。

※3 メタンの熱量: 35,800kJ/Nm³ にて設定。

※4 分別収集により異物の混入がない場合。

第3章 メタンガス化施設の構成設備の仕様決定

各設備の特徴を把握するとともに、処理対象物の特性を踏まえ、最適な設備構成にしなければならぬ。

ここでは、受入供給設備、前処理設備、メタン発酵設備、バイオガス前処理設備、バイオガス貯留設備、バイオガス利用設備、発酵残さ処理設備、脱臭設備について概説する。

3-1 受入供給設備

受入供給設備は、計量機、プラットホーム、受入ホッパ等により構成される。

【解説】

- 生ごみは可燃ごみに比べ、水分が多く有機性であることから、腐敗が早く悪臭も強い。そのため、受入部分は密閉構造・負圧構造にして悪臭成分を拡散しない等、対策を十分に講じる必要がある。
- 運搬車両の収集物排出部分は、運搬中などに生ごみからしみ出た水分が溜まっていることが多いので、生ごみ排出後は、水洗浄等が必要である。そのため、プラットホームの水はけ等を考慮する必要がある。
- 受入量が多くなるとそれに伴い、収集運搬車の台数が多くなるため搬入車両を同時に複数受入れられるよう、プラットホームのスペース等を考慮する必要がある。
- 受入ビット、ホッパ等は、腐食も考慮し、十分な耐用年数が得られる材質を選定する必要がある。

3-2 前処理設備

機能としては、破砕、選別、調質に大別される。機器としては、システムにより異なるが、主に破砕機、破砕分別機、調整槽（可溶化槽）で構成される。

【解説】

1 破砕、選別

破砕はシステムにより異なるが、①ごみ袋から生ごみ等を取り出す（破袋機能）、②移送を容易にする、③微生物の分解速度を上げることを目的に行われる。

搬入される生ごみ中に発酵不適物等の異物の混入が多いと、破砕機に多大な設備投資が必要になるとともに、故障の回数、交換部品の交換回数が増える可能性が高い。このため破砕機は耐久性に優れた構造及び材質であることが必要であるとともに、収集方式や処理方式に適合した形式・規模の破砕機を選定することが重要である。

選別は、発酵不適物等の異物の除去を目的として行われる。

破砕、選別ともにその設備能力を高めるほど、整備コストと消費エネルギーは増大するので受入れる生ごみの性状と各機器の実績等を考慮し、最適な機器選定を行う必要がある。

2 調質

調質は、破砕、選別によって異物が除去された粉碎生ごみの均質化とメタン発酵に適した水分や温度への調整、さらに場合によっては酸発酵させることを目的としている。また、メタン発酵槽に定量投入するための調整機能も含んでいる。

調整槽内部は酸性状態になることもあることから、材質は耐腐食性を有する必要がある。また、調整機能の観点から容量においても十分検討しておく必要がある。

3 構成機器

代表的な機器を図8～15にあげる。（出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」(社)全国都市清掃会議（平成18年6月）等）

(1) 高速回転破砕機

衝撃、せん断作用によって生ごみを破砕するもので、破袋や異物の多い生ごみの破砕に用いられる。

(2) 多軸式低速回転破砕機

せん断作用により破砕するもので、噛み込みが発生した場合でも自動的に停止し、正転、逆転を繰り返して、破砕を継続することができるものが多い。

(3) 回転式選別機

通称トロンメルと呼ばれ、円筒スクリーンの回転力によりほぐし効果を与えながら選別する。スクリーンの大きさは排出部側になるほど大きくなっており、粒径の大きさによって選別される。

(4) 回転ブレード式破碎選別機

回転ブレードとスクリーンにより構成され、破碎刃とブレードの回転力により微粉砕される。ビニール等の軽量物は風力により選別される。

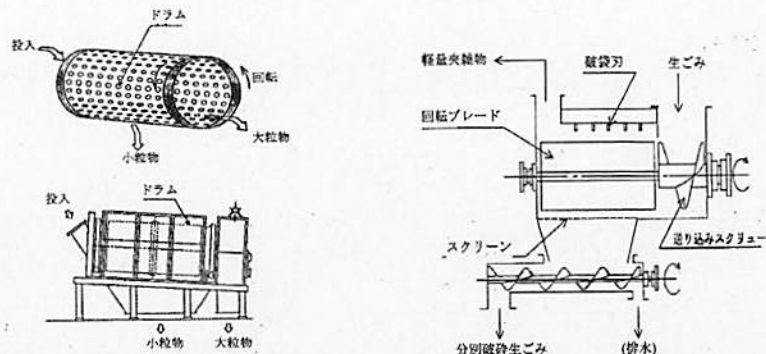


図8 回転式選別機

図9 回転ブレード式破碎選別機

(5) 選択破碎選別機

円筒スクリーンと掻板が速度を異なって回転し、そのせん断と圧縮によって破碎選別される。ビニール等のせん断を受けにくいものはそのまま出口より排出される。

(6) 圧縮選別機

高圧(約 20MPa)で処理対象物を圧縮し、ペースト状にして排出する。ビニール等のペースト化されないものは異物として分離される。

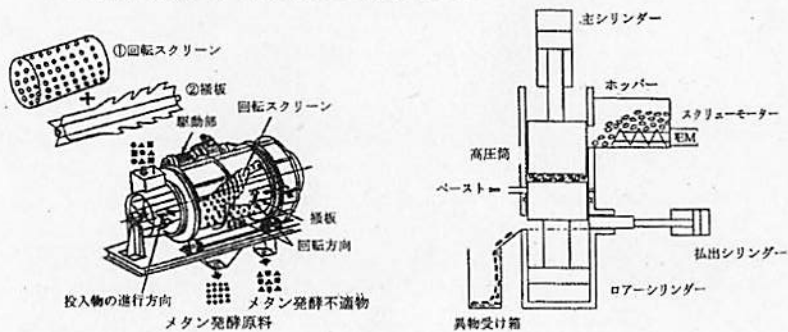


図10 選択破碎選別機

図11 圧縮選別機

(7) 湿式粉碎選別機

通称パルパーと呼ばれ、水を加えて高速攪拌し、有機性廃棄物を粉碎、スラリー化させることで選別する。

(8) 湿式混合調質機

水を加えて混合攪拌するとともに加温し、可溶化を促進させるものである。選別装置で除去されずに混入した異物は槽底のナイフゲート弁を用いて外部に取り出される。

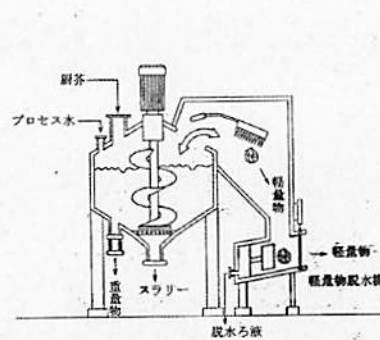


図12 湿式粉碎選別機

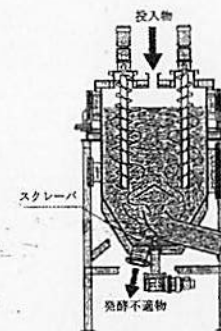


図13 湿式混合調質機

(9) 定量切り出し混合機

固形状原料を連続投入するために設置され、中間貯槽とミキサーにより構成される。中間貯槽は移動床を有し、ミキサーへの定量切り出しを行う。原料はミキサー内でリボンスクローにより混合、均質化され、排出される。

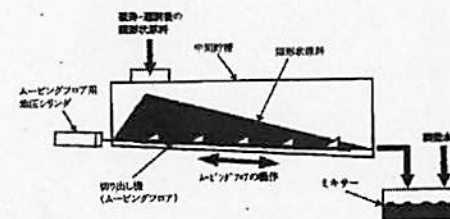


図14 定量切り出し混合機

(10) ハンマーブレード式破碎選別機

破碎選別機の主要部はハンマーブレード、スクリーンによって構成され、投入されたごみは回転するハンマーブレードにより破碎され、スクリーン径以下のものが選別ごみとして回収される。スクリーン径以上のもの、比重の軽いプラスチックや紙の一部は、選別残さとして除去される。ハンマーブレードは固定刃ではなく、スイングハンマー方式であるため、強固で破碎が困難なものに対し回避でき、異物に強い構造である。

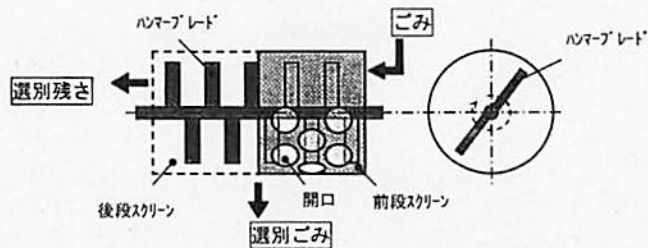


図15 ハンマーブレード式破碎選別機

3-3 メタン発酵設備

メタン発酵設備は、有機物からバイオガスを安全かつ効率よく回収することを目的とした設備である。構造は、鉄筋コンクリートまたは鋼板製の気密構造である。メタン発酵槽は、発酵温度、槽内構造、攪拌方法等において様々な選択肢があることから、運転の安定性、経済性、信頼性等を考慮し、処理対象物に適した方式を選定する必要がある。

【解説】

○ 構造例を図16～23に示す。(出典:「ごみ処理施設整備の計画・設計要領2006改訂(社)全国都市清掃会議(平成18年6月)等)

1 構造例1

投入有機物はセンターチューブから主発酵部を通り、ミキシングシャフトを通過後槽外へ排出される。攪拌はバイオガスを用いて内部液を流下して行う無動力攪拌方式である。

2 構造例2

投入有機物は、プレチャンバー部で効果的な反応を行うとともに不溶物を沈殿除去させる機能を持つ。攪拌はガス攪拌やポンプ攪拌を必要に応じて行う。

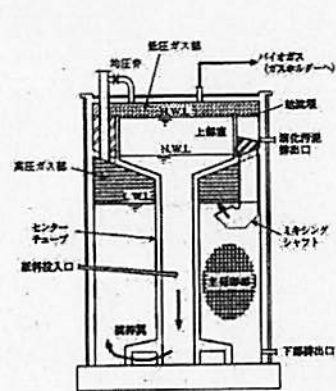


図16 構造例1

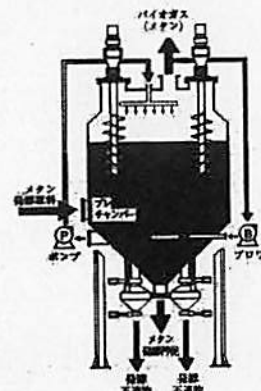


図17 構造例2

3 構造例3

内部は複数の多孔板で仕切られており、攪拌は混合ポンプの押し出しによる上向流と多孔板による乱流によって行っている。

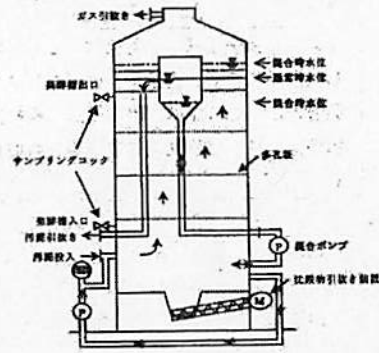


図18 構造例3

4 構造例4

バイオガスをドラフトチューブに吹込むことによるガス攪拌方式である。必要に応じてポンプ攪拌も行い効果を高めることができる。

5 構造例5

発酵槽と膜分離槽の2槽で構成している。この2槽間で汚泥が循環しており、分離膜によって透過液を引抜くことで汚泥を濃縮することができる。

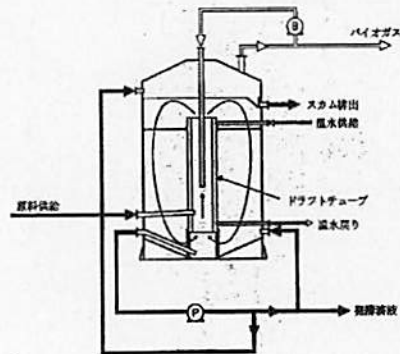


図19 構造例4

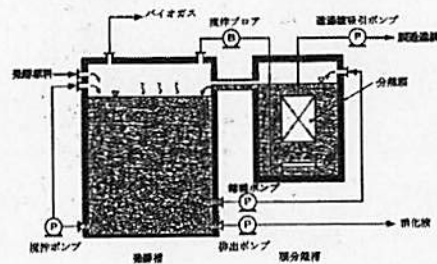


図20 構造例5

6 構造例6

固定床式メタン発酵の構造で、担体に微生物を固定して処理を行う。循環ポンプで槽内の液を循環し、担体には径の大きな筒状担体などが用いられる。

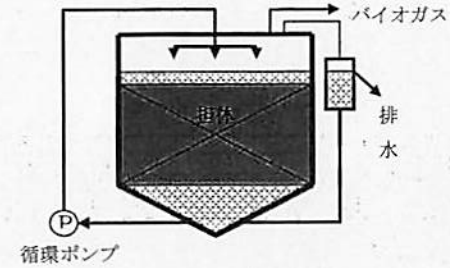


図21 構造例6

7 構造例7

スクリー攪拌機により発酵槽底部まで攪拌水流が達し、槽全体の攪拌が安定して行える。攪拌動力はガス攪拌方式より低く、水槽底部の攪拌効果は、堆積砂でも流動化できる流速を確保し、底部から堆積物を排出できる構造としている。さらに、スクリー逆転が可能で、逆転時はスクリー羽根がドラフトチューブ内の液をスプレーディスクまで揚液し、さらに、スプレーディスクにより槽壁まで内液を飛散することによりスカムを破碎しながら排出できる構造としている。

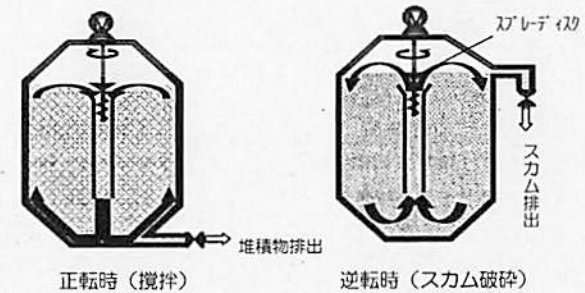


図22 構造例7

8 構造例 8

乾式メタン発酵の構造で、槽内はプラグフロー（押し流れ）方式である。発酵槽内部には、低速回転するガス抜き用の搅拌パドルが装備されており、強制的にガス抜きが出来るようになっている。

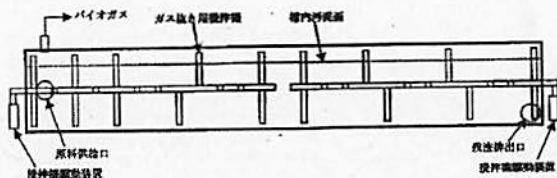


図 23 構造例 8

3-4 バイオガス前処理設備

バイオガスは硫化水素をはじめとする種々の不純物を含有しているため、利用設備に応じた前処理によって不純物を除去する必要がある。ここでは、制限対象物質、脱硫装置、水分除去装置について述べる。

【解説】

1 制限対象物質

表 12 バイオガス利用設備ごとの制限対象物質の制限濃度例（参考値）

制限対象物質 ガス利用設備	硫化水素 ppm	アンモニア ppm	窒素 vol%以下	水分 vol%以下
ボイラ	10 以下	0.2g/m ³ 以下	制限なし	15 以下
ガスエンジン	10 以下	50 以下	制限なし	極力なし
マイクロ ガスタービン	20 以下	制限なし	制限なし	極力なし
燃料電池	2 以下	1 以下	0.1 以下	不飽和
天然ガス自動車	1~10 以下	1~10 以下	制限なし	露点-58℃

出典：「バイオガス化マニュアル」（社）日本有機資源協会
（平成 18 年 8 月）および、メーカーヒアリングによる

2 脱硫装置

生成したバイオガス中には、数 100~3,000ppm 程度の硫化水素を含有しているが、食品廃棄物が多い場合にはもっと高くなる可能性がある。硫化水素は、燃焼により硫酸化物になることや腐食性があることから除去する必要がある。

次に脱硫方式について述べる。

(1) 乾式脱硫

酸化鉄系の脱硫剤により硫化水素を除去する。湿式方式に比べ水処理の必要がなく、取扱が簡便なことから広く普及している。除去率は 90% 以上である。脱硫剤は硫化鉄となり吸着力が低下していくため、定期的な交換が必要となる。そのため、通常は 2 基設置するケースが多い。

(2) 湿式脱硫

アルカリ水による洗浄塔により除去する方式である。水酸化ナトリウム溶液の濃度調整や水処理が必要であるが、除去率が高い。

(3) 生物脱硫

硫酸化細菌の働きにより除去する方法で、発酵槽内に少量の空気を注入する方式と反応塔を設置し、担体を充填させて除去する方式がある。除去後の硫化水素濃度が、数百 ppm 程度にとどまることもあることから、乾式脱硫を後段に設置する場合もある。

(4) その他

メタン発酵槽内に鉄化合物を供給して硫化水素を硫化鉄にし、除去する方法もある。

3 水分除去装置

脱硫設備や後段のバイオガス利用設備の安定運転のため、水分を極力除去する必要がある。方法としては、デミスタ等による慣性衝突式やシリカゲル等の吸着式等がある。これ以外の方法もあるが、後段の設備が求めるレベルまで水分を除去できる方式を採用する必要がある。

3-5 バイオガス貯留設備

バイオガス利用設備の使用方法に応じてバイオガス貯留設備の仕様を検討するとともに気象条件等の地域特性や安全面にも考慮する必要がある。

【解説】

1 バイオガスを貯留するガスホルダーには、次の方式がある。

(1) 湿式

水槽もしくはメタン発酵槽上部に鋼板製のフローティングタンクを設けて、液または水でガスを水封して貯留する。

(2) 二重膜（ダブルメンブレン）式

メンブレンの間に空気を供給することで内側に貯留されるバイオガスの圧力を調整するとともに、内側のメンブレンを保護している。

(3) 鋼製被覆型メンブレン式

鋼製タンクの内部に樹脂製のパルーンが収納されている構造で、パルーン内部にバイオガス、タンクとパルーンの間空気を供給する。

(4) 吸着貯蔵式（実証、実用化段階）

マイクロポーラスな吸着剤を充填し、高効率にバイオガスを貯蔵する方法である。

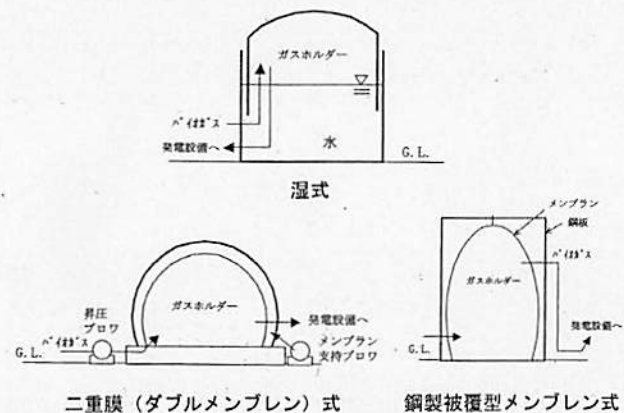


図 24 ガスホルダー

出典：「メタン発酵利活用施設技術指針（案）」
（社）地域資源循環技術センター 平成 17 年 8 月より一部改変

2 留意点

バイオガスを常時利用する場合、バイオガス貯留設備の容量は2~4時間分程度とすることが多いが、設置場所の広さやコストを勘案し決定することが必要となる。

設置場所については、バイオガスの引火性を考慮し、火気や高圧電気使用設備に隣接させないものにする。また、衝突の可能性があるので搬入車両の動線や延長線上への設置は極力はずす等の配慮が必要になる。

風の強い地域では、強風による倒木や飛来物による破損がないようバイオガス貯留設備の材質等の配慮が必要である。

バイオガス貯留設備は常圧貯留式であるが、大容量の貯留が必要になると圧縮、吸着等の処理によって容積を減少させる方式も検討する必要がある

メンブレン式のバイオガス貯留設備に関しては、経済産業省より「メンブレンガスホルダーに係るガイドライン」が出ているのでそれに準ずる必要がある。

3 余剰ガス燃焼装置

メタンは二酸化炭素に比べ温暖化係数は21倍大きい。このため、非常時やメンテナンス等によりバイオガス設備にガスを供給できない場合は、余剰ガス燃焼装置によりバイオガスを燃焼して安全に放出する必要がある。

余剰ガス燃焼装置のフロー例を図25に示す。

ガスホルダー内のガス圧が設定値以上になった場合、作動する設計にする場合が多く、燃焼状態は炎検出装置により監視し、ガスホルダー内ガスが設定以下に低下すると自動バルブによりバイオガスを遮断し消火する。

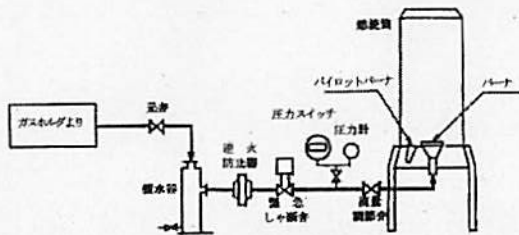


図25 余剰ガス燃焼装置のフロー例

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」
(社)全国都市清掃会議 平成18年6月

3-6 バイオガス利用設備

バイオガスは電力、熱に変換したり、燃料として利用する方法がある。発生量や建設場所の条件に基づいて効率的な利用方法を検討する必要がある。

【解説】

1 発電機

(1) ガスエンジン

ガスエンジンは、発電と同時にコージェネレーションにより温水として排熱回収するのが一般的である。発電効率は25~35%程度で、排熱回収を含めた総合効率は50~70%である。

(2) タービン、マイクロガスタービン

ガスタービンは、主に大規模発電用として用いられ、排ガスからの熱回収によってコージェネレーションされる。マイクロガスタービンは、数十kW程度の小型であり、騒音・振動対策も容易である等の長所がある。総合効率はガスエンジンとほぼ同等である。

(3) デュアルフェューエルエンジン

比較的小規模の発電機としてデュアルフェューエルエンジンがある。バイオガス専燃よりも安定した運転ができるといわれており、発電効率も比較的高いが、軽油等の補助燃料が必要で、補助燃料用のタンク等の付帯設備も必要になり、指定数量を越えると消防署への届出が必要となる。

(4) 発電機の運転方法

想定されるバイオガス発生に基づき選定されるが、運転方法として電力消費の多い時間帯に稼働させる方法と24時間連続運転する方法がある。運転方法により、バイオガス貯留設備の容量も変わってくるので留意する。

(5) メンテナンス

メンテナンス時には発電できないことから複数台設置するケースもある。また、排熱回収による熱で発酵槽等を加温している場合は発電機が稼働していない間、熱も回収できないことから非常用ボイラを設置することが望ましい。その際、燃料としてはバイオガスにするのかその他の燃料(LPG等)にするかも検討しておく。定期的な点検とメンテナンスが必要となるため、その費用、期間、回数について確認しておく。

(6) 防音対策

ガスエンジンやガスタービンは騒音が発生するので防音対策が必要となる。規制値は各地域によって異なるので確認しておく。

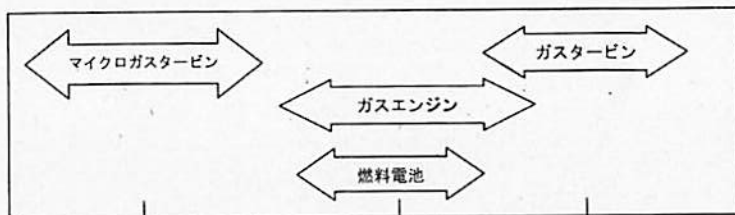
(7) 売電

売電を行う場合は逆潮流可能な系統連系を行う必要がある。この場合単独運転検出装置の設置が必要になる。これら必要なコストと売電単価やリスクを勘案し検討する。

2 燃料電池

燃料電池の特徴は、40%程度と高い発電効率と80%程度の高い総合効率が得られることである。また、有害な排気ガスをほとんど発生させないことや低騒音であることなどの長所が挙げられる。

課題として長寿命化、低コスト化が残っており、技術開発の進展が望まれている。



小規模発電(数10kW) 中規模発電(数100kW) 大規模発電(数1000kW)

図26 発電設備規模別のシステム選定の一例

出典:「バイオガス化マニュアル」(社)日本有機資源協会(平成18年8月)

表13 発電+余熱利用システムに必要な資格の一例・その他

バイオガス利用設備	必要な資格の一例・その他
ガスエンジン	<ul style="list-style-type: none"> 電気主任技術者選任届が必要 主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出(1,000kW未満)
ガスタービン	<ul style="list-style-type: none"> 電気主任技術者選任届が必要 主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出(1,000kW未満) 300kW以上の場合、ボイラータービン主任技術者が必要
マイクロガスタービン	<ul style="list-style-type: none"> 電気主任技術者選任届が必要 主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出(1,000kW未満) 300kW以上の場合、ボイラータービン主任技術者が必要 前処理が必要な場合もある。機種選定にはメーカーとの協議が必要
燃料電池	<ul style="list-style-type: none"> 電気主任技術者選任届が必要 主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出(1,000kW未満) 改質器圧力が98kPa以上の改質器を有する場合、ボイラータービン主任技術者が必要

出典:「バイオガス化マニュアル」(社)日本有機資源協会
(平成18年8月)より一部抜粋

3 ボイラ

ボイラの熱効率率は80~90%が一般的であり、燃料としてはバイオガス単体の他、都市ガス、重油等との混焼もできる。

4 自動車燃料

バイオガスを精製することで天然ガス自動車の燃料として利用することができる。そのためにはメタンの濃縮と濃縮精製ガスの充填が必要となる。

メタン濃縮技術について表14に示す。

表14 メタン濃縮技術の比較

方式	水洗法	PSA分離法	膜分離法
分離媒体	高圧水	分子篩活性炭等	高分子膜
濃縮原理	水への溶解度の差を利用しメタンを選択分離する。	吸着剤への吸着率の差を利用しメタンを選択分離する。	分離膜に対する透過速度の差を利用しメタンを選択分離する。
メタン純度	97%以上	98%以上	98%以上
メタン収率	98%程度	80~85%程度	55~65%程度

出典:「バイオガス化マニュアル」(社)日本有機資源協会(平成18年8月)

濃縮したメタンガス(精製ガス)を自動車に充填するため、ガスステーションが必要となる。

天然ガス自動車への充填には、20MPaを越える圧力で分単位の短時間で充填する方式(急速充填方式)と1MPa未満の圧力で数時間かけて充填する方式(長時間充填方式)がある。

急速充填方式は熱量調整装置、ガスホルダー、圧縮機、蓄圧ボンベ、ディスペンサー等で構成される。この方式の場合は、高圧ガス保安法が適用され、法定点検と資格者の常駐が必要となる。一方、長時間充填方式は高圧ガス保安法の適用範囲外であること等から維持管理費低減の観点でメリットがある。

3-7 発酵残さ処理設備

発酵残さは脱水処理し、脱水残さは、堆肥として利用もしくは焼却処理される。受け入れ先（堆肥化施設や焼却施設）の条件や経済性を確認し、仕様を検討する必要がある。脱水ろ液は分離水処理設備により、放流先の基準に適合するまで処理し放流する。放流先の受入水質に留意する必要がある。

【解説】

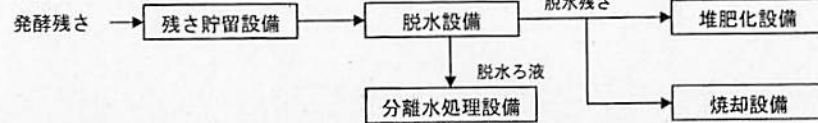


図 27 発酵残さ処理のフロー例

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」
(社)全国都市清掃会議 平成 18 年 6 月

- 脱水残さの受け入れ先や処理水の放流先が確保されない限り、メタンガス化施設は機能しないので、設置場所の選定においては、これらのことを十分考慮して検討することが必要となる。
- 発酵残さは、受け入れる処理対象物によって変動するのでそれらを考慮し、脱水と分離水の処理方式と処理規模を検討する必要がある。
- 堆肥として利用する場合、プラスチックなどの異物の混入があると受入れない場合が多い。また、堆肥は余剰気味である地域も多いことから、堆肥利用を候補にする場合は、堆肥の現在の利用状況や長期的な需要の見通し等を十分把握しておく必要がある。

1 脱水設備

各種脱水機の特徴を表 15 に示す。

表 15 各種脱水機の特徴

	遠心脱水機	加圧脱水機	ベルトプレス脱水機	多重円板脱水機	スクリーンプレス脱水機
原理及び構造	1000～3000Gの遠心力で高速回転させた外胴の内側に残さを濃縮脱水させ、濃縮した残さは外胴とわずかな回転速度差のあるスクリーンによって排出する。	ろ布の両面に圧力差を造り、残さに400～500kPa程度の圧力をかけて水分を移動し、最後に圧搾して脱水する。	ベルト状のろ布上で重力によって脱水した後、2枚のろ布の間に挟み、上下のロール等で徐々に圧縮したのち、最後に強く圧搾して脱水する。	上下に配列された複数の円板を低速回転させ、連続した毛細管現象を再生し続けることで脱水する。	前半部で外胴の円筒により重力ろ過を行い、後半部でスクリーン羽根の押し出しによる圧搾力と、回転によるせん断力で脱水する。
運転上の注意	・薬品注入率 ・薬品選定 ・ボールとスクリーンの回転差 ・分離水溢れせき高さ調整	・薬品注入率 ・薬品選定 ・圧力調整 ・加圧時間 ・ろ布の選定	・薬品注入率 ・薬品選定 ・ろ布緊張圧力の調整 ・ろ布の選定 ・ろ布の走行速度	・薬品注入率 ・薬品選定 ・入口、出口ろ過体の回転速度	・薬品注入率 ・薬品選定 ・残さの連続供給 ・スクリーン回転数

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」
(社)全国都市清掃会議 平成 18 年 6 月

脱水残さの水分量（含水率）は、脱水機の種類、発酵残さの性状等多くの因子により変動する。従って、脱水機の機種選定では、脱水残さの再利用方法に基づき、運転管理性や経済性等を考慮して判断する必要がある。

2 分離水処理設備

分離水処理設備は、メタン発酵残さの脱水ろ液の処理が主であるが、その他に脱臭設備の排水やごみ汁、受入設備の洗浄水等(以下、脱水ろ液等)も処理対象になる。

脱水ろ液は、多量の有機物、アンモニア性窒素やリン酸等を含むため、生物学的脱窒素処理および必要に応じて、高度処理を組み合わせて放流先の受入基準まで処理する。

(1) 生物学的脱窒素処理

BODおよび窒素を同時に処理する活性汚泥形式の処理法である。図28に本方式の代表的な硝化液循環法の処理フロー例を示す。

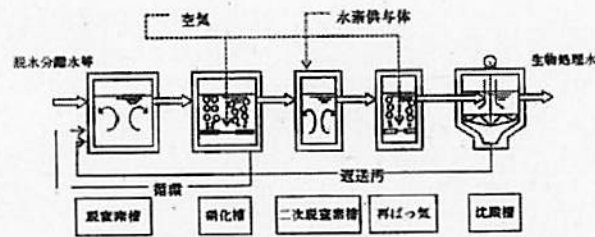


図28 生物学的脱窒素法（硝化液循環法）の処理フロー例

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領2006改訂版」

(社)全国都市清掃会議 平成18年6月

(2) 高度処理

高度処理設備は、生物学的脱窒素処理方法等では基準を満たせないときに設ける。一般的には、①凝集分離処理設備、②オゾン酸化処理設備、③砂ろ過処理設備、④活性炭吸着処理設備等がある。

脱水分離水は、処理水質の受入基準が厳しくなるほど、多くのエネルギーと費用がかかる。

処理水は下水道流域下では、下水管へ放流し、それ以外では公共用水域へ放流する。河川に放流する場合は、放流先の環境影響への配慮とともに、より高度な処理が必要であり、特にCOD除去は技術的には可能であるが、かなりの維持管理費がかかることになることを留意しておく必要がある。

脱水ろ液等が少ない場合には、併設する焼却施設の排水処理設備との共用により、コスト縮減が可能となる場合がある。

3-8 脱臭設備

処理方式には主に酸化分解を利用する燃焼方式、生物の分解力を利用した生物脱臭、溶解度を利用した水・薬液洗浄、吸着力を利用した活性炭脱臭がある。

【解説】

- 主な臭気の発生源としては、受入設備、発酵残さ処理設備である。臭気は拡散すると捕集することが難しくなるため、臭気が発生するエリアは極力密閉構造にすることが望ましい。必要最小限の風量で高濃度に捕集できるよう考慮する。

表 16 脱臭処理技術一覧表

処理法	概要	長 所	短 所
燃 焼 法	直接燃焼法	・広範囲の有機溶剤を脱臭し得る。脱臭効率の経年劣化はない。	・廃熱回収しなければ運転費が高価。 ・アルカリ性臭気ガスは分解困難。 ・S含有物がある場合はSO ₂ が発生。 ・NO _x の発生。
	触媒燃焼法	・触媒によって低温で酸化分解して脱臭。 ・NO _x 発生少ない。	・直接燃焼法より運転費が安い。 ・設備費が高く、大風量の脱臭は困難。 ・触媒劣化物質が含まれている時対策が必要。
化学的方法	薬液洗浄法	・化学反応によって臭気成分を分解。 ・悪臭物質の種類によって酸、アルカリ、酸化剤水溶液等が使用される。	・設備費が安価。 ・ミスト・ダストも同時処理し得る。 ・ガスの冷却効果がある。
物理的方法	水洗法	・悪臭成分を水に溶け込ませる。	・装置が比較的簡単、運転費は安価。 ・薬品を使用しないので安全。
	活性炭吸着法	・活性炭の微細孔やこれに添着した薬剤により臭気ガスを吸着させる。	・溶剤の小さいガスには効果小、大量の水が必要で排水処理を必要とする場合がある。 ・歴史が古く実績大。 ・装置も簡単であり、特別な維持管理は不要。
生物脱臭法	土壌脱臭法	・悪臭を土壌に通風して土壌中の微生物によって分解脱臭。	・処理し得る悪臭物質に制限がある。 ・高濃度臭気には不適。 ・降雨時に通気抵抗が大きくなり、リークが生じる。
	充填塔式	・微生物をつけた担体を充填した塔に通風し、微生物によって分解脱臭。	・装置がコンパクト。 ・維持管理が容易。 ・運転費が非常に安価。
	活性汚泥処理法	・悪臭を水に溶解させ、その水溶液を微生物により分解脱臭。	・曝気槽があれば特別な装置は不要。 ・曝気槽を別に設置する必要がある。 ・曝気槽のもつ臭気が残る。

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」(社)全国都市清掃会議 平成 18 年 6 月

第 4 章 メタンガス化施設の運転管理上の留意点

4-1 臭気対策

臭気は一度拡散すると捕集することが困難なことから、外部に漏れないよう発生源は出来る限り密閉構造にする必要がある。

【解説】

- 生ごみは、水分量が多く有機性であるため腐敗が早く悪臭も強い。プラットホームの出入り口や受入ホッパには開閉シャッターを設け、出来るだけ密閉構造にする。
- 受入部分は負圧構造にして臭気の拡散を防止する。
- 出来るだけ最小限のガス量を高濃度で吸引できるようにする。
- メタン発酵槽は密閉構造であることから、臭気対策については対象外である。

4-2 維持管理コストの抑制

維持管理コストの抑制には

- ・ 将来の処理量を見据えた施設規模を設定すること
- ・ 地域特性に適した回収体制および前処理方式（分別収集と機械選別）にすること等が挙げられる。

【解説】

- 家庭の生ごみの減少傾向の現状や将来の人口の増減を考慮し施設規模を設定する必要がある。
- 前処理設備では、その設備能力を高めるほど、消費電力が増大するので、受入れる生ごみの性状や回収体制を踏まえた上で、最適な機器選定を行う必要がある。
- 要求する条件によっては、分離水処理設備での消費電力費や薬剤費、バイオガス利用設備での消耗品費や定期点検費にコストがかかる可能性がある。従って、検討時に十分調査し、概算費用を把握しておく必要がある。

4-3 搬入量の季節変動の対応

年間を通した搬入量の変動を把握し、処理規模を設定しなくてはならない。搬入量が増大する時は、主に次の時期である。

- ・ 盆明け
- ・ 年始
- ・ 観光時期の週明け

地域特産物のある地域は、収穫時期に量が増加するとともに、その影響で処理対象物の質の変動も考えられるので留意する必要がある。

【解説】

- 搬入量が増加する時は、前処理設備の稼働率を上げ対応するか、焼却施設での処理によって対応する等が挙げられる。

4-4 安定稼働をする上での留意事項

- 1 処理対象物が年間を通して均質でかつ定量的に搬入されることが望ましい。また、異物の混入を抑制することも必要である。
- 2 メタン発酵処理における安定運転のための管理指標は、以下の通りである。
 - ①pH、②温度、③有機酸、④アンモニア、⑤アルカリ度、⑥硫化水素、⑦滞留時間、⑧ガス発生量、⑨メタン濃度

【解説】

- 管理指標項目の概要を表 17 示す。

表 17 メタン発酵処理運転管理指標

区 分	概 要
① pH	メタン生成菌はほぼ中性付近の pH を好み、メタン発酵の最適 pH は 6.8~7.6 である。生ごみ等のメタン発酵においてはアンモニア性窒素濃度が比較的高いので、pH は一般的に 7.2~8.0 の範囲にある。
② 温度	メタン発酵は、操作温度域により中温の 35℃前後、高温の 55℃前後で行われている。高温発酵は加水分解率や病原性微生物の死滅率が高く、発酵速度が速くて高負荷を実現しやすい反面、アンモニア阻害を受けやすい。それに対して、中温発酵は分解速度が遅いもののアンモニア阻害を受けにくく、細菌構成が豊かであり、安定性がある。
③ 有機酸	メタン発酵の中間生成物として有機酸が生成されるが、速やかにメタン生成に利用されるので通常有機酸の濃度は低い。このため、有機酸の挙動把握により、メタン発酵槽の状況を知ることができる。
④ アンモニア	メタン発酵においてタンパク質の分解に伴い NH_4^+ が生成する。この NH_4^+ はメタン生成菌増殖の栄養成分になるなど不可欠な成分であるが、濃度が高くなると有機酸の蓄積やメタン生成速度の低下などメタン発酵阻害が起こる。アンモニアの一時的な阻害は、pH の調整や希釈で回復する。
⑤ アルカリ度	アルカリ度は酸を中和する溶液の容量を示す指標であり、メタン発酵プロセスの安定性に関わる。一般的に投入 TS 濃度が 10% 程度の場合、総アルカリ度は 5,000~10,000mg/L の範囲にある。
⑥ 硫化水素	メタン発酵において、原料中の硫黄成分が硫化水素 H_2S の生成をもたらす。バイオガス中の硫化水素濃度は、数百 ppm から数千 ppm の範囲で変化する。濃度が高くなると、バイオガスの品質を低下させるだけでなく、メタン発酵を阻害する可能性がある。
⑦ 滞留時間	滞留時間は、有機物の分解率と運転の安定度に影響を及ぼすだけでなく、投入負荷とも関連する重要な指標である。高い分解率を得るには滞留時間を長くする必要があり、一般的には 15 日程度以上とする。
⑧ ガス発生量	ガス発生量は、処理対象物の量・質に直接影響を受けるが、メタン生成菌等の活性が弱くなるにつれてガス発生量も少なくなる。
⑨ メタン濃度	バイオガス中のメタン濃度の急激な低下はメタン発酵の阻害と連動する場合が多い。

出典：「メタン発酵情報資料集 2006」

(財) 廃棄物研究財団 メタン発酵研究会 (平成 18 年 4 月) より改変

4-5 エネルギー回収・利用をする上での留意事項

- 1 回収したバイオガスには種々の不純物が含まれている。後段のバイオガス利用設備に応じた処理を行う必要がある。
- 2 バイオガスの貯留に関しては、
 - ・設置場所
 - ・安全対策等について留意する。
- 3 バイオガス利用設備については、
 - ・定期点検、メンテナンス時の対応
 - ・コジェネレーションで回収した熱の利用方法等について検討しておく必要がある。

【解説】

- 2章2-7バイオガスの表5に示すようにバイオガスには不純物が存在し、バイオガス利用設備によっては故障の原因になるため許容濃度まで除去しなくてはならない。利用設備ごとの制限濃度例は第3章3-4バイオガス前処理設備の表12を参照のこと。
- バイオガスの引火性を考慮し、貯留設備の設置場所については、火気や高圧電気を使用する設備には近づけないようにする。また、衝突の可能性があるため搬入車両の動線や延長線上への設置は極力はずす等の配置が必要になる。
- 余剰なバイオガスは大気放散させずにフレアスタック等で燃焼させて適切に処理する必要がある。
- 定期点検やメンテナンス時に対応すべく、バイオガス利用設備を複数台設置する等の検討をしておく必要がある。
- 回収した熱を利用しきれないことが多い、隣接もしくは近隣の施設への供給等利用方法について検討しておく必要がある。

参 考 資 料

- 1 メタンガス化施設稼働状況（国内）
- 2 メタンガス化施設導入状況（海外）
- 3 生ごみリサイクル・分別収集に関する調査結果（財）廃棄物研究財団
- 4 家庭系生ごみ排出量の推移
- 5 メタン発酵処理に関する経済性の検討例
- 6 食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律の一部を改正する法律案の概要
- 7 平成18年8月エコ燃料利用推進会議報告書（概要）
- 8 メンブレンガスホルダーに係るガイドライン