

固形廃棄物処理市場の今後の技術動向

石川 龍一*

Current Market Situation for and Future Technology Trends in Solid Waste Treatment

by Ryuichi ISHIKAWA

In Japan, solid waste treatment through incineration was mandated in the Meiji period to improve public sanitation. Since 1963, the enactment of legislation and the provision of government subsidies accelerated the introduction of mechanical furnaces. Exhaust gas treatment technology has also been advanced to address environmental issues, such as pollution problems and dioxins. High-efficiency power generation technology and incineration residue melting technology have been developed for the purpose of contributing to a low-carbon and recycling-based society. Thus, fluidized-bed incinerators and gasifiers have been developed and introduced in addition to mechanical incinerators. As outsourcing to the private sector has become increasingly popular, the provision of total technical services for efficient, safe, and stable waste treatment and the effective use of energy are required.

Keywords: Solid waste, Treatment technology, Technology trend, Incinerator, High-efficiency power generation

1. 一般廃棄物処理の歴史的経緯

我が国における一般廃棄物処理の経緯を表に示す

廃棄物処理に関する法整備は、明治になって度々伝染病が流行し1900年に公衆衛生強化のため汚物掃除法が公布、施行されたことに始まる。汚物掃除法においては、汚物は「塵芥、汚泥、污水及びし尿」であり、「塵芥はなるべく焼却すべし」とされた。

1930年には汚物掃除法施行規則が改正され塵芥は焼却が義務付けられた。

1954年には、廃棄物処理への国の関与の要請に応じて、「清掃法」が制定され、し尿処理施設に国庫補助が行われるようになった。

ごみ処理施設に国庫補助が行われたのは、第一次ごみ処理施設整備5箇年計画が策定された1963年からであり、その後、欧州から機械炉の技術導入が盛んに行われた。

高度経済成長により1965年頃に公害問題が深刻化し、1968年に「大気汚染防止法」が定められ、煤塵及び硫黄酸化物の排出基準が定められ、1977年にはHCl及びNO_xの排出基準が定められ、廃棄物処理施設においてもこれ

らの基準に応じた排ガス処理が行われるようになった。

1970年12月のいわゆる「公害国会」において公害関係の法律とともに「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）」が制定された。

1975年頃には、それまで汚泥焼却に用いられていた流動床焼却炉が都市ごみ焼却施設に導入され、設備がコンパクトであること、焼却灰がきれいなこと、立ち上げ下げが容易なこと等の特長により1980年代には20～30%のシェアを占めるようになった。

1983年11月に愛媛大学立川教授らが、我が国の焼却施設においてダイオキシン類を検出したことを報告し、1990年にダイオキシン類発生防止等ガイドライン（旧ガイドライン）、1997年にごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン（新ガイドライン）が通知された。

1996年にはごみ焼却施設の新設において、ダイオキシン類の削減のため補助対象施設に焼却灰・飛灰の熔融固化設備の設置が義務付けられ、ダイオキシン類の著しい削減成果により2005年に義務付けがなくなるまで継続された。

1997年には「廃掃法」の政省令が改正され、ダイオキシン類の排出基準とともに、完全燃焼を促進させダイオキシン類の排出を抑制するための焼却施設の構造基準・

* 荏原環境プラント(株)

表 廃棄物処理の歴史
Table History of municipal solid waste treatment in Japan

年	法律	社会的な出来事	廃棄物処理施設
1900	汚物掃除法公布	伝染病の流行	塵芥はなるべく焼却すべし
		阪神地方でペスト流行	
1930	汚物掃除法 施行規則改正 焼却義務付け		
1954	清掃法制定		
1963	第一次ごみ処理施設整備5箇年計画策定 ごみ処理施設に国庫補助開始		機械炉（ストーカ炉）導入
1968	大気汚染防止法制定	公害問題深刻化	
1970	廃棄物の処理及び清掃に関する法律制定		
1975			流動床炉の導入
1983		愛媛大学立川教授 国内焼却施設よりダイオキシン類検出	
1990	ダイオキシン類発生防止等ガイドライン通知	ダイオキシン問題深刻化	
1990		バブル崩壊し低成長時代に入る	
1992		リオサミット 地球環境問題共有 (生物多様性・持続可能な開発)	
1996			補助対象施設に灰溶融設備の設置義務づけ
1997	ごみ処理に係わるダイオキシン類発生防止等ガイドライン (新ガイドライン) 通知 政省令改正 (構造基準・維持管理基準制定) COP3 京都議定書		
1999	ダイオキシン類特別措置法制定 PFI法制定		
2000	容器包装リサイクル法施行		ガス化溶融炉の導入
2001	循環型社会形成推進基本法施行	DBO 導入 西胆振	
	資源有効利用促進法 (全面改正施行)		
	家電リサイクル法施行		
	食品リサイクル法施行		
	省庁再編：廃棄物処理行政を厚生省から環境省に移管		
2002	建設リサイクル法施行		
2003	RPS法施行	BOO 導入 大館, 倉敷	
2004		以降DBO方式発注増加	
2005	自動車リサイクル法施行		ごみ焼却施設新設時における灰溶融設備の義務付けがなくなる
2008		リーマンショック	
2009	廃棄物処理施設長寿命化計画作成の手引き公表		高効率発電に交付金 (5年間)
2010			基幹的設備改良に交付金
2011		東日本大震災	
2012	再生可能エネルギーの固定価格買取制度施行		

維持管理基準，CO濃度の管理基準が定められた。

1999年7月にダイオキシン類特別措置法が制定され，2000年1月から施行された。

2001年の省庁再編により廃棄物処理行政が厚生省から環境省に移管された。

同年循環型社会形成推進基本法が施行され，資源有効利用促進法も全面改正施行された。これに前後して，容器包装リサイクル法（2000年4月），家電リサイクル法（2001年4月），食品リサイクル法（2001年5月），建設リサイクル法（2002年5月）自動車リサイクル法（2005年1月）といった個別リサイクル法が施行された。

1990年代後半には前記ダイオキシン類対策及び資源循環の要求に応えるべくガス化溶融炉の開発が相次いで行われ，2000年以降に市場に投入された。

2000年以降，優先的な補助によりダイオキシン類対策の高度排ガス処理設備工事が盛んに行われ，その反動として2002年以降の新設市場は大幅に縮小した。

1999年にPFI (Private Finance Initiative) 法*が制定され，廃棄物処理施設においても2001年に西胆振でDBO (Design Build Operate) 方式により発注が行われたのを初めとしてBOO (Build Own Operate) 方式やBTO (Build Transfer Operate) 方式による発注が行わ

れ、2004年以降DBO方式による発注が増加した。

2002年にRPS（Renewables Portfolio Standard）法*が制定され2003年4月に施行され、廃棄物発電についてもプラスチック類を除いたバイオマス由来部分について新エネルギーの取扱いが行われた。

2009年に環境省から廃棄物処理施設長寿命化計画作成の手引きが公表され、焼却施設においてもストックマネジメントの必要性が示された。

更に同年には廃棄物処理施設における地球温暖化対策の切り札として、新設の高効率発電施設に対し循環型社会形成推進交付金が交付されることとなり（5年間の時限措置）、2010年には温暖化ガス排出抑制に資する既設炉の基幹的設備改良工事に対しても交付金が交付されることとなった。

2011年3月11日に発生した東日本大震災とそれに伴う原子力発電所事故により電力行政の見直しが行われる中、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」（以下「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」と称する）が制定され、2012年7月1日から施行された。ここでもRPS法におけると同様に廃棄物発電についてもバイオマス由来部分については再生可能エネルギーとして取り扱われている。

※PFI法：民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律

※RPS法：電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法

2. 一般廃棄物処理技術の変遷

歴史に見るとおり、廃棄物処理は、そもそも伝染病の流行に対して廃棄物を衛生的に処理し生活環境を保全するという公衆衛生の立場から推進された。このため、焼却処理が義務付けられ、厚生省が管轄してきた（2001年の省庁再編により廃棄物処理行政は環境省に移管された）。

法律の整備は1900年の汚物掃除法に始まり、1954年の清掃法を経て1970年に現在の廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）が制定された。

汚物掃除法の下、塵芥の焼却義務付けが行われたが、本格的な機械式焼却炉（連続燃焼式の大型ストーカ炉）の導入は、清掃法の下で第一次ごみ処理施設整備5箇年計画が策定されごみ処理施設に国庫補助が開始された1963年以降である。

1970年頃には公害問題の深刻化により、焼却施設においてもNOx、SOx、HCl及び煤塵に対する排出規制への対応が必要となった。

この時期に、前述のとおり、汚泥焼却に用いられていた流動床焼却炉が都市ごみ焼却施設に導入された。

1983年に初めて国内の焼却施設の焼却灰からダイオキシン類が検出され、1990年代にはダイオキシン類発生防止のガイドラインが通知された。ダイオキシン類の排出基準を満足しない施設においては焼却停止の措置が取られるようになり、ダイオキシン類排出抑制技術開発が盛んに行われ、1999年のダイオキシン類特別措置法の制定に向けて、既設炉において高度排ガス処理工事の需要が急増した。流動床炉では燃焼が速いため、燃焼変動が大きく不完全燃焼を生じ易いとされ、その安定化が課題となった。能勢町豊能郡美化センターの流動床焼却施設で、湿式排ガス処理過程でダイオキシン類が濃縮され環境汚染を招いたことが判明し1997年に操業を停止し、廃炉とされ、新規需要は急減した。

1990年代後半には、ダイオキシン類対策や国際的な環境問題への取り組みとともに、国内においても循環型社会形成推進に向けた動きが顕著となり、2000年頃から各種リサイクル法が制定・施行されるようになった。廃棄物処理施設においては灰溶融設備の設置が義務付けられた。

この時期に、前述のとおり、ダイオキシン類対策及び資源循環の要求に応じてガス化溶融炉の開発が相次いで行われ、2000年以降に市場に投入された。

環境問題、とりわけ地球温暖化防止のため、廃棄物処理施設においても積極発電の要請が高まり、2005年には電力消費の多い灰溶融設備の原則義務付けがなくなった。前述のとおり、2009年には高効率廃棄物発電に交付金が交付されるようになり、2010年には既設炉においても、温暖化ガスの排出抑制を行う基幹的設備改良事業に対して交付金が交付されることとなった。また、再生可能エネルギーの普及を促進させる「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が2012年7月1日より施行されることとなり廃棄物処理における温暖化ガス排出抑制、高効率発電への要請は益々高まってきた。

これらの社会的な要請に加えて、2000年以降、公共施設の建設運用に民間活力を導入するDBO方式による発注が増加しており、価格だけでなく非価格要素も評価する総合評価により落札者が決定されるようになってきた。

3. 荏原環境プラント(株)の取組み

荏原環境プラント(株)も1961年に37 t/dのストーカ炉(固定炉)を青森市に納入し、公害問題への対応を契機に1980年代にHPCC型(High Pressure Combustion Control)ストーカ炉を開発し、1984年には武蔵野三鷹地区

保健衛生組合向けにボイラ付焼却プラントを納入した。1996年には蒸気の高温・高圧化にいち早く取り組み、条件3.82 MPa、400℃、発電出力7000 kWという当時国内屈指の発電施設を十勝環境複合事務組合に納入し、余剰電力の売却により運用コストを低減した。また、灰溶融技術を他社に先駆けて取り込み、1994年に松山市に納入した。

2004年10月には東京都足立清掃工場向けにストーカー炉350 t/d × 2基、灰溶融炉65 t/d × 2基の国内最大施設を納入した。

HPCC型ストーカー炉は、低空気比・高温燃焼に対応するためにHPCC21型炉として改良され2008年8月竣工のあらかわクリーンセンター以降、既に3施設を納入している（図1）。

また、1977年に参入した流動床式焼却炉では、流動床炉の欠点とされていた破碎前処理を不要とし大型化を可能とする無破碎式の巡回流型流動床炉（TIF：Twin interchanging fluidized-bed）を開発し、1984年に海南市に納入した。TIF型炉は海外にも技術供与し、流動床式焼却炉は現時点で国内70施設（一般廃棄物48施設、産業廃棄物22施設）、海外31施設（ライセンスによる建設を含む）が稼働中である。

1988年にはTIF型炉をベースに流動層内で熱回収を行う内部循環型流動床ボイラ（ICFB：Internally circulating fluidized-bed boiler）を開発し、熱回収量の制御性に優れた特長を活かし、主としてバイオマス発電ボイラとして納入され、現在国内で15施設、海外で6施設が稼働中である。

更に、ダイオキシン類の排出防止及び飛灰を溶融無害化しスラグとしてリサイクルを実現する流動床式ガス化溶融炉（TIFG：Twin interchanging fluidized-bed gasifier）

をいち早く開発し、2000年に上越地域広域行政組合に納入したのを皮切りに、現在国内11施設（一般廃棄物用8施設、産業廃棄物用3施設）、海外4施設（韓国）が稼働中である。

これら流動床炉の歩みを図2に示す。

これら先駆的な開発成果を市場投入し、当社は新設炉の建設事業において一定のシェアを確保するとともに、アフターサービス部門を早期に立ち上げ、運転管理業務及び補修工事を受託してきた。

4. 今後の技術動向

公衆衛生から生活環境保全、更に地球環境保全へと廃棄物処理施設に対する要請が変化し、所轄官庁も厚生省から環境省に変わった。廃棄物処理施設が具備すべき要件は、①安全に安定してごみを衛生処理すること、②ダイオキシン類等の有害物質排出による環境汚染がないこと、③焼却熱の回収効率が高いこと、④動力及び燃料消費が少ないこと、⑤残渣の発生が少ないこと、⑥運転管理が容易なこと、と多岐にわたり、これらを安価に実現することが求められている。

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」の施行に伴い、高効率発電の要請が益々高まり、売電量を最大化するための設計及び施設の効率的な運用が必須となっている。売電量最大化のためのメニューを図3に示す。

また、廃棄物処理施設は、中間処理施設であり、受け入れごみの量や質の変動への対応や焼却残渣の処分方法を含めて合理的かつ経済的なトータルシステムを提供する必要がある。

すなわち、蒸気サイクルにおける無駄の排除と蒸気の有効活用、焼却残渣の長期間にわたる安定処分のスキームを確立させることが重要となっている。

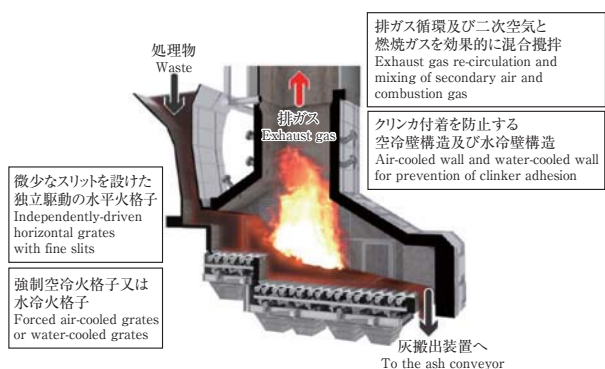


図1 HPCC21型炉

Fig. 1 Schematic view of the HPCC21 stoker furnace

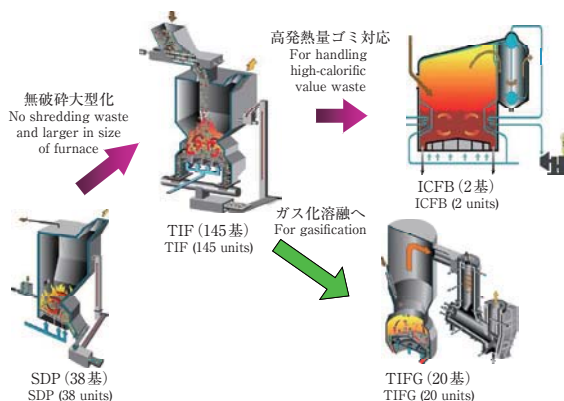


図2 流動床炉の歩み

Fig. 2 Development of fluidized-bed incinerators

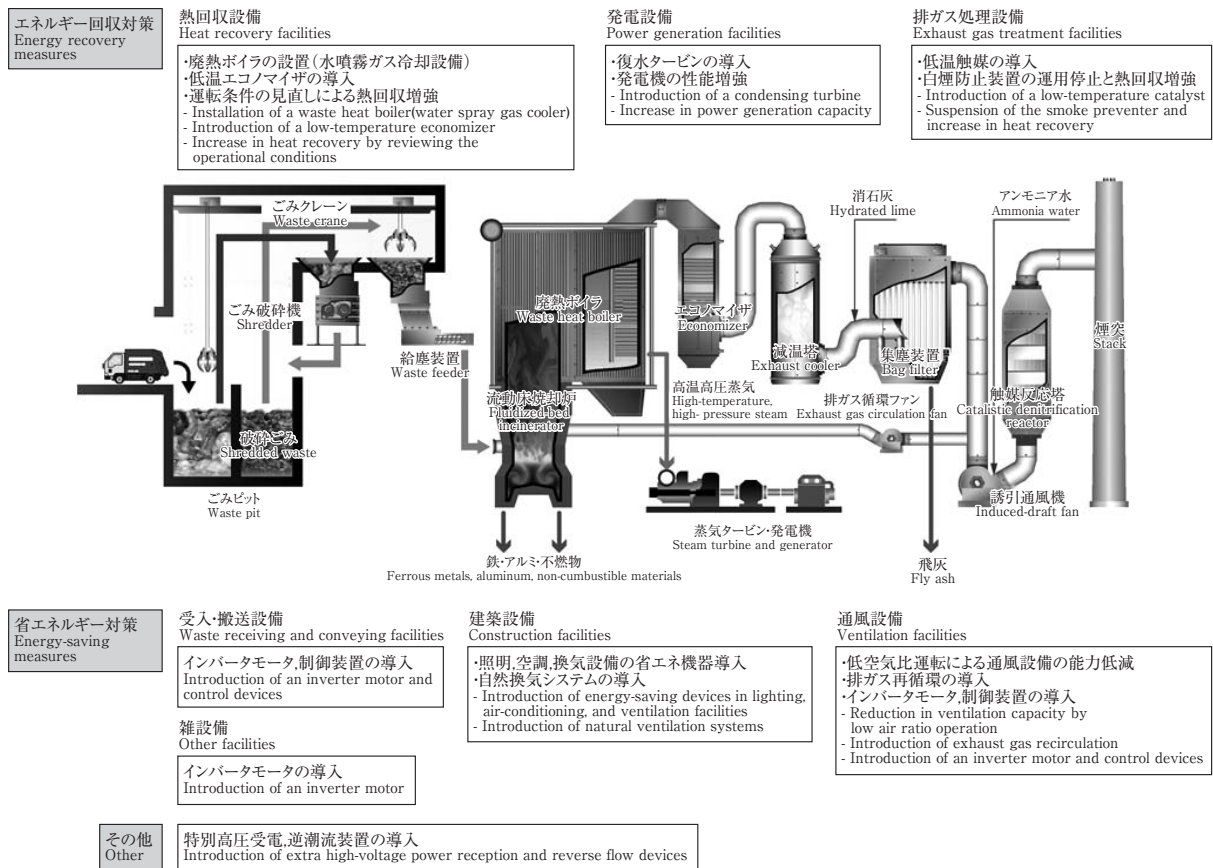


図3 売電量最大化のためのメニュー
 Fig. 3 Measures to maximize power generation for sale

ストーカ式焼却炉，流動床式焼却炉，流動床式ガス化溶融炉及び灰溶融技術を保有する荏原環境プラント(株)も，施設建設から施設運用（運転管理及び補修）のすべてを含めた最適な技術サービスをマーケットニーズに合わせて提供することが求められている。

これらのほか、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」の施行により，バイオマス発電のニーズも高まると予想される。更に，廃棄物処理以外のインフラとの有機的な運用（例えば汚泥混焼）が中長期的には望まれる。

廃棄物の発生はアジアにおける増加が顕著となり，一人当たりGDPの伸びとともにインフラ整備のニーズが拡大すると見込まれる。国内市場は縮小傾向にあり，将来海外展開が必須となる。

海外においても焼却施設に対する要請は変わらないが，シンプルで運転管理が容易な施設であることや特殊部品が少なく補修が容易な施設とする必要があり，特に海外の個別のごみ事情に合致させる工夫が最も重要である。

5. まとめ

前述のように，公衆衛生の確保を目的として始められた我が国の固形廃棄物処理においては，公害やダイオキシン問題への対応から高度排ガス処理技術が取り込まれ，資源循環型社会や低炭素社会の構築に資するため，灰溶融技術や高効率発電技術が開発・導入されてきた。

東日本大震災及び原子力発電所事故を経て，固形廃棄物処理施設においてもエネルギー政策の大幅な転換に対応すると共に，災害に対する備えや災害発生時に果たすべき多くの役割（災害ごみの処理や一時避難所としての活用等）が求められている。

当社も，安全に安定して衛生的に廃棄物を処理するという基本を十分に踏まえて，地産地消のエネルギーセンターとしての廃棄物焼却処理施設を，技術的に優れたものとするだけでなく，効率的なエネルギー活用を実現する施設運用サービスとともに提供していく所存である。