

# 廃プラスチックの粉体 燃料化技術の開発

(社)プラスチック処理促進協会 梶 光雄

三井造船株式会社 村田勝英

## はじめに

廃プラスチックを燃焼する方法としては、機械炉もしくは流動床焼却炉で都市ごみといっしょに燃焼する、床燃焼、固形燃料化(RDF)、熱分解油化法でいったん液状油にしてから燃焼する方法があるが、廃プラスチックを微粉碎し、そのまま粉体バーナで燃焼する方法、すなわち廃プラスチックの粉体燃料化プロセスの実用化は従来行われていない。

(社)プラスチック処理促進協会と三井造船(株)は、共同で、平成4年度から廃プラスチックの微粉碎技術および粉体燃焼技術について研究を重ねてきたが、このたび、廃プラスチックの粉体燃料化技術として実用化できる目途が得られたので、その内容を説明する。

## 背景と目的

背景：近年廃棄物の焼却に際して、エネルギーの有効利用を図るために、発電ボイラを組み込んだ焼却炉を新設するケースが多い。しかし、こうした焼却炉は廃棄物の焼却処理を主目的として設計されているため、エネルギープラントとして見たとき、重油や石炭等を燃料とした専用ボイラに比べ建設費が高く、電力および蒸気のコスト高を招き、かつ、エネルギーの回収率が低い。

発電効率を例に上げると、重油焚き発電ボイラの場合が約40%に対し、ごみ発電焼却炉は10~15%

とかなり低くなっている。したがって、電力および蒸気のコストが高くなり、かつ炭酸ガス発生量の増加という環境問題にもつながる問題を抱えている。

一方、廃棄物中に含まれる廃プラスチックは、表1に示すように、石炭、C重油等、一般のボイラ燃料と同等の高い発熱量をもっており、良質の燃料になり得る素地を持っているが、この点に着目することで、前記のような問題の解決の一端とすることができる。たとえば、廃プラスチックを廃棄物から分別し、現行の発電ボイラ用燃料と同等な燃料に変換するというもので、具体的には、廃プラスチックを微粉碎し、直接、既設の微粉炭ボイラで燃焼させるか、あるいは既設の重油ボイラでC重油と併燃させるといった方法が考えられるが、こうした方法についてはこれまでほとんど研究がなされていなかった。

このような背景に鑑み、以下の2点を目標にして、本研究を実施した。

- ①廃プラスチックを現行の発電ボイラ用燃料の微粉炭と同等に取り扱えるようにするための微粉碎技術および効率良くエネルギーを回収するための燃焼技術を確立する。
- ②粉体燃料化された廃プラスチックを既設発電ボイラで燃焼した場合のフィージビリティスタディを実施し、粉体燃料化技術の経済性を確認する。

## 実験および結果

廃プラスチックを現行の発電ボイラ用燃料と経

いんだすと

■表1 プラスチックの燃焼物性

樹脂名	構造式	分子式	組成 (Wt%)							低位発熱量 kcal/kg	酸素指数	分解温度 (°C)	引火点 (°C)	発火点 (°C)
			C	H	O	N	Cl	その他	合計					
ポリエチレン	$(-CH_2-CH_2-)_n$	$C_2H_4$	85.7	14.3	0	0	0	0	100.0	11000	17.4~19.3	335~450	340~350	350
ポリプロピレン	$(-CH_2-\overset{CH_3}{\underset{ }{CH}}-)_n$	$C_3H_6$	85.7	14.3	0	0	0	0	100.0	10500	17.4~19.3	328~410	340	370
ポリスチレン	$(-CH_2-\overset{C_6H_5}{\underset{ }{CH}}-)_n$	$C_8H_8$	92.3	7.7	0	0	0	0	100.0	9600	17.8~19.3	300~400	350~370	488~496
ポリエチレンテレフタレート	$(-CO-\overset{O}{\parallel}C_6H_4-\overset{O}{\parallel}CO-CH_2-CH_2-)_n$	$C_{10}H_8O_4$	62.5	4.2	33.3	0	0	0	100.0	5500	26.3	283~306	398	486
ポリ塩化ビニル	$(-CH_2-\overset{Cl}{\underset{ }{CH}}-)_n$	$C_2H_3Cl$	39.1	5.0	0.1	0	55.7	Ca 0.06 Zn 0.10 (灰分1.8)	99.9	4300	軟質 硬質 26.5~53.0	200~300	390	454
6-ナイロン	$(-C_5H_9-\overset{O}{\parallel}C-\overset{H}{\parallel}N-)_n$	$C_6H_{12}ON$	63.2	10.5	14.0	12.3	0	0	100.0	7500	26.3	310~380	420	424
軟質ウレタンフォーム 粉碎チップ:粒径:3~5mm	$(-R-\overset{H}{\underset{ }{N}}-\overset{O}{\parallel}C-O-R'-)_n$	-	62.7	8.7	23.1	5.5	0	0	100.0	6500	17~20.5	180~300	310	415
A B S 樹脂	$(-CH_2-\overset{CN}{\underset{ }{CH}}-)_m, (-CH_2-\overset{C_6H_5}{\underset{ }{CH}}-)_n$	-	86.4	7.8	0.0	5.8	0	水分 0.8	100.0	9200	18.8~20.0	400~480	-	466
ポリアクリロニトリル	$(-CH_2-\overset{CN}{\underset{ }{CH}}-)_n$	$C_3H_3N$	72.9	6.5	4.1	16.5	0	0	100.0	8000	21.4	250~280	-	-
A S 樹脂	$(-CH_2-\overset{CN}{\underset{ }{CH}}-)_m, (-CH_2-\overset{C_6H_5}{\underset{ }{CH}}-)_n$	-	86.2	7.3	0	6.5	0	0	100.0	9700	19.8	400~550	370	455
フェノール樹脂	$(-C_6H_4(OH)-CH_2-)_n$	$C_7H_7O$	81.5	2.9	15.6	0	0	0	100.0	7600	28~31	400~900	-	429

18~21 : 延焼性  
22~25 : 自己消火性  
26~30以上: 難燃性

参考  
新聞紙 230 230  
綿 255 255

(社)プラスチック処理促進協会

済性も含め同等な燃料として利用するには、これを微粉碎し、粉体燃料化する（微粉炭焚きボイラのようにバーナ燃焼する）必要がある。

本研究では、代表的汎用プラスチックであるポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタート（PET）のペレット4種について試験した。また現に廃棄されている発砲ポリスチロールの減容化インゴット、廃棄されたポリエチレン、ポリプロピレンについても微粉碎試験を行うとともに、得られた微粉末を用いて、小型ボイラを模擬した燃焼装置により燃焼試験を行った。

これらの試験により、廃プラスチック微粉碎、燃焼特性などに関する基礎データを得るとともに、得られたデータに基づいてフィージビリティ・スタディを行い、既設発電ボイラを対象とした廃プラスチックの燃料化についての総合的評価を行った。

1) 微粉碎試験

微粉碎試験装置を図1（次ページ）に示す。

常温下で剪断・衝撃式粉碎機を用いて微粉碎し、粒子径と粉碎に要する電力使用量との関連を調べ

たところ、いずれの樹脂も平均粒子径320~480ミクロン、使用電力0.09~0.18kWh/kg（微粉碎に要する電力コスト=約1.4~2.7円/kg）で粉碎できることが分かった。

樹脂の種類としてはポリプロピレンが粉碎されにくく、ポリスチレンが粉碎されやすい傾向を示した。

微粉碎機の運転は順調で、延べ約200時間の連続運転を行い、約11トンのサンプルを製造したが、トラブルはなく、実用可能であることが確認された。

2) 燃焼試験

燃焼試験装置を図2（次ページ）に示す。

微粉碎試験で作製した試料（平均径：320~480ミクロン）をホッパーに投入し、定量供給機（テーブルフィーダ）を経て、空気搬送でバーナまで運び、噴霧燃焼させた。また燃焼排ガスは煙突入り口で測定した。

無公害燃焼、高効率エネルギー回収を行う上で重要な条件となる、排ガス組成および炉内温度、空気比、燃焼状態（炎の広がり、長さ、燃え切り）等の燃焼特性について調べ、微粉炭およびC重油の燃焼と比較した。結果を表2に示す。

図1 廃プラ微粉碎フローシート

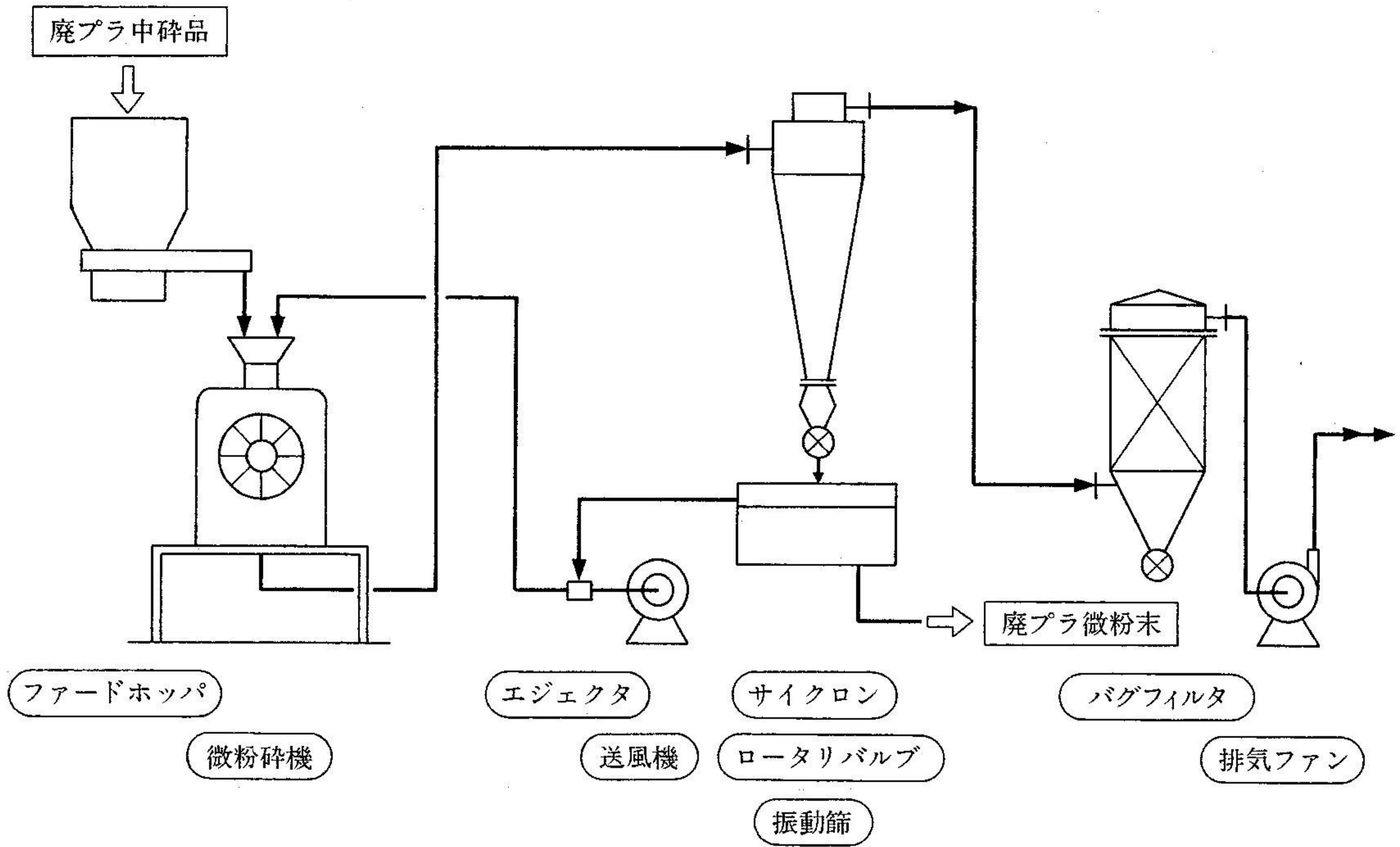
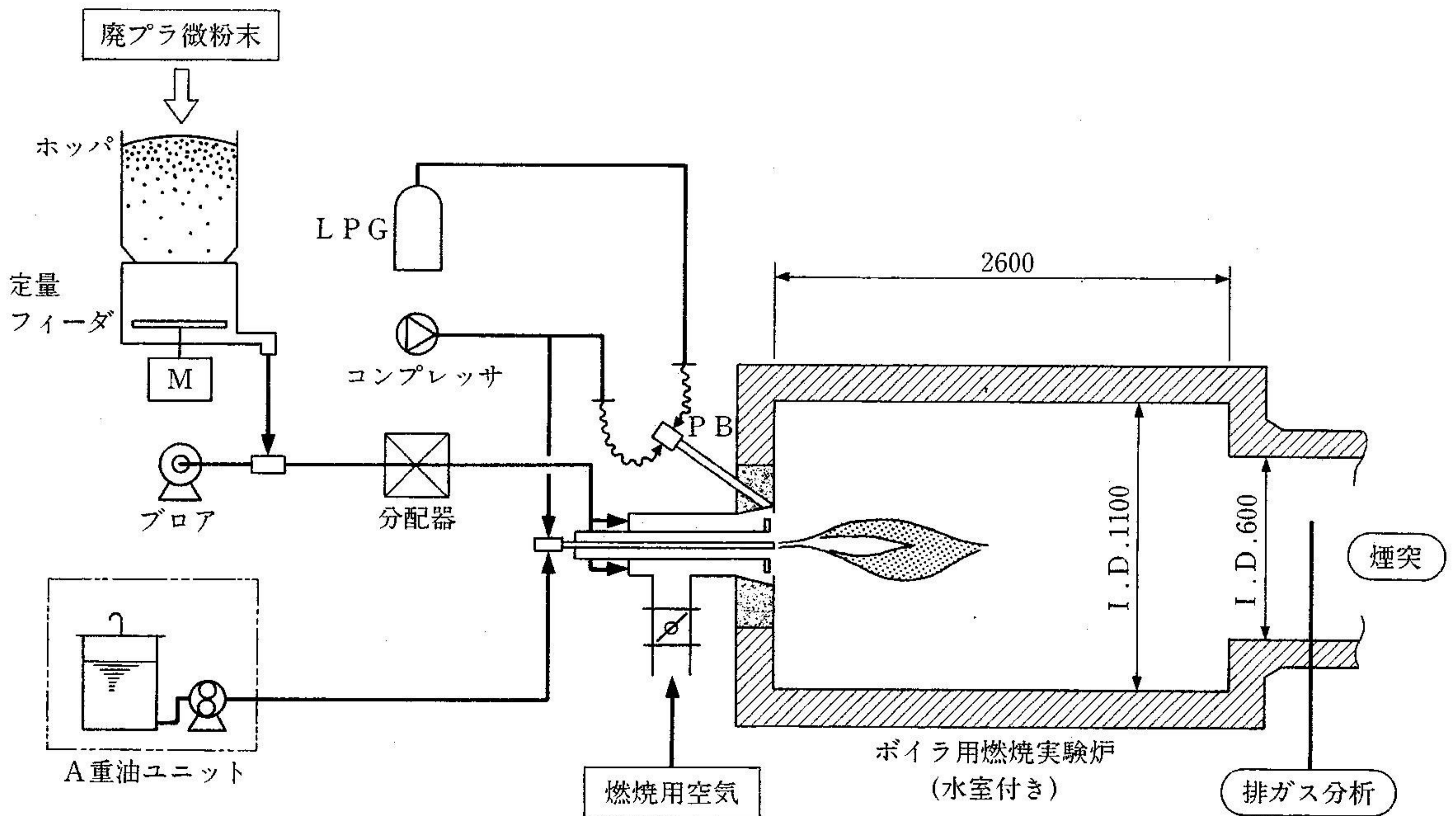


図2 燃焼実験フローシート



微粉碎された廃プラスチックの燃焼状態は安定しており、その燃焼特性は微粉炭、C重油の場合とほぼ同等で、かつ排ガス組成について、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、未燃カーボンが少ないなどの優れている点があった。

これらから微粉碎された廃プラスチックは微粉

炭の代替として十分使用できるものであり、既設の発電ボイラで燃焼させれば、高効率でエネルギー回収が図られる見通しを得た。

またこれらの結果を解析し、微粉碎した廃プラスチックを既設発電ボイラ等で燃焼させた場合についてのフィージビリティスタディを行なった。

■表2 燃焼試験結果

試験項目	単位	廃プラ粉体燃焼	微粉炭燃焼	石油燃焼
燃料の種類	—	PE、PP、PS、PET等 (PS魚箱、PE、PP包装材)	歴青炭	C重油
低位発熱量	Kcal/kg	9700	8100~8400	約10300
燃料中のS分	%	0	0.5~0.8	0.1~0.2
粒経	μm	320~480	70以下(80%)	—
空気比	—	約1.3	1.2	1.2
燃焼状態	安定性、温度、 炎の広がり、長さ	良好	同左	同左
排ガス	NO <sub>x</sub>	ppm	63~79	220
	SO <sub>x</sub>	ppm	0	60~130
	未燃炭素分	g/N m <sup>3</sup>	0.0001以下	0.05

..... 微粉炭、C重油より優れている項目 (NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> は除去設備で規制値をクリアー)

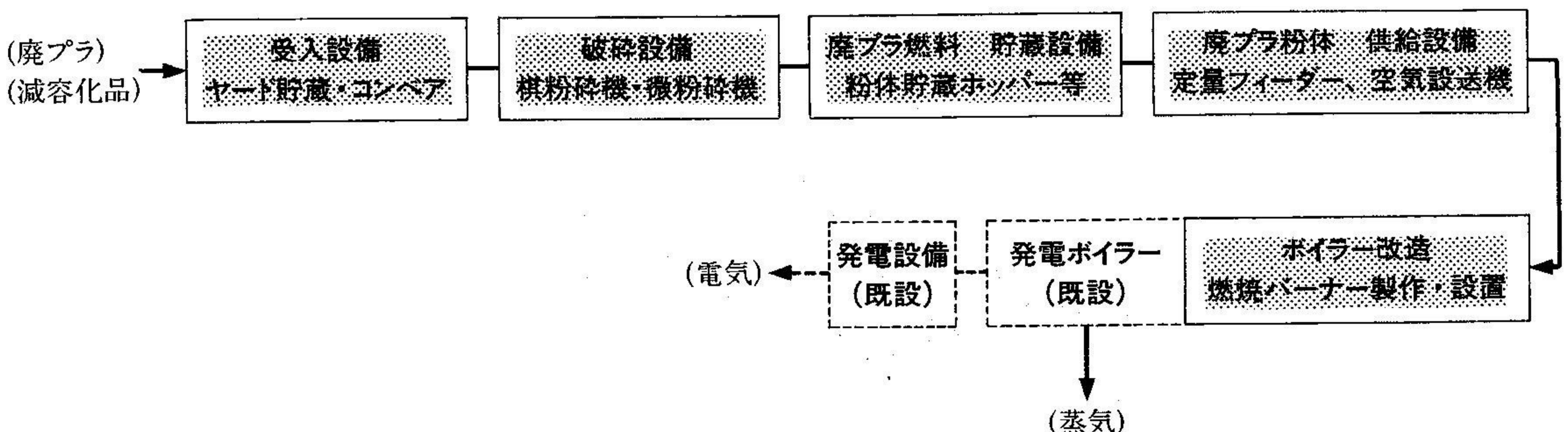
## 経済性評価

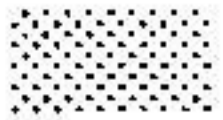
以下、フィージビリティスタディの結果を示す。

### 1) 前提条件

フィージビリティスタディを実施する際に使用した主な前提条件はつぎのとおりである。

設備費見積範囲 (.....の部分)



- a. 設備費用の見積り範囲(前pの  に示す)
- b. 年間稼働時間：8000時間
- c. 償却費：15年定額法(残存価値10%)
- d. 廃プラスチックの収集、分別に係わる費用は範囲外

## 2) 粉体燃料化コスト

表3に廃プラスチックの燃料化コストの試算結果を示す。ここでは、廃プラスチック処理量が600、900kg/hの2ケースについて示した。また一般に廃棄物进行处理する場合、1～2万円/トンの処

理費がかかるといわれており、この処理費を引き取り価格(逆有償)としてオンしたケースについても参考までに示した。

この表から明らかなように、廃プラスチックは処理量600kg/hのとき、ほぼC重油の購入価格なみのコストで処理することができ、それ以上になると、リターンが期待できる。また処理費をオンすると、既設発電ボイラを使用した廃プラスチックからのエネルギー回収方式は、かなりフィージブルであるといえる。

■表3 燃料化コスト

廃プラ燃焼量 (設備規模)  (kg/h)	設備費  (億円)	運 転 人 員  (人)	廃プラスチック燃料化コスト (円/kg)		
			無償で入手	処理費をオンした場合(参考)	
				0 (円/kg)	10 (円/kg) (逆有償価格)
600	4.05	5	23.2	13.2	3.2
900	5.10	5	19.6	9.6	△0.4

\* C重油購入価格：約23 (円/kg)、低硫黄重油購入価格：約32 (円/kg)

## まとめ

以上の結果から廃プラスチックの粉体燃料化技術を総括するとつぎのようになる。

- ・粉体燃料化された廃プラスチックは、従来の微粉炭と同等以上の燃焼特性があり、無公害燃焼、高効率エネルギー回収が図られる可能性がある。
- ・廃プラスチック処理量600kg/h (4800t/年)、引き取り価格無償のケースでC重油並みのコス

トで燃料化できる。したがって、それ以上の規模ではリターンが期待でき、経済的にも優れた処理方式であるといえる。

参考文献：

- 1) 「廃プラスチックの粉体燃料化の技術開発と実証実験」、(社)プラスチック処理促進協会、H6.3月。

