

プラスチック乾留焼却システム

Plastic Waste Incineration System

In view of the pressing need for a disposal plant for plastic waste the authors conducted an extensive research in incineration plants by way of the bench scale. The test plants were provided with a preliminary processing device which was designed based on the thermal characteristics of polyvinyl chloride and other plastic materials. As a result, basic data for the designing of a practical incineration plant were obtained.

高橋幸男* Yukio Takahashi

石川富久** Tomihisa Ishikawa

1 緒 言

第三の公害として、その対策が急がれているプラスチック廃棄物の処理は、当面、焼却処分による減容が最も実際的な方法として受け入れられている。しかし、この方法における問題点は、有害ガスの発生、不完全燃焼による黒煙の発生、重金属を含んだ灰の発生など、二次公害に結びつく因子が多い。これらはプラスチック固有の特性であることと、さらに発生ガスによる炉材の腐食といった焼却装置上の問題⁽¹⁾⁽²⁾も加わって、現況の大気ならびに水質の公害防止規制を満たし、しかもトラブルのない実用的な焼却装置の設計は、かなり高度で広汎な技術を要するものと言える。

ここでは、以上の要求をほぼ満たすと思われるプラスチック廃棄物の乾留焼却システムについてその概要を紹介する。

2 プラスチックの熱的諸特性

処理装置の計画上まず重要なことは、プラスチックの熱的な性質を知ることである。このため示差熱てんびんならびに石英製レトルトを有する小形乾留実験装置を用いて各種の基礎データを得た。

図1は、各種プラスチックの示差重量曲線(d -TGA)を示したものである。これは、各温度における試料の重量減少速度を温度に対してプロットしたもので、示差熱てんびんによる熱重量曲線を微分して得られたものである。

本図から、ポリエチレンなどの熱可塑性プラスチックは窒素中において、明らかに分解開始温度が400℃以上の高温側に移っており、メラミン樹脂などの熱硬化性のものは変化しない。塩素含有プラスチックであるポリ塩化ビニル(以下PVC

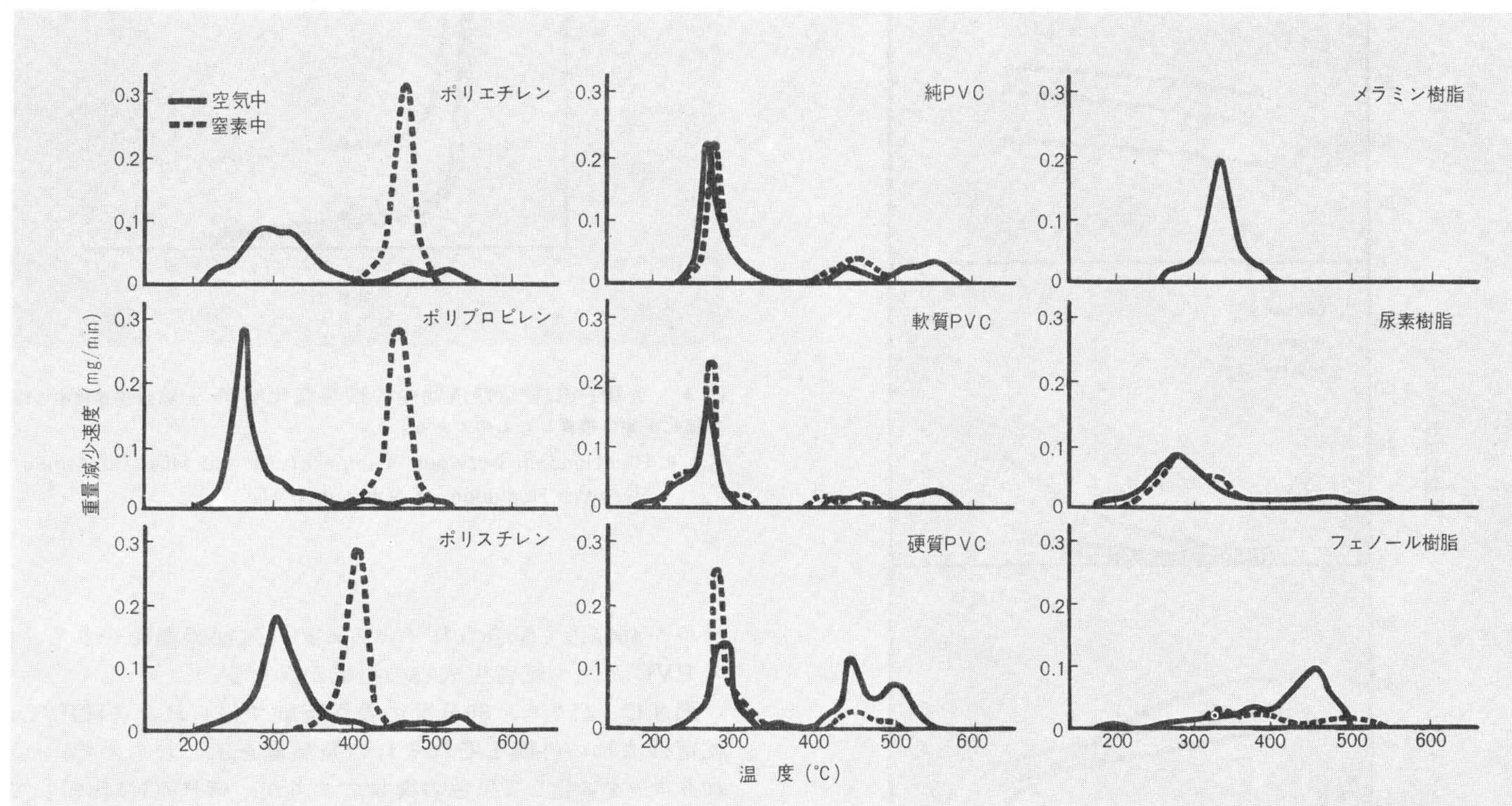


図1 各種プラスチックの示差重量曲線(d -TGA) 空気および窒素中における熱重量曲線から求めたもので、温度と反応速度の関係を示したものである。

Fig. 1 Differential Thermogravimetric Curves of Various PVC

* バブコック日立株式会社呉研究所

** バブコック日立株式会社産業廃棄物処理エンジニアリングセンタ

表1 プラスチックの溶融熱および分解熱 標準物質の吸熱ピーク面積との比較で求めたものである。

Table. I Heat of Decomposition and Fusion of Plastics

試料	溶融熱 (kcal/kg)	融点 (°C)	分解熱 (kcal/kg)	分解温度範囲 (°C)
ポリエチレン	16	105	78	390~510
ポリプロピレン	14	150	76	390~500
ポリスチレン	—	—	101	350~450
純PVC	—	—	50	220~310
メラミン樹脂	—	—	147	240~380
尿素樹脂	—	—	173	200~350

と略す)は軟質硬質を問わず280°C付近で最高の分解速度を持っており、これはPVCの脱塩化水素反応を示すものである。

表1は、窒素中における各プラスチックの示差熱曲線から求めた溶融熱と分解熱を示すものである。PVCの脱塩化水素反応に伴う分解熱は、熱硬化性のものに比べ低い値である。

図2は、各種PVCの乾留生成物の組成を示したもので、これは小形の乾留実験装置を用いて得られた結果である。

乾留生成物としては、塩化水素を主成分とするガス生成物と多量のコークス化した残渣(ざんさ)物および液体生成物が得られた。軟質PVCの場合、可塑剤としてDOP(dioctyl phthalate)、DPP(diphenyl phthalate)などのフタル酸エス

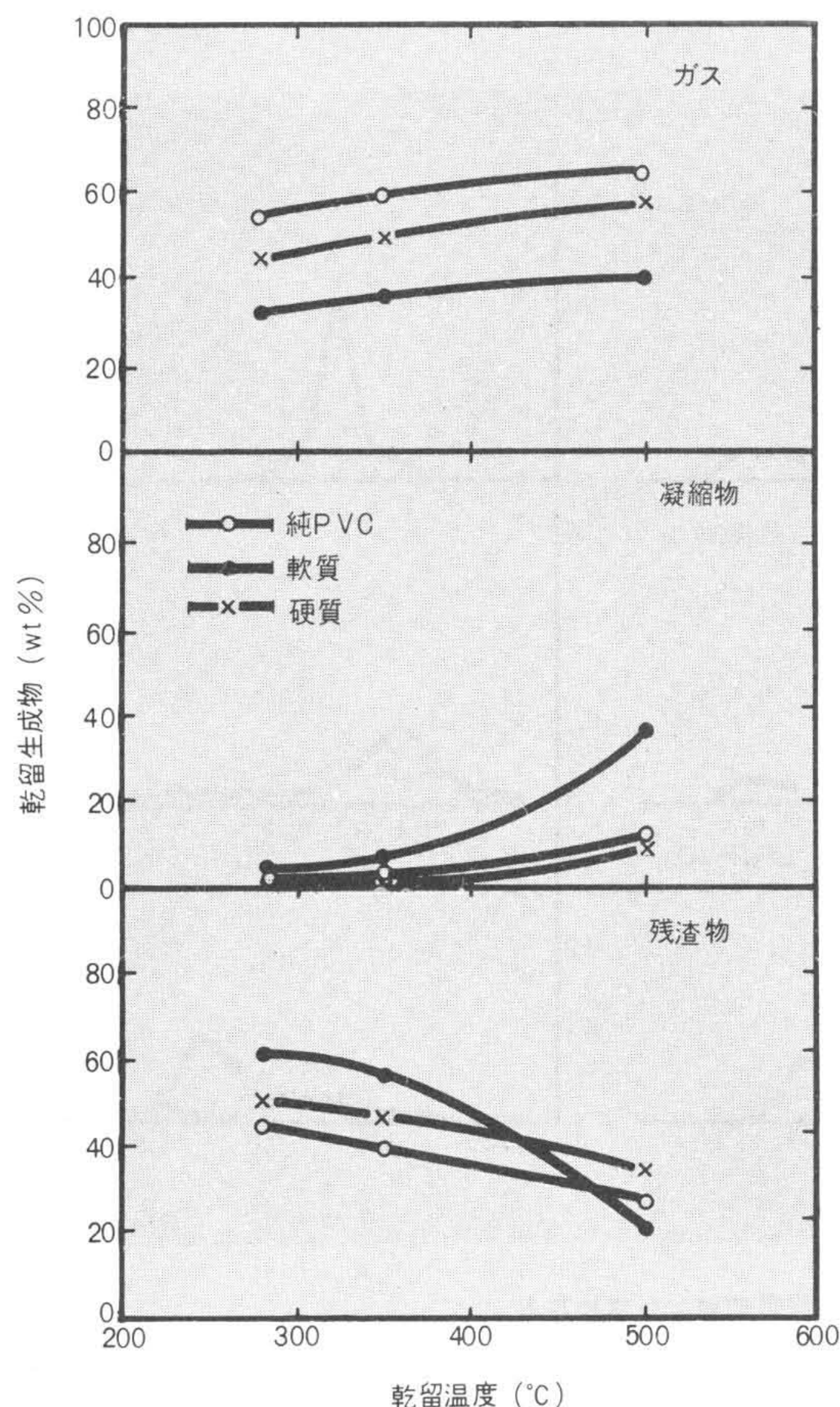


図2 各種PVCの乾留生成物 20φ石英製レトリートに試料3gを入れ、各温度に30分間保持したもので、凝縮物は液体である。

Fig. 2 Relationship between Temperature and Pyrolysis Products of PVC

	純PVC	軟質PVC	硬質PVC
350°C, 30分, 分解残渣物の外観			
発熱量 (kcal/kg)	9,700	7,900	8,040

図3 PVC熱分解生成物の性状 いずれのPVCも黒色のポーラスな残渣物を得られる。

Fig. 3 Pyrolysis Residues of Various PVC

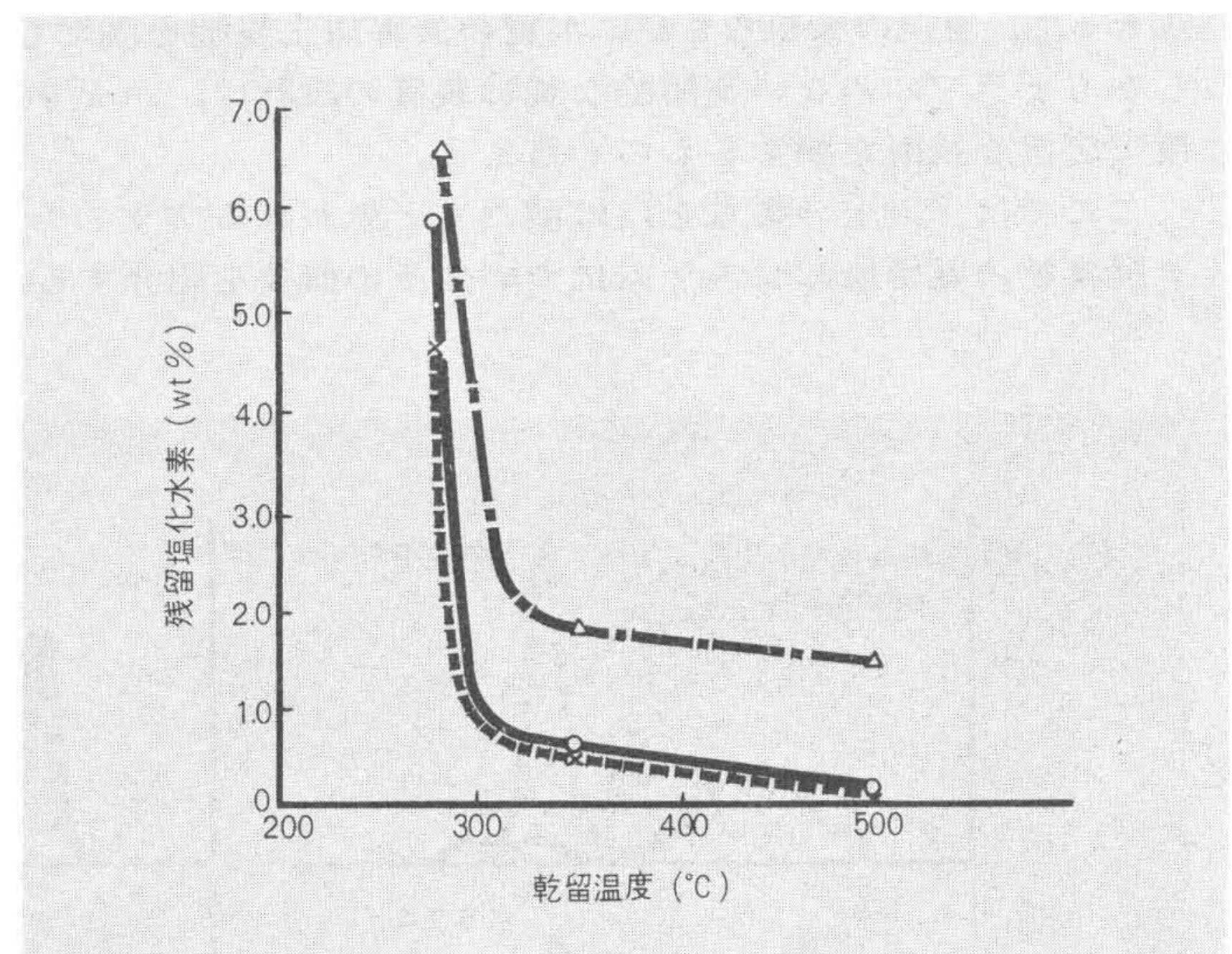


図4 各種PVC乾留残渣物中の残存塩化水素 乾留残渣物中の塩素を塩化水素に換算したものである。

Fig. 4 Relationship between Temperature and HCL Contained in Pyrolysis Residues of Various PVC

テルが40%近く配合されているため、液状凝縮物が多く、他のPVCと比べ乾留生成物の組成が異なる。

図3は、350°C、30分間の乾留実験で得られた各種PVCの乾留残渣物の外観とそれぞれの発熱量を示したもので、いずれもコークス化して黒色の塊状であるが、純PVCに比較して、硬質PVCの体積膨張が大で、280°Cにおいても同じ現象がみられた。乾留残渣物の発熱量が7,900~9,700kcal/kgと元の値の倍近くあるが、これは乾留により脱塩化水素反応が起こったことによる。

図4は、PVCの乾留実験で得られた残渣物中に含まれている塩素分を分析した結果で、各PVCとも、300°Cを境にして残留塩化水素量が著しく減少する。

3 乾留焼却システム

3.1 ベンチスケールテスト

図5は、PVC含有プラスチック廃棄物を無害に処理するために前処理装置を設けた焼却装置の外観である。

本装置は、乾留によってPVCの脱塩化水素を行なう前処理装置(乾留炉)、塩化水素を含む乾留ガスの処理装置および脱塩化水素処理したプラスチックの焼却炉から成っている。

(1) 前処理装置

PVCを燃焼した際発生する塩化水素は、トラブルの元凶であるので、図1のd-TGA結果で示された酸素不存在下でのポリオレフィンの熱特性を利用して、PVCを280~400℃で乾留し、脱塩化水素反応を行なわしめる装置。

(2) 乾留ガスの処理装置

PVCの乾留で発生するガスは塩化水素のほかに炭化水素も含まれるので、窒素含有プラスチック中にはシアン化水素を発生することも考慮に入れ、これらのガスを酸化無害化し、塩化水素のみを水に吸収させて塩酸として回収する装置。

(3) 焼却炉

脱塩化水素を図ったプラスチックに燃焼用空気を数段に分けて供給し、黒煙の発生を生じないように完全焼却する装置。

3.2 テスト結果

図6は、混合プラスチックを350℃に保持したキルン内に供給し、処理した場合の乾留残渣物の外観である。熔融したポリオレフィン中に脱塩化水素されたPVCが混入しており、キルンからの取出しは、PVC単独のものよりスムーズである。

表2は、前処理装置キルン内の温度を変えて、供給硬質PVCの脱塩化水素の度合いを調べた結果で、300℃では54.2%と悪く、350℃では98.5%と脱塩化水素率が上昇している。

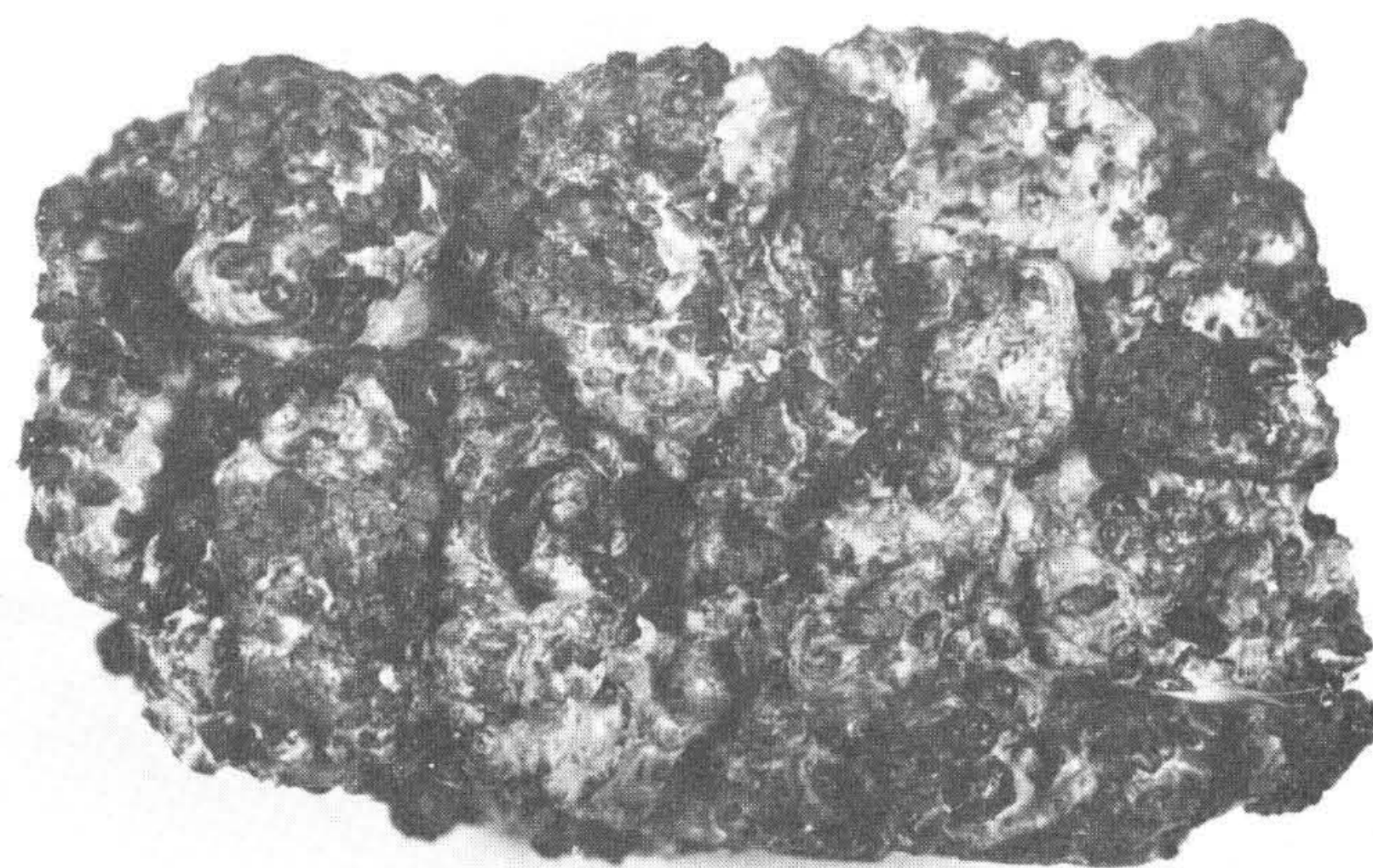


図6 混合プラスチックの前処理後の外観 前処理装置より取り出したもので熔融固化したものを示す。

Fig.6 Plastics Mixture Pretreatment

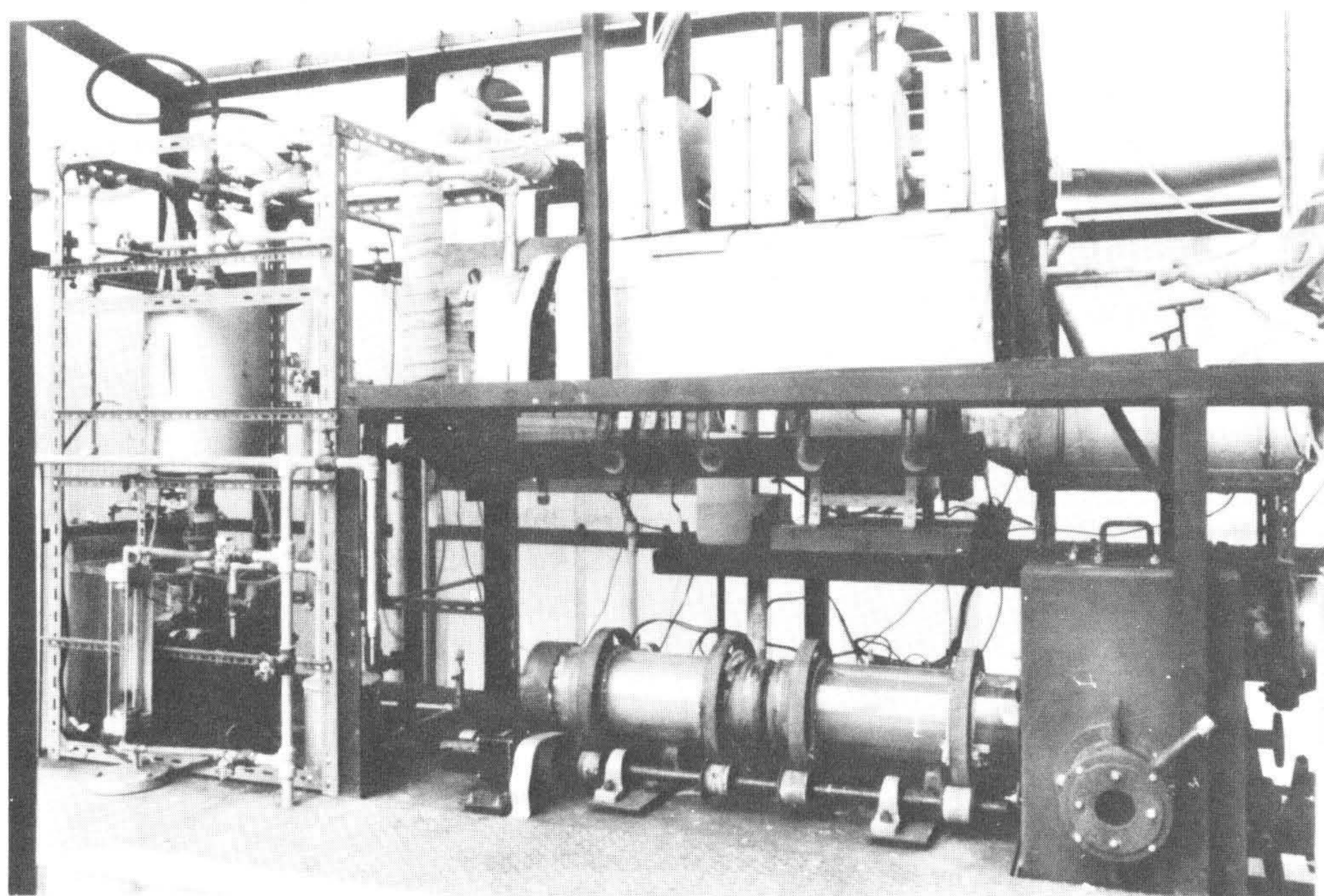


図5 ベンチスケールテストプラント 前処理装置のキルンは120φの石英製で、二重壁になっており、外壁部に加熱空気を流し、キルン内部には過熱蒸気を通して乾留を行なう。

Fig.5 View of Bench Scale Test Equipment

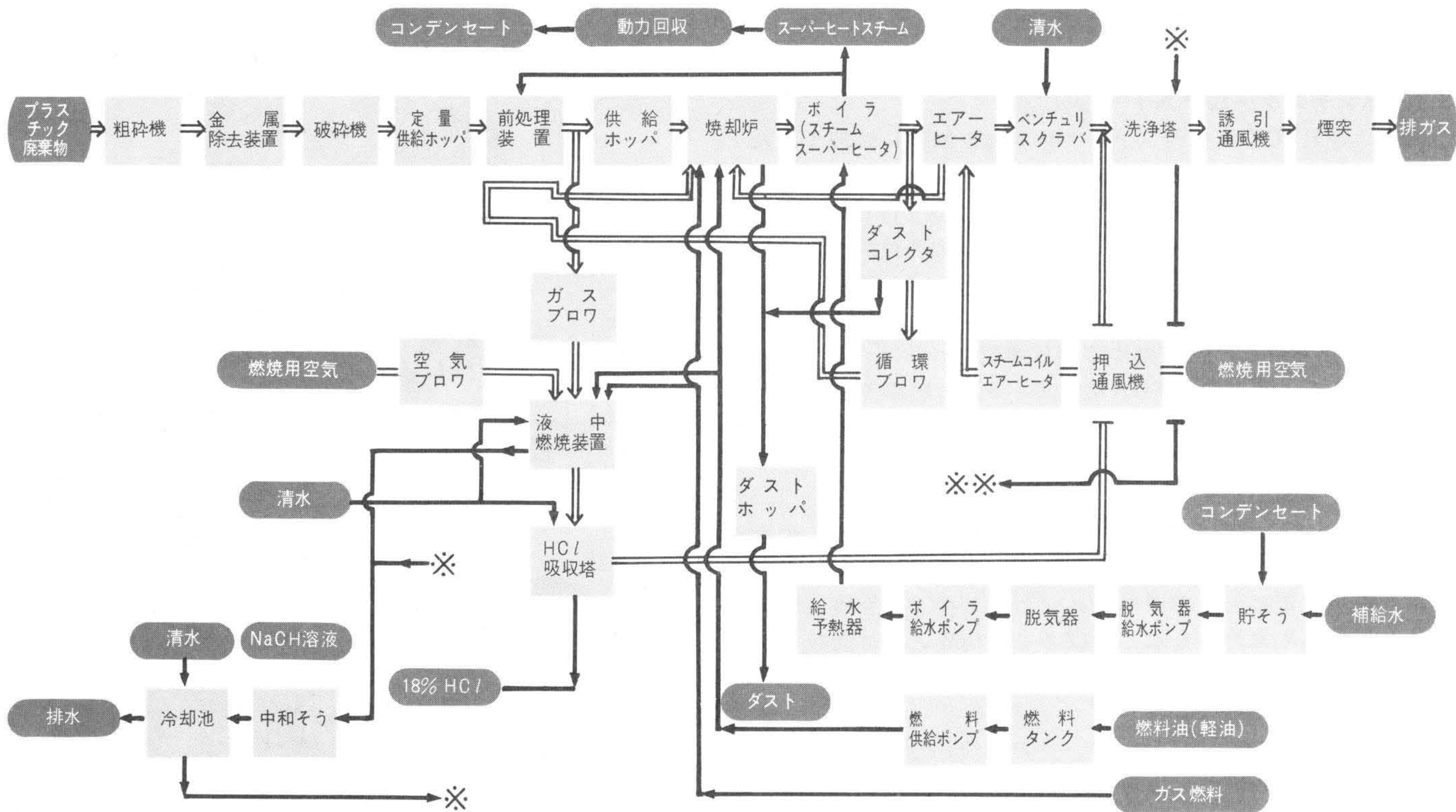


図7 プラスチック廃棄物焼却システム系統図 本系統は処理量 50t/d 規模の排熱回収ボイラ設置の場合を示す。

Fig. 7 Flow Diagram of Plastics Waste Incineration System

表2 前処理による硬質PVCの脱塩化水素 ベンチスケールテストで得られた乾留残渣物中の残存塩素量を示したものである。

Table 2 Pretreatment Hard PVC Dechlorination

乾留温度 (°C)	テスト No.	HCl 含有量 (wt%)	平均値 (wt%)	脱塩化水素率 (%)
未処理	—	55.5	—	—
250	C-11	41.5	42.1	24.1
	C-13	44.2		
	C-14	42.6		
	C-15	40.1		
300	C-21	21.0	25.4	54.2
	C-22	33.6		
	C-23	31.8		
	C-25	15.3		
350	C-33	0.54	0.86	98.5
	C-34	0.91		
	C-37	1.12		

3.3 乾留焼却システムの実施例

図7は、プラスチック乾留焼却システムの系統を示すものである。

プラスチック廃棄物は、粗碎機で破碎され金属を除去した後、さらに小さく碎かれ前処理装置に入る。ここで350～400℃に外壁よりの間接加熱とスチームによる直接加熱の併用で乾留され、プラスチックは溶融あるいは熱分解を受ける。PVCは空気との接触なしに脱塩化水素が行なわれる。乾留後の残渣物は焼却炉に供給され燃焼する。

燃焼排ガスはボイラで熱回収を行ない、500～350℃に降温後、その一部を循環ブロウにより再循環させ、前処理装置の周壁流路に導き熱分解の熱源として利用する。この方法は熱の経済と合わせキルンの伝熱面の腐食を軽減する。

残りの排ガスは、空気予熱器を経て、次の洗浄塔で冷却され、ガス中のダストは除去される。残存する微量の塩化水素を始めとする有害ガスはアルカリ液で吸収除去する。

前処理装置で分離された塩化水素を含む乾留ガスは、燃焼室に送り、ここで補助燃料とともにガス中の可燃物質を焼却処理し、塩化水素は水に吸収させ粗製塩酸として回収する。

この他、焼却炉末端より排出される灰中には、安定剤や顔料に起因する鉛、カドミウムなどの重金属が残存するため、洗浄排水も含めて、排水処理、固形物処理設備を設ける。

4 結 言

以上、プラスチック廃棄物を無害に焼却処理するシステムについてバブコック日立株式会社の方法の概要を記述したが、二次、三次公害として、大気汚染や水質汚濁につながる問題を処理できるシステムとして完成を期したい。

また本文で述べた熱分解特性や乾留実験の結果は、焼却処理だけでなく、熱分解によるオイル化、ガス化などプラスチックの有効利用の実現性を示しており、ユーザー側の要求に沿ってその実用化を図りたい。

参考文献

- (1) 林, 高橋: 火力発電 Vol.21, No.5 (1970) p.1
- (2) 高橋: 日立評論 52, 1054 (昭45-11)