

技術開発報告書概要版

補助事業名称：廃棄物の高カロリー・高付加価値ガスへの高効率転換技術の開発

補助事業者名：日本鋼管株式会社

1．技術開発担当・照会先

日本鋼管株式会社 技術開発本部 技術企画部 企画調整グループ

統括スタッフ 宮澤邦夫

電話：03-3217-2646、FAX：03-3214-8403

住所：〒100-8202 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

2．技術開発の目的と開発内容

2.1 技術開発の目的

従来の廃棄物の焼却処理による熱回収・発電では、エネルギー回収効率は低位である。また、生成ガスの有効利用はほとんど行われていない。この問題を鑑み、プラスチック・木材系の廃棄物を高カロリー・高付加価値ガスに高効率転換する新技術を開発する。本技術は、廃棄物の有する“化学エネルギー”を高度に再生するものであり、水素・一酸化炭素・メタンを主成分とする高カロリーでかつ化学工業原料としても付加価値の高いガスに転換するものである。

本事業では、多様な廃棄物に対応できること、地域分散型設備として小規模でも高効率であること、再生ガスを需要に応じて柔軟に供給できることを目標として、高効率転換技術を開発する。原料廃棄物からのガスへの転換、利用に至るまでの環境安全性を確実なものとするため、環境負荷物質の同定・低減技術を開発する。地域に根ざした循環型社会形成を推進するため、原料となる廃棄物の排出、再生ガスの需要に係る調査を実施する。

2.2 開発内容

1) 高効率転換技術

既存技術の特徴と問題点を概観し、新技術の具備すべき条件を明らかにし、高効率転換を実現する新技術の概念を構築する。これに基づき、廃棄物量 100kg/h 規模の試験装置一式を新設して、ガス化特性、生成ガスの性状等を総合的に試験し、提案する新技術を確認する。試験に供する廃棄物は廃プラスチックと木材とする。試験・分析は、廃棄物と温度を変えて全 10 回を計画する。

2) 環境負荷物質の同定・低減技術

主成分の組成把握とともに、共存する炭化水素類・有機塩素化合物等の環境負荷物質の同定・定量、平衡物性パラメータに基づくガス性状の解析、全有機ハロゲン量の測定による総括的な有害物質の把握を行う。環境負荷物質の除去・無害化と同時に主成分の含有率向上・高度の精製を図る手法を検討する。

3) 廃棄物の排出と再生ガスの需要の調査

原料となる廃棄物の排出、再生ガスの需要に係る現状と将来性を調査する。早期実用化を図るべく、開発の目標・方向性を明確にする。

3．技術開発の成果

3．1 高効率転換技術

1) 新技術の概念の構築

既存技術の特徴と問題点を評価・検討した結果、500 前後の低温ガス化では、多量のチャー・タールが生成し高効率転換を阻害していることが明らかになった。この問題を鑑み、酸素と蒸気（水）を用いて、約 1000 の高温でプラスチック・木材系の廃棄物をガス化し、高カロリー・高付加価値ガスに高効率転換する新技術の概念を構築した。

2) 試験装置

上記概念に基づき、廃棄物量 100kg/h 規模の試験装置一式を新設した。本体の概略図を図 1 に、外観を写真 1 に示す。廃棄物をガス化する工程と、1 次生成ガスを改質する工程の 2 つから成る。ガス化工程では、廃棄物を投入し、酸素 + 水を送風して、自身の熱分解と部分燃焼により、廃棄物をガス化する。続く改質工程では、酸素 + 水を送風して、チャー・タールをガス化し、良質の高カロリー・高付加価値ガスとする。コークスを同時に投入し、ガス化工程底部に高温のコークスベッドを形成し、安定したガス化を実現できるようにした。

3) 試験結果

廃棄物として廃プラスチックと木材を供し、廃棄物と温度を変えて全 10 回の試験・分析を行った。代表的な試験結果を表 1 に示す。[条件 1] は従来の低温ガス化を模した試験結果で、温度は 450 である。3380kcal/Nm³ の高カロリーガスが得られたが、チャー・タール生成量は 56g/Nm³ と極めて多い。これに対して、提案する約 1000 の高温ガス化 [条件 2] では、生成ガスの発熱量はやや低下するも、チャー・タール生成量は 2.0g/Nm³ と極めて少量で、[条件 1] の 1/30 に減じた。[条件 3] は廃プラスチック：木材 = 3：1 の比率に混合した原料を用いた結果である。廃プラスチックのみの [条件 2] と同様に、チャー・タール生成量は 3.7g/Nm³ とわずかであり、木材混合の場合でも安定したガス化が達成された。

以上の結果から、チャー・タール生成量は、流動床やキルンによるガス化で採用されている 500 前後の低温ガス化では極めて多いが、約 1000 の高温ガス化では 1/20～1/30 に低減されることを確認し、提案技術の妥当性・優位性を確証した。

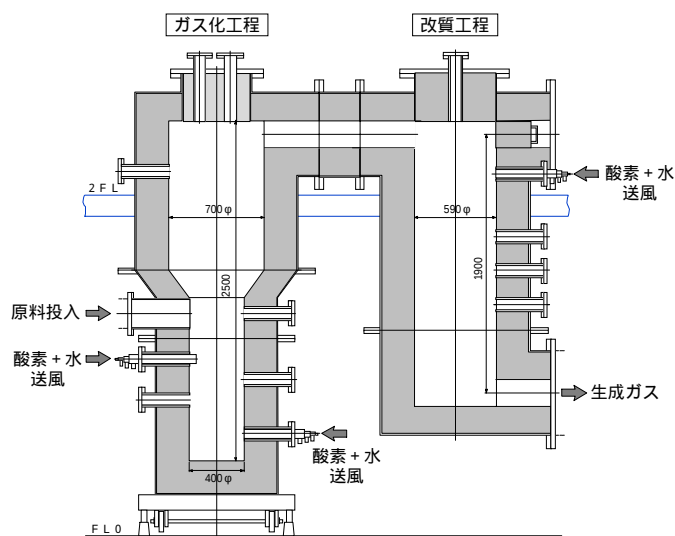


図 1 試験装置本体の概略図

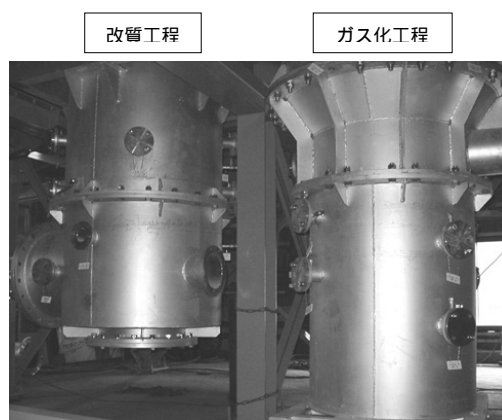


写真 1 試験装置本体の外観

表 1 ガス化試験結果

条件 No.		1	2	3
温度()		450	1,050	1,000
ガス化対象物		廃プラスチック	廃プラスチック	廃プラ + 木材
生成ガス 組成(%)	CO	76.8	55.2	60.5
	CO ₂	3.9	17.9	14.8
	H ₂	12.8	19.9	21.1
	N ₂	0.3	1.6	1.1
	CH ₄ +C ₂ H ₄	6.2	5.4	2.3
低位発熱量(kcal/Nm ³)		3,380	2,760	2,600
チャー・タール量(g/Nm ³)		56.0	2.0	3.7

3.2 環境負荷物質の同定・低減技術

3.2.1 環境負荷物質の同定

1) 目的

水素・一酸化炭素・メタンなどの主成分とともに、共存する環境負荷物質のベンゼン、トルエン等の芳香族化合物の定量さらに未知物質の同定を行う。また、有機性ハロゲン濃度を測定することにより、ダイオキシン類を含む有害化合物の存在を把握する。

2) 測定方法

試験装置から以下の方法により生成ガスを捕集し、芳香族化合物および有機性ハロゲン化合物の同定・定量を行った。

芳香族化合物については採取ガス中に含まれるダスト・水分を除去したのち、固体吸着剤(ウォーターズ製 Sep-Pak PS Air)に捕集し、GC-MS(ガスクロマトグラフ-質量分析計)により組成の同定・濃度の定量を行った。捕集は 400 ml/min の流速で 25 分間(10 L) 固体吸着剤に採取ガスを通気することにより行い、GC-MS の分析条件は表 2 のとおりとした。

3) 測定結果

ベンゼン、トルエン、*o*, *m*, *p*-キシレン他の GC-MS クロマトグラム例を図 2 に示した。この方法により、熱分解ガス及び改質ガス中の組成の同定と各環境負荷物質濃度の定量を行った。

3.2.2 平衡物性パラメータに基づく組成解析

1) 目的

熱分解ガス化後の改質-精製過程では、投入されるガスの組成と温度によって、環境負荷物質や主成分の組成が変わることが予想される。それらの成分の平衡組成を解析することにより、環境負荷低減および高カロリーガス生成の高効率化を目的とした操作条件を提案する。

2) 解析方法

平衡状態とは系の自由エネルギーが極小となる状態であることから、平衡組成の計算では、温度、初期ガス組成、構成成分の熱力学パラメータを与えて自由エネルギーが極小となる組成を求

表 2 GC-MS 分析条件

昇温条件	35 で4分保持後、180 まで6 /minで昇温
MS条件	イオン源温度 180 イオン化電圧 70eV スプリットレス方式
注入量	1 g/L(溶媒 n-ヘキサン)

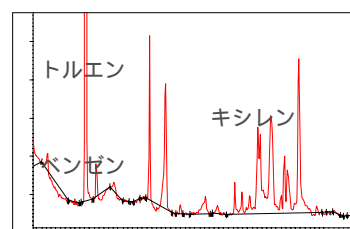


図 2 GC-MS クロマトグラム

める。多種多様な化学種を取り扱うため、4300 以上の物質の熱力学データを有した熱力学計算ソフト FactSage-version5 を用いて平衡組成を計算した。

3) 解析結果

平衡組成の解析により、熱分解ガス化組成と温度条件を変えて、改質・精製過程における水素・一酸化炭素の主成分の挙動、水蒸気量の影響、炭素の析出挙動、環境負荷物質の生成挙動を把握できた。これらの計算結果をもとに、高カロリーガスの高効率生成と安定供給および環境負荷物質の低減化法を提案した。

3.2.3 まとめ

熱分解ガスおよび改質ガス中には、無機の主成分のほかに種々の芳香族化合物および有機ハロゲン化合物が存在することから、主たる回収ガスの精製との一体的なプロセスにより、これらの比較的 low 濃度の成分を効率よく除去することが必要である。

一方、平衡条件下での組成解析により、ガス化条件と各種成分の挙動を予測することが可能となり、安定かつ高効率のガス回収を予測する手法を見出した。

3.3 廃棄物の排出と再生ガスの需要の調査

技術導入の適正条件を見出すため、原料廃棄物の収集・輸送に関する定量的な評価手法を開発した。輸送費が道路・鉄道・海上の各輸送機器の距離の関数で示されると、2 点間の最適ルートが決まり、輸送距離、輸送費、輸送に係わる環境負荷が算出される。全国自治体の基準点(区市町村役場)での発生量と基準点を結ぶネットワークの最短距離・最小コストを示すマトリックスを求めて、収集容易性を評価する。解析結果例を図 3 に示す。マクロには、大都市圏での導入が有利と判断され、初期普及は都市近郊の工業地帯が適する。続く全国普及は地方分散型の民生ガス供給源とし、一般廃棄物処理施設に併設し発電による総合効果を図ることも有効である。

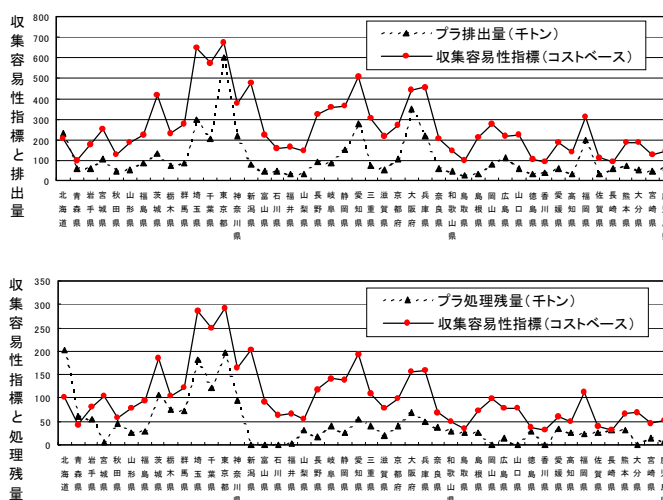


図3 プラスチック廃棄物の収集容易性指標と排出量
(再資源化処理前後)

4. まとめ

プラスチック・木材系の廃棄物を約 1000 の高温で高カロリー・高付加価値ガスに高効率転換する新技術を提言し、チャー・タール生成量は 500 前後の低温ガス化に比べて 1/20~1/30 に低減されることを試験により確認した。環境負荷物質の同定・低減を目的として芳香族化合物を同定・定量し、平衡物性パラメータに基づく組成解析により各種成分の挙動を予測する手法を見出した。また、廃棄物の排出と再生ガスの需要の調査で、技術導入の適正条件を見出す手法を開発・評価した。以上により、廃棄物の有効利用を推進する技術の基盤を得た。今後、本事業の成果を統合して最適条件の解明を進め、実用化を推進する。