

有機系放射性廃棄物の減容・安定化処理技術の開発

Development of Volume Reduction and Mineralization Technology for Radioactive Organic Wastes

牧 田 隆 エネルギー・プラント事業本部エネルギーシステム事業部原燃プロジェクト部
荒 井 和 浩 エネルギー・プラント事業本部エネルギーシステム事業部原燃プロジェクト部 課長 博士（工学）

原子力関連施設などから発生する有機物を含んだ放射性廃棄物の減容・安定化処理を目的としたガス化処理システムを開発した。本技術は米国 Duratek 社の技術を基に、日本の放射性廃棄物処理事情を考慮して改良を行ってきたものである。今回、システムとしての成立性を確認するため、2 kg/h 規模の実証装置を設置し、イオン交換樹脂、ふっ素樹脂などの難燃性模擬廃棄物を用いた処理試験を行い、高い減容率を維持しながら安定かつ良好に処理できる装置として成立することを確認した。

Volume reduction and mineralization treatment systems by gasification were developed for radioactive organic wastes, which mainly come from nuclear treatment facilities. IHI has improved this technology, which was developed by Duratek Inc. of the USA, for the management of radioactive organic wastes in Japan. To confirm applicability of this technology, demonstration equipment was installed (capacity; 2 kg/h), and continuous treatment tests carried out using surrogate wastes, such as ion exchange resins and fluorine-containing polymers. High volume reduction rates of these wastes were obtained, and the demonstration equipment showed stable performance.

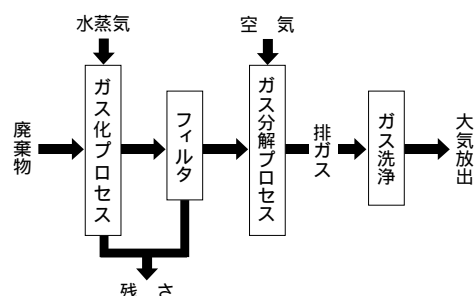
1. 緒 言

原子力発電所や再処理施設、研究機関など原子力関連施設から排出される低レベル放射性廃棄物はセメントなどで固型化され、廃棄体として埋設処分される計画である。低レベル放射性廃棄物のうち、可燃物については焼却処理されているが、難燃性有機系廃棄物および有機物を含む雑固体廃棄物は、焼却処理が困難である。また、そのまま固型化した場合、廃棄体中の有機物の浸出で処分場周辺環境に影響を与え、処分場での放射性核種の挙動に影響を与える懸念があることから、大部分がそのまま保管されている。近年では、その保管量がドラム缶換算で数万本にのぼる。さらに今後、施設の操業に伴う定常的な発生に加え、老朽化した施設の解体で同様な廃棄物が発生することから、有効な処理技術の開発が望まれている。そこで当社では、米国 Duratek 社から過熱水蒸気を利用した有機系廃棄物のガス化減容・安定化技術を導入し、日本の処理事情に合わせた技術改良を行っている。

今回、これまでに実施した基礎試験の結果を基に実証試験装置を設計・製作し、イオン交換樹脂、ふっ素樹脂などの難燃性模擬廃棄物の処理を行い、大幅に減容処理できる装置として成立することを確認したので、その結果について報告する。

2. プロセスの概要

本技術の概念フローを第 1 図に示す。本技術は、過熱水蒸気雰囲気中 500 ～ 700 程度で廃棄物中の有機成分をガス化し（ガス化プロセス）、その後ガス化プロセスで発生したガス化ガスを 1 000 以上で分解する（ガス分解プロセス）2 段階処理を特徴としている。2 段階処理を採用することで、廃棄物の有機成分の組成や含有割合の変動に対して影響を受けにくくし、各プロセスを独立して制御することによってプロセス全体の安定性を高めている。またガス化の熱源として電気を用いた外部ヒータを採用しているため、廃棄物の熱量に対して制限がなく、ガス状、液状の廃棄物にも対応ができる。さらにプロセス全体を負圧に制御することで、廃棄物中の放射性物質が装置系外に漏れ出



第 1 図 減容・安定化処理技術の概念フロー

Fig. 1 Conceptual flow diagram of waste treatment technology

すことを防いでいる．以下に各プロセスについて述べる．

(1) ガス化プロセス

ガス化プロセスにおいて有機物を含んだ廃棄物を 500 ～ 700 程度の過熱水蒸気（必要に応じて少量の空気を混合する）と接触させ、熱分解および加水分解反応で、廃棄物中の有機成分をガス化させる．廃棄物には有機成分がガス化することで容積が減少し、灰分、金属酸化物などの化学的に安定な無機物残さとなって排出される．またガス化温度が比較的低温なため、放射性元素を揮発させずに酸化物の形で残さ中に閉じ込めることができる．

(2) ガス分解プロセス

難燃性廃棄物の多くにはフッ素、塩素などのハロゲンが含まれるため、これら廃棄物のガス化ガスには、有機ハロゲン化合物が多く含まれる．有機ハロゲン化合物は自己消火性をもつため自然による焼却は困難である．したがって、有機ハロゲン化合物を含むガス化ガスを分解するにはバーナによる補助燃焼が必要になる．しかし、本装置の設置が予想される施設では、大量の燃料を用いたバーナの利用が困難であると想定される．このためガス分解プロセスでは、高温空気を用いてガス化ガスの一部を酸化させ、その際の反応熱を利用している．まず過熱水蒸気で有機ハロゲン化合物からハロゲンを脱離させ、次に過剰空気中で有機化合物を完全酸化させるプロセスを採用することによって、

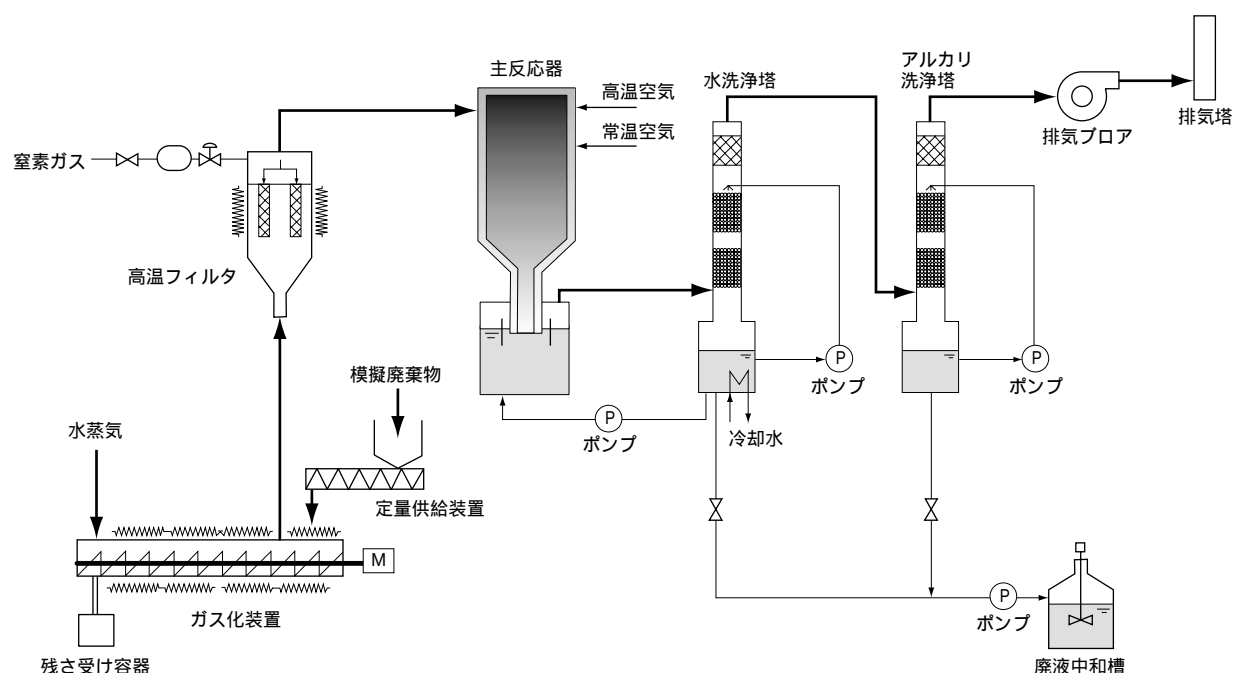
補助燃焼を用いずにガス化ガスを分解している．

3. 実証試験装置

実証試験装置の概観および概念をそれぞれ第 2 図、第 3 図に示す．第 3 図中のガス化装置はスクリーで押し込みながら加熱する方式を採用した．この方式ではスクリーの回転速度を制御することで、廃棄物に応じて最適な処理時間を設定することができる．また適切なスクリー形状を選定することで、過熱水蒸気と廃棄物との接触効率を高め、効率良くガス化することができる．ガス化処理後の廃棄物残さは水分を含まない乾燥した状態で残さ受け容器に排出される．また過熱水蒸気を模擬廃棄物の流れと対向さ



第 2 図 実証試験装置の概観
Fig. 2 Demonstration equipment



第 3 図 実証試験装置の概念
Fig. 3 Conceptual design of demonstration equipment

せて供給することで、ガス化装置から排出される直前の廃棄物が常に清浄な過熱水蒸気と接触し、廃棄物に残留する有機物量を極力低減するようにしている。

ガス化ガスは高温フィルタを経由して主反応器に送られるが、ガス化ガスに同伴した放射性物質を含んだダストは高温フィルタで捕集される。高温フィルタで捕集されたダストは高温フィルタの逆洗操作でガス化装置に戻される。

主反応器は、有機ハロゲン化合物を含んだガス化ガスを高温空気と常温空気の2段階供給で完全にCO₂とH₂Oに分解する方式を採用している。まずガス化ガスの一部を空気比1以下の高温空気中で部分酸化し、その際の反応熱でガス化ガス中の有機ハロゲン化合物を過熱水蒸気と反応させ、ハロゲンを脱離させる。次に過剰な空気を供給し、ハロゲン脱離後の有機化合物を完全酸化させる。部分酸化によるハロゲン脱離および完全酸化を一つの反応器内で行うことによって、有機ハロゲン化合物の効率的な分解ならびに装置のコンパクト化を実現している。

主反応器から排出される燃焼ガスを、水中でバブリングさせ約60℃に急冷することで、ダイオキシン再合成を抑制している。急冷後のガスを水およびアルカリ洗浄塔を通して、ガス中の酸性ガス成分を除去した後、大気放出する。

4. 試 験

4.1 試験方法

試験には難燃性廃棄物の代表としてイオン交換樹脂およびふっ素樹脂、可燃物の代表としてペーパーウエスを用いた。これら模擬廃棄物の性状を第1表に示す。

試験は第3図に示した実証試験装置を用いて模擬廃棄物を連続供給して実施した。試験後、排出された残さを回収し、重量および容積を測定することで減重率、減容率を評価した。また試験中、排ガス中のCO、NO_x、SO_x濃度を連続測定することで、装置の処理運転に関する安定性を評価した。

第1表 模擬廃棄物の性状
Table 1 Property of surrogate wastes

試料名	内 容	形 状
イオン交換樹脂	陽イオン交換樹脂 53 wt%	粉 状
	陰イオン交換樹脂 28 wt%	
	吸着金属 9 wt%	
	酸化鉄 10 wt%	
ふっ素樹脂	四ふっ化エチレン-エチレン共重合体	フィルム
ペーパーウエス	パルプ	シート

4.2 試験結果

試験はどの試料も想定外の温度変化や圧力変動などは発生せず、安定して処理することができた。また試験後、装置内部を開放点検した結果、ガス化装置内に試料の未分解物や連続処理に異常を来たようなたい積は見られず、配管、高温フィルタでは、ガス化ガスの凝縮やフィルタの目詰まりなども見られなかった。

試験結果を第2表に示す。難燃性のイオン交換樹脂はほかの2試料に比べて減重比、減容比ともに小さい値となっているが、これは第4図に示すように腐食生成物の模擬物質として混合した酸化鉄がそのまま残留するためである。ガス化率が98.3%であることから、イオン交換樹脂中の有機成分はほぼガス化していると判断できる。難燃性であるふっ素樹脂では残さの発生が確認されなかった。これはふ

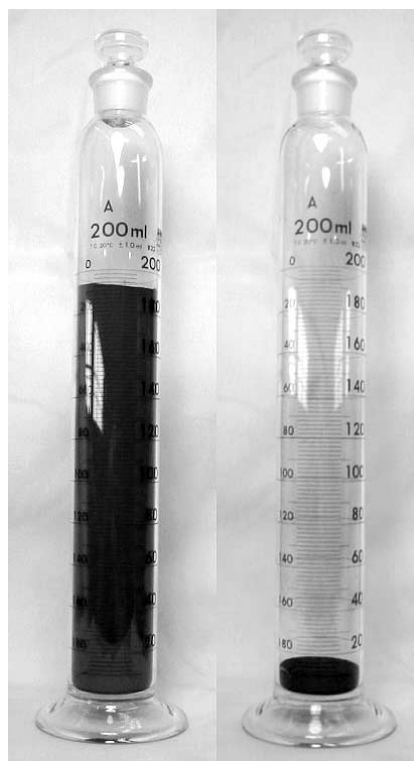
第2表 確認試験結果
Table 2 Results of continuous treatment test

試料	減重比 ^{*1}	減容比 ^{*1}	有機物のガス化率 ^{*2} (%)
イオン交換樹脂	1/20	1/17	98.3
ふっ素樹脂	< 1/100	< 1/100	> 99.9
ペーパーウエス	1/25	1/26	96.8

(注) *1: (試験後の試料重量・容積) / (試験前の試料重量・容積)

*2: 100 - (試料中の全有機物に対する残さ中の全有機物の重量百分率)

(a) 試験前 (b) 試験後

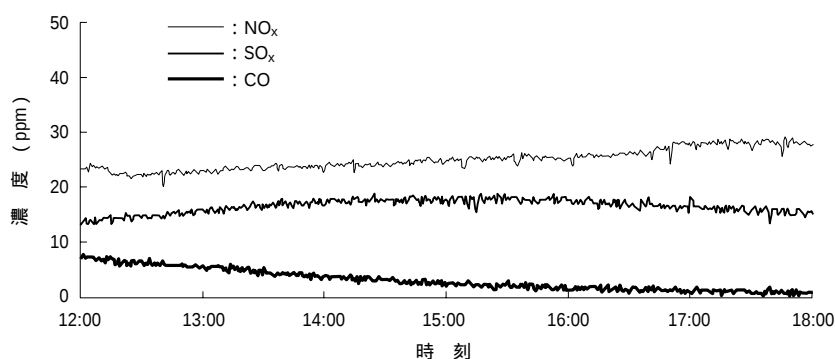


第4図 試験前後のイオン交換樹脂の外観
Fig. 4 External appearance of ion exchange resin before and after test

第 3 表 排ガス組成
Table 3 Composition of exhaust gas

試料	NO _x (ppm)	SO _x (ppm)	CO (ppm)	HF (ppm)
イオン交換樹脂	25	15	< 10	
ふっ素樹脂	25	< 10	< 10	< 0.5
ペーパーウエス	75	< 10	< 10	
(排出規制値)	250	100	100	3

(注) 1. 数値はすべて試料供給中の時間平均値
2. SO_xの排出規制値は煙突の高さで変化するため、本実験では目標値



第 5 図 排ガス組成の時間変化 (イオン交換樹脂)
Fig. 5 Temporal change in NO_x, SO_x and CO concentration (ion exchange resin)

ふっ素樹脂の主鎖の C-C 結合に比べて側鎖の C-F 結合の方が熱的安定性が良く、側鎖より主鎖の方が先に分解するため、解重合でモノマーが生成し、全量ガス化したためと考えられる。可燃性のペーパーウエスではガス化率が 96.8%であったことから、残さには有機成分が含まれず、ほとん

ど灰分となっている。可燃物であるペーパーウエスの残さが灰状であることから、可燃物についても、難燃物と同様に処理できる。したがって、可燃物、難燃物が混在した廃棄物であっても分別することなく本装置に投入できる。

第 3 表に各試料の排ガス組成を示す。また第 5 図にイオン交換樹脂処理時の排ガス組成の変化を示す。どの試料においても、NO_x, SO_x, CO の排出規制値または目標値以下で処理することができた。特にイオン交換樹脂、ふっ素樹脂の処理ではそれぞれ SO_x, HF が発生することが基礎試験から分かっている。本試験結果から、大部分がスクラバで除去されたことが確認できた。また第 5 図で排ガス中の NO_x, SO_x, CO 濃度に大きな変化がないことから、安定して処理が進行していることが分かる。

5. 結 言

本試験の結果、有機系廃棄物の減容・安定化処理装置としての成立性を示すことができた。今後は、本装置を用いてその他の難燃性廃棄物およびそれらの混合物についても処理性能を評価していくとともに、装置のさらなる最適化を行って有機系放射性廃棄物の処理装置としての安定性向上を図っていく予定である。