

令和5年度環境省委託業務

令和5年度地域共創・セクター横断型カーボン
ニュートラル技術開発・実証事業
(高効率エネルギー利活用に向けた
次世代型廃棄物処理システムの開発)

委 託 業 務

成 果 報 告 書

令和6年3月

日 立 造 船 株 式 会 社

要約

本委託事業は、エネルギー起源 CO₂ 排出量の削減および脱炭素社会実現に向けた、新しい都市ごみ処理プロセスを開発し社会実装を目指すものである。具体的には、一般廃棄物から熱分解ガス（水素リッチな可燃性のガス）を生成することにより高効率かつ多用途のエネルギー利活用に資する、独自構造のロータリーキルン（熱分解ガス化改質炉）を用いた新たな熱分解ガス化改質システムの実証を行った。

本委託事業において実施する実証試験では、自治体の一般廃棄物を対象とした熱分解ガス化改質システムの実証試験設備を設計・建設し、その技術的な性能を評価・検証した。

R5 年度の主な成果は以下のとおりである。

1. 熱分解ガス化改質炉の最適化

1) 実証運転

実際の一般廃棄物を用いて、計 34 回の実証運転（総稼働時間 5400 時間以上）を行い、焼却残渣の熱しゃく減量 5%以下 (0.2%) および長期運転（R5 年度:連続 45 日、総計 105 日）が可能なことを確認した。

2) 運転条件の最適化

各種運転条件（改質蒸気量、各部温度等）を最適化して、一般廃棄物処理が安定して行えることを確認した。

3) 内部点検およびデータ採取

30 日運転終了後の R5 年 5 月と 7 月、45 日運転終了後の R5 年 11 月に実施した。炉本体の候補材試験片の腐食減肉の調査を行い、本システムに適した材質を評価した。

2. ガス精製装置の最適化

1) 実証運転

一般廃棄物の熱分解ガスを用いて計 30 回のガス精製装置運転（総稼働時間 3500 時間以上）を実施した。

2) 安定処理が可能なシステム

ガス精製装置の各部温度や噴射量等を最適化して、運転条件を確立した。

有害成分の除去率向上のためにオイルスクラバーを増設して、内部構造や溶媒を見直すことにより、最適仕様を確立した。

3) 内部点検およびデータ採取

30 日運転終了後の R5 年 5 月と 7 月、45 日運転終了後の R5 年 11 月に実施した。各機器と配管のタールの付着状況を確認した。付着したタールを採取し、タール成分の分析を実施した。

4) 排水処理システムの検討

実証試験の排水について有害成分の含有量を分析し、実際の排水を用いた処理テストを実施した。実機プラントを想定した排水処理フロー案を作成した。

3. システム全体の最適化

1) 維持管理、補修方法、安全運転対策の検討

昨年度に検討・立案した維持管理、捕集方法を実際の運転を通じてブラッシュアップした。実証運転を通じて得られたデータを集約し、トラブル事例と対策案をまとめた。連続運転時に生じる維持管理、補修作業について、リストを作成した。

2) 実証設備の運転

R5 年度の運転日数として、合計 90 日以上を達成した。(R5 年 4 月 : 30 日、6 月 : 30 日、9～10 月 : 45 日)

4. 事業化計画の策定

1) 実機規模のコスト試算

実機規模のフローシートを作成し、建設コストとランニングコストを試算した。

2) 事業採算性の試算

既設の水噴射炉、ボイラ炉と比較し、事業採算性を評価した。

3) 情報発信、提案活動

廃棄物最新処理技術セミナーの講演およびブース説明を実施した。自治体等にヒヤリングを行い、本技術の PR および意見交換を実施した。

4) 知的財産の権利化

実証期間中に得られた知見に関して、特許を 1 件出願した。

Summary

[Title]

Development of a next-generation waste treatment system for highly efficient energy utilization

[Representative of the project]

Michiro Hirama

Business & Product Development Center

Environmental Business Headquarters

Hitachi Zosen Corporation

[Abstract]

The commissioned project aimed to develop and implement a new treatment process for urban waste, aiming to reduce energy-derived CO₂ emissions and contribute to the realization of a decarbonized society. Specifically, it demonstrated a novel pyrolysis gasification reforming system that generates pyrolysis gas (hydrogen-rich, combustible gas) from general waste. This system employs a uniquely structured rotary kiln (pyrolysis gasification reforming furnace) that contributes to highly efficient and versatile energy utilization.

During this project, a demonstration test plant was designed and constructed for the pyrolysis gasification reforming system, targeting a municipality's general waste, and its technical performance was evaluated and verified.

The main achievements in FY2023 are as follows:

1. Optimization of pyrolysis gasification and reforming furnace

1) Trial operation

A total of 34 demonstration runs (total operating hours: more than 5400 hours) were conducted using actual general waste. It was confirmed that the pyrolysis gasifier can achieve a heat loss of less than 5% (0.2%) from the incineration residue and maintain long-term operation (45 consecutive days in FY2023, 105 days in total).

2) Optimization of operating conditions

Stable general waste treatment was achieved by optimizing various operating conditions

(reforming steam amount, temperature of each part, etc.).

3) Internal inspection and data collection

Inspections were conducted in May and July of R5 after 30 days of operation, and in November of R5 after 45 days of operation. Corrosion thinning of candidate material specimens of the furnace body was investigated to evaluate suitable materials for this system.

2. Optimization of the gas purification system

1) Trial operation

A total of 30 gas purifier operations (total operating hours: more than 3,500 hours) were conducted using pyrolysis gas from general waste.

2) Establishment of a stable processing system

Operating conditions were established by optimizing the temperature, injection volume, etc., of each part of the gas purifier. An oil scrubber was added to improve the removal rate of hazardous components, and the internal structure and solvents were reviewed to establish optimal specifications.

3) Internal inspection and data collection

Inspections were conducted in May and July of R5 after 30 days of operation, and in November of R5 after 45 days of operation. The status of tar deposits on each equipment and piping was checked, and the deposited tar was collected and analyzed for tar components.

4) Examination of wastewater treatment system

The wastewater from the demonstration test was analyzed for the content of harmful components, and a treatment test was conducted using actual wastewater. A draft wastewater treatment flow plan was prepared for the actual plant.

3. Optimization of the entire system

1) Examination of maintenance, repair methods, and safety measures

Maintenance, management, and collection methods studied and drafted in the previous year were refined through actual operation. Data obtained from the demonstration operation were

consolidated, and troubleshooting cases and proposed countermeasures were summarized. A list of maintenance, management, and repair tasks occurring during continuous operation was prepared.

2) Operation of the demonstration facility

A total of over 90 days of operation was achieved in FY R5 (April: 30 days, June: 30 days, September-October: 45 days in R5).

4. Formulation of the commercialization plan

1) Cost estimation for full-scale equipment

A flow sheet for the scale of the actual equipment was prepared, and construction and operating costs were estimated.

2) Estimation of business profitability

The profitability of the project was evaluated by comparing it with existing water injection furnaces and boiler furnaces.

3) Information dissemination and proposal activities

Lectures and booth presentations were conducted at seminars on the latest waste treatment technologies. Hearings were held with local governments to promote the technology and exchange opinions.

4) Acquisition of intellectual property rights

One patent application was filed for the findings obtained during the demonstration period.

[Keywords]

Municipal Solid Waste, Gasification, Reforming, High efficiency power generation

令和5年度地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業（高効率エネルギー利活用に向けた次世代型廃棄物処理システムの開発）
成果報告書目次

第1章 委託業務内容	1
1.1 業務の目的	1
1.2 業務の内容	1
1.2.1 熱分解ガス化改質炉の最適化	2
1.2.2 ガス精製装置の最適化	2
1.2.3 システム全体の最適化	3
1.2.4 事業化計画の策定	3
1.2.5 検討会の開催	4
1.2.6 報告書の作成	4
1.2.7 技術開発・実証の目標設定	4
1.3 業務履行期限	7
1.4 成果物	7
1.5 著作権等の扱い	7
1.6 情報セキュリティの確保	7
1.7 実施体制	8
第2章 背景と目的	9
2.1 背景	9
2.2 本技術の位置づけと目的	9
2.2.1 技術的意義	9
2.2.2 政策的意義	9
2.3 本技術開発の概要	10
2.3.1 本システムのフローおよびエネルギー収支	10
2.3.2 コンセプト	11
2.3.3 実用化に向けた課題	11
2.3.4 想定されるユーザ	11
2.3.5 周辺技術の開発／整備の必要性	12
2.3.6 平行して開発されている競合技術の開発状況	12
2.4 本事業の推進体制	12
第3章 熱分解ガス化改質炉の最適化	14

3.1	熱分解ガス化改質炉の概要	14
3.1.1	熱分解ガス化改質炉の構造	14
3.1.2	基本設計条件	16
3.1.3	詳細設計条件	19
3.2	実証運転スケジュール	21
3.3	一般廃棄物処理の安定処理に適した運転条件の最適化	23
3.3.1	一般廃棄物の変動特性	24
3.3.1.1	ごみ質分析	24
3.3.2	熱分解ガス化改質炉のごみ処理能力	26
3.3.3	熱分解ガス化改質炉の性能向上に向けた運転条件の最適化	27
3.3.3.1	熱分解出口温度の最適条件	27
3.3.3.2	改質蒸気量の最適条件	29
3.3.3.3	改質温度の最適条件	29
3.4	最適運転条件での性能評価	31
3.5	熱風発生炉運転挙動	32
3.5.1	熱しゃく減量	32
3.5.2	運転安定性	32
3.6	炉本体材料の検討	34
3.6.1	付着灰分析及び評価	34
3.6.2	炉本体の候補材試験片の暴露試験および評価	36
第4章	ガス精製装置の最適化	39
4.1	ガス精製装置の概要	39
4.1.1	ガス精製装置の基本フロー	39
4.1.2	機器仕様	42
4.1.3	機器配置図	43
4.2	実証運転スケジュール	45
4.3	各種機器の運転条件の最適化	47
4.3.1	急冷塔の運転条件の最適化	47
4.3.1.1	冷却性能	47
4.3.1.2	タール除去性能	49
4.3.1.3	煤塵除去性能	50
4.3.1.4	まとめ	50

4.3.2	吸収塔の運転条件の最適化	51
4.3.2.1	タール除去性能	51
4.3.2.2	まとめ	51
4.3.3	減湿コンデンサ運転条件の最適化	52
4.3.3.1	減湿性能	52
4.3.3.2	タール除去性能	52
4.3.3.3	まとめ	53
4.3.4	オイルスクラバー運転条件の最適化	54
4.3.4.1	吸収油の選定	54
4.3.4.2	充填物の選定	54
4.3.4.3	まとめ	55
4.3.5	ガス精製装置の最適運転条件	56
4.4	最適運転条件での性能評価	57
4.4.1	最適運転条件での夾雑物除去結果	57
4.4.2	タール除去率向上案	58
4.5	連続運転後における内部点検およびデータ採取	58
4.6	熱分解ガス精製装置排水の最適処理システム	60
4.6.1	実証実験の排水性状の把握	60
4.6.1.1	排水分析	60
4.6.1.2	水槽底部堆積物の分析	64
4.6.2	実証実験排水処理テスト	65
4.6.2.1	シアン除去の検討(凝集沈殿テスト)	65
4.6.2.2	底部堆積物の脱水性確認(沈降特性テスト)	66
4.6.3	実機を想定した排水処理フロー	67
第5章	システム全体の最適化	69
5.1	基本フロー・構造	69
5.2	実証運転スケジュール	73
5.3	実証設備の長期運転のための最適化検討	75
5.3.1	サイクロン口径の拡大	75
5.3.2	急冷塔ー吸収塔 1 接続配管への水噴霧	76
5.3.3	タールによる性能低下対策	78
5.3.4	熱分解ガス化改質炉内の圧力差対策	80

5.4	長期運転のための運転要領書および維持管理・補修方法・安全管理の検討	80
5.4.1	熱風発生炉でのクリンカ付着対策	80
5.4.2	システムの損耗状況と維持管理・補修の検討	81
5.5	AI等を用いた自動運転、遠隔監視等の省力、省人化の検討	82
5.5.1	無線操作機能の活用	82
5.5.2	ごみピット管理とごみクレーン運転(遠隔)	86
5.6	実証設備におけるシステム全体の最適化	87
5.6.1	物質収支、熱収支の算出	87
5.6.2	実証設備のエネルギー回収率向上の検討	88
第6章	事業化計画の策定	89
6.1	導入対象となる施設数	89
6.2	実機規模での施設計画	90
6.2.1	実機規模施設の基本フローシート	90
6.2.2	実機規模施設の物質収支	92
6.3	実機規模施設の事業採算性検討	93
6.3.1	実機規模施設の建設コスト	93
6.3.2	実機規模施設のランニングコスト	94
6.4	CO ₂ 削減効果	96
6.4.1	導入施設数	96
6.4.2	CO ₂ 削減量の算出原単位	97
6.4.3	CO ₂ 削減量	98
6.4.4	CO ₂ 削減コスト	99
6.5	市場展開に向けた活動	100
6.5.1	顧客ヒアリング	100
6.5.2	外部発表	104
6.5.3	市場展開への課題検討・対策立案	105
6.5.4	規格認定機関への認証	106
6.5.5	産業廃棄物処理事業向けの市場調査	106
第7章	検討会の開催	109
7.1	R5年度第1回検討会	109
7.2	R5年度第2回検討会	114
7.3	R5年度第3回検討会	121

第8章 まとめ	126
対外発表等の実績	129
参考文献	130

第 1 章 委託業務内容

1.1 業務の目的

一般廃棄物は雑多な生活ごみが主体なため、食品残渣、紙・布類、プラスチック等の可燃分以外にも金属や不燃分等の雑多なごみが混在しており、発電出力の変動が生じやすく、燃焼排ガスには腐食成分（酸性ガス、揮発した塩類等）が含まれるため、蒸気温度を高くできず火力発電に比べると発電効率が低いのが実態である。

さらに、熱エネルギーを電気エネルギーに変換する BTG 発電システム (Boiler: ボイラー、Steam Turbine: タービン、Generator: 発電機、以下 BTG 発電) の発電効率は、施設の規模に依存するため、処理量 70 t/日未満の小規模施設では発電効率が低い等の理由により、発電せずにエネルギーを有効利用できていない施設が多く、廃棄物エネルギーの有効活用 (CO₂ 排出量削減) が十分に行われていない状況である。

本業務では、一般廃棄物から熱分解ガス（水素リッチな可燃性のガス）を生成することにより高効率かつ多用途のエネルギー利活用を図ることで CO₂ 排出削減に大きく貢献することを目的として、独自構造のロータリーキルン（熱分解ガス化改質炉）を用いた新たな熱分解ガス化改質システムを開発した。

1.2 業務の内容

一般廃棄物の熱分解ガス化改質システムの評価・検証ができる実証試験設備を整備して、自治体の一般廃棄物を用いた実証試験（評価・検証）を行う。なお、建設・設置する設備は以下の設備概要および必要とされる要件を満たすものである。

【設備概要】

- ・ 設備仕様：ロータリーキルン方式の一般廃棄物の熱分解ガス化改質システム
(システムは熱分解ガス化改質炉とガス精製装置から構成される)
- ・ 設置場所：大阪広域環境施設組合舞洲工場地内（大阪市此花区北港白津一丁目）
- ・ 処理能力：2.0 t/日程度（実機の 1/10 スケール）の一般廃棄物を処理

【必要とされる要件】

- ・ 速やかに事業化へ移行するために、実証試験設備は実機に展開可能な構成にする。
- ・ 性状が雑多で変動が大きな一般廃棄物の減容化処理が衛生的かつ安定的に行える。
- ・ 人材不足を考慮して、省力化・省人化を促進する運転維持管理ができる。
- ・ 高効率で汎用性の高い熱分解ガス化改質炉である。

- ・ガス精製装置は熱分解ガス化改質炉から生成される熱分解ガスを適切に処理できる。
- ・計画・整備にあたっては、協力者である大阪市環境局、大阪広域環境施設組合と協議して、一般廃棄物を安全かつ衛生的に取扱えるものとする。

1.2.1 熱分解ガス化改質炉の最適化

1) 事業期間全体の実施内容

2.0 t/日程度の処理能力を持つ熱分解ガス化改質炉を設計・製作し、実際の一般廃棄物を用いた実証試験を実施する。

実証試験を通じて、熱分解ガス化改質炉の基本的な性能として供給量や温度等の運転条件がタール濃度、生成ガスやチャーの性状や発生量に及ぼす影響を明らかにする。

ごみ質が変動してもタール生成量を低減しつつ安定的かつ連続的に処理可能な最適な形状や材質、運転条件を確立する。

2) 本年度の実施内容

熱分解ガス化改質炉のごみ供給量、各種温度条件を最適化して、一般廃棄物の減容化処理が衛生的（焼却残渣の熱しゃく減量：5%以下）かつ安定的（90 日以上）に処理可能なシステムとして確立する。

実負荷試験後の内部点検およびデータ採取を 2 回実施する。

事業の目的達成のために必要があれば、システムや実証設備の見直しを行う。

1.2.2 ガス精製装置の最適化

1) 事業期間全体の実施内容

熱分解ガス化改質炉において生成される熱分解ガスを処理可能なガス精製装置を設計・製作し、実証試験を実施する。

実証試験を通じて、一般廃棄物の熱分解ガス特有の有害成分（煤塵、タール、酸性ガス等）を安定的かつ連続的に 99%以上除去可能な運転条件を確立する。

ガス精製に適した冷却水噴霧量、循環方法及び溶媒（水、アルカリ水等）について検討する。

実機プラントを想定し、実証設備からの排水（煤塵、タール等を含有）を用いて最適な排水処理システムを検討し立案する。

2) 本年度の実施内容

ガス精製装置の溶媒、噴霧量、循環方法を最適化して、一般廃棄物の熱分解ガスを安定的に処理可能（有害成分を 99%以上除去）なシステムとして確立する。

実負荷運転後の内部点検およびデータ採取を 2 回実施する。

実機プラントを想定した排水処理システムを立案および検証する。

1.2.3 システム全体の最適化

1) 事業期間全体の実施内容

一般廃棄物を対象とした熱分解ガス化改質システムの実証試験に必要な構成機器（1.2.1 と 1.2.2 に記載以外の受入れ・貯留ヤード、前処理設備、燃焼炉、排ガス処理設備、熱風発生炉等）を手配する。

計画的に実証試験を行い、一般廃棄物を安定的かつ連続的に処理するためのシステム構成と、操作条件、維持管理方法、補修方法等の長期運転方案を確立し、90 日以上の運転を達成する。

PID 制御等を用いた自動運転、遠隔監視等の省力、省人化について検討する。

以上の業務により、一般廃棄物から水素リッチな可燃ガスを生成する熱分解ガス化改質システム（2.0 t/日）を実証、最適化する。

実証試験終了後は実証設備の解体と用地の原状復旧を行う。

2) 本年度の実施内容

システム全体の維持管理、補修方法、運用を立案、実施することで、一般廃棄物の減容化処理が衛生的かつ安定的に処理可能なシステムとして確立する。

実証設備の運転（90 日以上）を達成する。

1.2.4 事業化計画の策定

1) 事業期間全体の実施内容

実機規模のシステム構成を検討する。

建設費、運転費、維持管理費等のライフサイクルコストを試算し、社会実装に向けた事業性を検討する。

ガスの性状、発生量から発電効率を試算し、本システムが普及することによる CO₂ 排出削減効果を検証する。

本実証事業後に市場投入及び事業化を円滑に進めるために、本システムの事業化計画を策定する。

また、事業性を高めるためのシステムを検討する。

2) 本年度の実施内容

本事業・技術の導入対象となる仮想顧客に対して、情報発信および提案活動を実施する。

規格認定機関への認証を実施する。

特許申請などの知的財産を1件以上権利化する。

1.2.5 検討会の開催

業務の円滑な実施のため、検討会を設置し、業務実施期間内において、東京または実証地にて2回程度開催する。状況に応じてウェブ会議による開催も可能とする。

なお、検討会の委員に対しては、1名1日当たり17,700円の謝金を支給することとし、検討会に使用する資料についても電子データ等により事前に配布する。

また、検討会終了後、速やかに議事録を作成し、関係者に配付する。

1.2.6 報告書の作成

業務の内容についての最終的な取りまとめを行い、業務報告書を作成し、提出する。

1.2.7 技術開発・実証の目標設定

本事業の目標は、表1-2-1のとおりとし、表1-2-2の工程表に従って実施する。

表 1-2-1 地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業
(高効率エネルギー利活用に向けた次世代型廃棄物処理システムの開発) 目標

	項 目	令和5年度 当初の技術の状況	令和5年度の目標	令和5年度の技術開発内容	最終目標
0 【全 体】	全体 (高効率エ ネルギー利 活用に向 けた次世代 型廃棄物 処理シス テムの開 発)	・実証運転の実施 ・実証運転に伴うシステム全体の最適化実施	・一般廃棄物から水素リッチな可燃ガスを生成する熱分解ガス化改質システムの最適化 ・本実証事業の成果の検証 ・実証設備の解体と原状復旧	・実証運転 ・長期運転 (90 日間) ・熱分解ガスの性状、発生量から発電効率を試算 ・CO2 排出削減効果を試算 ・ライフサイクルコストの試算 ・実証設備の解体 ・原状復旧	・一般廃棄物から水素リッチな可燃ガスを生成する熱分解ガス化改質システム (2.0 t/日程度) の実証、最適化 ・本システム普及による CO2 排出削減効果の確認
1 【A 1】	熱分解ガス 化改質炉の 最適化 (ス ケールア ップおよ び一般廃 棄物処理 に伴う課 題解決)	・実証運転に伴う熱分解ガス化改質炉の最適化実施 ・一般廃棄物の安定処理が可能なシステム、形状の確立 ・ごみ質変動時の運転・操作条件等の検討実施 ・高温熱分解処理条件に適した炉本体材質の確立	・一般廃棄物を安定的かつ連続的に処理可能な熱分解ガス化改質炉の最適化	・実証運転 ・システム・装置の検証 ・運転操作条件、運転操作要領の検証・見直し ・長期運転 (90 日間) ・炉本体候補材試験片の曝露試験 (長期運転) および評価	・熱分解ガス化改質炉のシステム、形状、材質等の確立 ・一般廃棄物の安定した処理能力の確認
2 【A 2】	ガス精製装 置の最適 化 (スケ ールア ップおよ び一般廃 棄物処理 に伴う課 題解決)	・熱分解ガスの安定した連続処理可能なシステム、運転・操作条件の確立 ・熱分解ガス中の有害成分の除去性能 99%以上達成 ・実機の排水処理システムの立案	・一般廃棄物の熱分解ガスを安定的かつ連続的に処理可能なガス精製装置の最適化 ・実機プラントを想定した排水処理システムの立案	・実証運転 ・システム・装置の検証 ・運転操作条件、運転操作要領の検証・見直し ・長期運転 (90 日間) ・実証設備の排水 (煤塵、タール等含有排水) を用いた最適処理システムを検討	・一般廃棄物の熱分解ガス特有の有害成分除去装置の確立 ・実機プラントを想定した排水処理システムの検討、立案
3 【B】	システム全 体の最適 化	・実証運転に伴うシステム全体の最適化実施 ・連続運転24時間達成 ・長期運転方案の立案	・一般廃棄物を安定的かつ連続的に処理可能なシステム全体の最適化 ・実証設備の長期運転 (90日間) の達成 ・システム全体の維持管理、補修方法の立案	・実証運転 ・システム・装置の検証 ・運転操作条件、運転操作要領の検証・見直し ・長期運転 (90 日間) ・システムの損耗状況を確認し、維持管理、補修の検討および実施	・長期運転方案 (安定運転のための操作条件、維持管理、補修方法等) の確立 ・長期運転 (90日間) の達成
4 【C】	事業化計画 の策定	・実機規模のコスト試算完了 ・事業採算性の試算完了 ・市場展開の課題検討・対策立案	・本事業・技術の情報発信および提案活動 ・規格認定機関への認証実施	・本事業・技術の対象顧客に対する情報発信および提案活動 ・規格認定機関への規格認証手続き開始	・本実証事業完了後、円滑に事業化を進めるために、本システムの事業化計画を策定 ・事業性向上に向けたシステム検討

表 1-2-2 工程表

委託業務実施上の区分	実施期間												摘要
(1)熱分解ガス化改質炉の最適化													
・一般廃棄物を用いた熱分解ガス化改質炉の最適化			▼ 内部点検	データ採取、点検等					内部点検	▼	集約、まとめ		
・一般廃棄物の安定処理が可能なシステム、形状の確立			▼ 内部点検	装置・システム改良					内部点検	▼	集約、まとめ		
・高温熱分解処理条件に適した炉本体材質の確立	曝し試験	→	サンプル抜出、分析、評価					曝し試験	→	サンプル抜出、分析、評価			
(2)ガス精製装置の最適化													
・一般廃棄物の熱分解ガスを安定的かつ連続的に処理可能なガス精製装置の最適化			▼ 内部点検	データ採取、点検等					内部点検	▼	集約、まとめ		
・実機プラントを想定した排水処理システムの立案			▼ 内部点検	採水、分析、システム検討					内部点検	▼	集約、まとめ		
(3)システム全体の最適化													
・一般廃棄物を安定的かつ連続的に処理可能なシステム全体の最適化				データ採取、評価、装置・システム改良					内部点検	▼	集約、まとめ		
・実証設備の運転(90日以上)の達成	30日運転	→	30日運転	→	改良後試運転	→	45日運転	→					
・システム全体の維持管理、補修方法の立案	運用改善、リスト更新								内部点検	▼	集約、まとめ		
(4)事業化計画の策定													
・本事業、技術の情報発信および提案活動				対象顧客に対する情報発信および提案活動									
・規格認定機関への認証実施				認証手続き									
(5)検討会の開催		→											
(6)実証設備解体工事													
(7)業務報告書の作成及び提出													
(8)業務精算報告書の提出													
※本工程表に変更が生じた場合には、新旧工程を表示する。				新工程	→								
				旧工程	→								

1.3 業務履行期限

令和6年3月31日（日）まで

1.4 成果物

紙媒体：報告書 8部（A4判 100～150頁程度）

電子媒体：報告書の電子データを収納したDVD-R等 1枚（セット）

提出場所：環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

1.5 著作権等の扱い

- ・成果物に関する著作権、著作隣接権、商標権、商品化権、意匠権及び所有権（以下「著作権等」という。）は、納品の完了をもって受託者から環境省に譲渡されたものとする。
- ・受託者は、自ら制作・作成した成果物に対し、いかなる場合も著作権者人格権を行使しないものとする。
- ・成果物の中に受託者が権利を有する著作物等（以下「既存著作物」という。）が含まれている場合、その著作権は受託者に留保されるが、可能な限り、環境省が第三者に二次利用することを許諾することを含めて、無償で既存著作物の利用を許諾する。
- ・成果物の中に第三者の著作物が含まれている場合、その著作権は第三者に留保されるが、受託者は可能な限り、環境省が第三者に二次利用することを許諾することを含めて、第三者から利用許諾を取得する。
- ・成果物納品の際には、第三者が二次利用できる箇所とできない箇所の区別がつくように留意するものとする。
- ・納入される成果物に既存著作物等が含まれる場合には、受託者が当該既存著作物の使用に必要な費用の負担および使用許諾契約等に係る一切の手続を行うものとする。

1.6 情報セキュリティの確保

受託者は、下記の点に留意して、情報セキュリティを確保する。

- ・受託者は、委託業務の開始時に、委託業務に係る情報セキュリティ対策とその実施方法および管理体制について環境省担当官に書面で提出する。
- ・受託者は、環境省担当官から要機密情報を提供された場合には、当該情報の機密性の格付に応じて適切に取り扱うための措置を講ずる。

また、委託業務において受託者が作成する情報については、環境省担当官からの指示に応じて適切に取り扱う。

- ・受託者は、環境省情報セキュリティポリシーに準拠した情報セキュリティ対策の履行が不十分と見なされるとき又は受託者において委託業務に係る情報セキュリティ事故が発生したときは、必要に応じて環境省担当官の行う情報セキュリティ対策に関する監査を受け入れる。
- ・受託者は、環境省担当官から提供された要機密情報が業務終了等により不要になった場合には、確実に返却し又は廃棄する。また、委託業務において受託者が作成した情報についても、環境省担当官からの指示に応じて適切に廃棄する。
- ・受託者は、委託業務の終了時に、本業務で実施した情報セキュリティ対策を報告する。

1.7 実施体制

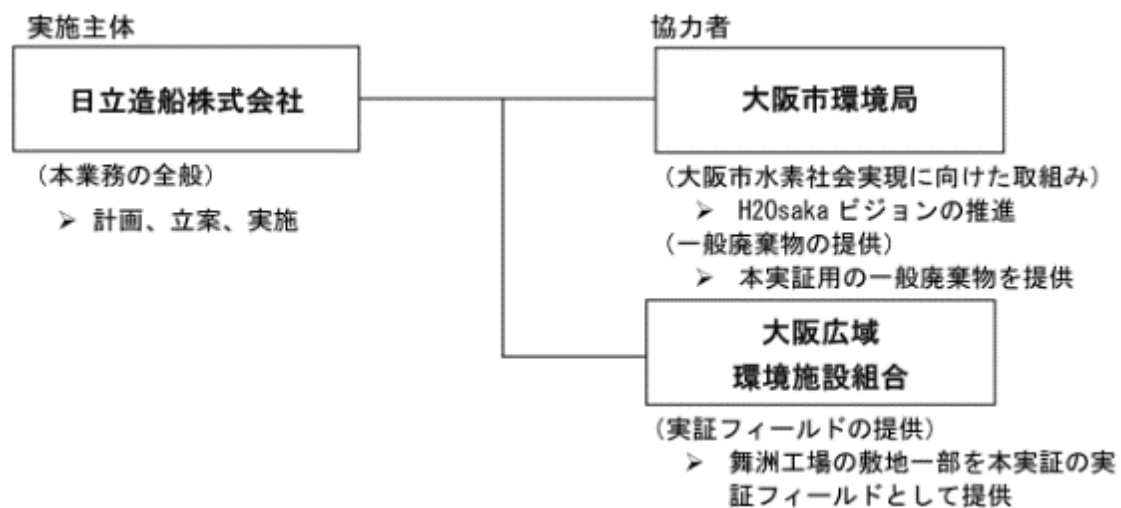


図 1-7-1 実施体制

本委託業務は、日立造船株式会社が実施主体となって全て業務を実施する。

ただし、協力者とは緊密に連携しながら進める。また、必要に応じて環境省担当官と打合せを行う。

第2章 背景と目的

2.1 背景

廃棄物発電は、廃棄物を焼却により衛生的に減容化するとともに、高温の燃焼排ガスの保有する熱エネルギーを電気エネルギーに変換する BTG 発電システム（Boiler:ボイラー、Steam Turbine:タービン、Generator:発電機、以下 BTG 発電）である。

しかし、BTG 発電の発電効率は施設の規模に依存するため、処理量 70 t/日未満の小規模施設では発電効率が低い等の理由により、発電せずにエネルギーを有効利用できていない施設が多い²⁻¹⁾。

2.2 本技術の位置づけと目的

2.2.1 技術的意義

廃棄物発電は太陽光発電や風力発電と比較すると、ある程度の出力制御ができる安定電源である。しかし、一般廃棄物は家庭からの生活ごみが主体で食品残渣、紙・布類、プラスチック等の可燃分以外にも金属や不燃分等の雑多なごみが混在するため、発電出力の変動が生じやすい。また、その燃焼排ガスには腐食成分（酸性ガス、揮発した塩類等）が含まれているため、蒸気温度を高くすることができず火力発電に比べると発電効率が低い。

廃棄物処理には、生ごみのメタンガス化方式などの生物反応を利用した技術もあるが「ごみに含まれる木・プラスチック等の処理が難しい」「発酵残渣や廃液の処理が別途必要」といった減容化やコスト等の課題があるため、焼却処理の代替にするのは難しい状況である。

これらの課題を解決して、CO₂ 排出削減および一般廃棄物処理基本計画に貢献しうる革新的なシステムを確立することが本技術開発の目的である。

2.2.2 政策的意義

2021 年に閣議決定された「地球温暖化対策計画」に掲げられている温室効果ガス排出削減目標(2030 年までに 46%削減/2013 年比)を達成するためには、エネルギー起源 CO₂ 排出量の約 40% (5 億 t) を占める国内の電力供給に伴う CO₂ 排出量を削減することが不可欠である。そのためにはベースロード電源として、化石燃料火力発電に代替可能な高効率の脱炭素エネルギー創出システムの確立が必須である。

そのような状況下で廃棄物発電はサステナブルな発電システムとして期待されており、高効率な廃棄物発電システムを広く普及することで CO₂ 排出削減に大きく貢献することが

できる。また、廃棄物発電は人々の生活に伴い排出される一般廃棄物をエネルギー源とした地域に分散した生活圏内のエネルギーシステムであり、高効率な廃棄物発電システムを普及することにより、地域循環共生圏に掲げられている「自立分散型のエネルギーシステム」かつ「災害に強いまち（災害時でも安心感のあるエネルギーシステム・ライフライン）」を同時に実現できる。

また、2020 年 10 月の第 203 回臨時国会の所信表明演説において、菅義偉内閣総理大臣が「2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」のように宣言されたことを受け、にわかに脱炭素社会への流れが勢いついている社会情勢を鑑みれば、熱分解ガス化により廃棄物から水素リッチガスを回収しケミカルリサイクル等の展開が図れる点で脱炭素社会の構築に貢献しうるものである。

2.3 本技術開発の概要

2.3.1 本システムのフローおよびエネルギー収支

本システムの目指す構想は、一般的な廃棄物発電方式である「焼却処理+BTG 発電」とは異なり「熱分解ガス化改質処理+発電機」である。本システムの概略フローおよびエネルギー収支を図 2-3-1 に示す。

熱分解ガス化改質炉で生成した熱分解ガスは、ガス精製装置によりガス中に残留したタールと酸性ガスおよび夾雑物を除去した後に熱分解ガス貯留タンクを経て発電機（ガスエンジンや燃料電池）において電気に変換される。

また、熱分解ガス化改質炉の熱源は、本装置から排出されるチャーを燃焼させた高温の燃焼排ガスを活用する。熱量が不足する場合は、生成した熱分解ガスを充当するため外部熱源は不要である。

さらにシステム全体のエネルギー効率を高めるため、発電機の排ガスを熱風発生炉の熱源に利用するほか、熱分解ガス化改質炉からの間接加熱ガスを廃熱ボイラーで水蒸気発生用の熱源として活用するシステム構成としている。

確立を進めて発電設備を有する一般廃棄物処理施設を運用している自治体および広域廃棄物処理組合に拡大する。

2.3.5 周辺技術の開発／整備の必要性

本システム中で新たな開発または検証が必要な機器・設備は、熱分解ガス化改質炉、ガス精製装置であり、それ以外（ガスエンジンを含む）は既存技術を活用する計画であるため、本事業では検討を実施しないものとしている。しかし、本システムを計画どおりに機能させるためには、各種機器・設備を一貫システムとして検討、設計、製造、建設して安定運転を実証する必要がある。

2.3.6 平行して開発されている競合技術の開発状況

近年に公開されている情報では「廃棄物の高効率ガス化発電プロセス」に(株)神鋼環境ソリューションが以下の開発に取り組んでいる。

- ・平成 25、26 年度に環境研究総合推進費補助金次世代事業「廃棄物ガス化発電技術の高効率化の実証」（3J132001）において流動床ガス化炉と改質炉を用いたガス化改質プロセスを開発
- ・平成 29 年度環境省委託業務 中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業「流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証」において熱分解ガスのガス精製システムを開発

また、JFE エンジニアリング㈱が 2024 年 2 月 7 日に処理対象を幅広い廃棄物としたガス化改質システム C-PhoeniX Process を公表した。同年 2 月 15 日には JFE エンジニアリング㈱と積水化学工業㈱が共同で、「ガス化改質と微生物を用いたエタノール製造による廃棄物ケミカルリサイクル技術の開発」が NEDO のグリーンイノベーション基金事業に採択されている。

2.4 本事業の推進体制

本事業を推進するにあたり、以下 2 者からの協力を得る。

- ・大阪市環境局

大阪市は、大阪府・堺市と「H2Osaka ビジョン」を共同体制で推進し、また、わが国有数の水素の需要地であるという地域性を生かし、新たな技術開発・実証プロジェクトの検討・立案に取り組んでいる。

本システムは大阪市の特性を踏まえた都市資源を活用した将来の水素サプライチェーン

ンの具体化として期待できるため、本実証事業への全面的な支援をしていただいております、大阪広域環境施設組合の舞洲工場敷地内で実証試験を行う。

なお、大阪市からは、本実証試験に用いる一般廃棄物を提供して頂いた。

- ・大阪広域環境施設組合

大阪広域環境施設組合は、構成団体（大阪市、八尾市、松原市、守口市）から排出される一般廃棄物を焼却処理し処分を共同で行うための特別地方公共団体（一部事務組合）であり、所有施設の効率的な運用や高効率の廃棄物処理システムの導入等を検討している。

大阪広域環境施設組合としては本実証試験への協力を通じて、本システムの長所・短所を詳細に把握することで、新たな廃棄物処理施設の機種選定を適切に行って、より効率的な廃棄物処理の実現を図る。

第3章 熱分解ガス化改質炉の最適化

3.1 熱分解ガス化改質炉の概要

本事業で開発する熱分解ガス化改質炉は、一般廃棄物の熱分解ガス化およびガス改質を同時に行うことで、一般廃棄物を衛生的に減容化しながらも可燃ガスを生成する装置であり、「次世代型廃棄物処理システム」の中心となる装置である。

生成された可燃ガスの用途としては、ガスエンジンによる発電だけでなく、将来的には燃料電池を用いた高効率発電やケミカルリサイクル等の資源活用といった多用途の展開も可能である。

3.1.1 熱分解ガス化改質炉の構造

熱分解ガス化改質炉の構造を図 3-1-1 に示す。

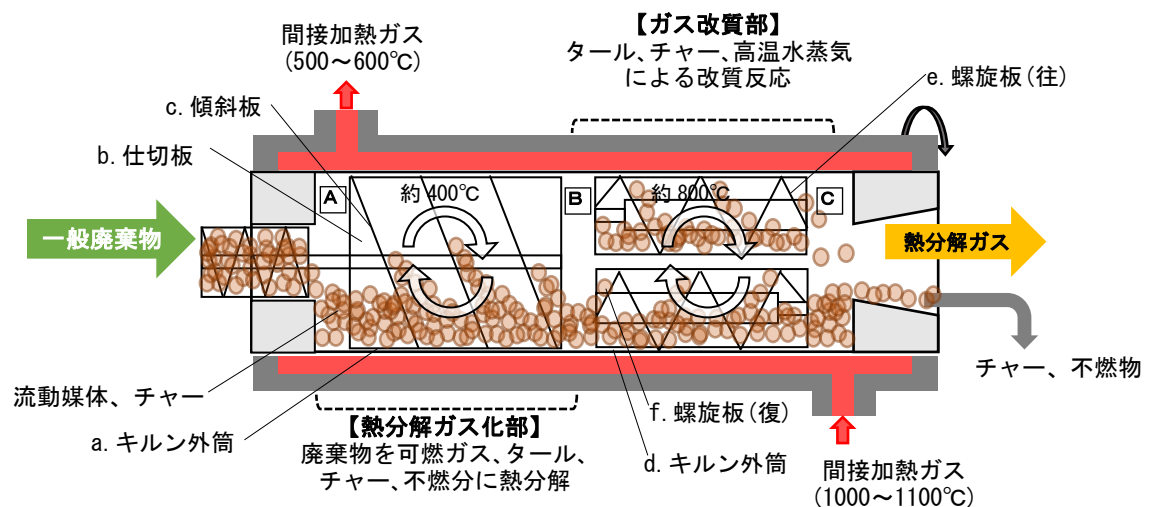


図 3-1-1 熱分解ガス化改質炉の構造

熱分解ガス化改質炉は、図 3-1-1 のとおり独自の内部構造を設けた間接加熱方式（外部加熱）ロータリーキルン炉（横型内部循環流動方式）である。

その内部には「熱分解ガス化部」と「ガス改質部」が設けられており、単一のキルン内で熱分解ガス化およびガス改質を同時に行うことが大きな特徴である。

ガス改質反応は水蒸気改質反応が中心であるために、水素リッチな可燃性ガスが生成される。

1) 熱分解ガス化部

熱分解ガス化部では、廃棄物を可燃ガス、タール（高温気化した油分）、チャー（炭化物）、不燃分に熱分解する。構成は、a.キルン外筒、b.仕切板（キルンを往路・復路に分割する）、c.傾斜板（流動媒体を循環させる）である。

流動媒体（300～450℃）は、キルンの回転により流動化して図 3-1-1 中の[A]～[B]間を循環する。[A]に投入された廃棄物は高温の流動媒体と接触・攪拌され、可燃ガス、タール（高温気化した油分）、チャー（炭化物）、不燃分に熱分解する。

熱分解しにくい廃棄物（粒形が大きい等）は、流動媒体と一緒に熱分解ガス化部を循環することにより熱分解を促進する。

ガス化温度が低下しやすい状況（水分の多い廃棄物が投入される等）でも、外熱により約 400℃に加熱された大量の流動媒体により攪拌して昇温する構造のために、急激な温度低下を回避させて安定した熱分解を実現できるシステムとしているため、ごみ質の変動が避けられない一般廃棄物に適したシステムである。（廃棄物の保有熱量を直接利用する部分燃焼方式だと、ごみ質の変動による熱分解温度の変化は避けられない。）

2) ガス改質部

ガス改質部では、タール、チャーの水蒸気改質反応により可燃ガスを生成する。構成は、d.キルン外筒、e.螺旋板(往)、f.螺旋板(復)である。キルンの回転により固体粒子（600～800℃の流動媒体とチャー、不燃物）が流動化しながらガス改質部の[B]～[C]間を循環する。

熱分解ガス化部で生成したガス（可燃ガス、高温タール）と高温水蒸気はガス改質部に充填された 600～800℃の固体粒子の空隙を固気接触しながらすり抜けてキルン出口から排出される。

その際に可燃ガス、タールやチャーは昇温されると同時に水蒸気改質反応により改質されて、タール分の少ない水素リッチな可燃性のガスに改質される。

この改質反応は一般的には 800～1000℃以上の高温域でおこる反応であるが、本システムにおける改質反応は、廃棄物由来のチャーがタールの水蒸気改質反応の触媒的效果を持つことを利用して、タール、水蒸気およびチャーを約 800℃で接触させることで改質反応を可能としている。

熱分解ガス化部およびガス改質部の温度は、キルン外部の間接加熱ガスの温度や流量等により制御可能である。

3.1.2 基本設計条件

熱分解ガス化改質炉の基本設計条件は下記数値で計画した。

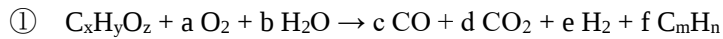
1) ごみ性状

弊社が実施した過去の案件で提示されたごみ質の平均値から表 3-1-1 の数値を用いた。

2) 反応式

(1) 熱分解反応式

ごみ成分のうち代表的な熱分解反応式は以下のとおりとした。



(2) 改質反応式

タール等の改質反応の代表的な反応式は以下のとおりとした。

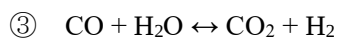
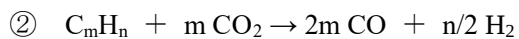
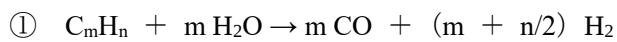


表 3-1-1 ごみ性状一覧

項目		単位	低質ごみ	基準ごみ	高質ごみ	
ごみ条件	処理量		t/日	2.0	2.0	2.0
	比重		t/m ³	0.3	0.3	0.3
	温度		℃	20	20	20
	組成	可燃分	wt%	34.8	47.7	58.4
		水分		47.0	36.3	27.3
		灰分		18.2	16.0	14.3
		合計		100	100	100
	組成	C	wt%	19	26	32
		H		2.5	3.5	4.3
		Cl		0.4	0.8	1.1
		S		0.1	0.1	0.1
		N		0.4	0.5	0.6
		O		13	17	20
低位発熱量(LHV※)		kJ/kg-wet	5,860	9,620	12,700	
発生熱量		kJ/h	488,000	802,000	1,060,000	
		kW	136	223	294	

※低位発熱量 (LHV : Lower Heating Value)

3) 基本設計数値

熱分解ガス化改質炉で生じる各種反応の基本数値は(1)～(4)のとおりとした。

(1) 熱分解反応温度

弊社における実験結果から熱分解反応温度は 300～400℃となるように設計した。

(2) 改質反応温度

弊社における実験結果から熱分解反応温度は 700～900℃となるように設計した。

(3) 熱分解反応熱量

弊社における実験結果から熱分解反応熱量は、熱分解対象物の単位質量当たり 0～3,350kJ/kg とした。

(4) タール改質反応熱量

弊社における実験結果から熱分解反応熱量は、タール単位質量当たり 6,280kJ/kg とした。

上記(1)～(4)の基本設計数値を図 3-1-2 に示す。

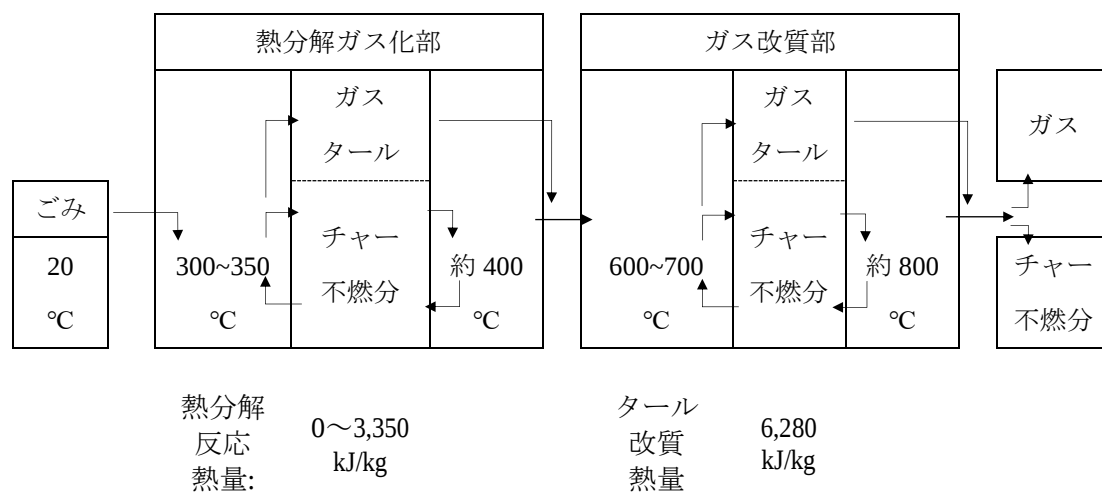


図 3-1-2 熱分解ガス化改質炉の基本設計数値

3) 基本設計結果

前項の設計条件および粒子シミュレーション解析（DEM：Discrete Element Method）等により、算出した熱分解ガス化改質炉の基本設計の主要数値を表 3-1-2 のとおり設計した。

表 3-1-2 熱分解ガス化改質炉の基本設計仕様

項目	単位	数値
キルン全長	mm	3,800
キルン直径	mm	1,200
熱分解 ガス化部	熱分解ガス化熱量	kJ/h
	熱分解部長さ	mm
	有効伝熱面積	mm ²
ガス 改質部	ガス改質熱量	kJ/h
	ガス改質部長さ	mm
	有効伝熱面積	mm ²

3.1.3 詳細設計条件

熱分解ガス化改質炉は、機械設計上は高温のキルン炉（横型回転炉）に分類される。そのため、前項の基本設計仕様を設計条件として、一般的な設計手順に沿って熱分解ガス化改質炉の詳細設計を行った。

1) 詳細構造

(1) シール部構造

熱分解ガス化改質炉はキルン炉（横型回転炉）であり、回転部と固定部には摺動部が存在する。また、熱分解ガス化改質炉で生成する熱分解ガスは高温の可燃ガスであり、外気と触れると爆発する危険性がある。そのため、摺動部のシール性を高める構造を検討、決定した。機械的な構造だけではシール性能を担保できないため、シール部に不活性気体を封入し、外気を遮断する構造とした。

(2) 煤塵分離構造

熱分解ガス化改質炉はキルン炉（横型回転炉）であるために、内部の固形物（チャー、不燃分、流動媒体）はキルン内部を流動する間に接触、摩耗し、煤塵として生成ガスと一緒に飛散する。そのため、熱分解ガス化改質炉の出口部分でガス流れを調整し、煤塵を除去する構造とした。

(3) 断熱材施工範囲、施工構造

熱分解ガス化改質炉の内部は、400～800℃の高温を保持する必要がある、断熱材は不可欠である。しかし、熱分解ガス化改質炉内部への熱供給方法は間接加熱方式であり、本体材質は熱伝導率の高い金属材料で製作する必要があったため、キルン炉という回転体の特性を保持しながら、外部への放熱を抑えると同時に内部への熱伝導を高めることが可能な構造とした。

(4) 製作方法

熱分解ガス化改質炉を高温の回転炉として機能させるために、熱伸びの逃げや溶接位置、溶接方法等の詳細構造を検討した。

(5) 分割方法・位置

熱分解ガス化改質炉は、陸送で製作メーカーから設置場所まで輸送する必要がある。そ

のために、道路交通法で定められる最大サイズの車両で搬送可能なサイズまで分割する構造とした。また、現地工事における組立作業が複雑にならないような分割方法、構造とした。

2) 熱伸び

熱分解ガス化改質炉は約 800°C に加熱されるために、各部温度を算出し、それに応じた熱伸びやクリアランスを計算した。また、クリアランスを一定に保つために熱伸び方向にベローズを設けた。

3) 強度

熱分解ガス化改質炉内部にチャー、不燃分等が投入された状態における約 800°C のキルン本体の強度を計算した。

4) メンテナンス性

メンテナンス性を高めるために点検口を各所に設け、分解しやすい構造とした。

5) 分析口、分析座

実証試験用の装置のために、各部に温度計、圧力計、ガスサンプリング口等の分析口・分析座が不可欠であるが、内部状況を正しく分析するためには、分析口、分析座を直胴部に設ける等の適切な位置、形状が不可欠であるために、機器設計、配管設計時から位置、形状等を検討した。

3.2 実証運転スケジュール

令和 4 年度中に 30 回、令和 5 年度に 4 回、計 34 回の実証運転を実施し、総稼働時間は約 5400 時間となった。R5 年度の運転日数は、総計 105 日（R5 年 4 月：30 日、6 月：30 日、9~10 月：45 日）となった。各年度の実証運転のスケジュールをそれぞれ表 3-2-1 と表 3-2-2 に示す。

表 3-2-1 熱分解ガス化改質炉の最適化 令和4年度工程表

[illegible]

表 3-2-2 熱分解ガス化改質炉の最適化 令和 5 年度工程表

委託業務実施上の区分		実施期間											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
運転期間					33rd 7/10～7/15								
		▲ 31st 4/3～5/3		▲ 32nd 5/29～6/29	▲		▲ 34th 9/9～10/27						
(1)熱分解ガス化改質炉の最適化													
・一般廃棄物を用いた熱分解ガス化改質炉の最適化				▼ 内部点検	データ採取、点検等			内部点検			集約、まとめ		
・一般廃棄物の安定処理が可能なシステム、形状の確立				▼ 内部点検	装置・システム改良			内部点検			集約、まとめ		
・高温熱分解処理条件に適した炉本体材質の確立		曝し試験		サンプル抽出、分析、評価			曝し試験	サンプル抽出、分析、評価					

3.3 一般廃棄物処理の安定処理に適した運転条件の最適化

実証運転により得られた一般廃棄物処理における課題とトラブル事例及びその対策と結果の考察に基づき、一般廃棄物処理の安定処理及び冷ガス効率（＝熱分解ガス LHV/ごみ LHV）向上に適した運転条件の最適化の検討を行った。具体的な冷ガス効率向上のための検討パラメータを表 3-3-1 及び図 3-3-1 に示す。

表 3-3-1 冷ガス効率向上のための最適条件検討パラメータ

1	TI-102：熱分解出口温度
2	改質蒸気量
3	TI-103：改質温度

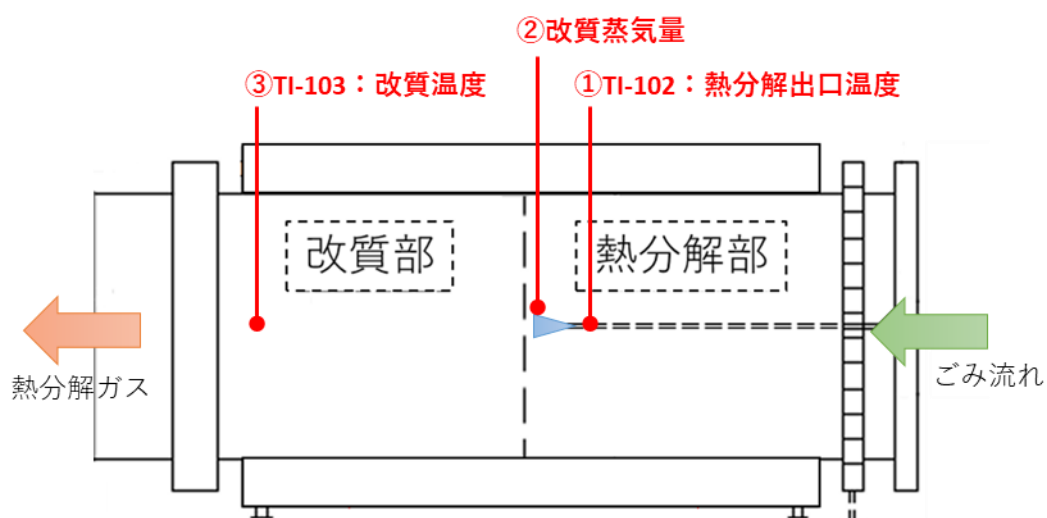


図 3-3-1 冷ガス効率向上のための最適条件検討パラメータ

3.3.1 一般廃棄物の変動特性

3.3.1.1 ごみ質分析

試験に使用したごみの分析結果を表 3-3-2 に、外観写真を図 3-3-2 に示す。分析試料はパッカー車からの受入ごみを環整 95 号に従い四分法にて採取した。具体的な手順としては、まず受入ごみから無作為に約 200kg 採取し、縮分（攪拌した後 4 等分し、そのうち相対する 2 つの部分が無作為に選び除外する操作）を数回繰り返して 5～10kg の分析試料を抽出した。

分析結果の特徴としては、Cl は他の成分と比べて絶対量は小さいが、変動割合が大きい結果となった。これは、ごみ試料中のビニール・合成樹脂類が局所的に偏りがあることが原因であると推察される。同様に、不燃物類の変動割合も比較的大きい結果であったが、これも金属ごみの局所的な偏りによるものと考えられる。

表 3-3-2 ごみの分析結果

項目		単位	分析値
比重		kg/m ³	90～240
組成	三成分	可燃分	45.6～66.0
		水分	30.4～47.2
		灰分	2.9～13.7
	元素組成	C	24.2～38.4
		H	3.2～4.9
		Cl	0.1～1.3
		S	0.04～0.17
		N	0.4～1.4
		O	11.8～26.1
	物理組成	紙・布類	39.2～60.8
		木・竹・ワラ	0.3～8.8
		厨芥	4.2～14.3
		ビニール・合成樹脂類・ゴム・皮革類	24.0～35.6
		不燃物類	0.5～12.0
		その他	0.2～19.5
低位発熱量(LHV)		kJ/kg-wet	8,380～14,570



紙類



布類



木・竹・ワラ類



厨芥類



軟質プラスチック



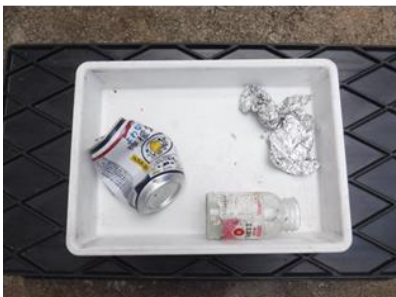
硬質プラスチック



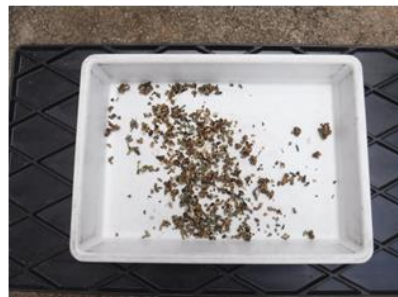
ゴム類



皮革類



不燃物類



その他

図 3-3-2 ごみの外観写真

3.3.2 熱分解ガス化改質炉のごみ処理能力

熱分解ガス化改質炉のガス化性能を安定させるためには内部温度が重要であり、そのためには外部加熱熱量、キルン回転数、給じん量入量等による制御が必要である。

給じん量約 80kg/h (2t/日程度) で運転した際の、給じん量と熱分解出口温度及び燃焼炉温度の運転トレンド例を図 3-3-3 に示す。4:00 頃から 18:00 頃まで給じん量約 80kg/h として運転したが、ごみ処理能力自体に問題はなく、12 時間以上の連続運転も達成できる。

ただし、10:00 に受入日が異なる（受入当日）ごみに変更したために、ごみ質の変化による水分量の変化等により熱分解温度が低下しはじめた。そのため、給じん量を下げても熱分解ガス化炉の温度を制御しようとしたが間に合わず、16:00 頃に熱分解出口温度が約 500℃を下回ることがあった。

3.3.3.1 にて後述するが、熱分解出口温度が約 500℃を下回っている期間は、熱分解されない未分解成分が発生して内部に滞留することで、運転の安定性や冷ガス効率が低下を引き起こす懸念がある。

一定の時間をかければ、加熱ガス等の運転調整により内部温度は回復できるが、効率や安定性を重視するのであれば、熱分解出口温度を常に 500℃以上を保持するべきであり、本実証試験設備の仕様では、給じん量をやや減らした方が望ましい結果となった。

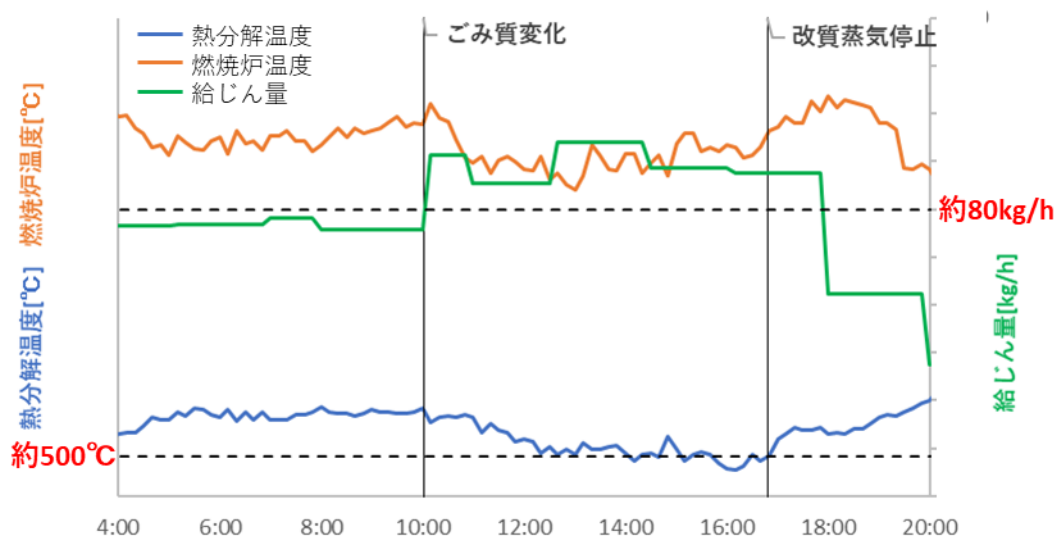


図 3-3-3 給じん量と熱分解出口温度及び燃焼炉温度の運転トレンド

3.3.3 熱分解ガス化改質炉の性能向上に向けた運転条件の最適化

3.3.3.1 熱分解出口温度の最適条件

安定的にごみを熱分解する最適温度を検討した。熱分解出口温度と燃焼炉温度の運転トレンドについて、熱分解温度が約 500°Cを下回った例と保持した例を図 3-3-4 に示す。

まず、約 500°Cを下回ったケースについて、12:00 頃から熱分解出口温度が約 500°C未満となり、18:00 過ぎに給じん停止すると、熱分解出口温度が上がり始めて約 500°C以上になった。それと同時に燃焼炉温度が上がり始める現象が複数回確認された。これは、熱分解出口温度が約 500°C未満では熱分解されない未分解成分が熱分解部に滞留し、約 500°C以上になるとその熱分解が開始されて熱分解ガスが増加し、燃焼炉温度が急上昇したものと推察される。熱分解出口温度が約 500°C未満では熱分解部に未分解物が発生、蓄積するため、ガス量が少なくなり、冷ガス効率が下がる傾向も確認された。

それに対し、約 500°Cを保持できていたケースを見てみると、熱分解出口温度が約 500°Cを下回ることがほとんどない状態で給じんを停止して、熱分解出口温度が上昇し始めても、燃焼炉温度が上昇することはなかった。

つまり熱分解出口温度が約 500°C未満では熱分解部に未分解物が発生、堆積するが、それ以上だと堆積しないことが明らかになった。

以上のことから、熱分解部出口温度約 500°C以上を最適運転条件と決定した。

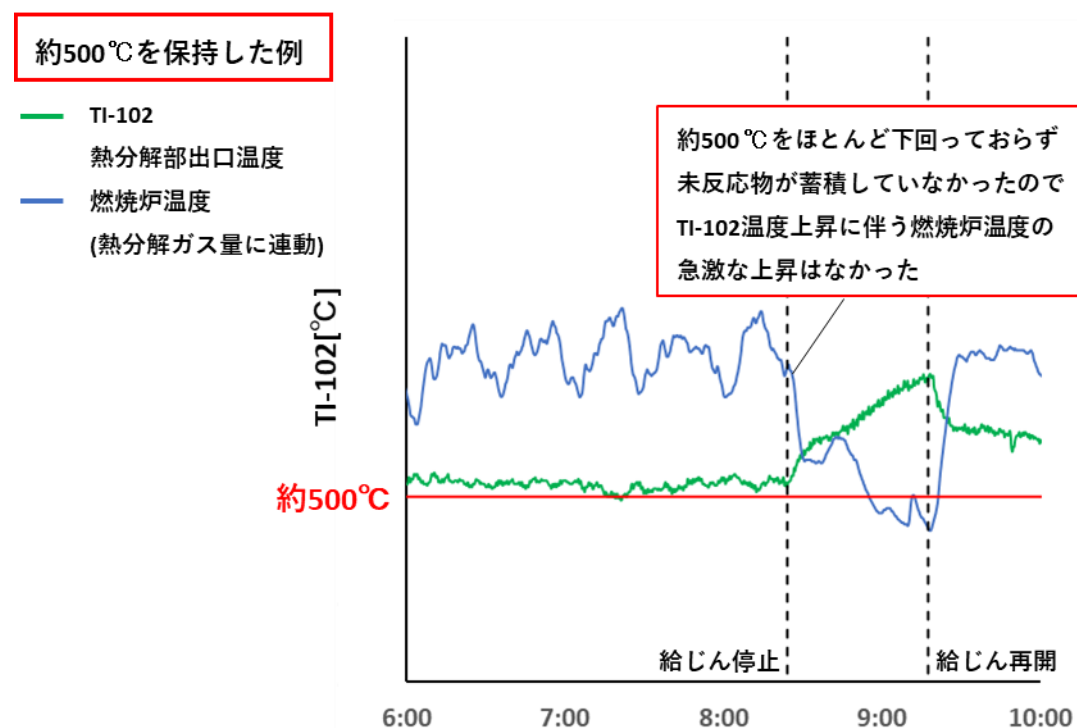
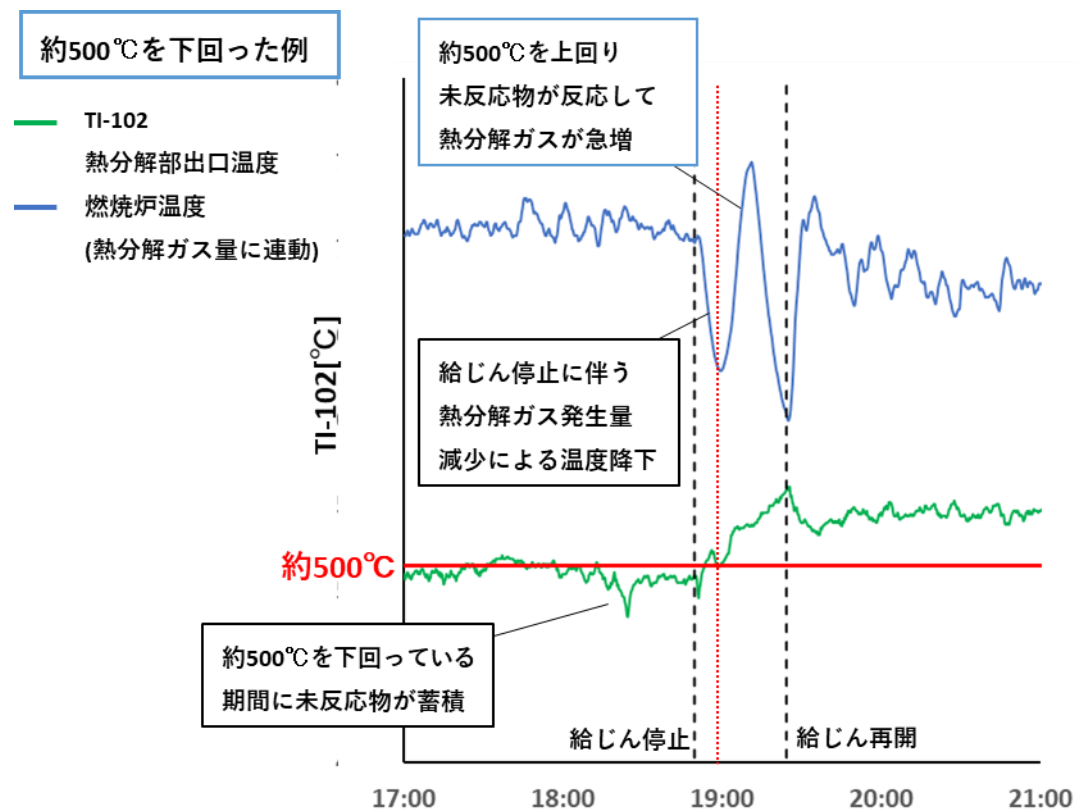


図 3-3-4 熱分解温度及び燃烧炉温度の運転トレンド例

3.3.3.2 改質蒸気量の最適条件

改質蒸気量ごとの冷ガス効率を比較して、冷ガス効率が最も高い条件を最適運転条件とした。改質蒸気なし、15kg/h、25kg/h の3条件の冷ガス効率を図 3-3-5 に示す。この図より、冷ガス効率は 15kg/h が最も高い結果となった。これは水蒸気改質の効果と考えられる。一方で、一般的に改質蒸気量が多くなるほど冷ガス効率は向上するとされているが、25kg/h は 15kg/h よりも冷ガス効率が低い結果となった。この原因としては、25kg/h の条件では熱分解出口温度が 3.3.3.1 で決定した熱分解出口温度の最適条件（約 500℃以上）を保持できておらず、熱分解部における未分解物が発生して冷ガス効率が減少したためと推察される。

以上のことから、本実験条件（給じん量約 80kg/h）における最適改質蒸気量は 15kg/h と決定した。

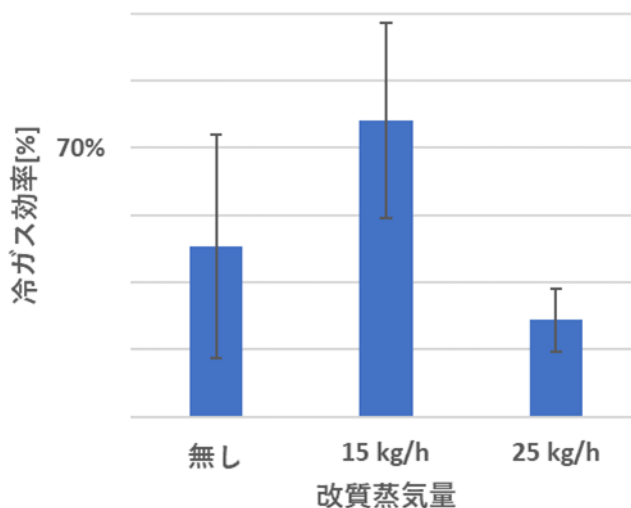


図 3-3-5 改質蒸気なし、15kg/h、25kg/h の冷ガス効率

3.3.3.3 改質温度の最適条件

3.3.3.1、3.3.3.2 で決定した最適運転条件（熱分解出口温度約 500℃以上、改質蒸気 15kg/h）において、改質温度ごとの冷ガス効率を比較して、冷ガス効率が最も高い条件を最適運転条件とした。図 3-3-6 に示すとおり、830℃の方が 770℃よりも冷ガス効率が高かった。さらに改質温度を上げると冷ガス効率が向上する可能性を示唆する結果であったが、装置耐熱性を考慮して上限温度を約 830℃とした。

以上のことから、改質温度は約 830℃を最適運転条件とした。

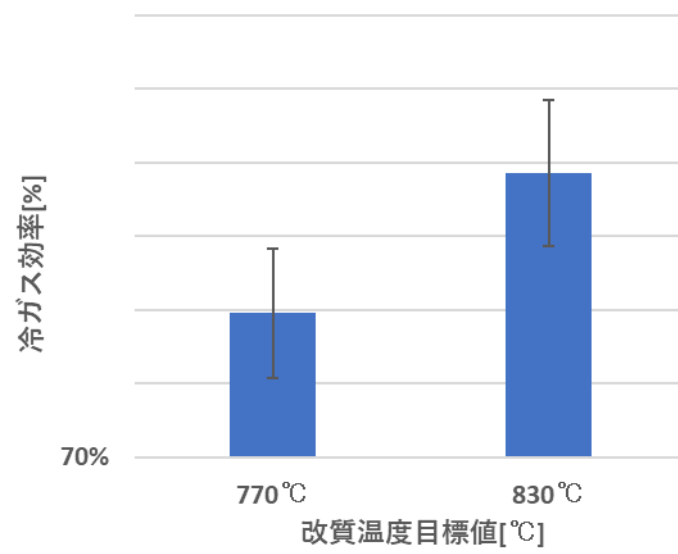


図 3-3-6 770°C、830°Cの冷ガス効率

3.4 最適運転条件での性能評価

3.3 で決定した最適運転条件を表 3-4-1 に、同条件における性能を表 3-4-2 に示す。

冷ガス効率は 64~95%、熱分解ガス LHV は 11.5~15.2MJ/Nm³ となった。熱分解ガス組成は H₂ 26~30%, CO 8~10%, CH₄ 12~15%, CO₂ 16~18%, C₂ 以上の炭化水素類が 5~9%, N₂ が 15~21% となった。

表 3-4-1 最適運転条件の結論

1	TI-102 : 熱分解出口温度	約 500°C以上
2	改質蒸気量	15kg/h
3	TI-103 : 改質温度	約 830°C

表 3-4-2 最適運転条件における性能

項目		単位	最小	最大
冷ガス効率 (熱分解ガス LHV/ごみ LHV)		%	64	95
熱分解ガス LHV		MJ/Nm ³ -dry	12	15
熱分解ガス組成	H ₂	vol%	26	30
	CO		8	10
	CH ₄		12	15
	CO ₂		16	18
	C _x H _y (C ₂ 以上)		5	9
	N ₂		15	21

3.5 熱風発生炉運転挙動

熱風発生炉は熱分解ガス化改質炉の加熱ガスを生成する装置である。熱風発生炉の概略を図 3-5-1 に示す。図の右側から熱分解ガス化改質炉で生成したチャー（炭化物＋不燃物）を供給し、図の左側の灯油バーナにより燃焼させることでチャーの熱量を加熱ガスとして回収し、チャーの焼却灰は装置後流側で回収できる構造となっている。また、灯油使用量を削減することを目的として、ガス精製装置を通過した熱分解ガスを灯油バーナに供給できる構造としている。

本実証では、熱風発生炉における焼却灰の熱しゃく減量の確認と、熱分解ガスを供給した際の運転安定性の評価を行った。

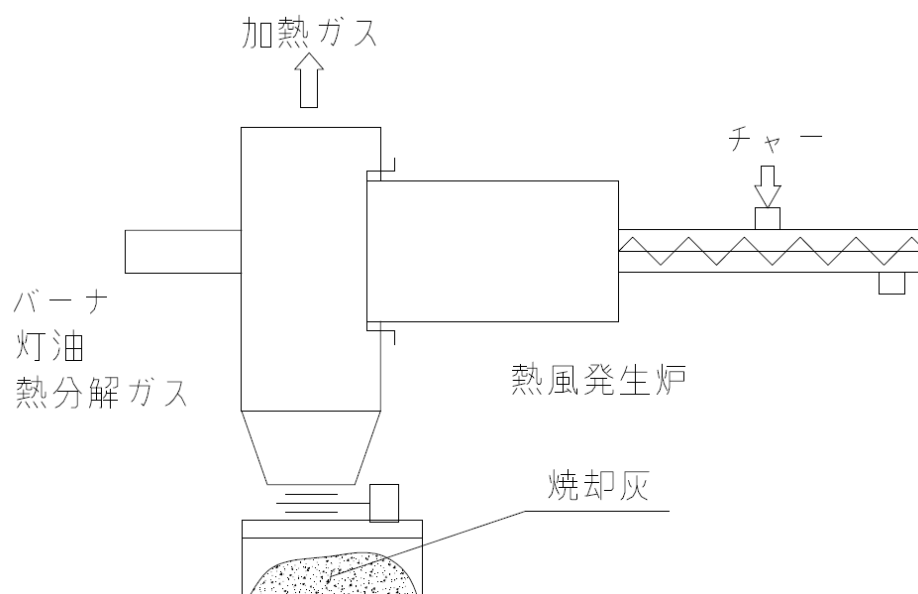


図 3-5-1 熱風発生炉概略図

3.5.1 熱しゃく減量

廃棄物減容化評価のため熱風発生炉の焼却灰の調査した結果、熱しゃく減量（加熱後の重量減量率）は 0.2%だった。熱風発生炉の熱しゃく減量は廃棄物処理法施行規則で定められている連続運転式ごみ焼却施設における 5%以下と比べると十分な性能と考えられる。また、熱分解ガス化改質炉では燃料として利用できるチャーを生成できたと言える。

3.5.2 運転安定性

熱風発生炉に熱分解ガスとチャーを供給し、熱分解ガス化改質炉の運転安定性を評価した。

改質温度と、熱風発生炉の灯油バーナにおける灯油流量及び熱分解ガス供給量の運転トレンドを図 3-5-2 に示す。図中記載の運転期間①～③はそれぞれ、①熱分解ガスの供給無しの灯油専焼、②熱分解ガス供給有りの灯油専焼、③熱分解ガス供給有りのチャーと灯油

の混焼の条件で運転していた期間を示している。運転条件①と②を比較すると、熱分解ガスを供給し、灯油流量を減らした場合も、改質温度は大きな変化はなく、熱分解ガス供給前と同様に運転可能であることを確認した。また、③のチャー混焼時においても、安定後の改質温度は熱分解ガス供給前と同程度であった。

以上のことから、熱分解ガス供給時においても熱分解ガス化改質炉の安定運転は可能であると評価した。

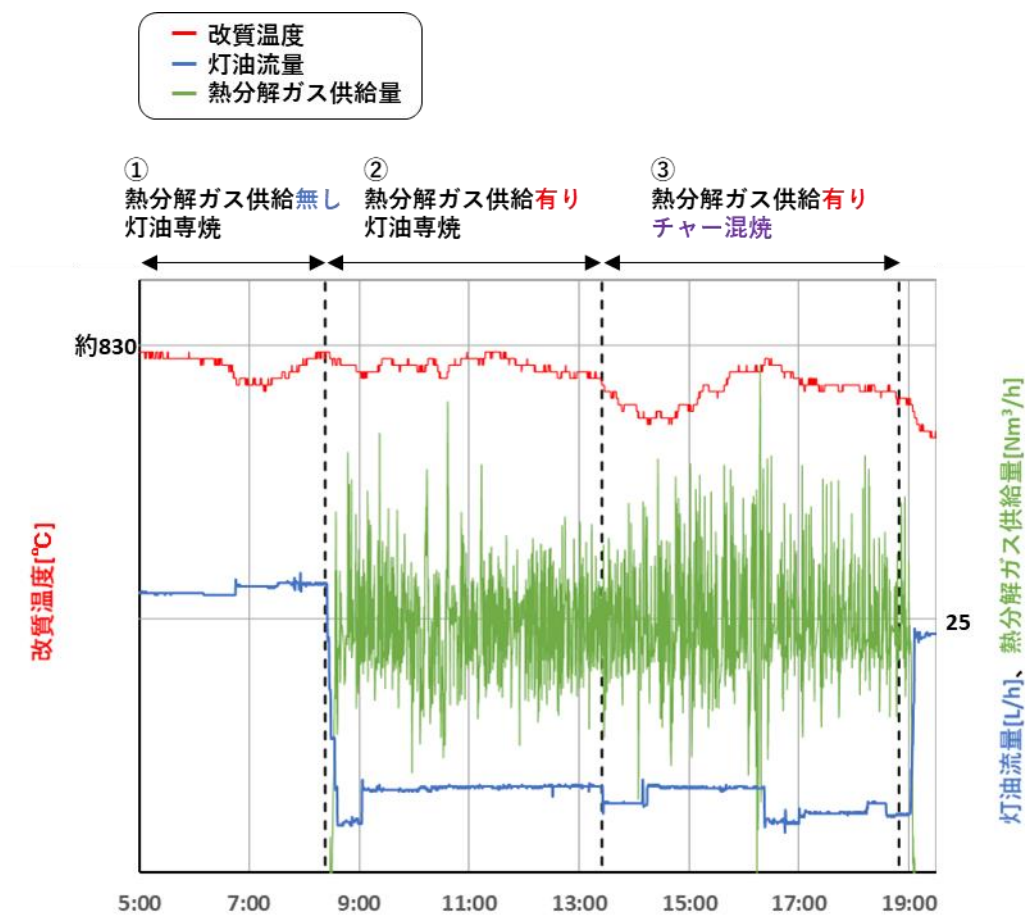


図 3-5-2 改質温度、灯油流量及び熱分解ガス供給量の運転トレンド

3.6 炉本体材料の検討

3.6.1 付着灰分析及び評価

高温熱分解処理条件に適した炉本体材質の確立を目的として、熱分解ガス化改質炉加熱ガスジャケット内部でのガスの挙動や腐食雰囲気の評価するため、熱分解ガス化改質炉外面の付着灰及びガスジャケット出口の灰について外観観察およびエネルギー分散型分析装置（EDX：Energy Dispersive X-ray Spectroscopy）による成分分析を実施した。

(1)熱分解ガス化改質炉外面・ジャケット出口灰外観観察結果

熱分解ガス化改質炉外観および外観写真の撮影箇所を図 3-6-1～3-6-3 に示す。(a)改質部位置では目立った腐食が認められない一方、(b)熱分解部位置では腐食が顕著であった。

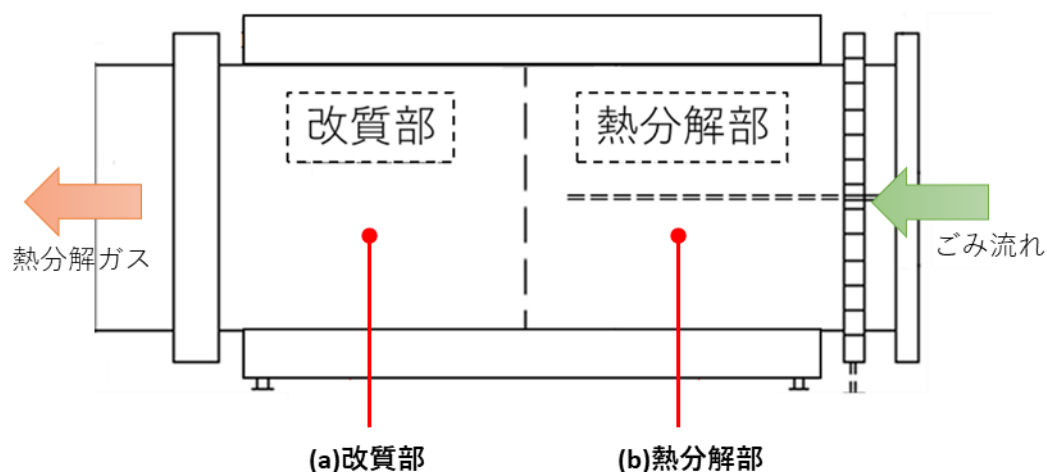


図 3-6-1 熱分解ガス化改質炉模式図および写真撮影箇所



図 3-6-2 (a)改質部での熱分解ガス化改質炉外面の写真

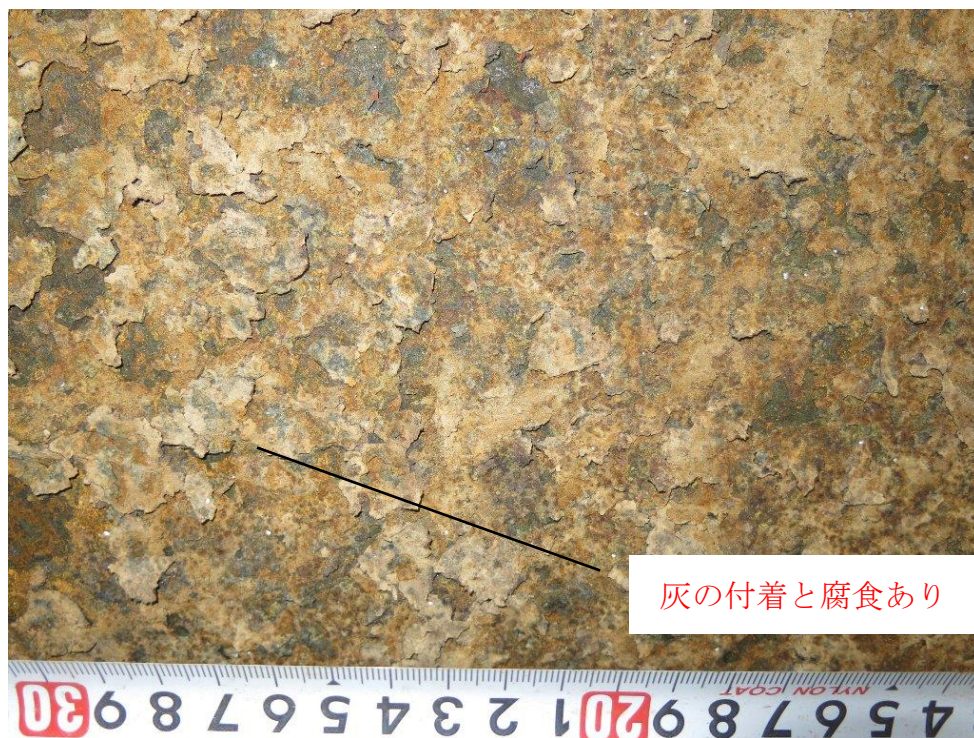


図 3-6-3 (b) 熱分解部での熱分解ガス化改質炉外面の写真

(2)付着灰の分析結果

各位置における付着灰のエネルギー分散型分析装置（EDX）による成分分析を行った結果、金属腐食の要因の一つである塩素（Cl）が、ガス上流側（改質部側）では検出されなかった。一方で、外観観察結果で腐食が確認されたガス下流側（ガス化部側）は、Cl が検出された。この結果から、Cl を含む灰が外面に付着し、熔融塩を形成することで、電気化学反応により熔融塩腐食が生じていたと推測される。

3.6.2 炉本体の候補材試験片の暴露試験および評価

熱分解ガス化改質炉の最適材料を検討するために、熱分解ガス化改質炉に取り付けた炉候補材の試験片の腐食減肉の調査を実施した。候補材は①SUS310S（炉本体と同材質）②AH-4、③Incoloy800H、④Inconel625、⑤ハステロイ C-276 の計 5 種類を選定し、試験片は熱分解ガス化改質炉外面に設置した。腐食減肉量は、試験片の断面観察により肉厚測定を行い、図 3-6-4 に示す通り全面腐食による減肉+局部腐食による減肉として評価した。

熱分解ガス化改質炉外面側の(a)改質部に取り付けた試験片の減肉量を調査した結果を図 3-6-5 に示す。候補材である 5 種類では、Inconel625 の減肉量が最も少なく、優れた耐食性を有していることが明らかになった。

熱分解ガス化改質炉外面側の(b)熱分解部に取り付けた試験片の減肉量を調査した結果を図 3-6-6 に示す。AH-4 と Incoloy800H は高温側と比較すると、鉄皮温度が低いにもかかわらず、腐食減肉が大きくなっていた。これは、AH-4 と Incoloy800H は Cl を含む熔融塩腐食環境下で安定した皮膜が形成できなかったためと考えられる。Inconel625 は最も優れた耐食性を示した。

熱分解ガス化改質炉内面側の(a)改質部に取り付けた試験片の減肉量を調査した結果を図 3-6-7 に示す。Inconel625 は時系列データからの腐食推定値である。

熱分解ガス化改質炉内面側の(b)熱分解部に取り付けた試験片の減肉量を調査した結果を図 3-6-8 に示す。

外面と内面を比較すると内面は高温側である改質炉の腐食量が多かった。

以上の結果より、5 種類の候補材の中では、Inconel625 が最も優れた耐食性を有しており、費用対効果の観点では SUS310S の適用が有効と評価した。

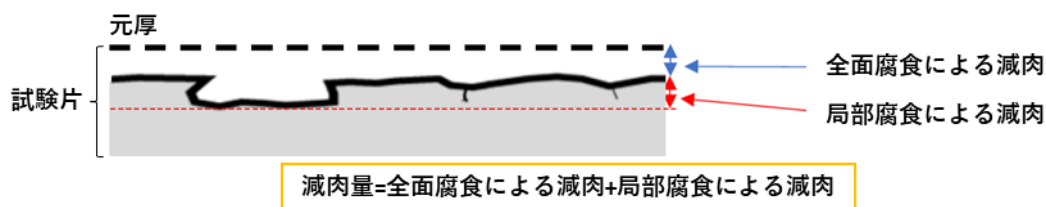


図 3-6-4 試験片の腐食減肉量の評価方法

改質部外面

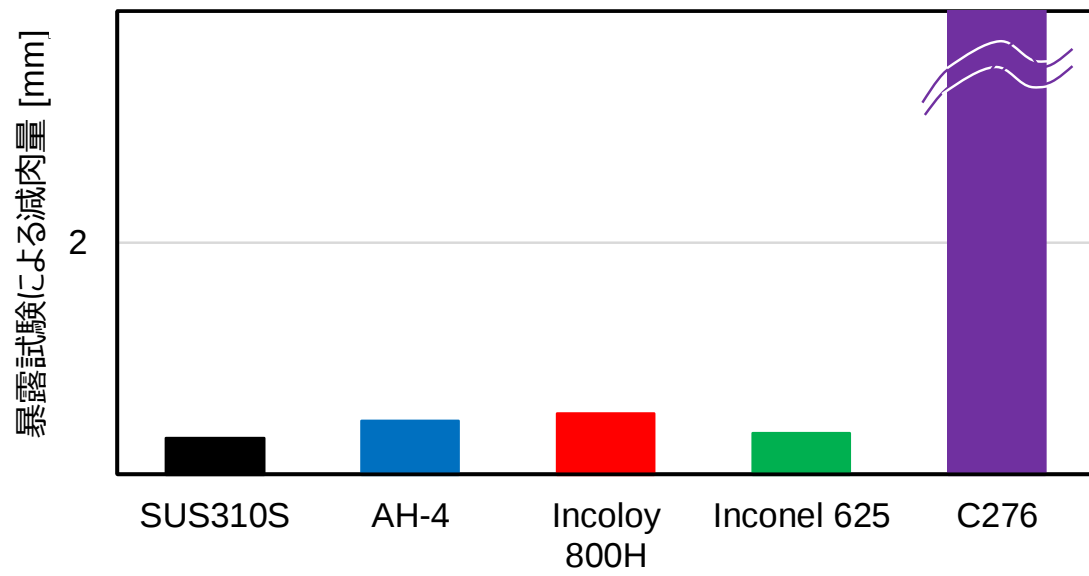


図 3-6-5 各試験片の腐食減肉結果

熱分解部外面

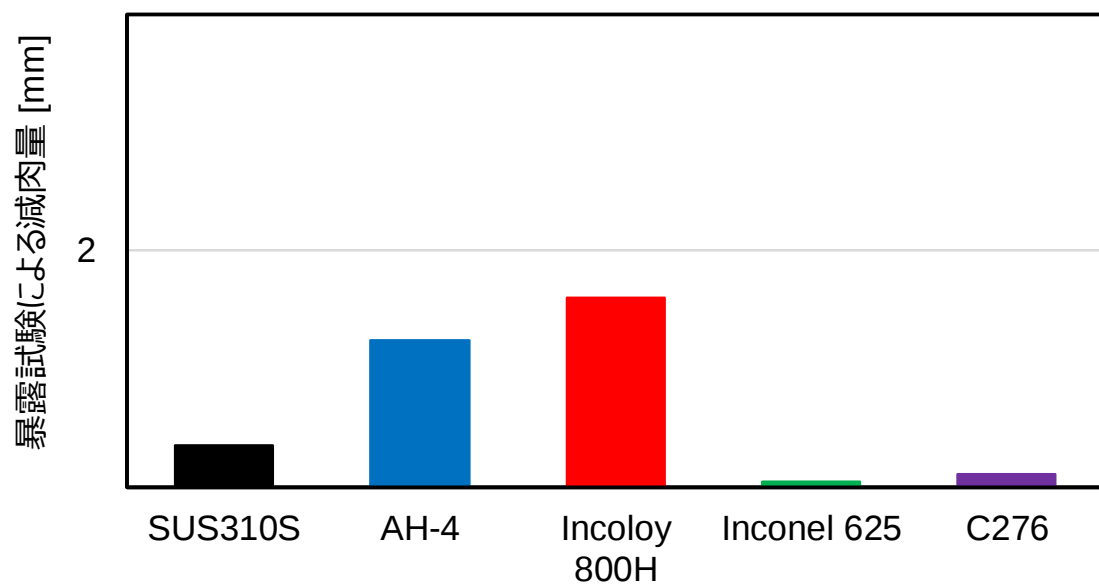
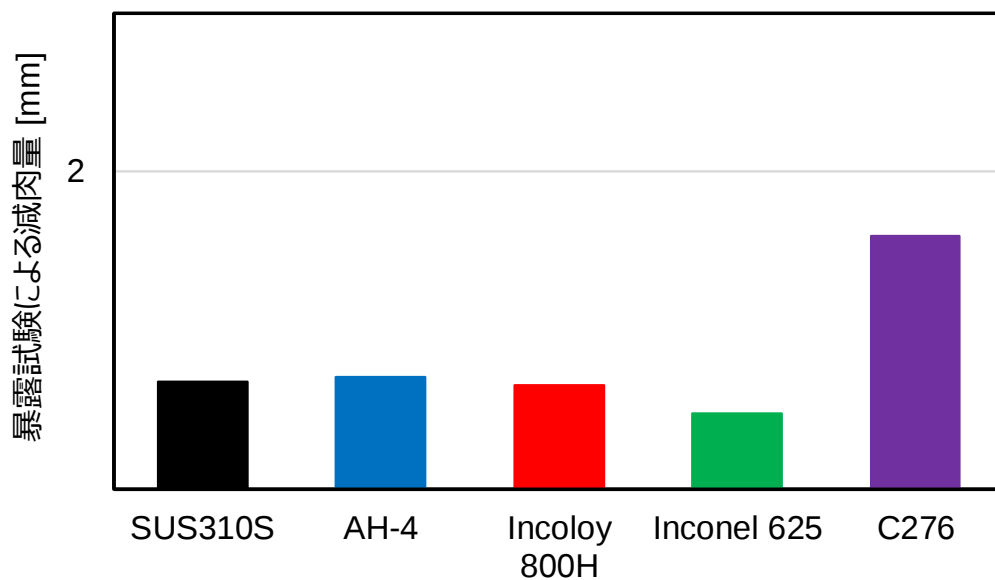


図 3-6-6 各試験片の腐食減肉結果

改質部内面



※Inconel625 は時系列データからの推定値

図 3-6-7 各試験片の腐食減肉結果

熱分解部内面

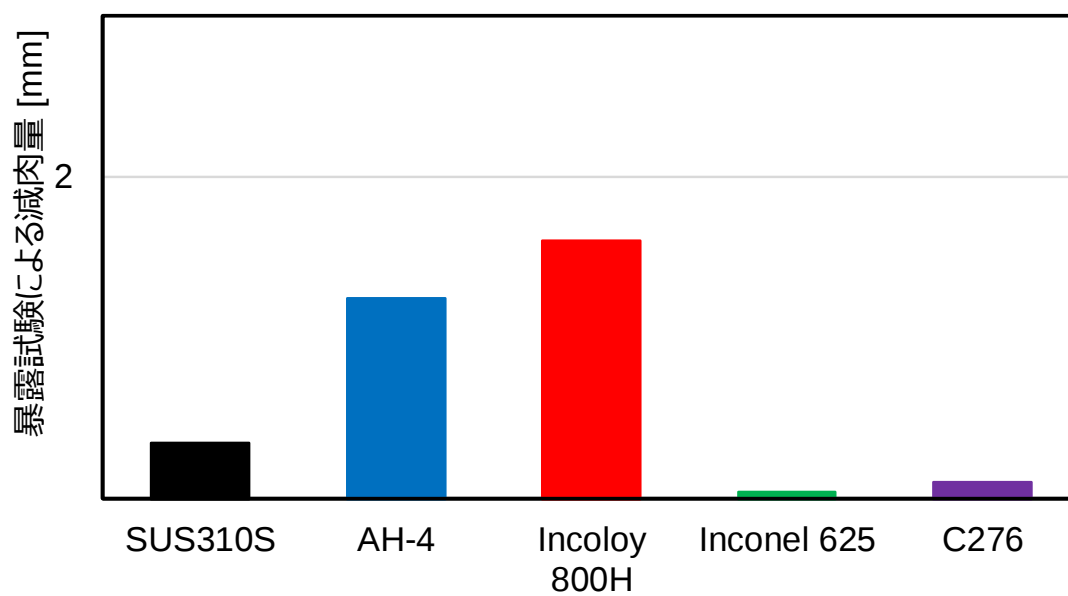


図 3-6-8 各試験片の腐食減肉結果

第4章 ガス精製装置の最適化

本章では、ガス精製装置を構成する各機器の条件最適化、連続運転後の内部点検、実機プラントを想定した排水処理システムの検討について報告する。

4.1 ガス精製装置の概要

熱分解ガス化改質炉は雑多な一般廃棄物を処理するため、生成する熱分解ガスには煤塵、塩素化合物、硫黄化合物、タール等の発電設備にとって有害な夾雑物が含まれる。これらを発電設備側要求値以下まで安定的、かつ連続的に除去することが可能なガス精製装置の開発を行う必要がある。

4.1.1 ガス精製装置の基本フロー

ガス精製装置のフローを図 4-1-1 に示す。本装置は熱分解ガス化改質炉を出た熱分解ガス（約 400℃）を連続かつ安定的に処理（ガス中のタール、煤塵、HCl や SO_x 等の酸性ガスを除去）することを目的として設置している。各系統のフローは以下のとおりである。

1) 熱分解ガス

熱分解ガス化改質炉で生成した熱分解ガスはサイクロン式集じん器で煤塵を粗除塵した後にガス精製装置で処理している。ガス精製装置では、急冷塔、吸収塔 1 および 2、減湿コンデンサ、オイルスクラバーの順に熱分解ガスを処理する。なお、各装置の役割は下記のとおりである。

急冷塔は熱分解ガスと噴霧水(タール・飛灰分離槽に貯留した水を循環利用。以下、噴射水)を並行流で気液接触させることにより、熱分解ガスを飽和蒸気温度まで急冷するとともに、タール、煤塵の除去を行う。

吸収塔 1 および吸収塔 2 は熱分解ガスとアルカリ水(減湿水槽に貯留したアルカリ水を循環利用。以下、減湿水)を気液接触させることにより、残存するタールおよび酸性ガス(SO_x, H₂S 等)を除去する。

減湿コンデンサは冷却水により熱分解ガスを間接冷却することで、ガス中の水分およびタールを除去する。

オイルスクラバーは熱分解ガスと吸収油を気液接触させることで残存するタールを吸収除去する。

上記の各機器を通過して精製したガスは、通常のシステムではガスタンクで貯留した後に発電設備の燃料として利活用するが、本事業では余剰ガスとして燃焼炉で酸化処理（燃焼）した後、その燃焼排ガスは排ガス処理設備で無害化する。

2) 噴射水

タール・飛灰分離槽の中間部から噴射水ポンプを接続する配管に、薬剤注入装置から供給される苛性ソーダ(水酸化ナトリウム)を注入することで、噴射水を中和している。

噴射水ポンプから吐出された噴射水は急冷塔の噴霧ノズルで噴霧され、急冷塔内で熱分解ガスと気液接触することでガスからタール、煤塵、酸性ガスを除去しながら急冷塔下部から配管を通して、タール・飛灰分離槽へと排出される。

タール・飛灰分離槽では、噴射水からタールと煤塵が浮遊・沈降分離される。

3) 減湿水

減湿水槽の下部から減湿水循環ポンプを接続する配管に噴射水と同様に苛性ソーダを注入することで、減湿水のアルカリ成分に調整する。減湿水循環ポンプから吐出された減湿水は減湿水循環クーラーで約 60℃から約 40℃まで降温される。

減湿水循環クーラーを出た減湿水は吸収塔 1 および吸収塔 2 の噴霧ノズルで噴霧され、ガス中の酸性ガスと凝縮水分による反応で塩を含んだ排水として、塔下部から減湿水槽へ排出される。

4) 循環油

吸収油タンクで貯留された吸収油は吸収油循環ポンプにより吸収油冷却器に圧送され、冷却水との間接熱交換により約 40℃から約 30℃まで降温される。

吸収油冷却器を出た吸収油はオイルスクラバーの噴射ノズルで散油され、ガス中のタールを除去した後に塔下部から吸収油タンクへ排出される。

吸収油タンクで浮遊した水分は手動ポンプにより除去し、水分を除去した吸収油は再度循環利用する。

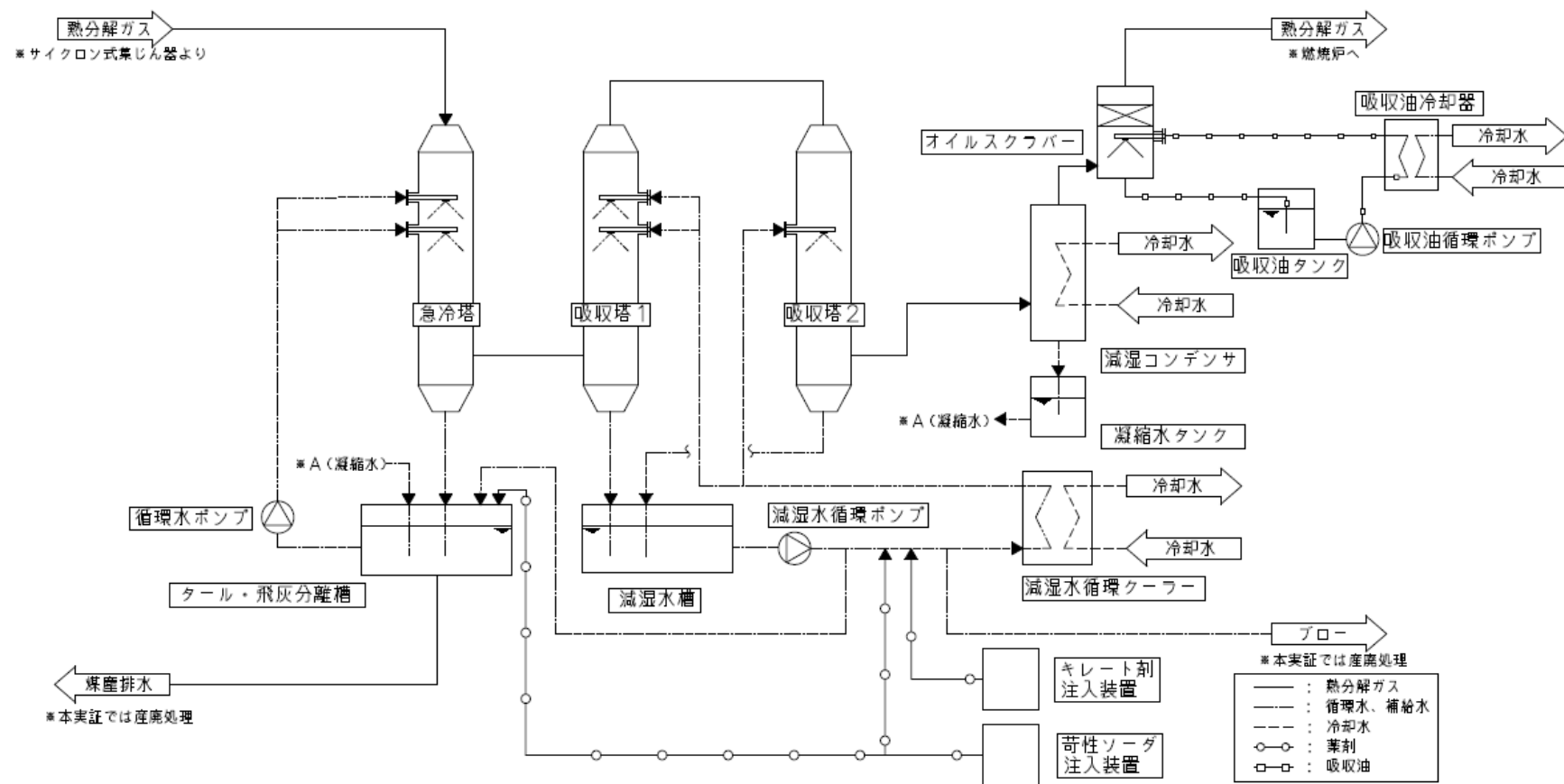


図 4-1-1 ガス精製装置 フローシート

4.1.2 機器仕様

前述のフローに基づき物質収支の検討と容量計算を行うことで、各機器の形式および材質を決定した。ガス精製装置の主要機器リストを表 4-1-1 に示す。

表 4-1-1 ガス精製装置 機器リスト

機器 番号	機器名称	形 式	材 質
3-1	急冷塔	スプレーノズル式 冷却塔	SUS304
3-2	吸収塔 1	スプレーノズル式 冷却塔	SUS304
3-3	吸収塔 2	スプレーノズル式 冷却塔	SUS304
3-4	減湿コンデンサ	二重管式 熱交換器	SUS304/SGP
3-5	オイルスクラバー	デミスター・ 充填物式	SUS304
	吸収油タンク	横型円筒タンク	SUS304
	吸収油循環ポンプ	ダイヤフラム式 ポンプ	SUS304 PTFE/CR
	吸収油冷却器	プレート式 熱交換器	SUS316
3-6	凝縮水タンク	縦型円筒槽	SGP/SS400
3-7	タール・ 飛灰分離槽	油水分離槽	SS400
3-8	沈殿物引抜ポンプ	遠心ポンプ	FC250/SS400
3-9	噴射水ポンプ	遠心ポンプ	FC250/SS400
3-10	減湿水槽	角型水槽	SS400
3-11	減湿水循環ポンプ	遠心ポンプ	FC250/SS400
3-12	減湿水循環 クーラー	プレート式 熱交換器	SUS316L/SS400
3-13	苛性ソーダ 注入装置	薬注ユニット	PE/PVC
3-14	キレート剤 注入装置	薬注ユニット	PE/PVC

4.1.3 機器配置図

機器配置について1階の平面図を図4-1-2に、2.5階の平面図を図4-1-3に示す。オイルスクラバーはミストセパレータの機器一部を流用、改造製作したため、図4-1-3のミストセパレータの位置にオイルスクラバーが配置される。オイルスクラバー置き換えを検討した際の配置図を図4-1-4に示す。

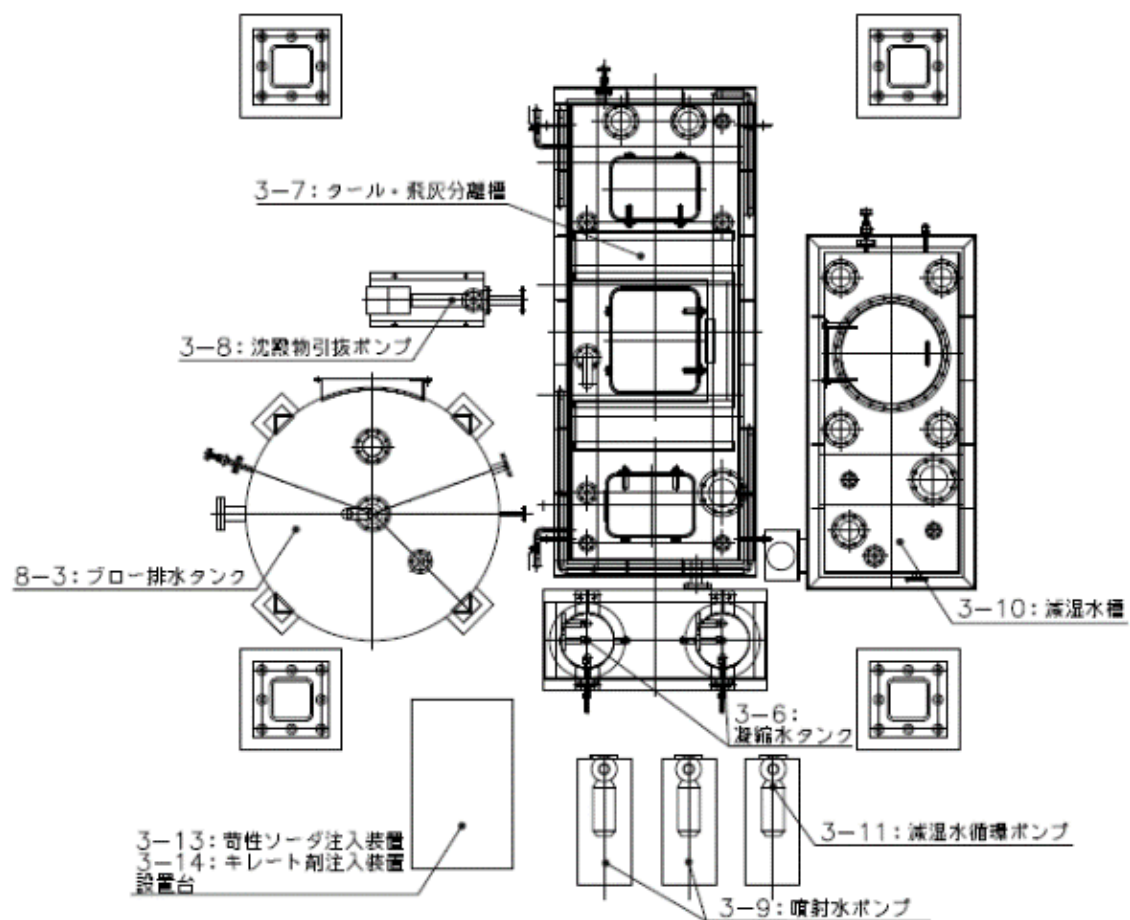


図 4-1-2 ガス精製装置 機器配置図 (1 階)

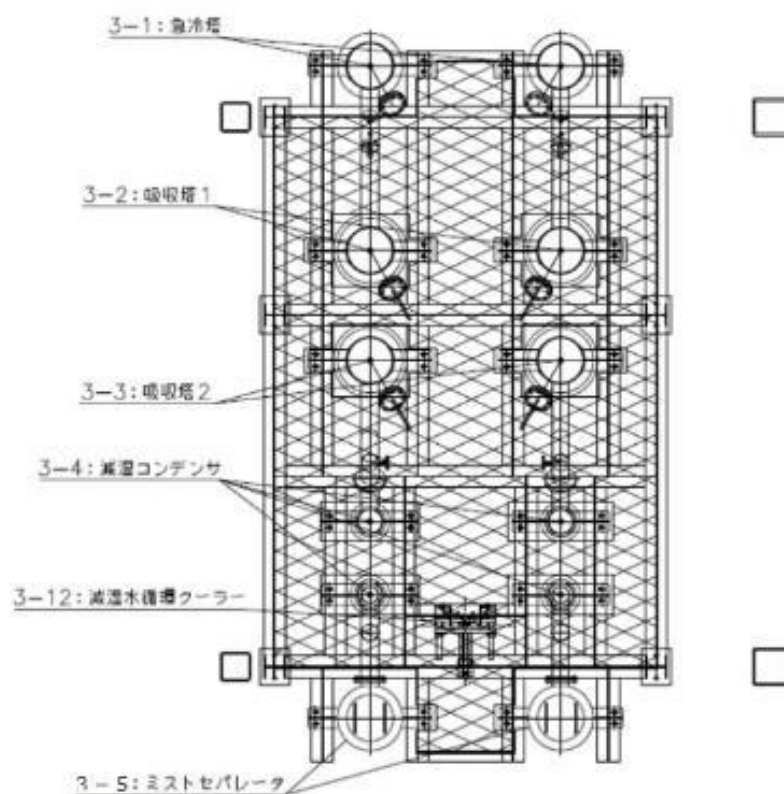


図 4-1-3 ガス精製装置 機器配置図 (2.5 階)

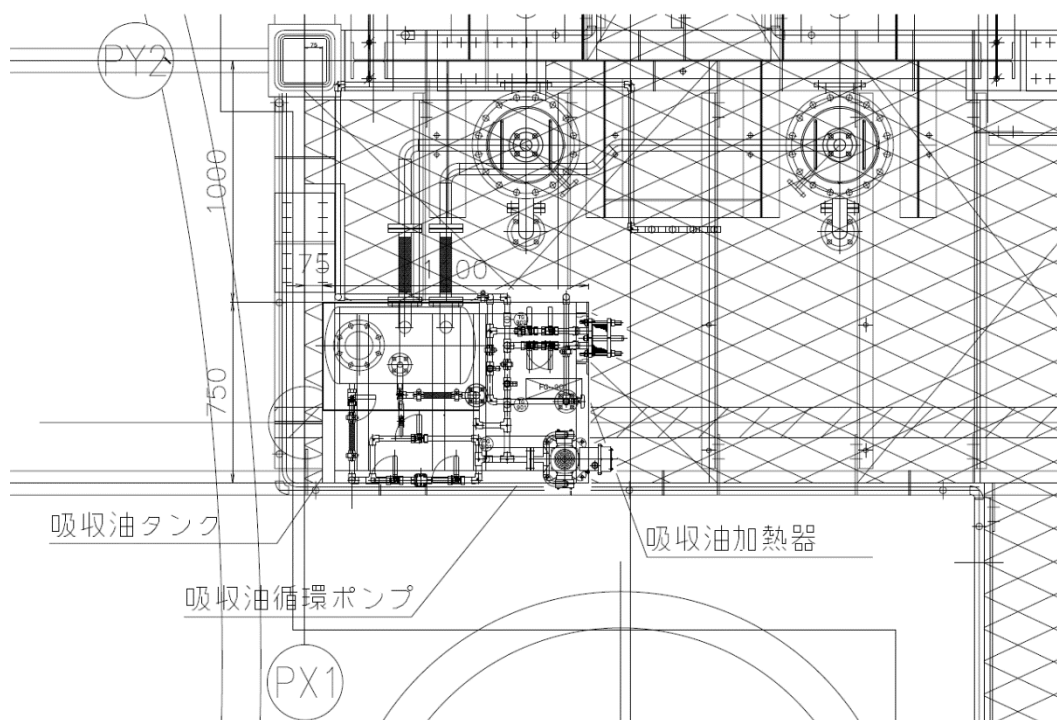


図 4-1-4 オイルスクラバー配置図 (2 階～2.5 階)

4.2 実証運転スケジュール

令和 4 年度中に 30 回、令和 5 年度に 4 回、計 34 回の実証運転を実施し、ガス精製装置の総稼働時間は約 3500 時間となった。R5 年度の運転日数は、総計 105 日（R5 年 4 月：30 日、6 月：30 日、9~10 月：45 日）となった。各年度の実証運転のスケジュールをそれぞれ表 4-2-1 と表 4-2-2 に示す。

表 4-2-1 R4 年度ガス精製装置の実証運転スケジュール

委託業務実施上の区分		実施期間																												
		3	月	4	月	5	月	6	月	7	月	8	月	9	月	1	0	月	1	1	月	1	2	月	1	月	2	月	3	月
(2) ガス精製装置の最適化																														
	運転期間 ▽ 部は精製ガス分析実施 ▼ 部は精製ガス分析なし																													
・一般廃棄物を用いた ガス精製装置の最適化																														
・一般廃棄物の安定した連続処理に適した システム、運転操作条件の検討																														
・熱分解ガスに含まれる有害成分除去性能 99%達成のための検討																														
・熱分解ガス精製装置排水の 最適処理システム検討																														

表 4-2-2 R5 年度ガス精製装置の実証運転スケジュール

実施期間		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	摘	要
委託業務実施上の区分		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月		
運転期間					33rd 7/10~7/15										
		31st 4/3~5/3		32nd 5/29~6/29			34th 9/9~10/27								
(2) ガス精製装置の最適化															
・一般廃棄物の熱分解ガスを安定的かつ連続的に処理可能なガス精 製装置の最適化					▼内部点検	データ採取、点検等			内部		集約、まとめ				
・実機プラントを想定した排水処理システムの立案					▼内部点検	排水、分析、システム検討			内部		集約、まとめ				

4.3 各種機器の運転条件の最適化

本節では、各機器での噴霧量や温度といったパラメータが夾雑物除去性能に与える影響を評価し、各機器における最適運転条件を検討した。

4.3.1 急冷塔の運転条件の最適化

4.3.1.1 冷却性能

噴射水の噴霧量が急冷塔内でのガス温度降下に与える影響を確認した。図 4-3-1 に急冷塔のスプレーノズルおよび熱電対の位置を示す。噴霧量を 300L/h、600L/h、940L/h に変更した際の各位置での温度分布を図 4-3-2～図 4-3-4 に示す。

各噴霧量の運転時で急冷塔入口の熱分解ガス温度に若干の差異はあったが、スプレーノズル上段直下（温度測定位置：ガス入口から 500mm）の位置において熱分解ガスを約 80℃まで冷却可能であることを確認した。

また噴霧量を変更しても、熱分解ガスの降温挙動に差異がないことが分かる。このことから、冷却性能の観点では急冷塔の噴霧量は 300L/h で十分であると言える。

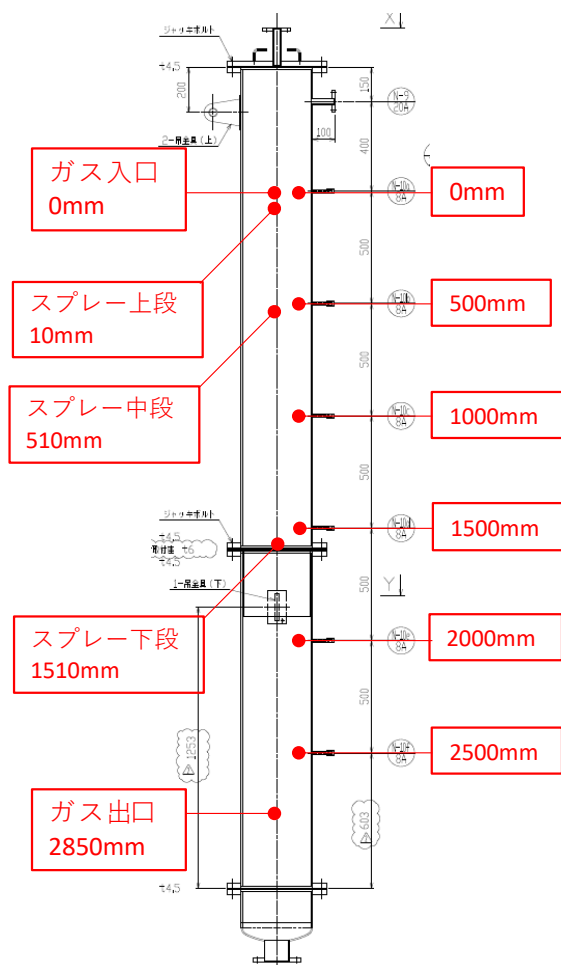


図 4-3-1 急冷塔のスプレーおよび熱電対の位置

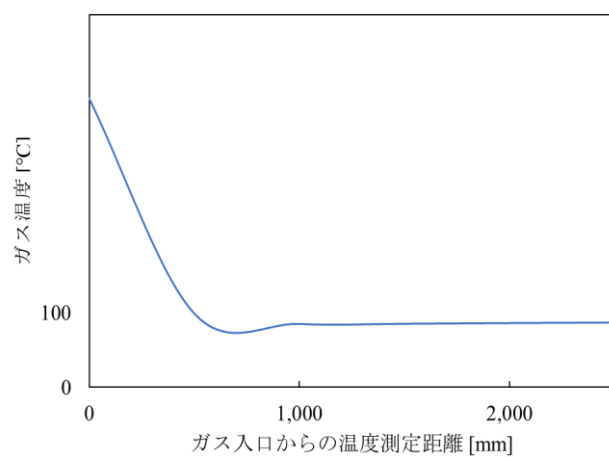


図 4-3-2 急冷塔内における温度降下曲線（噴霧量：300L/h）

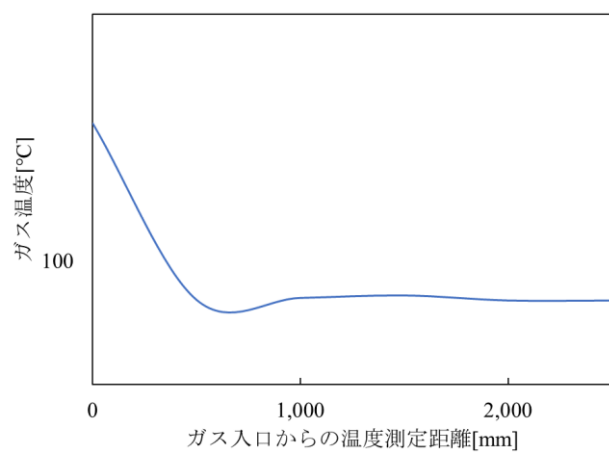


図 4-3-3 急冷塔内における温度降下曲線（噴霧量：600L/h）

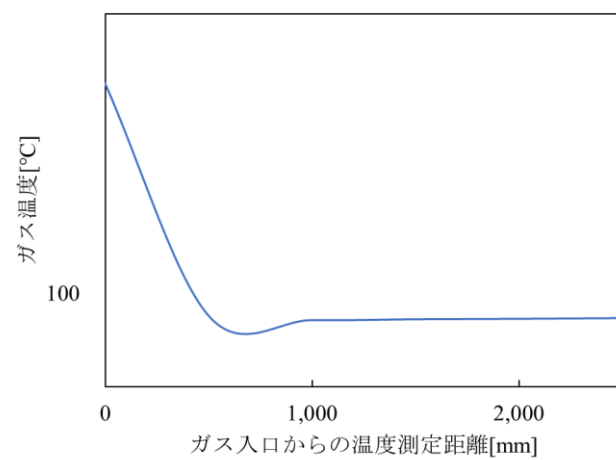


図 4-3-4 急冷塔内における温度降下曲線（噴霧量：940L/h）

4.3.1.2 タール除去性能

噴射水の噴霧量が急冷塔におけるタール除去性能に与える影響について確認した。評価方法は、各噴霧量において急冷塔入口および出口で測定した熱分解ガスのタール濃度から算出したタール除去率とした。各噴霧量に対するタール除去率を図 4-3-5 に示す。

各噴霧量におけるタール除去率は 940L/h で 56.2%、600L/h で 47.7%、300L/h で 66.6%の結果となった。噴霧量を増加させることで気液接触効率が上がり、タールの除去性能が向上することが期待されたが、タール除去の観点では噴霧量増減による有意な差は確認できなかった。これは急冷塔入口のタール量の変動が原因と考えられる。また、急冷塔でのタール除去率は約 50%だが、後段設備（吸収塔、減湿コンデンサ、オイルスクラバー）にて除去するため問題はない。

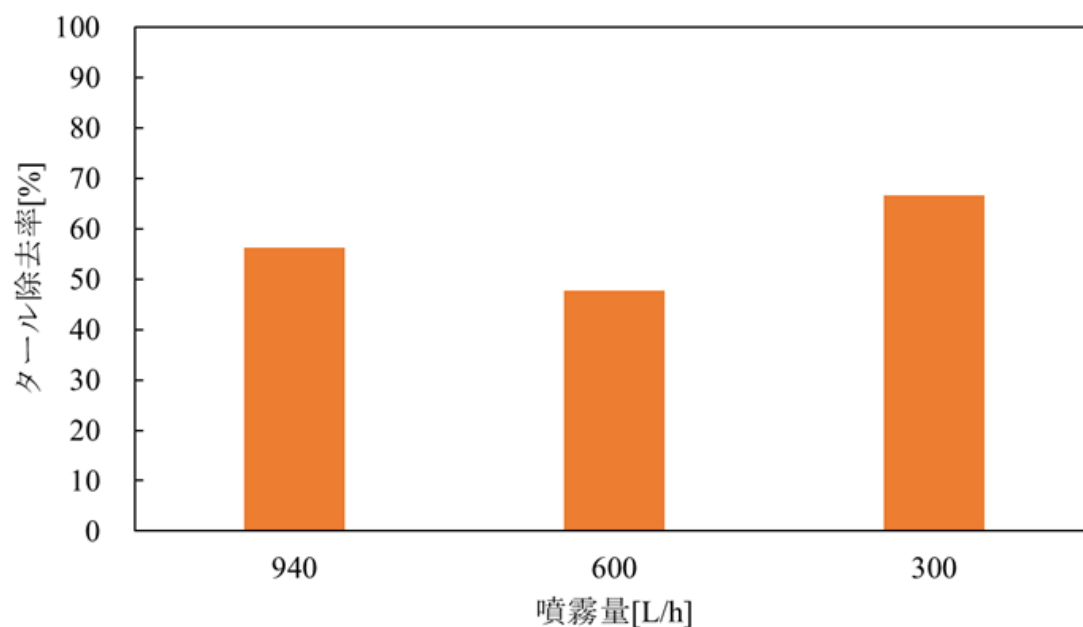
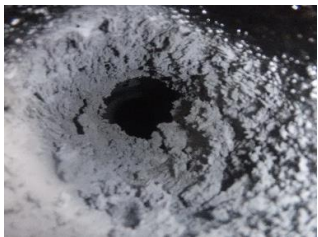


図 4-3-5 急冷塔における各噴霧量でのタール除去率

4.3.1.3 煤塵除去性能

噴霧量が急冷塔における煤塵除去性能に与える影響について確認した。評価方法は、各噴霧量で一定時間運転を行った後に急冷塔出口配管を目視確認し、急冷塔後流側への煤塵飛散状況とした。各噴霧量における急冷塔出口配管の煤塵付着状況を表 4-3-1 に示す。噴霧量を増加することにより、急冷塔出口配管内部に付着する煤塵が減少する傾向であった。急冷塔の噴霧量を増加させることで、噴霧液滴と煤塵の接触効率が上昇し、急冷塔内部での煤塵除去性能が向上したと考えられる。また、本実証においては当該箇所の煤塵付着に起因するトラブルは発生しなかったが、実機プラントでは連続運転時間が延びることを想定すると対策が必要になる。対策案については 5.3.2 項に詳細を記載した。

表 4-3-1 各噴霧量における急冷塔出口配管の煤塵付着状況

噴霧量	300L/h	600L/h	940L/h
急冷塔 出口配管 1			
急冷塔 出口配管 2			

4.3.1.4 まとめ

冷却性能、煤塵除去性能の観点から、本実験条件（給じん量約 80kg/h）における急冷塔の最適噴霧量は 940L/h とした。

4.3.2 吸収塔の運転条件の最適化

4.3.2.1 タール除去性能

実証運転を通じて、吸収塔におけるタール除去性能は減湿水の噴霧量増減による影響よりも吸収塔出口での熱分解ガス温度に依存することが判明したために、吸収塔出口における熱分解ガス温度が吸収塔でのタール除去性能に与える影響について確認した。

評価方法は、吸収塔 1 出口における熱分解ガスが設定温度となるように減湿水の噴霧量、温度を制御し、吸収塔 1 出口で測定した熱分解ガスのタール濃度から算出したタール濃度比とした。熱分解ガス温度に対する吸収塔 1 出口におけるタール濃度比を図 4-3-6 に示す。

吸収塔 1 出口の温度が低下すると、タール濃度も相対的に低下することを確認した。これは、熱分解ガスの温度降下によりガス態として存在するタールが凝縮、液化し、減湿水と接触頻度が高くなったことで熱分解ガス中に存在するタールの除去率が向上したものと考えられる。

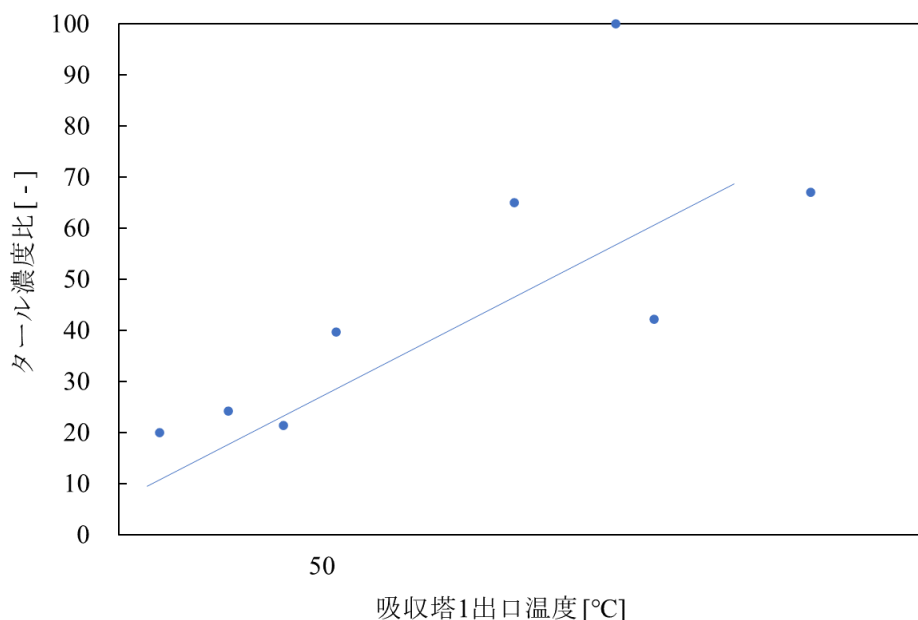


図 4-3-6 吸収塔 1 出口温度とタール濃度の関係

4.3.2.2 まとめ

タール除去性能の観点から、本実証設備で得られた一般廃棄物由来の熱分解ガスにおける吸収塔の最適運転条件として、吸収塔出口の熱分解ガス温度は約 50°C 以下とし、減湿水の噴霧量は液化したタールとの接触頻度が極力高くなるように 2000L/h (吸収塔 1 : 1400L/h、吸収塔 2 : 600L/h) とした。

4.3.3 減湿コンデンサ運転条件の最適化

4.3.3.1 減湿性能

機器冷却水量が減湿コンデンサにおける減湿性能に与える影響について確認した。評価方法は、機器冷却水量を $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 、 $1.6\text{m}^3/\text{h}$ 、 $3.0\text{m}^3/\text{h}$ に流量制御し、各機器冷却水量での減湿コンデンサ入口および出口で測定した熱分解ガス中の水分から算出した凝縮水量とした。各機器冷却水量での減湿コンデンサの凝縮水量を図 4-3-7 に示す。機器冷却水量が増加するに伴い、減湿コンデンサで凝縮する水分量も増加する結果となった。これは、機器冷却水量を増加することで減湿コンデンサでの交換熱量が大きくなり、熱分解ガスの出口温度が低下することで出口ガス中の飽和蒸気量も低下したことが要因と考えられる。

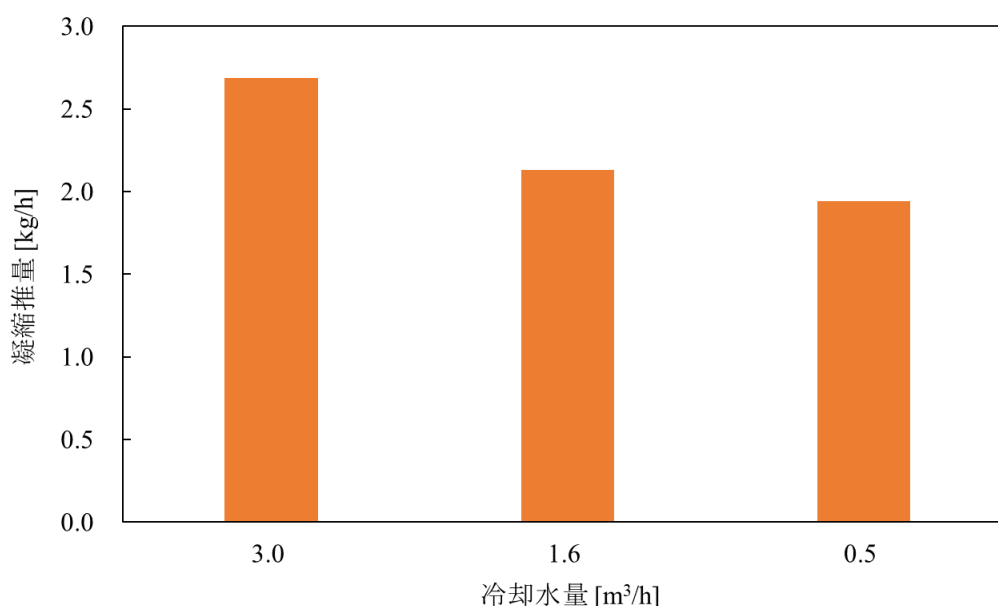


図 4-3-7 冷却水量に対する凝縮水量

4.3.3.2 タール除去性能

実証運転を通じて、熱分解ガスの温度降下に伴い成分の異なるタールが凝縮、析出することが確認された。減湿コンデンサにおいても機器内面にタールが凝縮、析出することを確認した。運転後の減湿コンデンサの機器内面の状況を図 4-3-8 に示す。連続運転中に減湿コンデンサの機器内面に析出したタールを除去、清掃する方法については第 5 章で記述する。

上記より、減湿コンデンサでもタールの除去が可能であることが判明したため、減湿コンデンサの機器冷却水量がタール除去性能に与える影響について確認した。評価方法は、機器冷却水量を $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 、 $1.6\text{m}^3/\text{h}$ 、 $3.0\text{m}^3/\text{h}$ に流量制御し、減湿コンデンサ出口で測定した熱分解ガスのタール濃度から算出したタール濃度比とした。タール濃度比は、3 条件中で最大タール濃度を 100% として算出した。各機器冷却水量における減湿コンデンサ出口でのタール濃度比を図 4-3-9 に示す。タール除去性能は、機器冷却水量 $3.0\text{m}^3/\text{h} > 0.5\text{m}^3/\text{h} > 1.6\text{m}^3/\text{h}$ の順で

高い結果であったが、機器冷却水量を増減したことによるタール除去性能の影響に有効な差異は確認されなかった。これは減湿コンデンサの伝熱面積が一定のために析出するタール量に限りがあり、噴霧水による機器内面の清掃（詳細は第5章で記述）を行ってから一定時間経過後には伝熱面全体にタールが限界値まで析出したことで熱交換性能が低下したことが原因と考えられる。本結果から、減湿コンデンサのタール除去性能を維持するためには定期的な噴霧水による機器内面の清掃が必要であることを確認した。



図 4-3-8 減湿コンデンサ機器内部に析出したタール

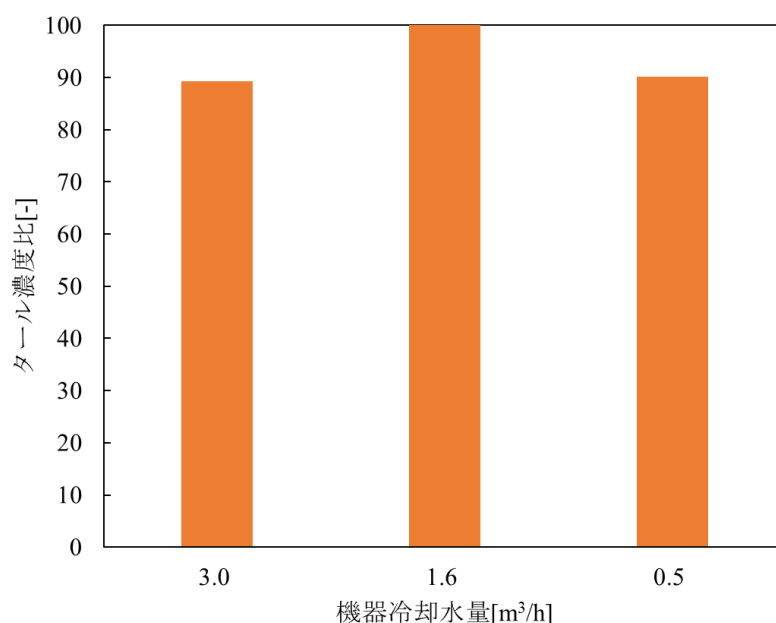


図 4-3-9 減湿コンデンサ出口タール濃度比

4.3.3.3 まとめ

減湿性能およびタール除去性能の観点から、本実証設備で得られた一般廃棄物由来の熱分解ガスにおける減湿コンデンサの最適運転条件として、機器冷却水量は3.0m³/hと判断した。

4.3.4 オイルスクラバー運転条件の最適化

4.3.4.1 吸収油の選定

オイルスクラバーでは噴霧した油とガスを接触させることで油側にタールを移行することを目的としている。本実証試験で採用候補の吸収油を表 4-3-2 に示す。実際の熱分解ガスを用いたタール除去基礎試験の結果から、本実証試験では洗浄油 B を採用した。

表 4-3-2 実証試験に使用した吸収油

吸収油	洗浄油 A	洗浄油 B	有機溶媒 A	有機溶媒 B	植物油 A
使用例	タールとほぼ同成分の油	タールピッチ等の洗浄に使用される洗浄油	非極性溶媒	極性溶媒	一般的な植物油

4.3.4.2 充填物の選定

オイルスクラバーの概略図を図 4-3-10 に示す。オイルスクラバーには熱分解ガスと吸収油の接触効率を向上させるために、充填物を機器内部（図 4-3-10 赤色着色部）に充填している。機器内部に充填物を充填した写真を図 4-3-11 に示す。

充填物のサイズがタール除去性能に与える影響について確認した。評価方法は、充填物のサイズを 1/2 インチ、5/8 インチ、1 インチのいずれかとし、各充填物サイズでのオイルスクラバー出口で測定した熱分解ガスのタール濃度から算出したタール濃度比とした。タール濃度比は、3 条件中で最大タール濃度を 100% として算出した。各充填物サイズにおけるタール濃度比の関係を図 4-3-12 に示す。図から、充填物のサイズが小さいほど、タール濃度は低下することが分かった。これは、気液接触効率が良くなることにより、熱分解ガスの温度が低下したためと考えられる。

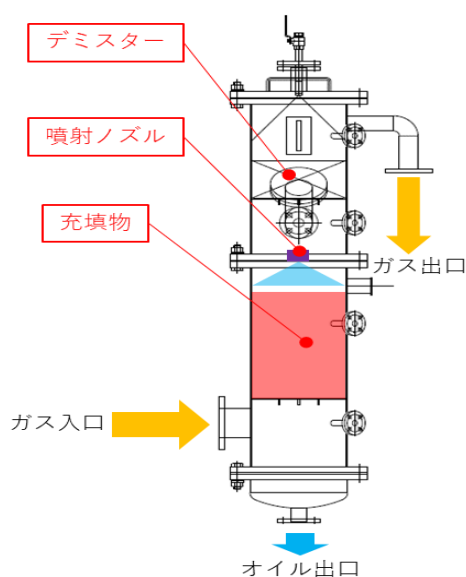


図 4-3-10 オイルスクラバー本体図



図 4-3-11 オイルスクラバー充填物の充填状況

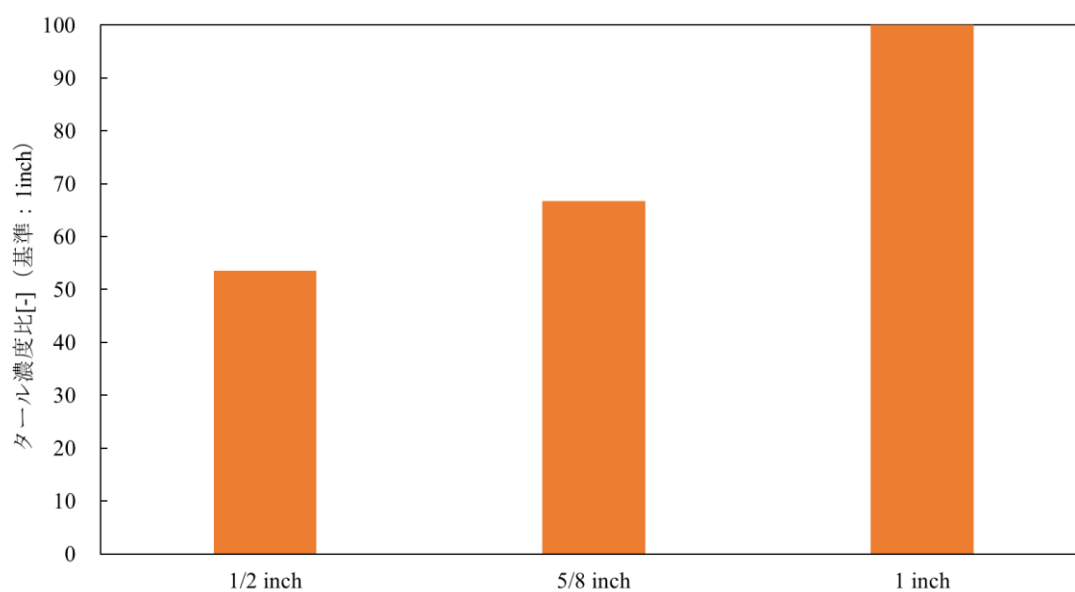


図 4-3-12 各充填物サイズとタール濃度比の関係

4.3.4.3 まとめ

タール除去性能の観点から、本実証設備で得られた一般廃棄物由来の熱分解ガスにおけるオイルスクラバーの最適条件として、使用する吸収油は洗浄油 B とし、機器内部に充填する充填材のサイズは 1/2 インチとした。

4.3.5 ガス精製装置の最適運転条件

ガス精製設備を構成する各機器の最適運転条件を表 4-3-3 に示す。

表 4-3-3 ガス精製における各機器の最適運転条件

機器名称	項目	最適値
急冷塔	噴霧量	940L/h
吸収塔	噴霧量	2000L/h
	出口温度	< 50℃
減湿コンデンサ	冷却水量	3m³/h
オイルスクラバー	溶媒	洗浄油 B
	充填物サイズ	1/2inch

4.4 最適運転条件での性能評価

本節では、前節で決定したガス精製装置最適条件において運転した際の夾雑物除去性能について評価した。

4.4.1 最適運転条件での夾雑物除去結果

表 4-3-3 で示した最適条件で運転した際のガス精製装置におけるタール除去率、塩化水素（HCl）除去率、硫黄酸化物（SO_x）除去率、硫化水素（H₂S）除去率を図 4-4-1 に示す。酸性ガスの除去結果は HCl 除去率が 90%、SO_x 除去率が 97.4%、H₂S 除去率が 59.1%であり、目標である 99.9%を達成するに至らなかったが、各成分ともにガスエンジン入口要求値※（HCl 濃度：10ppm 以下、H₂S 濃度：300ppm 以下）を満足できることを確認した。タールの除去結果は除去率 88%で高い除去性能を確認したが、ガスエンジン入口要求値※（タール濃度 0.1 g/Nm³ 以下）を満足することはできなかった。

タール除去性能については更なる向上が必要となることから、実機展開を見据えてタール除去率向上案を次項の通り検討した。

※ガスエンジン入口要求値：メーカーへのヒアリングによる。

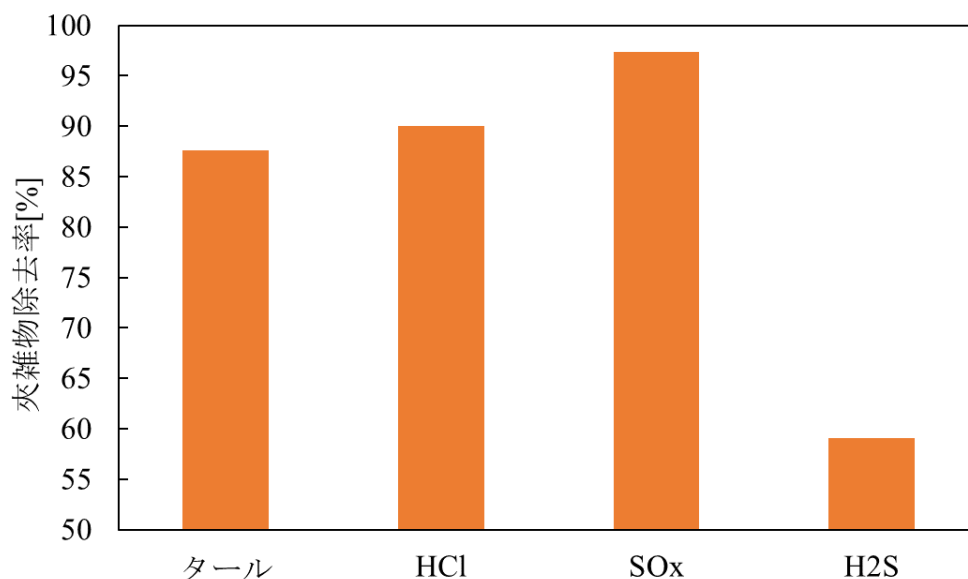


図 4-4-1 最適条件で運転した際の夾雑物除去率

4.4.2 タール除去率向上案

ガス精製装置最適条件においてタールのみガスエンジン入口要求値を満足できない結果となった。タール除去性能の向上案を下記のとおり検討した。

① ガス圧縮機およびガスタンクの追加

ガス圧縮機で熱分解ガスを昇圧後、常温まで冷却して貯留する。それにより、常温常圧においてガス態で存在するタールを凝縮させて分離除去する。

② ガス冷却装置の追加

熱分解ガスを常温以下まで過冷却することによりガス態で存在するタールを凝縮させ、分離除去する。

4.5 連続運転後における内部点検およびデータ採取

連続運転終了後、ガス精製装置の内部点検を行った。各機器の内部状況を図4-5-1に示す。チャーやタールの付着は確認されたが、閉塞等のトラブルが生じるような状況ではなく、継続運転が可能な状況であった。

また、内部点検時に各機器および配管に付着しているタールを採取し、ガスクロマトグラフ質量分析（GC-MS）で定性分析した。タールの採取個所を図4-5-2に示し、各箇所で見出されたタール成分を表4-5-1に示す(●が検出されたタールを示す)。タール成分の結果から、ガス精製後流側すなわち運転温度が低下に伴い、機器内部や配管に付着するタールの分子質量も低くなる傾向を確認した。

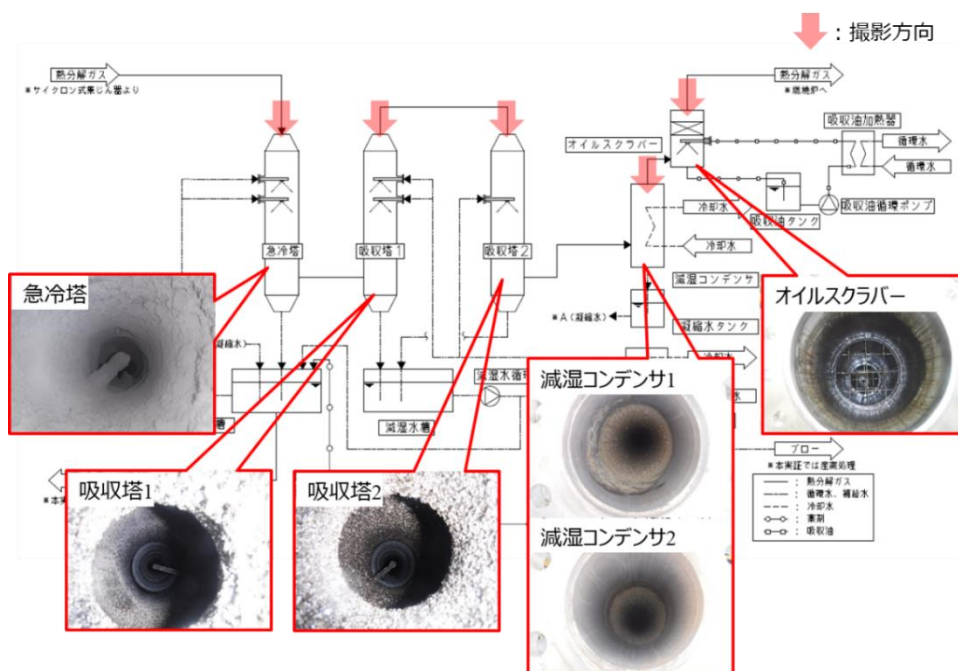


図 4-5-1 連続運転後のガス精製内部状況

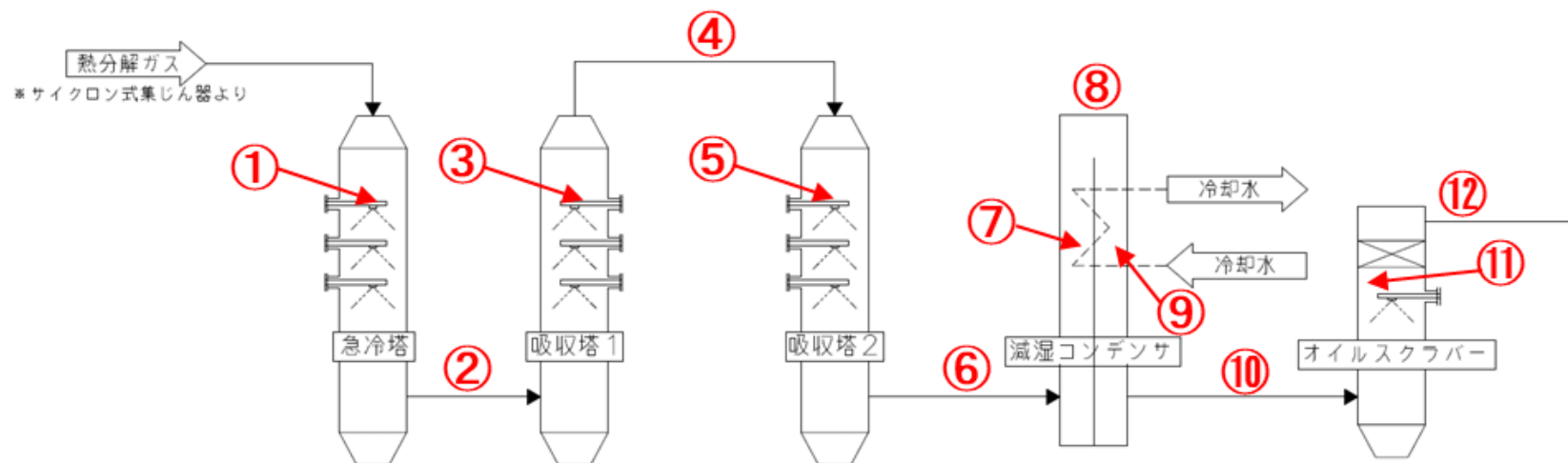


図 4-5-2 タール採取箇所

表 4-5-1 GC-MS による分析結果

物質名、分子量	アズレン 128.06	ナフタレン 128.06	1-メチルナフタレン 142.08	2-メチルナフタレン 142.08	アセナフチレン 152.06	ビフェニレン 152.06	ビフェニル 154.08	アントラセン 178.08	フェナントレン 178.08	フルオランテン 202.08	ピレン 202.08
サンプリング箇所（流体：温度）											
①急冷塔 スプレーノズル		●				●			●		
②急冷塔～吸収塔1接続配管									●	●	●
③吸収塔1スプレーノズル外面	●					●		●			
④吸収塔1～吸収塔2接続配管		●				●		●			
⑤吸収塔2スプレーノズル		●				●		●			
⑥吸収塔2～減湿コンデンサ接続配管		●					●	●			
⑦減湿コンデンサ(1)内面	●				●			●			
⑧減湿コンデンサ(1)～(2)接続配管	●					●		●			
⑨減湿コンデンサ(2)内面	●					●			●		
⑩減湿コンデンサ～オイルスクラバー接続配管	●					●		●			
⑪オイルスクラバー内面		●	●					●			
⑫ガス精製出口水平配管		●	●	●							

※●が検出されたタールを示す。

4.6 熱分解ガス精製装置排水の最適処理システム

ガス精製装置では、熱分解ガス中に含まれる不純物を除去するために水を噴霧することから、熱分解ガスから除去されたタール、煤塵、酸性ガス等を含んだ排水が発生する。実機プラントではこの排水を処理して下水放流することを想定しているため、下水道に放流可能な処理水が得られる排水処理システムの確立が必要である。

本節では、排水処理システムの確立に向けて実施した検討内容について報告する。

4.6.1 実証実験の排水性状の把握

排水処理システムの確立にあたって、排水中の規制物質濃度を把握し、適切な処理フローを検討する必要がある。そこで、第3章および本章で確立した熱分解ガス化改質炉ならびにガス精製装置の最適条件にて運転中のタール・飛灰分離槽及び減湿水槽から排水サンプルを採取し、性状把握のために分析を行った。

4.6.1.1 排水分析

(1) 採取方法

熱分解ガス化改質炉で得られた一般廃棄物由来の熱分解ガスを急冷塔及び吸収塔に通じ、各塔内に噴霧水を噴霧して夾雑物の除去を行う。噴霧水はそれぞれタール・飛灰分離槽、減湿水槽を経由して循環・再利用した。なお、連続運転期間中は噴霧水が過度に濃縮して運転に支障をきたすのを防ぐため、1週間に1度の頻度で各槽の水を全て入れ替える運用とした。

排水サンプルは、連続運転中に水槽の水を入れ替える直前（入れ替えから約7日間経過後）に噴射水ポンプ及び減湿水循環ポンプの吐出側配管より各2回採取し、下水道排除基準値が定められている項目のうち温度を除く43項目に加え、性状把握に必要と判断した9項目の合計52項目の分析を行った。表4-6-1及び表4-6-2に分析項目ならびに分析方法を示す。

表 4-6-1 排水分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
カドミウム及びその化合物	JIS K 0102-55.4 ICP質量分析法
シアン化合物	JIS K 0102-38.1.2,38.5 4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン発色CFA法
有機燐化合物	昭和49年環境庁告示第64号 付表1 ガスクロマトグラフ法
鉛及びその化合物	JIS K 0102-54.4 ICP質量分析法
六価クロム化合物	JIS K 0102-65.2.5 ICP質量分析法
砒素及びその化合物	JIS K 0102-61.3 水素化物発生ICP発光分光分析法
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	昭和46年環境庁告示第59号 付表2 還元気化原子吸光法
アルキル水銀化合物	昭和46年環境庁告示第59号 付表3 GC法
ポリ塩化ビフェニル	昭和46年環境庁告示第59号 付表4 GC法
トリクロロエチレン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
テトラクロロエチレン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
ジクロロメタン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
四塩化炭素	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
1,2-ジクロロエタン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
1,1-ジクロロエチレン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
1,1,1-トリクロロエタン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
1,1,2-トリクロロエタン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
1,3-ジクロロプロペン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
チウラム	昭和46年環境庁告示第59号 付表5 固相抽出HPLC法
シマジン	昭和46年環境庁告示第59号 付表6(第1) 固相抽出HPLC法
チオベンカルブ	昭和46年環境庁告示第59号 付表6(第1) 固相抽出HPLC法
ベンゼン	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
セレン及びその化合物	JIS K 0102-67.3 水素化物発生ICP発光分光分析法
ほう素及びその化合物	JIS K 0102-47.3 ICP発光分光分析法
ふっ素及びその化合物	JIS K 0102-34.4 蒸留・ランタン-アリザリンコンプレキソン発光CFA法

表 4-6-2 排水分析項目と分析方法(続き)

分析項目	分析方法
1,4-ジオキサン	昭和46年環境庁告示第59号 付表8(第3) ヘッドスペース・GC-MS法
フェノール類含有量	JIS K 0102-28.1.1及び28.1.2 4-アミノアンチピリン吸光光度法
銅含有量	JIS K 0102-52.4 ICP発光分光分析法
亜鉛含有量	JIS K 0102-53.3 ICP発光分光分析法
溶解性鉄含有量	JIS K 0102-57.4 ICP発光分光分析法
溶解性マンガン含有量	JIS K 0102-56.4 ICP発光分光分析法
クロム含有量	JIS K 0102-65.1.5 ICP質量分析法
水素イオン濃度	JIS K 0102-12.1 ガラス電極法
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (鉱物油類)	JIS K 0102-附属書1(参考)補足Ⅱ1 重療法
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類)	JIS K 0102-附属書1(参考)補足Ⅱ2 重療法
沃素消費量	昭和37年厚生省・建設省令1 別表第2 滴定法
アンモニア性窒素,亜硝酸性窒素及び 硝酸性窒素含有量	計算による
生物学的酸素要求量	JIS K 0102-21及び32.3 隔膜電極法
浮遊物質量	昭和46年環境庁告示第59号 付表9 ろ過重量法
窒素含有量	JIS K 0102-45.1 総和法
燐含有量	JIS K 0102-46.3.2 硝酸-過塩素酸分解法
ダイオキシン類	JIS K 0312(2020) 準拠
有機体炭素	JIS K 0102-22.1 燃焼酸化-赤外線式TOC分析法
溶解性蒸発残留物	JIS K 0102-14.3 重量法
カルシウム	JIS K 0102-50.3 ICP発光分光分析法
ナフタレン	要調査項目等調査マニュアル(H16.3)Ⅳ-xii ガスクロマトグラフ質量分析法
アントラセン	要調査項目等調査マニュアル(H15.3)Ⅳ-ix ガスクロマトグラフ質量分析法
フェナントレン	要調査項目等調査マニュアル(H15.3)Ⅳ-ix ガスクロマトグラフ質量分析法
アセナフテン	要調査項目等調査マニュアル(H16.3)Ⅳ-xii ガスクロマトグラフ質量分析法
トルエン	JIS K 0125-5.2.1 ヘッドスペース-GC-MS法
キシレン	JIS K 0125-5.2.1 ヘッドスペース-GC-MS法

(2) 分析結果

排水分析の結果の代表値を表 4-6-3 に示す。シアン化合物、窒素含有量、フェノール類など 10 項目が下水排除基準値を超過していた。また、全体的な傾向としてタール・飛灰分離槽の排水（急冷塔の循環水）よりも減湿水槽の排水（吸収塔の循環水）の方が各項目の濃度が高い傾向であった。

表 4-6-3 排水分析結果

項目	単位	タール・ 飛灰分離槽	減湿水槽	下水道 排除基準値
カドミウム及びその化合物	mg/L	0.004	<0.003	0.03
シアン化合物	mg/L	8.5	22	1
有機燐化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1
鉛及びその化合物	mg/L	0.03	0.01	0.1
六価クロム化合物	mg/L	<0.02	<0.02	0.5
砒素及びその化合物	mg/L	0.03	<0.01	0.1
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.005
アルキル水銀化合物	mg/L	不検出	不検出	不検出
ポリ塩化ビフェニル	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.003
トリクロロエチレン	mg/L	<0.002	<0.002	0.1
テトラクロロエチレン	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.1
ジクロロメタン	mg/L	<0.002	<0.002	0.2
四塩化炭素	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.02
1,2-ジクロロエタン	mg/L	0.52	2.4	0.04
1,1-ジクロロエチレン	mg/L	<0.002	<0.002	1
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	<0.004	<0.004	0.4
1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	<0.0005	<0.0005	3
1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	<0.0006	<0.0006	0.06
1,3-ジクロロプロペン	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.02
チウラム	mg/L	<0.005	<0.005	0.06
シマジン	mg/L	<0.0003	<0.0003	0.03
チオベンカルブ	mg/L	<0.002	<0.002	0.2
ベンゼン	mg/L	14	49	0.1
セレン及びその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	0.1
ほう素及びその化合物	mg/L	3	0.4	10
ふっ素及びその化合物	mg/L	3.5	0.13	8
1,4-ジオキサン	mg/L	<0.005	<0.005	0.5
フェノール類含有量	mg/L	100	150	5
銅含有量	mg/L	9.3	2	3
亜鉛含有量	mg/L	0.3	1	2
溶解性鉄含有量	mg/L	2.5	2.7	10
溶解性マンガン含有量	mg/L	<0.1	<0.1	10
クロム含有量	mg/L	<0.02	<0.02	2
水素イオン濃度	-	9.1	9	5~9
n-Hex(鉱物油類)	mg/L	<2	<2	5
n-Hex(動植物油脂類)	mg/L	23	47	30
沃素消費量	mg/L	1,300	1,700	220
NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N	mg/L	1,900	6,400	380
生物学的酸素要求量	mg/L	390	350	600
浮遊物質	mg/L	65	36	600
窒素含有量	mg/L	2,500	8,200	240
燐含有量	mg/L	0.8	0.8	32
ダイオキシン類	pg-TEQ/L	3.3	42	10
有機体炭素	mg/L	920	910	—
溶解性蒸発残留物	mg/L	8,500	1,600	—
カルシウム	mg/L	18	4.5	—
ナフタレン	mg/L	14	14	—
アントラセン	mg/L	<0.05	0.1	—
フェナントレン	mg/L	0.55	0.55	—
アセナフテン	mg/L	0.05	<0.05	—
トルエン	mg/L	0.34	1.7	—
キシレン	mg/L	0.011	0.041	—

4.6.1.2 水槽底部堆積物の分析

(1) 採取方法

タール・飛灰分離槽の底部堆積物を採取するにあたり、沈殿物引抜ポンプ吐出側配管に適切な採取箇所を設けられなかったため、水槽上部点検口から柄杓を用いて採取した。堆積物の採取は2回実施し、性状分析するとともに、分離液を作成して併せて分析を実施した。それぞれの分析項目及び分析方法について表 4-6-4 に示す。

表 4-6-4 水槽底部堆積物ならびに分離液の分析項目と分析方法

分析項目	分析対象		分析方法
	堆積物	分離液	
シアン化合物	○	○	JIS K 0102-38.1.2,38.5 4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン発色CFA法
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (鉱物油類)	○	○	JIS K 0102-附属書1(参考)補足Ⅱ1 重療法
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類)	○	○	JIS K 0102-附属書1(参考)補足Ⅱ2 重療法
浮遊物質	○	○	下水道試験法 第5編 第1章 第9節 遠心分離法
タール量	○		重量法
全蒸発残留物	○		JIS K 0102-14.2 重量法
比重	○		JIS Z 8804-6 比重瓶
粘度	○		JIS Z 8803-9 単一円筒形回転粘度計
全塩素	○		燃焼イオンクロマトグラフ法
カドミウム及びその化合物		○	JIS K 0102-55.4 ICP質量分析法
シアン化合物		○	JIS K 0102-38.1.2,38.5 4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン発色CFA法
鉛及びその化合物		○	JIS K 0102-54.4 ICP質量分析法
1,2-ジクロロエタン		○	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
ベンゼン		○	JIS K 0102-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
フェノール類含有量		○	JIS K 0102-28.1.1及び28.1.2 4-アミノアンチピリン吸光度法
銅含有量		○	JIS K 0102-52.4 ICP発光分光分析法
亜鉛含有量		○	JIS K 0102-53.3 ICP発光分光分析法
水素イオン濃度		○	JIS K 0102-12.1 ガラス電極法
沃素消費量		○	昭和37年厚生省・建設省令1 別表第2 滴定法
アンモニア性窒素,亜硝酸性窒素及び 硝酸性窒素含有量		○	計算による
窒素含有量		○	JIS K 0102-45.1 総和法

(2) 分析結果

タール・飛灰分離槽底部堆積物ならびに分離液の分析結果を表 4-6-5 に示す。分離液はタール・飛灰分離槽の排水と比較して全体的に濃度が低くなることを確認した。

表 4-6-5 水槽堆積物ならびに分離液分析結果

分析対象・項目		単位	10月12日	12月19日	分析対象・項目		単位	10月12日	12月19日
堆積物	シアン化合物	mg/kg	<0.5	<0.5	pH	—		9.4	9.7
	n-Hex(鉱物油類)	mg/kg	<2	<2	BOD	mg/L		280	210
	n-Hex(動植物油脂類)	mg/kg	26000	32000	SS	mg/L		260	140
	SS	mg/kg	130000	190000	フェノール類	mg/L		120	67
	タール量	mg/kg	17000	16000	銅	mg/L		2.7	1.9
	全蒸発残留物	%	14.9	15.4	亜鉛	mg/L		3	1.1
	比重	-	1.133	1.697	カドミウム	mg/L		0.016	0.011
	粘度	mPa・s	310	250	シアン	mg/L		5.8	5.1
	全塩素	mg/kg dry	12000	14000	鉛	mg/L		0.26	0.19
	全蒸発残留物(脱水汚泥)	%	14.7	14.5	1,2-ジクロロエタン	mg/L		<0.01	<0.01
分離液					ベンゼン	mg/L		3.6	2.5
					T-N	mg/L		2000	1600
					NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N	mg/L		2000	1500
					ヨウ素消費量	mg/L		1600	1600
					n-Hex(鉱物油類)	mg/L		<2	<2
					n-Hex(動植物油脂類)	mg/L		52	34

4.6.2 実証実験排水処理テスト

窒素処理は微生物を用いた活性汚泥法を採用することから、微生物に対して毒性を呈し、窒素処理の阻害要因となりえるシアンの処理について検討が必要である。また、タール・飛灰分離槽の底部には煤塵由来の堆積物が多量に存在することが確認された。この堆積物はタール・飛灰分離槽からスラリーとして水槽から引抜き、汚泥脱水機で固液分離した後に分離液を排水処理に供するため、脱水性の確認が必要であると判断した。

上記より、シアン除去の検討と水槽底部堆積物の脱水性確認を実施した。

4.6.2.1 シアン除去の検討(凝集沈殿テスト)

(1) 試験方法

タール・飛灰分離槽および減湿水槽から採取した排水サンプルを 1:1 で混合したものを試験原水とした。試験原水を適当な pH に調整して次亜塩素酸ナトリウム、塩化第二鉄及び硫酸第一鉄を添加して攪拌した後にろ過して得られた処理水のシアン濃度を分析した。

(2) 試験結果

試験結果を図 4-6-1 に示す。ここでは、昨年度計画した次亜塩素酸ナトリウムのみを使用する処理フローで得られた処理水を処理水 A とし、本年度検討した次亜塩素酸ナトリウムに加えて塩化第二鉄及び硫酸第一鉄を併用する処理フローで得られた処理水を処理水 B とした。処理水 A ではシアンが十分に除去されなかったが、処理水 B は処理水 A よりもシアン濃度が低下していることを確認した。なお、処理水 B においても排水基準値には未達だが、実機プラントにおいてはシアン濃度の低い排水が別途発生、流入によって希釈されること、後段の窒素除去工程において一部のシアンが分解されることから、最終的な放流水は基準値を達成する見込みである。

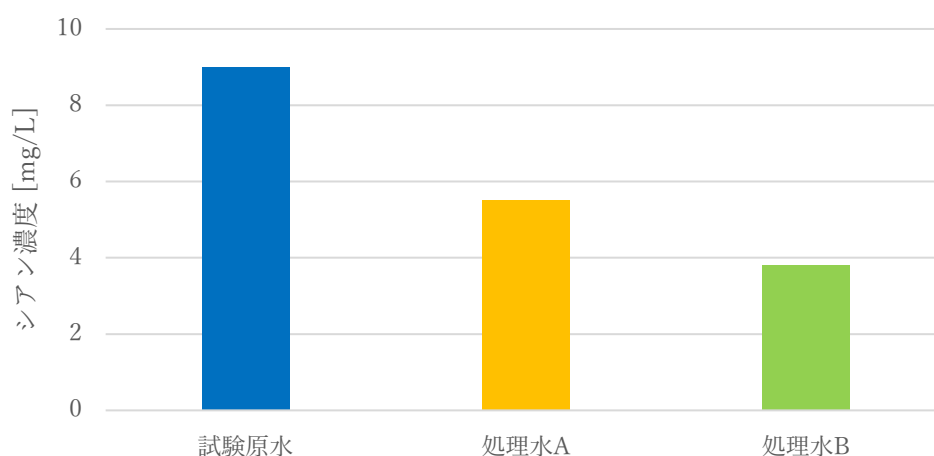


図 4-6-1 シアン処理テスト結果

4.6.2.2 底部堆積物の脱水性確認(沈降特性テスト)

(1) 試験方法

タール・飛灰分離槽から採取した底部堆積物に調質剤を添加して遠沈管に入れ、所定の遠心力で遠心分離を行った。遠心分離後の固形物層と水層の分離度合いから脱水可否等の検討を行った。

(2) 試験結果

遠心分離後の様子を図 4-6-2 に示す。調質剤の種類(PAC、塩化第二鉄、硫酸バンド及び無添加)、遠心分離時間(30 秒、120 秒)の条件を比較したが、どの条件においても分離度合いは良好であり、脱水は可能であると判断された。また、調質剤を添加した段階で発泡が確認されたことから、実機プラントにおいては調質剤を添加せずに脱水を行う計画とした。

調質剤とは、脱水ケーキの含水率低減など汚泥脱水の効率化を目的に添加する薬剤の総称であり、その効果は脱水対象のスラリー中に存在する微細粒子表面の電荷を中和し、

粒子同士を集合させ、粗大な粒子を形成して水との分離性を向上させることである。調質剤には無機系凝集剤から適当なものを選択して用いるのが一般的である。

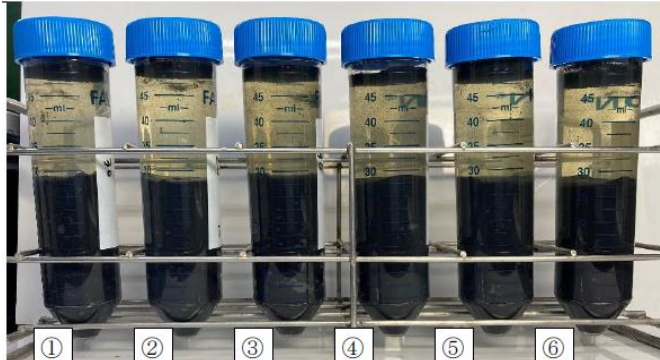
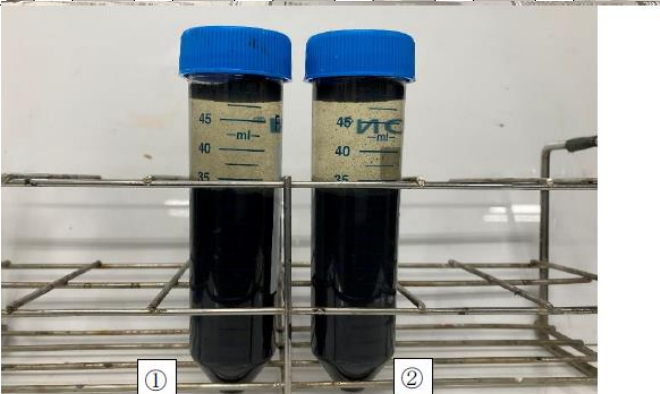
	沈降特性試験 ・ 10/12 採取汚泥 ・ PAC2mL/200mL 添加 ①1500G×30sec ②1500G×120sec ・ 塩鉄 2mL/200mL ③1500G×30sec ④1500G×120sec ・ 硫酸バンド 2mL/200mL ⑤1500G×30sec ⑥1500G×120sec
	沈降特性試験 ・ 10/19 採取汚泥 ・ 無薬注 ①1500G×30sec ②1500G×120sec

図 4-6-2 沈降特性試験の結果

4.6.3 実機を想定した排水処理フロー

排水分析及び処理テストの結果を踏まえ、排水処理フローの検討を行った。図 4-6-3 に排水処理フローを示す。処理の概略は以下の通りである。

ガス精製装置の排水は、ブロー排水と水槽底部堆積物の引抜とで分けて排出するものとし、底部堆積物は汚泥脱水機に供して固液分離を行い、得られた分離液をブロー排水と合せて処理を行うものとした。

まず、No,2 凝集沈殿設備でシアンを除去し、続いて No,3 及び No,4 凝集沈殿設備で重金属類を順次除去するものとした。

続いて、No,1 凝集沈殿設備で重金属除去した場内排水と混合し、中和処理した後に生物処理によって窒素除去と並行して有機物を酸化分解する。

最後に、活性炭に通じて残存する有機物を除去、滅菌処理後に下水道へ放流する。

第5章 システム全体の最適化

本章では長期運転を目指す上で障害となったトラブルと対策内容および長期運転のための運転要領、維持管理・補修方法を報告する。加えて、実証試験から得られた結果およびそこから考えられるエネルギー回収率向上案等のシステム全体の最適化についても検討する。

5.1 基本フロー・構造

本システムの主要装置である「熱分解ガス化改質炉」および「ガス精製装置」を運転してシステム全体として性能を発揮するためには、各種機器・設備、制御装置、計測装置等との連携が重要となる。本項では「熱分解ガス化改質炉」と「ガス精製装置」も含めたシステム全体の最適化における基本フローおよび構造を示す。

1) フローシート

実証運転の中で得られた知見から、適宜、フローの見直しを行った。見直し後のフローシートを図 5-1-1～図 5-1-3 に示す。また、下記に見直し内容を記載した。

- ・ 給じん装置下ロータリーバルブをダブルダンパへ変更
- ・ オイルスクラバーを追加
- ・ 燃焼炉への冷却空気吹き込み位置追加

5.2 実証運転スケジュール

R4 年度および R5 年度の運転スケジュールを表 5-2-1、表 5-2-2 に示す。本年度は 30 日以上の長期運転を繰り返し、延べ 90 日間以上の運転を達成した。長期運転の中でシステム全体の維持管理、補修方法の立案と検証を実施し、一般廃棄物が安定的かつ連続的に処理できるシステムとなるよう最適化を行った。

表 5-2-1 R4 年度実証運転スケジュール

委託業務実施上の区分		実施期間																
		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月				
(3) システム全体の最適化																		
● 運転期間 ▽ 部は精製ガス分析実施 ▼ 部は精製ガス分析なし				5th 4/25	7th 5/18	9th 6/8	11th 6/22	13th 7/6	15th 7/27	18th 8/30	20th 9/12-14	22nd 10/3-6	24th 10/25	26th 11/14-17	28th 12/12-12/23	30th 2/13-3/17		
		▲ 1st 3/30	▲ 2nd 4/6	▲ 3rd 4/13	▲ 4th 4/20	▲ 6th 5/11	▲ 8th 5/24, 25	▲ 10th 6/15	▲ 12th 6/29	▲ 14th 7/20	▲ 16th 8/3	▲ 17th 8/23, 24	▲ 19th 9/5-7	▲ 21st 9/26-29	▲ 23rd 10/11-13	▲ 25th 11/7-10	▲ 27th 11/27-12/3	▲ 29th 1/23-2/3
● 一般廃棄物を用いた システム全体の最適化		データ採取、点検等																
															▲ 10日間連続運転の達成			
● 長期運転方案の確立																		
● 想定される維持管理、補修方法、 安全運転対策の確立																		

表 5-2-2 R5 年度実証運転スケジュール

委託業務実施上の区分		実施期間												4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	摘要
運転期間					33rd 7/10～7/15																					
		▲1st 4/3～5/3		▲32nd 5/29～6/29	▲			▲34th 9/9～10/27																		
(3)システム全体の最適化																										
・一般廃棄物を安定的かつ連続的に処理可能なシステム全体の最適化					データ採取、評価、装置・システム改				内部点		集約、まとめ															
・実証設備の運転(90日以上)の達成		30日運転		30日運転		改良後試運		45日運転																		
・システム全体の維持管理、補修方法の立案		運用改善、リスト更新										内部点		集約、まとめ												

5.3 実証設備の長期運転のための最適化検討

本実証の中で長期運転の障害となった事例および実施した対策について報告する。

5.3.1 サイクロン口径の拡大

第3章で述べた熱分解ガス化改質炉の最適条件において、冷ガス効率を最適化するためには、水蒸気は計画よりも多い15kg/hの投入が必要であると分かった。

本実証試験ではチャー捕集装置としてサイクロン式集じん器を用いており、計画時には適正流速となるよう本体を含む前後配管を50Aとしていたが、実際の運転中に水蒸気投入による流速の増加により過剰な圧力損失が生じている傾向が見られた。

50Aでも短期の運転自体は可能だが、安定した運転には熱分解ガス化改質炉の圧力制御が重要であり、長期連続運転時の圧損上昇等を鑑みて、適正流速を検証した。

表5-3-1に50Aおよび65Aにおけるサイクロン適正流速に対する実流速の比を示す。結果から、50Aでは平均で適正流速の2倍となっており、過剰な圧力損失が生じていた。そこで、運転の安定性向上を目的に適正流速となるようサイクロン本体を含む前後配管を65Aに変更した。

表 5-3-1 サイクロン最適流速に対する実流速の比(n=14)

実流速/適正流速[-]	配管口径	
	50A	65A
平均	2.0	1.2
最大	2.5	1.1
最小	1.7	1.5

5.3.2 急冷塔－吸収塔 1 接続配管への水噴霧

図 5-3-1 のオレンジ着色部で示す急冷塔－吸収塔 1 接続配管に図 5-3-2 に示すタールを含んだチャーの付着が確認され、運転時間が伸びた際に閉塞することが考えられたため対策を実施した。

本実証ではチャー捕集装置としてサイクロン式集じん器を用いているため、一定粒径以下のチャーが急冷塔へ流入することは計画段階で認識していたが、それらは急冷塔で払い落とされると想定していた。しかし、ガス量の変動等によるサイクロン除塵率の変動等により払い落とせなかったチャーが接続配管壁面に付着した。

対策としてサイクロン捕集率の向上は難しいことから、図 5-3-3 に示すように接続配管に対向流となる水噴霧ラインを追加した。対策の結果、図 5-3-4 に示すようにチャーの付着を完全に防ぐことは出来なかったが、当該箇所の閉塞による停止は発生しなかった。

また、計画時にはガス精製装置入口のガス温度は 500°C 以上になる可能性があったために集じん装置としてはサイクロン式集じん器しか採用できなかった。

しかし、今回の実証試験の結果からガス精製装置入口のガス温度は約 400°C まで降温できると分かったので、実機の場合には高温バグフィルターを設置することにより、本トラブルは解決できると考えている。

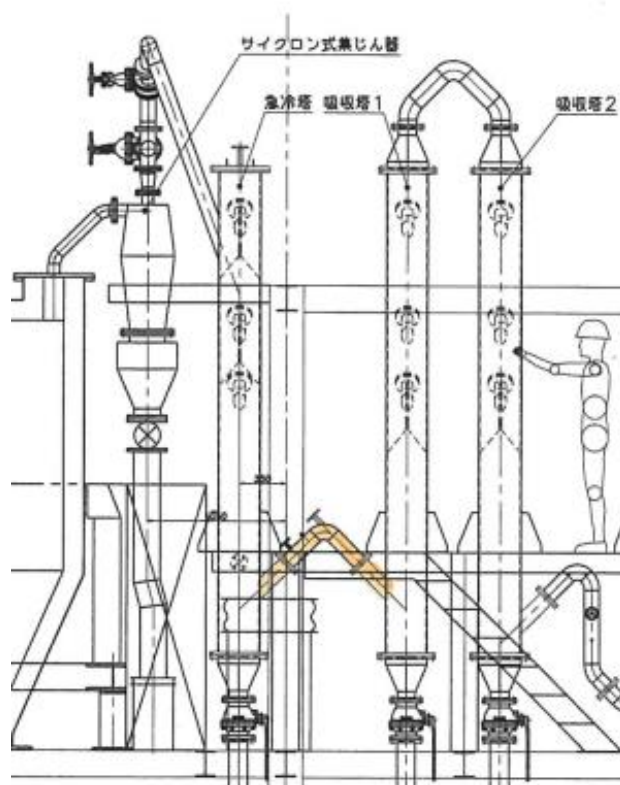


図 5-3-1 急冷塔－吸収塔 1 接続配管



図 5-3-2 対策前チャー付着状況

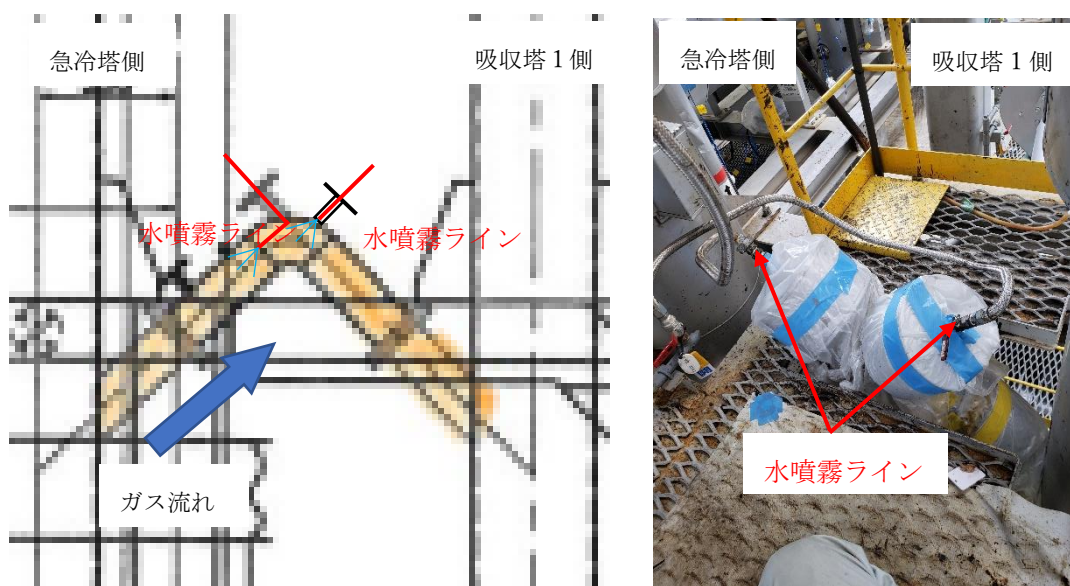


図 5-3-3 対策内容



図 5-3-4 対策後チャー付着状況

5.3.3 タールによる性能低下対策

減湿コンデンサ内部に図 5-3-5 に示すタールの析出物が付着した。減湿コンデンサは二重管構造になっており、冷却水で間接冷却することにより熱分解ガス中の水分とタールを除去する。しかし、壁面に析出物が付着すると冷却性能が低下し、水分とタールの除去率の低下を招くため対策を実施した。

図 5-3-6 に示すように、対策として減湿コンデンサ頂部に噴霧ラインを設置し、熱水で付着物の除去を試みた。その結果、図 5-3-7 に示すように付着物は除去された。



図 5-3-5 対策前の内部状況

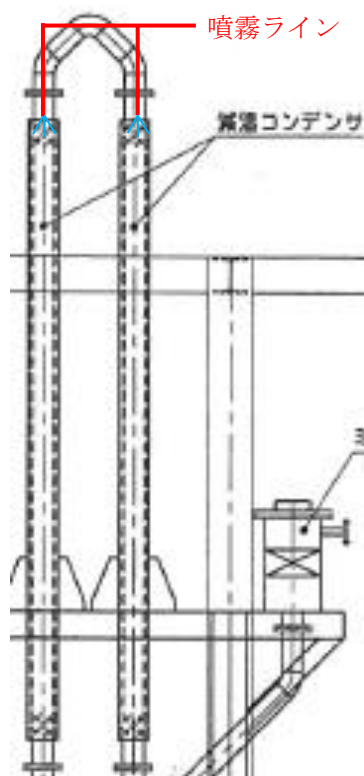


図 5-3-6 減湿コンデンサ噴霧ライン



図 5-3-7 対策後の内部状況

5.3.4 熱分解ガス化改質炉内の圧力差対策

ガス改質部には螺旋（スクリー）が複数設置されており、炉本体の回転に伴いスクリー羽方向に不燃物が搬送される。しかし、不燃物比率が想定よりも多かったことおよび長時間運転により、不燃物が少しずつ螺旋内や出口部を満たした結果、流路が狭くなり炉入口と出口間の差圧が上昇した。螺旋部閉塞のイメージを図 5-3-8 に示す。

対策として掻き上げ板を螺旋出口に取付けた。これにより比重が重い不燃物であっても強制的に排出することが可能となり、差圧は解消した。

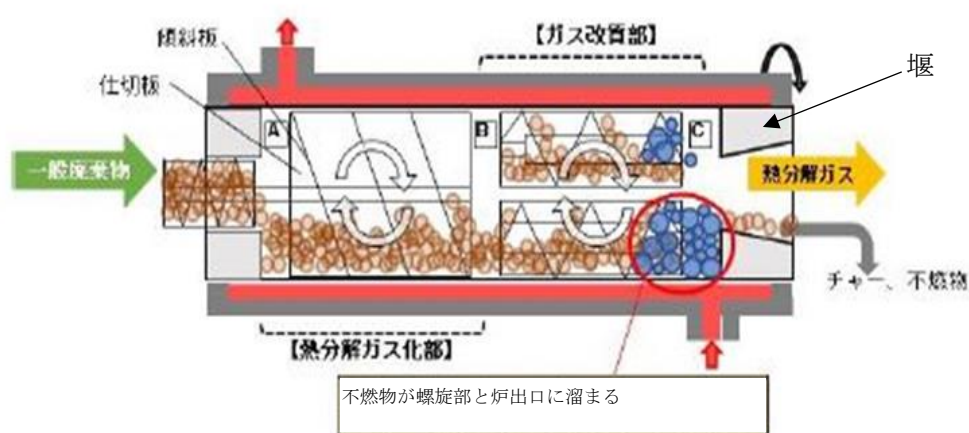


図 5-3-8 螺旋閉塞のイメージ

5.4 長期運転のための運転要領書および維持管理・補修方法・安全管理の検討

5.4.1 熱風発生炉でのクリンカ付着対策

本システムでチャーは熱分解ガス化改質炉を加熱する熱源として利用されるが、燃焼条件次第でクリンカが形成された。クリンカが形成されるとチャーの供給が出来ないため、本実証試験ではクリンカが形成しにくく、安定的に燃焼可能な運転要領を検証した。

検証の結果、熱風発生炉出口温度および空燃比を調整することでクリンカの生成は抑制され、チャーを安定的に燃焼させることが可能であった。

5.4.2 システムの損耗状況と維持管理・補修の検討

本実証において、安定した運転を維持するために実施した定常作業を表 5-4-1 に示す。本実証プラントは試験設備であるために各所が簡略化しているために手作業の必要があったが、実機とした場合には表中の黄色着色部の項目がなくなるもしくは自動化されることでルーティン作業の負担は軽減する計画である。

表 5-4-1 ルーティン作業項目および周期

機器名称・作業内容		周期	毎時	毎日	毎週	ガス精製系統切替時	停炉時
サイクロン排出配管	ハンマリング	○					
急冷塔ー吸収塔接続配管	水バージ	○					
減湿水槽表面	ブロー	○					
各種水槽底部	ブロー	○					
減湿コンデンサ	水バージ	○					
各所ドラム缶 (チャー貯留槽、サイクロン式集じん器、燃焼炉、ろ過式集じん器)	交換		○				
熱風発生炉 灰掻き出し作業	灰掻き出し		○				
循環水ライン ストレーナー	清掃		○				
オイルスクラバー	オイル交換		○				
重曹・活性炭	補充		○				
苛性ソーダ	補充		○				
減湿水循環クーラー	薬剤洗浄				○		
サイクロン前後配管	清掃					○	○
サイクロン本体	清掃					○	○
急冷塔内部	清掃					○	○
急冷塔ー吸収塔接続配管	清掃					○	○
急冷塔噴霧ノズル	清掃					○	○
噴射水配管	ブロー					○	○
吸収塔噴霧ノズル	清掃					○	○
減湿水配管	ブロー					○	○
凝縮水タンク底部	ブロー					○	○
熱風発生炉	清掃						○
熱風発生炉	補修						○
吸収塔内部	清掃						○
減湿水循環クーラー	清掃						○
pH電極	清掃						○
導電率計センサー部	清掃						○

5.5 AI等を用いた自動運転、遠隔監視等の省力、省人化の検討

熱分解ガス化改質システムは全く新しいシステムであるが、新開発設備（熱分解ガス化改質炉、熱風発生炉、ガス精製装置）以外は、従来のごみ焼却施設とそこまで差異は無いと考えている。それらの設備は従来のごみ焼却施設にて導入済みまたは開発中の新技術の適用による省力、省人化を進める計画である。

また、新開発設備の熱分解ガス化改質炉、熱風発生炉、ガス精製装置については、第3章、第4章で記載した通り、各種パラメーターとの相関性を把握しており、現時点でも一般的な自動制御システムによりある程度の省力化は実現できている。

今後の実機展開時には、更に多くのデータ収集とその整理、解析を速やかに進めて省力化を図っていく必要があるため、現在のごみ焼却施設でも導入している自動化手法を水平展開して解決を進める計画である。

5.5.1 無線操作機能の活用

従来のごみ焼却施設⁵⁻¹⁾では、図 5-5-1 で示す燃焼制御盤と呼ばれる制御盤と現場操作箱および各機器がそれぞれハードワイヤにて接続されていたが、近年当社ではこれを全て無線化する取り組みを行っている。装置の構成としては、図 5-5-2 のように、遠隔監視・操作機能を有するタッチパネル（Touch panel：以下、TP）を燃焼系統制御盤（Combustion System Control Panel:以下、CSCP）に搭載し、現場操作箱の代わりとなる遠隔監視・操作用タブレット（Tablet：以下、TAB）と TAB からの信号を受信するアクセスポイント（Access points：以下、AP）を設置することにより、Wi-Fi による遠隔操作を可能にするものである。なお、TP には従来の CSCP と同様に各機器の故障や制御盤の一括警報等の表示機能を持たせ、各機器の状態についても表示可能な仕様となる。

無線操作機能を導入することにより機器の費用は発生するが、ケーブル等の工事材料費の削減となる。また、現場作業においては、ケーブル敷設・結線作業が大幅に削減されるほか、ループチェックの時間・人員の大幅削減により工期短縮が見込め、工事・試運転関連の人件費の削減となり、建設時のイニシャルコストの低減が見込める。

施工後についても、施工後のケーブル断線やそれに伴う漏電といった不具合リスクが軽減され、トラブル減によりそれに対応する人員を減らすことができる。また、操作機器が奥まった場所にある場合、従来であれば離れた位置に現場操作箱を設置する必要があることから、動作確認や点検のために2人以上の人員が必要だが、TPの採用により機側での操作が可能となりメンテナンス時の人員削減も見込める。

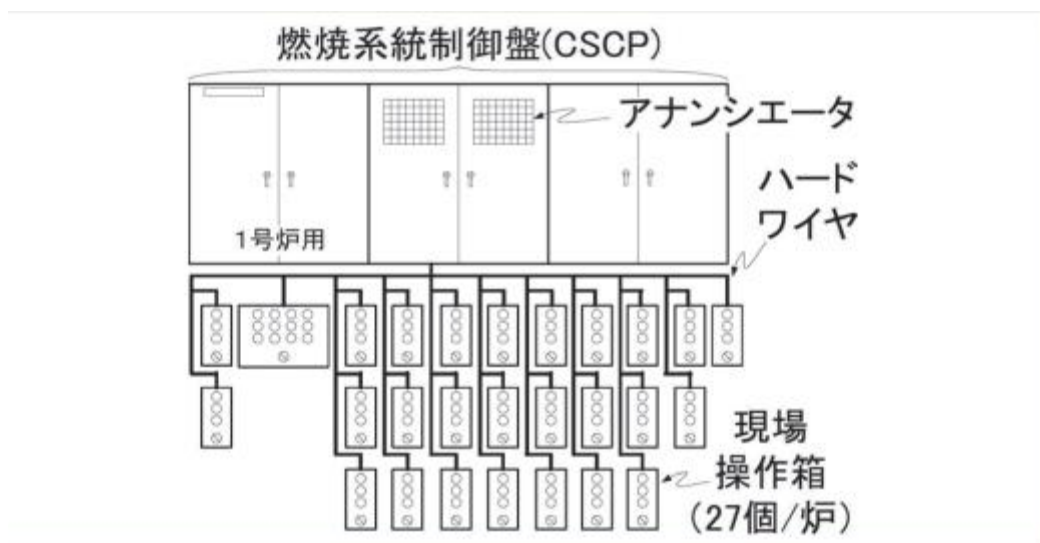


図 5-5-1 従来の燃焼制御装置構成

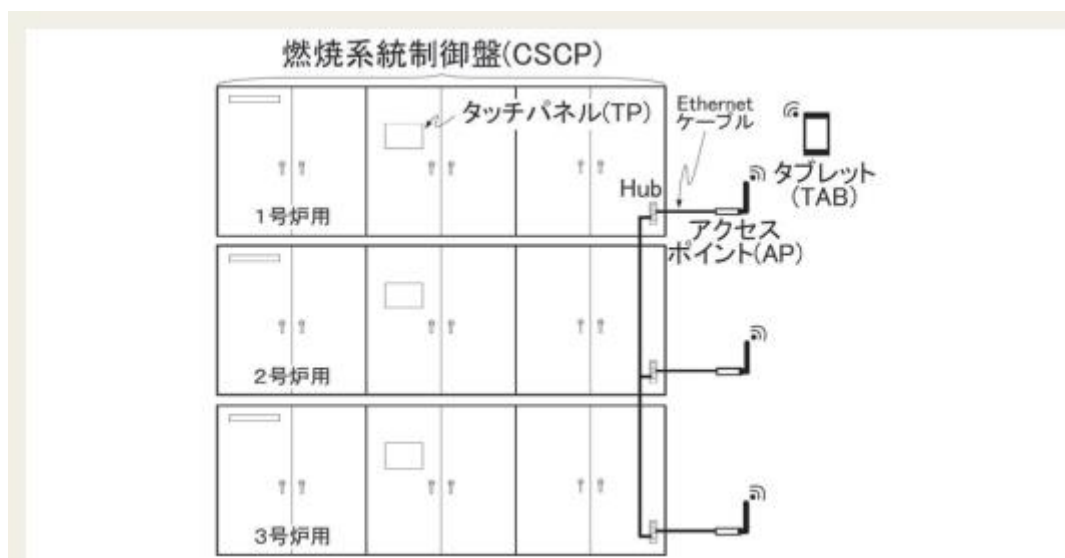


図 5-5-2 スマート燃焼制御装置構成

無線操作機能の活用のため、今回の実証試験装置においても、ワイヤレスで接続した遠隔操作用タブレット PC を用いた。従来であれば、中央制御室で機器操作を行う人と、現場で機器の動作状況を確認する人の 2 人以上が無線等で連携を取りながら行う必要があったが、タブレット PC を用いることで、現場で機器を見ながら機器操作が行えるようになり、メンテナンス時の人員削減を行う事ができた。操作の様子を図 5-5-3 に示す。

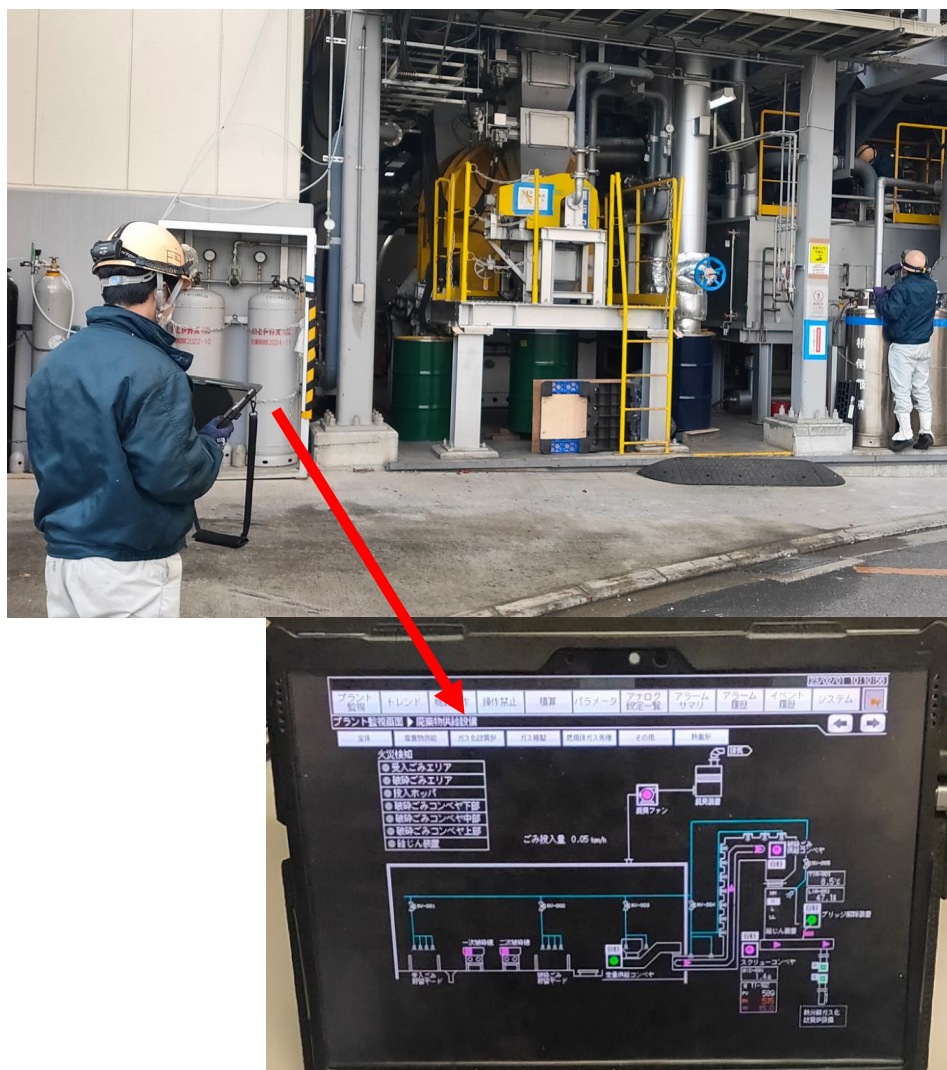


図 5-5-3 タブレット PC を用いた運転操作

中央制御室から遠隔監視、作業指導、説明を行えるように、Wi-fi カメラを現場に 14 台設置した。設置状況と、中央制御室からの監視の様子を図 5-5-4、図 5-5-5 に示す。設置場所は、運転時に現場作業が発生する場所や、運転状況によって変化が生じる場所とした。これにより、初めて本実証試験装置に携わる運転員の現場作業フォローが可能になった。



図 5-5-4 Wi-fi カメラの設置状況



図 5-5-5 中央制御室での監視状況

5.5.2 ごみピット管理とごみクレーン運転(遠隔)

舞洲の実証設備においては、ごみ投入量が最大で 2t/d と小さく、ごみの受入量も基本的に変動しないため、ごみピットを設けていない。しかし、より多くのごみ処理が必要となる今後の実機においては、従来の施設と同様にピット&クレーン方式の採用が見込まれ、また熱分解ガス化改質炉においても従来のストーカ炉同様ごみの攪拌が安定運転に不可欠である。以上を考慮し、実証設備より処理量が増加する場合を想定して、ごみ焼却施設で既に実証運転を行っている、ごみバンカ&ごみクレーン 3D システムの適用を検討した。

ごみバンカ&ごみクレーン 3D システム⁵⁻²⁾は、ごみの攪拌をより効果的に行うために、搬入車両情報やごみクレーン情報をもとに、バンカ内のごみ情報（搬入日、攪拌具合）を三次元管理し、可視化するものである。このシステムには、「AI 自動運転」が内蔵されており、ごみ搬入の有無に対して異なる AI アルゴリズムを用い、クレーン 1 台で均質化されたごみを作成するための最適な攪拌・積み替え方法を策定することが可能である。AI アルゴリズムは、主に昼間 AI 自動運転と夜間 AI 自動運転に分けられる。昼間 AI 自動運転では、ごみ搬入が繁忙な時間帯でも均質化されたごみを作成するための運転方法、夜間 AI 自動運転では、翌日に焼却炉へ投入するごみを作成するためのクレーン運転のための運転方法を AI によって作成する。このシステムの導入により、従来のごみクレーン自動運転では、ごみの攪拌具合に関わらず最も高い位置にあるごみが投入されていたのに対し、攪拌度の高く処理しやすいごみが優先して投入されるようになる。従来、このような操作を行う場合には、ごみピット管理に習熟したクレーン操作員の対応が必要であったが、このシステム導入により、人員を割かずとも状況に合わせ最適なごみクレーンの運転を行うことができると考えられる。

5.6 実証設備におけるシステム全体の最適化

本節では第3章および第4章で決定した熱分解ガス化改質炉およびガス精製装置の最適運転条件で運転を行い、運転を通じて得られたデータから本システム全体における物質収支および熱収支を検討した。また、本システムを最適化するためにエネルギー回収率向上案の立案を行った。

5.6.1 物質収支、熱収支の算出

最適運転条件における熱収支の一部を記載したシステム全体フローを図5-6-1に示す。システムに供給される破碎後の一般廃棄物の熱量を100%とした場合、ガス精製装置出口で得られる熱分解ガスの保有熱量（発熱量、顕熱、潜熱を含む）は91%と高いエネルギー回収率を示した。一方で、熱分解ガス化改質炉を所定温度まで加熱するための加熱ガスを生成するために必要な外部燃料（灯油）の熱量は123%であり、得られた熱分解ガスの全量を熱風発生炉に供給して加熱ガスを生成するための燃料として使用した場合でも、残り32%分の外部燃料は必要となることを確認した。

実証設備のシステムでは外部燃料無しで熱分解ガス化改質炉の自立運転ができないことが熱収支から判明したため、エネルギー回収率を向上させるための方案を次項にて検討した。

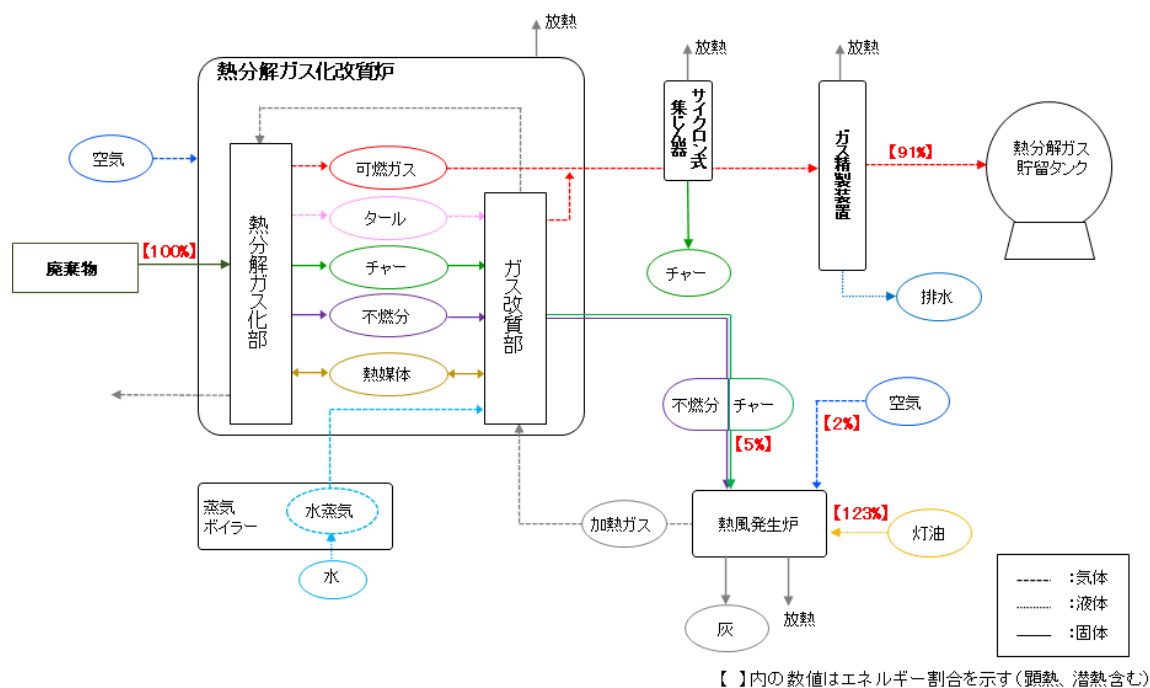


図 5-6-1 実証設備における熱収支（抜粋）

5.6.2 実証設備のエネルギー回収率向上の検討

本実証試験では一般廃棄物における熱分解ガス化改質炉の運転特性および各収支の把握を目的としていたため、加熱ガスの排熱やサイクロン式集じん器で回収したチャーの利用は考慮していない。これらの未利用エネルギーを回収、利用することで実証設備のシステム全体におけるエネルギー回収率を向上させることが可能か検討を行った。エネルギー回収率を向上させる方案として、以下3案を立案した。

① 熱風発生炉に供給する燃焼空気の予熱

加熱ガスの顕熱（排ガス温度：570℃）および熱分解ガスの顕熱（ガス温度：700～800℃）から熱回収し、熱風発生炉に供給する燃焼空気の予熱を行う。

② 熱風発牛炉燃料に熱分解ガスを使用

ガス精製装置出口で得られた熱分解ガスの一部を熱風発生炉の燃料として使用する。

③ 熱風発生炉燃料にチャーを使用

サイクロン式集じん器で回収したチャーを熱風発生炉の燃料として使用する。

上記 3 案を考慮したエネルギー回収率向上案における熱収支の一部を記載したシステム全体フローを図 5-6-2 に示す。エネルギー回収率向上案①～③の効果として、外部燃料を使用することなく熱分解ガス化改質炉の自立運転が可能であることを確認した。また、熱風発生炉に供給する熱分解ガスはガス精製出口で得られる熱分解ガスのうち 67%であり、残り 33%の熱分解ガスは発電設備に供給して発電可能であることを確認した。その場合のシステム発電効率（＝発電量／廃棄物入熱量×100%）は 12%^{*1}と試算された。

※1) ガスエンジンの発電効率：40%

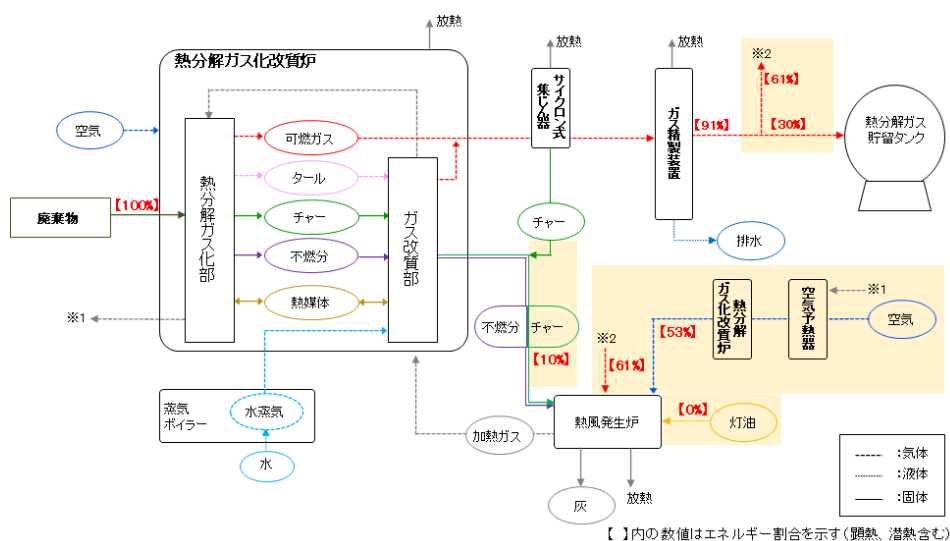


図 5-6-2 エネルギー回収率向上案における物質収支および熱収支

第6章 事業化計画の策定

実機プラントの市場展開へ向けた事業化計画を以下の通り検討・策定した。

6.1 導入対象となる施設数

本事業では、20 t/(日・炉)以下を1号機のターゲットとして普及を目指している。本項では、環境省から発行されている一般廃棄物処理実態調査結果⁶⁻¹⁾を基に、日本国内の一般廃棄物の焼却施設の処理量や稼働年数等のデータを用いて、対象となる施設数を調査した。

当初想定していた20 t/(日・炉)の規模の施設に加えて、これまで実施したヒアリングでそれ以上の規模の施設に関しても潜在的なニーズがあることが判明したため、調査対象を20 t/(日・炉)の倍である40 t/(日・炉)以下まで拡大した。

一般廃棄物処理施設の稼働年数は30～40年と言われているが、稼働している全規模のごみ焼却施設914件（2022年度調査）のうち、運転開始35年を超えても稼働している施設は109件、40年を超えても稼働している施設は53件あることから、建替時期を施設運用開始後40年として調査を行った。

2022年度から2050年度に運転開始から40年を迎える40 t/(日・炉)以下の施設数を図6-1-1に示す。

図6-1-1より、2022年度までに運転開始40年を経過している施設が20件あることがわかる。2024～2029年は5件/年以下で2030～2039年は10件/年以上とバラつきはあるものの、平均すると8件/年程度が建替え対象となる。

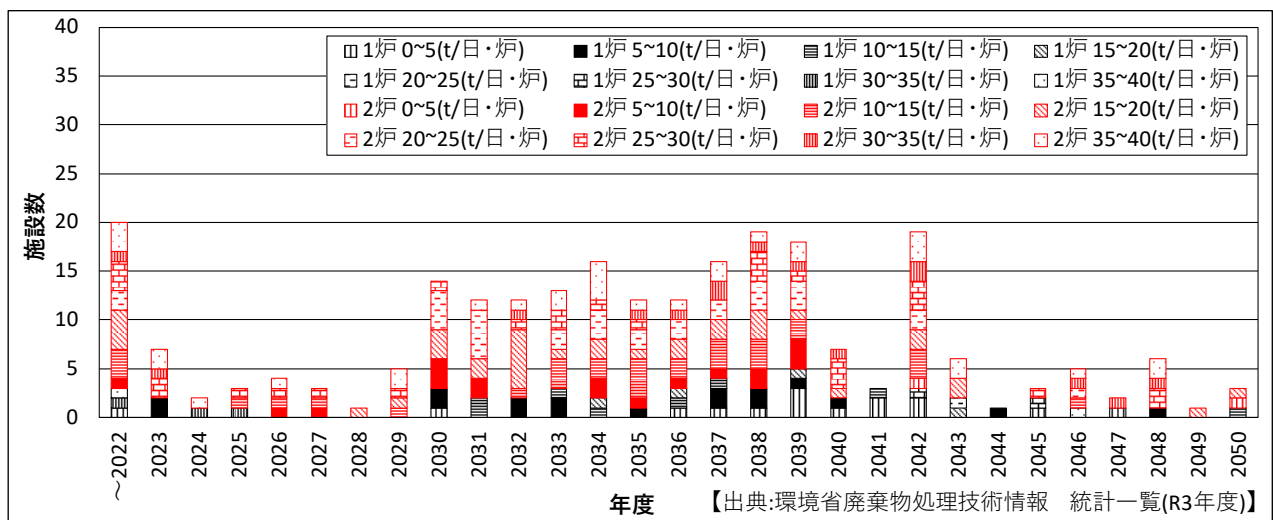


図 6-1-1 導入対象となる施設数

6.2 実機規模での施設計画

実機規模での施設計画のために、処理量 20t/d×2 炉のケースについて施設計画を行った。

6.2.1 実機規模施設の基本フローシート

実機規模での基本フローシートを作成した。

基本フローシート作成にあたり、本委託事業で得られた知見を活かして、以下の項目を見直した。作成した基本フローシートを図 6-2-1 に示す。

1) 廃熱回収ボイラ・蒸気過熱器

本システムのガス改質には加熱水蒸気を用いているが、蒸気発生熱源として熱分解ガス化改質炉（キルン）外筒出口の排ガス（約 550℃）、水蒸気加熱熱源としてキルン出口の可燃ガス（約 800℃）を利用することで、システム全体としてエネルギーの有効活用を図る。

2) 各部空気予熱器

熱分解ガス化改質炉における熱分解ガス化・改質反応に必要な熱量は熱風発生炉で発生させた約 1000℃の燃焼排ガスを用いている。

実機の熱風発生炉の燃料はチャーおよび熱分解ガスであり、その消費を抑えるために上記の廃熱回収ボイラ出口の排ガス（約 400℃）を利用して燃焼空気を予熱することで、システム全体としてエネルギーの有効活用を図る。

3) 各部のバルブ、ダンパの見直し

実証試験では各部にロータリーバルブを使用していたが、整備性・シール性を考慮してダブルダンパ方式を採用する。

さらにシール性が必要な場合はプッシャー型の供給装置も検討する。

4) その他

ごみ受入設備、灰出し設備、通通設備、排ガス処理設備等は通常のごみ焼却施設と変わらないために、それらに準じた設備とする。

6.2.2 実機規模施設の物質収支

処理量 20t/d×2 炉のケースについて建設コスト・ランニングコスト試算を行うため物質収支の計算を行った。なお、算出条件としては実証試験設備設計時に使用したごみ質に基づき低質ごみ/基準ごみ/高質ごみの3パターンのごみ質を用いた(表 6-2-1 参照)。

表 6-2-1 物質収支計算にあたり使用したごみ性状

項目		単位	低質ごみ	基準ごみ	高質ごみ
ごみ条件	処理量	t/日	20	20	20
		(kg/h)	(833)	(833)	(833)
	比重	t/m ³	0.3	0.3	0.3
	温度	°C	20	20	20
	組成	可燃分	34.8	47.7	58.4
		水分	47.0	36.3	27.3
		灰分	18.2	16.0	14.3
		合計	100	100	100
		C	19	26	32
		H	2.5	3.5	4.3
		Cl	0.4	0.8	1.1
		S	0.1	0.1	0.1
		N	0.4	0.5	0.6
		O	13	17	20
	低位発熱量(LHV)	kJ/kg-wet	5,860	9,620	12,700

6.3 実機規模施設の事業採算性検討

6.3.1 実機規模施設の建設コスト

実機規模の建設コストの試算にあたり、前節にて作成した基本フローにおける各設備の仕様概要を表 6-3-1 に示す。各設備仕様および設計計算書に基づき、20t/(d・炉)×2 炉(40t/日)、40t/(d・炉)×2 炉(80t/日)の条件にて建設コストの試算（本委託事業で建設したプラントの建設費ベース）を行った。

試算結果および同規模における水噴射炉、ボイラ炉の想定金額を表 6-3-2、6-3-3 に示す。

表 6-3-1 熱分解ガス化改質炉 実機システムの設備構成

設備名	仕様概要
(1) 受入・供給設備	ピットアンドクレーン方式
(2) 燃焼設備	熱分解ガス化改質炉(キルン式)、熱風発生炉
(3) 燃焼ガス冷却設備	ガス精製装置(急冷塔、吸収塔、オイルスクラバー等)
(4) 排ガス処理設備	乾式有害ガス除去方式、ろ過式集じん器
(5) 余熱利用設備	ガスエンジンおよび発電機
(6) 通風設備	誘引通風方式
(7) 灰出設備	バンカ方式
(8) 給水設備	上水
(9) 排水処理設備	薬剤処理後に下水放流
(10) 電気設備	高圧 1 回線受電
(11) 計装設備	分散型自動制御システム

表 6-3-2 20t/(d・炉)×2 炉の試算結果

項目		金額(税抜)	
炉形式		建設費総額(千円)	トン単価(千円/規模 ton)
熱分解 ガス化改質炉	2025 年	8,600,000	215,000
	2035 年	7,910,000 (目標)	197,750 (目標)
	2050 年	7,570,000 (目標)	189,250 (目標)
ストーカ式ボイラ炉		7,650,000 (想定)	191,250 (想定)
ストーカ式水噴射炉		4,400,000 (想定)	110,000 (想定)

表 6-3-3 40t/(d・炉)×2 炉の試算結果

項目		金額(税抜)	
炉形式		建設費総額(千円)	トン単価(千円/規模 ton)
熱分解 ガス化改質炉	2025 年	13,600,000	170,000
	2035 年	12,510,000 (目標)	156,400 (目標)
	2050 年	11,970,000 (目標)	149,600 (目標)
ストーカ式ボイラ炉		12,000,000 (想定)	150,000 (想定)
ストーカ式水噴射炉		6,900,000 (想定)	86,250 (想定)

6.3.2 実機規模施設のランニングコスト

実機規模のランニングコストの試算にあたり、条件を自治体向けの競争入札において採用されることが多い DBO 方式の事業入札とし、運営期間は一般的な 20 年間と設定した。

前述の設備条件や設計計算書に基づき、20t/(d・炉)×2 炉(40t/日)、40t/(d・炉)×2 炉(80t/日)の条件にて運営コストの試算を行った。試算結果および同規模における水噴射炉、ボイラ炉の想定金額を表 6-3-4、6-3-5 に示す。

表 6-3-4 20t/(d・炉)×2 炉の試算結果

項目		金額(税抜)	
炉形式		運営費総額(千円/20 年)	トン単価(千円/ごみ量 ton)
熱分解 ガス化改質炉	2025 年	9,240,000	35.0
	2035 年	8,500,000 (目標)	32.2 (目標)
	2050 年	8,130,000 (目標)	30.8 (目標)
ストーカ式ボイラ炉		8,000,000 (想定)	30.3 (想定)
ストーカ式水噴射炉		6,600,000 (想定)	25.0 (想定)

※上記金額に灰処理費用、売電収入は含まない

表 6-3-5 40t/(d・炉)×2 炉の試算結果

項目		金額(税抜)	
炉形式		運営費総額(千円/20 年)	トン単価(千円/ごみ量 ton)
熱分解 ガス化改質炉	2025 年	12,200,000	23.1
	2035 年	11,220,000 (目標)	21.3 (目標)
	2050 年	10,740,000 (目標)	20.3 (目標)
ストーカ式ボイラ炉		10,560,000 (想定)	20.0 (想定)
ストーカ式水噴射炉		8,700,000 (想定)	16.5 (想定)

※上記金額に灰処理費用、売電収入は含まない

表 6-3-2～6-3-5 に示した 2025 年時点における熱分解ガス化改質炉の試算結果は、実証プラントの建設費およびランニングコストベースで算出したために割高になっている。

本システムは一般廃棄物の処理システムのために、安定した処理能力（減容化等）および施設の信頼性が何よりも重要であり、市場に実績が認められる 2030 年頃まではコスト削減や性能向上（発電能力、ガス生成能力）の優先順位は低めとしている。

市場投入して信頼性が確立される 2030 年以降は、実プラントのデータを活かした限界設計に着手できるのでコストダウンや効率アップは十分可能と考えている。

市場が活性化して本格的に事業化を進める 2030 年頃には小型のストーカー式ボイラ炉と LCC 面では同水準を目指し、2040 年後半からはさらなる効率アップとコストダウンを図る計画である。

6.4 CO₂削減効果

6.4.1 導入施設数

事業化計画において、初号機の受注は2024年度に仕込みを行って2025年度に20t/日・炉規模を受注する計画としている。工事期間は小型施設のために2年間としている。

2027年度に初号機の運転が確認されれば、本システムを検討・導入する自治体が現れ始めると考えているために、2028～2029年度は1件/年受注する計画である。

2030～2034年は実機の運転実績の活かした限界設計を進めることでコスト削減や効率アップを進めることで、本システムが建替対象施設の20%に導入される計画としている。

2035年度以降は実績が増えて技術確立が進むことから、更なる効率アップ、コスト削減等が期待できるために、20～40t/日・炉規模の建替対象施設の30%に本システムが導入される計画である。

上記の考え方による導入件数および普及率は以下のとおりである。

表 6-4-1 想定導入件数と普及率

年度	導入ポテンシャル (40年経過施設)		受注率 (年度)	受注件数 (年度)	施設数 (年度)	施設数 (累計)	普及率
	年度別	累計	%	施設	施設	施設	%
2025	3	149	-	1	0	0	0.0
2026	4	153	-	0	0	0	0.0
2027	3	156	-	1	1	1	0.2
2028	1	157	10%	1	0	1	0.2
2029	5	162	10%	1	1	2	0.3
2030	14	176	20%	3	1	3	0.5
2031	12	188	20%	3	1	4	0.6
2032	12	200	20%	3	3	7	1.1
2033	13	213	20%	3	3	10	1.6
2034	16	229	20%	4	3	13	2.1
2035	12	241	30%	4	3	16	2.6
2036	12	253	30%	4	4	20	3.2
2037	16	269	30%	5	4	24	3.8
2038	19	288	30%	6	4	28	4.5
2039	18	306	30%	6	5	33	5.3
2040	7	313	30%	3	6	39	6.2
2041	3	316	30%	1	6	45	7.2
2042	19	335	30%	6	3	48	7.7
2043	6	341	30%	2	1	49	7.8
2044	1	342	30%	1	6	55	8.8
2045	3	345	30%	1	2	57	9.1
2046	5	350	30%	2	1	58	9.3
2047	2	352	30%	1	1	59	9.4
2048	6	358	30%	2	2	61	9.8
2049	1	359	30%	1	1	62	9.9
2050	3	362	30%	1	2	64	10.2

6.4.2 CO₂削減量の算出原単位

次項以降で本システム導入による CO₂ 削減効果を算定していくが、算定に用いた原単位は下表のとおりである。

表 6-4-2 CO₂ 削減効果の算定に用いた原単位

項目	値	単位	備考
① エネルギー消費による CO ₂ 排出量原単位 (電気)	0.441	kg-CO ₂ /kWh	環境省・経済産業省 電気事業者別排出係数-令和 3 年度実績
② 創エネルギーによる CO ₂ 削減量原単位(対象：火力発電)	0.688	kg-CO ₂ /kWh	一般社団法人 日本原子力文化財団、原子力・エネルギー図面集 2017
③ 発電無しの廃棄物焼却施設の総数	530	施設	環境省、一般廃棄物処理事業実態調査結果
④ 発電無しの廃棄物焼却施設における総処理量 (日量)	23,095	t-MSW/日	環境省、一般廃棄物処理事業実態調査結果
⑤ 発電無しの廃棄物焼却施設における施設当たりの平均処理量	43.6	t-MSW/日/施設	=④/③
⑥ 廃棄物焼却施設の電気使用量	160	kWh/t-MSW	環境省 H23 総合研究報告書「一般廃棄物焼却施設の物質収支・エネルギー消費・コスト算出モデルの作成」
⑦ 廃棄物単純焼却における CO ₂ 排出量	916	kg-CO ₂ /t-MSW	ごみ中の C 量：250kg/ton-MSW
⑧ 廃棄物焼却施設の電気使用による CO ₂ 排出量	71	kg-CO ₂ /t-MSW	=① x ⑥
⑨ 発電無しの廃棄物焼却施設における CO ₂ 排出量	987	kg-CO ₂ /t-MSW	=⑦+⑧
⑩ 年間稼働日数	330	日/年	
⑪ 1 施設当たりの年間 CO ₂ 排出量	14,187	t-CO ₂ /年/施設	=(⑤ x ⑨ x ⑩)/1000
⑫ 廃棄物単純焼却における CO ₂ 排出量	916	kg-CO ₂ /t-MSW/施設	ごみ中の C 量：250kg/ton-MSW から算出
⑬ 1 施設当たりの年間 CO ₂ 排出量	13,172	t-CO ₂ /年/施設	=(⑤ x ⑩ x ⑫)/1000
⑭ 廃棄物の低位発熱量	12,698	MJ/t-MSW	
⑮ 本システムの電気使用量	160	kWh/t-MSW	既存設備と同程度 (=⑥)
⑯ 発電端効率	20.2	%	
⑰ 本システムにおける年間発電量	10,251	MWh/施設	
⑱ 本システムにおける年間使用電力量	2,301	MWh/施設	=(⑤ x ⑩ x ⑮)/1000
⑲ 本システムにおける年間売電量	7,950	MWh/施設	=⑰ - ⑱
⑳ 本システムにおける発電による CO ₂ 削減	5,470	t-CO ₂ /年/施設	=② x ⑲
㉑ CO ₂ 削減効果	6,484	t-CO ₂ /年/施設	=⑪ - ⑬ + ㉑
㉒ 施設当たりの CO ₂ 削減効果	6,484	t-CO ₂ /年/施設	=㉑
㉓ 本システム導入における CO ₂ 削減率	46	%	=(㉑/⑪) x 100
㉔ 廃棄物処理トン当たりの CO ₂ 削減効果	0.45	t-CO ₂ /t-MSW	=(㉑/(⑤ x ⑩))

6.4.3 CO₂削減量

本システム導入による CO₂削減量は以下の通り。

表 6-4-3 2025 年、2027 年、2030 年、2050 年度における CO₂削減量

	項目		値	単位	備考
算定 条件	①	CO ₂ 削減効果の原単位	6,484	t-CO ₂ /年/施設	表 6-4-2②の値 を引用
	②	発電無しの小規模廃棄物焼却施設の総数	530	施設	表 6-4-2③の値 を引用
発電設 備無し の 廃棄物 焼却施 設への 本シス テム導 入効果	③	本システムの市場占有率	0	%	
	④	本システムの導入想定件数(累 計)	0	施設	
	⑤	CO ₂ 削減量(単年度)	0	千 t-CO ₂	=① x ④
	⑥	CO ₂ 削減量(累計)	0	千 t-CO ₂	
	⑦	本システムの市場占有率	0.2	%	
	⑧	本システムの導入想定件数(累 計)	1	施設	
	⑨	CO ₂ 削減量(単年度)	6.5	千 t-CO ₂	=① x ⑧
	⑩	CO ₂ 削減量(累計)	6.5	千 t-CO ₂	
	⑪	本システムの市場占有率	0.5	%	
	⑫	本システムの導入想定件数(累 計)	3	施設	
	⑬	CO ₂ 削減量(単年度)	19.5	千 t-CO ₂	=① x ⑫
	⑭	CO ₂ 削減量(累計)	45.4	千 t-CO ₂	
	⑮	本システムの市場占有率	10	%	
	⑯	本システムの導入想定件数(累 計)	64	施設	
	⑰	CO ₂ 削減量(単年度)	415.0	千 t-CO ₂	=① x ⑯
	⑱	CO ₂ 削減量(累計)	4,922	千 t-CO ₂	

6.4.4 CO₂削減コスト

本システム導入による CO₂削減コストは以下の通り。

表 6-4-4 2025 年、2027 年、2030 年、2050 年度における CO₂ コスト

	項目	値	単位	備考
算定 条件	① 廃棄物処理トン当たりの CO ₂ 削減効果の原単位	0.45	t-CO ₂ /t-MSW	表 6-4-2 ⑭の値を引 用
	② 年間稼働日数	330	日/年	表 6-4-2 ⑩の値を引 用
	③ 当該施設の耐用年数	20	年	
2025 年度に おける CO ₂ 削 減コス ト	④ 対象処理規模	-	t-MSW/日/施設	
	⑤ 建設コスト（処理規模当たり）	-	万円/(t-MSW/日)	
	⑥ 運営コスト（処理量当たり）	-	万円/t-MSW	
	⑦ 1 施設当たりのコスト目標	-	億円/施設	$= (④ \times ⑤ + ④ \times ② \times ③ \times ⑥)$
	⑧ 1 施設当たり CO ₂ 削減量（年間）	-	t-CO ₂ /年/施設	$= (④ \times ② \times ①)$
	⑨ 1 施設当たりの CO ₂ 削減コスト	-	円/t-CO ₂	$= ⑦ / (⑧ \times ③)$
2027 年度に おける CO ₂ 削 減コス ト	⑩ 対象処理規模	40	t-MSW/日/施設	1 号機は、実証規模 の 1 炉 10 倍とした
	⑪ 建設コスト（処理規模当たり）	21,500	万円/(t-MSW/日)	
	⑫ 運営コスト（処理量当たり）	3.5	万円/t-MSW	
	⑬ 1 施設当たりのコスト目標	178.4	億円/施設	$= (⑩ \times ⑪ + ⑩ \times ② \times ③ \times ⑫)$
	⑭ 1 施設当たり CO ₂ 削減量（年間）	5,952	t-CO ₂ /年/施設	$= ⑩ \times ② \times ①$
	⑮ 1 施設当たりの CO ₂ 削減コスト	149,862	円/t-CO ₂	$= ⑬ / (⑭ \times ③)$
2030 年度に おける CO ₂ 削 減コス ト	⑯ 対象処理規模	60	t-MSW/日/施設	2 号機以降は平均 60t/ 日として試算
	⑰ 建設コスト（処理規模当たり）	17,708	万円/(t-MSW/日)	
	⑱ 運営コスト（処理量当たり）	2.7	万円/t-MSW	
	⑲ 1 施設当たりのコスト目標	212.2	億円/施設	$= (⑯ \times ⑰ + ⑯ \times ② \times ③ \times ⑱)$
	⑳ 1 施設当たり CO ₂ 削減量（年間）	8,928	t-CO ₂ /年/施設	$= ⑯ \times ② \times ①$
	㉑ 1 施設当たりの CO ₂ 削減コスト	118,823	円/t-CO ₂	$= ⑲ / (⑳ \times ③)$
2050 年度に おける CO ₂ 削 減コス ト	㉒ 対象処理規模	60	t-MSW/日/施設	2 号機以降は平均 60t/ 日として試算
	㉓ 建設コスト（処理規模当たり）	16,943	万円/(t-MSW/日)	
	㉔ 運営コスト（処理量当たり）	2.6	万円/t-MSW	
	㉕ 1 施設当たりのコスト目標	202.8	億円/施設	$= (㉒ \times ㉓ + ㉒ \times ② \times ③ \times ㉔)$
	㉖ 1 施設当たり CO ₂ 削減量（年間）	8,928	t-CO ₂ /年/施設	$= ㉒ \times ② \times ①$
	㉗ 1 施設当たりの CO ₂ 削減コスト	113,591	円/t-CO ₂	$= ㉕ / (㉖ \times ③)$

6.5 市場展開に向けた活動

6.5.1 顧客ヒアリング

市場展開への課題を把握するため、仮想顧客である自治体のヒアリングを行った。その打合せ内容を図 6-5-1～4 に示す。

出張報告書

訪問先	A市環境局 環境事業部	承認	照査	作成
訪問日時	2023 年 11 月 28 日 15:00～16:00			
出席者 (訪問先)	施設管理課 施設建設係 A1 担当係長 施設管理課 施設建設係 A2 担当			
出席者 (Hitz)	A 支社 戸田、佐藤 環境事業本部 資源循環事業推進部 金坂、水関			
出張目的	A 市は環境施策として水素エネルギーの活用を掲げており、廃棄物から水素リッチな可燃ガスに変換できることから、A 市環境局を訪問した。			
その他	運営施設は A1 清掃工場、A2 清掃工場、A3 清掃工場			
内容				
1. 説明内容 ①熱分解ガス化改質炉特徴、②熱分解ガス化改質システム特徴、③本開発が目指す姿、④環境省委託事業内容を説明して、A 市環境局様と意見交換を行った。				
2. 意見交換 (A: A 市環境局、Hitz: 日立造船)				
○熱分解ガス化改質システムについて				
・A: 熱分解ガスの組成はどの程度か。				
・Hitz: 水素が約 30%、メタンが約 13%、一酸化炭素が約 10%です。				
・A: 焼却施設と同様にスタートアップ時には外部燃料は必要か。				
・Hitz: スタートアップ時は加熱ガスを生成するための外部燃料は必要となります。もし、ガス貯留タンクに熱分解ガスが十分貯留されている状態であれば、スタートアップ時でも外部燃料は不要となります。				
・A: 建設費、運営費は焼却施設と比較してどうか。				
・Hitz: 最終目標は焼却施設と同程度と考えていますが、実証試験の結果から試算すると建設費、運営費とも高くなる想定です。ただし、試験装置ベースの試算のためにコスト低減の余地はあると考えます。				
・A: 消費電力は焼却施設と比較してどうか。				
・Hitz: 破砕機が必要となるので、消費電力は焼却施設と比べて若干高くなると考えています。				
○実証試験について				
・A: 実証試験ではごみの受入れ、投入はどのようにしているのか。				
・Hitz: 受入ヤードで直接ごみを投下してもらい、破砕処理後、投入ホッパにごみを供給しています。				
・A: ガスエンジンで問題なく発電は可能だったのか。				
・Hitz: ガスエンジンの発電試験も行っており、熱分解ガスが 100%で発電可能なことは実証済みです。				
・A: 実証試験を通じてどのような課題があったか。				
・Hitz: 熱分解ガス中のタール、溶融塩による配管閉塞等の課題が主になります。				
○熱分解ガス化改質システム導入に関する意見交換				
・A: 自治体としては採用するにあたり導入実績とイニシャルコストを重視している。				
・A: 市としては焼却施設の更新とする場合、数百 t 規模に対応できるシステムであれば採用の可能性はあると考える。				
・A: 市が運営している下水汚泥処理施設であれば 100t/H 日規模で発電効率も低いことから、当該システムで発電効率が上がるのであれば導入の可能性はある。				
・A: 今回のような新技術を採用する場合、導入実績もさることながら補助金の交付要件で炉型式や補助比率が上がる等の記載があれば自治体としては採用しやすいと思われる。				
・A: メンテナンスが難しそうなイメージがある。				
・Hitz: 焼却施設の更新以外にも廃プラ等の再資源化プラントとして当該システムを焼却施設に併設することでの導入の可能性はあります。				
・A: 廃プラで試験をした実績はあるか。				
・Hitz: 原料調達が難しく廃プラでの試験は実施できていませんが、綿とポリエステルが混在した混紡衣服の試験は実施して問題なくガス化処理できることは確認しています。				
・A: 廃プラでの実績があれば導入の可能性はあると思われる。				
・A: 環境施策に注力している自治体としては、水素エネルギーと脱炭素化貢献を強く推した方がよい。				
・Hitz: 拝承。				
○その他				
・A: 市は水素エネルギーを作るよりも、作った水素の活用方法を探索しており、既設工場更新時に補助ボイラーで水素を活用する予定である。水素の活用方法が他にあれば教えて頂きたい。				
・Hitz: 拝承。				

(以上)

図 6-5-1 自治体ヒアリング 打合内容

出張報告書

ヒアリング先	B 市 環境部 環境課 温暖化対策推進係	承認	照査	作成
ヒアリング日時	2023 年 12 月 25 日 14:00～15:30	平間		西本
出席者(ヒアリング先)	B1 主査、B2 副主査			
出席者(Hitz)	環境事業本部開発センター ポストコンバショングループ 平間 G 長 西本			
概要	B 市は環境施策として水素エネルギーの活用を掲げており、廃棄物から水素リッチな可燃ガスを生成するポストコンバッションに問合せがあったことから、同技術の説明に訪問した。			
内容				
1. 説明内容 ①熱分解ガス化改質システムの特徴、②本開発が目指す姿、③開発進捗状況(環境省委託事業)を説明して、B 市様と意見交換した。				
2. 意見交換(B:B 市環境課、Hitz:日立造船) ・Hitz:環境省委託事業の取組のために、事業化に向けた入口・出口等のアドバイスを頂きたい。 ・B:他のガス化技術(熱分解、メタン発酵含む)は処理対象物の分別が必要であるが、本技術は焼却処理と同程度の分別(プラスチックや木材を含む)でもガス化できることが魅力である。 B 市の一廃は可燃物・不燃物・資源ごみ・プラの分別だが、それほど丁寧に分別されているわけではないのでガス化技術の導入は難しいと考えていた。 ・B:太陽光・風力発電は景観などの問題も多いために市民の反応は良くない。 ・B:B 市は水素の利活用を推進している。最近、B 市内に水素ステーションもできた。 B 市内企業との連携もバックアップしており、市内の水素燃焼ガスバーナーメーカー等の紹介も可能である。本システムは処理対象物の制限が少ないので興味を持つ B 市内業者もあると思う。 本資料を用いて PR しても良いか。 ・Hitz:配布できる資料を送付致します。 ・B:廃棄物処理・ガス生成の場所とガス利用場所が離れる場合はどのように輸送するイメージなのか。 ・Hitz:ガスを圧縮してポンプ等による輸送になると思うが、利用先が決まっているのであればその近隣に本システムを設置して導管輸送の方が事業性は高くなると思われる。 ・B:B 市には2つの一廃焼却施設があるが、事業系のごみはそこまで多くなく家庭ごみの量が多い。 また、農家からの剪定枝が多く、前処理(乾燥と破断)が悩みである。 ・B:本システムから排出されるチャーは炭化物ということだが、農業の肥料として利用可能なのか。 ・Hitz:一廃中の有害成分(重金属等)がチャーに移行するので肥料利用は難しいと考えます。 ・B:本システムは廃棄物処理施設となり届出が必要となるのか。 ・Hitz:通常の廃棄物処理施設と同様の届出が必要となると考えます。 ・B:届出が必要となるなら、現状の焼却処理設備の敷地内の付帯設備としての設置が良いかもしれない(小型装置イメージ)。どの程度の大きさの設備が作れるのか。 ・Hitz:現時点の実績は2t/d なので、次号機は10t/d 以下を目指しています。 新開発品であり、現行の一廃処理施設の代替では課題が大きいために、処理対象物を廃プラなどに限定して、焼却施設の付帯設備とした方が規模、運用的にも適していると考えます。 ・B:余熱利用・温水供給もあった方が望ましい。 ・B:ガス組成とガス量を教えてほしい。 ・Hitz:ガス組成は、可燃ガスの約 50%が水素で、残りは CO、CH ₄ などの炭化水素のイメージです。 ガス量は一般廃棄物を 75kg/h 投入した際に 40～45Nm ³ /h 程度のイメージです。 ガス組成は、ニーズに合わせて多少の調整は可能です。 ・B:設備の建設コストはどの程度か。 ・Hitz:開発中の機種でありコストの精査はできていません。 現在の実証施設と同じものを導入する(設計費等が無い)場合でも、機器だけで約 3～5億円(工事範囲により変動)はかかると思います。 導入においては国の補助金や助成制度を活用して、客先の支出が少なくなるような仕組みも考えたいと思います。また、国や自治体に理解していただけるためのロビー活動も必要と考えています。				

(以上)

図 6-5-2 自治体ヒアリング 打合内容

出張報告書

ヒアリング日時	2024 年 1 月 30 日 14:00～15:00	承認	照査	作成
出席者 (ヒアリング先)	C 組合 C 衛生センター(C 市とC1市の組合) C 副所長			古川
出席者 (Hitz)	C 支社 川口 環境事業本部 開発センター平間 G 長 古川			
設備概要	・ごみ処理量(RDF 製造)			
内容				
1. ヒアリング目的 今後の事業化のために、①熱分解ガス化改質システムの特徴、②本開発が目指す姿、③開発進捗状況(環境省委託事業)を説明して意見交換する。				
2. 意見交換(C:C 組合、Hitz:日立造船)				
○熱分解ガス化改質炉について				
・C:施設の設備が 1 系統しかないために、ごみ処理能力確保のために安定運転が重要である。 RDF 製造プラントの中でも乾燥機(キルン方式)のメンテナンスが大変であるが、熱分解ガス化炉(キルン方式)のメンテナンス性はどの程度か。				
・Hitz:熱分解ガス化改質炉を停止する度に内部点検を行ったが、約 1 年半の実証試験期間において内部清掃は不要であった。この理由はごみ中の不燃分がキルン内部を転がることで、付着物が成長しにくい環境だったと考えている。				
・C:熱分解ガス化改質システムから排出される不燃物量(埋立量)はどの程度か。C 市は最終処分場を保有していないので少なければ魅力である。				
・Hitz:焼却処理と同程度以下であるが、自治体(分別を含むごみ質の地域特性)によって異なる。				
・C:住民がごみ分別しているために、不燃物は少ないと考えている。				
・Hitz:ごみ中の不燃物が少なければ埋立量は少ないと思われる。ただし、熱風発生炉でごみ中の夾雑物を燃焼させるので飛灰が発生するが、発生量としては焼却処理と同程度である。				
○現状の RDF 製造プラントについて				
・C:現状の RDF 製造プラントでは年に数回ぐらい成型機で出火しており、それを手動で消火するので運転員の負担が大きい。手間だけを考えると焼却処理が良いと考えている。				
・Hitz:RDF 製造施設なので破砕機を設けていると思うがトラブルはないのか。				
・C:破砕機のトラブルはほとんどない。市民に分別が浸透しているためと考えている。				
・Hitz:運転人員は何名体制か。				
・C:各班は、中央:1 人、クレーン:1 人、現場:3 人の計 5 人×2 交代体制である。				
・Hitz:RDF は有価物として販売しているのか。それとも費用を負担して処分しているのか。				
・C:費用を負担して民間の発電プラントで処理している。また、RDF 不適物についてはセメント処理工場に処分を依頼している。				
○ごみ処理施設に望む要件について				
・Hitz:仮に RDF 製造プラントから変更されたとした場合、どの方式を希望されるのか。				
・C:個人的な希望としては、運転員の負担軽減を考慮して焼却処理が良い。しかし、C 市に最終処分場がないので現実的に不可能である。				
・Hitz:ごみ処理施設の導入において、最も重視することは何か。				
・C:発電効率よりも安定処理が最優先である。設備が複雑になるのも好ましくない。				
・Hitz:現状の運転時間は 14 h であるが、エネルギーロスを低減のために 24h 運転は対応可能なのか。				
・C:特に問題ないと考える。				
○今後の計画について				
・Hitz:今後について、どこが主体となって計画立案されるのか。				
・C:C2 市と C 市が主体であり、当組合はあくまで両市の意向に従う。				

(以上)

(以上)

図 6-5-3 自治体ヒアリング 打合内容

出張報告書

ヒアリング日時	2024 年 1 月 31 日 13:30～14:30	承認	照査	作成
出席者 (ヒアリング先)	D 町 産業建設環境部 生活衛生課 生活衛生班 D 主査			古川
出席者 (Hitz)	D 支社 川口 環境事業本部開発センター 平間 G 長 古川			
設備概要	準連続式ごみ焼却施設			
内容				
1. ヒアリング目的 今後の事業化のために、①熱分解ガス化改質システムの特徴、②本開発が目指す姿、③開発進捗状況（環境省委託事業）を説明して意見交換する。				
2. 意見交換内容(D:D 町、Hitz: 日立造船)				
○熱分解ガス化改質システムについて				
・D: ストーカ炉と比較してコストはどの程度のイメージか。				
・Hitz: 単なるコストアップするシステムだと導入してもらうのが難しいと考えるので、増加した建設費を売電収益で緩和したり、CO2 削減効果としてカーボンクレジットで緩和する等により、通常のごみ焼却システムのレベルに収めることを目指している。				
・D: 値段が安ければ良いという時代ではなく、環境配慮も重要な評価基準となっていくと考える。				
・D: 熱分解ガス化技術の開発について、同業他社の動向はどうか。				
・Hitz: 熱分解・炭化技術に取り組んでいる会社は一定数あると考えているが、各社の開発内容は極秘事項であり完全に把握するのは難しい。具体例としては、神鋼環境ソリューションは約 10 年以上前に流動床方式の熱分解ガス化技術に取り組んでおり、同時期に川崎重工業は炭化技術に取り組んでいた。				
・D: チャーは燃料以外に再利用できる用途はあるのか。				
・Hitz: 燃料利用以外は難しいと考えている。アイデア段階であるが、チャー(90%以上が炭素)を炭素固定という名目でそのまま埋立てることで CO2 削減に貢献するという案もある。				
・D: 熱分解ガス化改質炉内部の損傷など、メンテナンス性はどうか。				
・Hitz: 熱分解ガス化改質炉を停止する度に内部点検を行ったが、約 1 年半の実証試験期間において内部清掃は不要であった。この理由はごみ中の不燃分がキルン内部を転がることで、付着物が成長しにくい環境だったと考えている。				
・D: ガス貯留タンクのサイズはどの程度か。				
・Hitz: さまざまである。ガスの用途によって異なり、どのくらいガスを貯留したいのかで決める。				
○現状の保有施設について				
・Hitz: 現状の施設について、何か困っていることや、改善要望はあるのか。				
・D: 長年使っているので特定機器の故障が多い等の課題はあるが、特に思いつくことはない。				
・Hitz: 最終処分場はどのような運用状況か。				
・D: H20 年に最終処分場を造ったが、余裕があるために長期間使えると思う。				
・Hitz: 現状の運転体制をご教示頂きたい。				
・D: 5 人 1 班体制の 2 交代(8 h) 運転である。				
・Hitz: エネルギーロスを抑制するため 24 h 連続運転を想定しているが、運転人員の増員は対応可能か。				
・D: 単純比較すると人件費が 3 倍になるので、コスト的にネックである。				
○ごみ処理施設に望む要件について				
・Hitz: 施設更新の際は何を重視されるのか。				
・D: コストを優先する。環境配慮は大切だが財政に余裕のない自治体ではやむを得ない。				
・Hitz: 本システムのような新しい施設を導入したい場合は、住民からはどのような反応が予想されるか。				
・D: 高齢者の割合が多いが、現状でも「発電すべき」とい前向きな意見を頂くことがある。そこまで反対意見は出ないのではないかと。				
(以上)				

(以上)

図 6-5-4 自治体ヒアリング 打合内容

6.5.2 外部発表

本技術の事業化にむけた、ロビー活動、営業活動の一環として、10月18日～19日に開催された日本環境衛生センター主催の第67回生活と環境全国大会でブース展示および廃棄物最新処理技術セミナーの講演を実施した。



Hitz 日立造船株式会社
Hitachi Zosen



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
世界を変えるための17の目標

燃やさない新しいごみ処理技術の開発 次世代型廃棄物処理システム (ポストコンバッション)

新たな熱分解ガス化技術により廃棄物から可燃ガスを

日立造船のポストコンバッションとは、焼却処理に代わる新たな廃棄物処理システムで、ごみを高温の無酸素状態で攪拌することにより、廃棄物中の可燃物を可燃ガスに変換します。

廃棄物



一般廃棄物
廃プラスチック など

熱分解ガス化システム



CO₂排出を抑えながら、
減容化性能は焼却処理と同程度

**可燃ガス
(水素リッチ)**



エネルギーは
タンクで貯留可能

**エネルギー
利活用**

電気、ガス、
素材等の
多用途展開可能

熱分解ガス化改質炉 (ロータリーキルン) の内部構造

- 独自構造により、「機械式横型内部循環流動床」としての機能を保有します。
- キルン内部に「熱分解ガス化部」と「ガス改質部」を包含します。
- 内部保有熱量が大きく、ごみ質が変動しても熱分解温度 (内部温度) の変動が小さい構造です。
- 熱分解ガス化技術は炭化技術でもあり、将来のCO₂削減 (炭素固定) にも貢献することが可能です。



環境省 地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業

環境省の委託事業として、大阪広域環境施設組合舞洲工場内に設置した実証試験プラントで、実際の一般廃棄物を用いて熱分解ガス化改質システムの技術開発実証 (令和2～5年度) を行っています。



大阪市内の実証試験プラント (2t/d)



実証試験用の熱分解ガス化改質炉本体

図 6-5-5 ブース展示のポスター

6.5.3 市場展開への課題検討・対策立案

本実証試験および事業化に向けた活動を通じて得られた実機展開へ向けて検討すべき課題および対策について以下に述べる。

1) エネルギー効率の向上

本システムは従来の水噴射炉に代わって導入することにより、顧客に売電収入をもたらすことでライフサイクルコストを低減させることが強みである。そのためには、導入時のコスト増加を売電収入により回収することが重要である。

発電出力向上（エネルギー効率向上）には、現システムでエネルギーロスとなっている①各種顕熱・潜熱の回収・活用、②タール・チャーの回収・活用、③放散熱量の削減、などであるが、2030 年頃までは装置の信頼性・安定性の向上に注力して、それ以降に取り組んでいく計画である。

2) 売電の固定価格買取制度(FIT 制度)

発電設備付の廃棄物処理施設において、プラント全体の採算性は売電の FIT 価格に大きく依存している。本システムは今後 10 年～30 年で普及を目指しており、施設の運営期間は建設時からさらに 20 年～30 年という長期にわたる。現在の事業化計画では、その期間も売電収入が継続して見込める前提であるため、FIT 制度の変動が導入の妨げとなる可能性がある。制度の継続および拡充等の法整備により普及をさらに後押しできる。

特に新技術の導入・普及においては、通常の FIT 制度とは異なる支援が無いと難しい状況と考える。

3) 新たな廃棄物処理システムの活用方法の多様化

これまでの廃棄物発電システムは「廃棄物処理＝減容化処理≒焼却処理」に伴う熱エネルギーの有効活用であり、各種法律や制度が上記の廃棄物焼却発電を是として整備されたものである。

本システムは廃棄物中の可燃分を安定して、可燃ガス（気体）と炭素（固定）およびタール（液体）に分離・生成するシステムである。

CO₂ 排出抑制・削減ならびに炭素固定が重視される時代においては、熱利用や発電利用から脱却した可燃ガス、タールのケミカルリサイクルや炭素埋戻しによる炭素固定等も新たな出口戦略およびそれに伴う法整備等も必要になる。

6.5.4 規格認定機関への認証

実証試験完了後に速やかに事業化を進めるために、規格認定機関の認定取得を検討した。

認定の審査条件である、①対象システムの実機が存在すること、②実機の 30 日連続運転かつ延べ 100 日運転を達成していることの 2 つはクリアできるが、審査手順の「書類応募後に審査員を選定→書類審査実施→現地検査（運転中）」が本委託事業の工程的に難しいことが分かった。

また、R3～R5 年度に実施した顧客ヒアリングなどから“一般廃棄物を処理する自治体は信頼性を重視するために、実機の運転実績がなにより重要であり、規格認定による事業化促進効果が薄いことが明らかになった。

それらを受けて、本委託事業の R5 年度第 1 回～第 2 回検討会において、規格認定機関への認定には取り組まずに、事業化促進のために民間の産業廃棄物処理事業向けの初号機（実機）導入を優先事項として取り組む、そのための市場調査等を実施することになった。

6.5.5 産業廃棄物処理事業向けの市場調査

本システムは、可燃性の廃棄物から効率的に可燃ガスを取り出すシステムであり、焼却に代わる新たな廃棄物処理システムを目指している。

可燃性の廃棄物の中でも、プラスチックを中心とした化石燃料由来の廃棄物を焼却処理することは CO₂ 排出にダイレクトに繋がるために、本システム適用のニーズが高いと考えている。

そこで図 6-5-6～6-5-7 に廃プラスチック処理市場の調査結果を示す。

事業化計画（産業廃棄物への適用について）

【事業方針、対象市場】

- 一般廃棄物処理事業は、自治体主体であるために形式選定から発注等において、実績・信頼性が重視される。
- 本技術の実績・信頼性を確立するまでの期間は、民間主体の産業廃棄物処理分野にも取り組む。
- 対象とする産業廃棄物としては、手始めに廃プラスチック、混紡を中心に検討を進める。（化石燃料由来）

【廃棄プラスチックの想定市場】

- 国内で廃棄されているプラスチック824万t/年のうち、塩素を含まない廃プラは577万t(約70%)。
現状でマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルされているのは206万t/年(約25%)であり、焼却処理(熱回収)は510万t/年(約62%)、単純焼却処理63万t/年(約8%)、埋立45万t/年(約5%)となっている。（2017年）
- 2019年5月に「プラスチック資源循環戦略」が策定され、マイルストーン目標として2035年迄に使用済みプラスチックを100%リユース・リサイクル等で有効利用することが掲げている。
- 2021年6月に「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」が制定され、廃棄物処理法に基づく許可がなくてもプラスチック製品製造業者が使用済みの自社製品を自治体の区別なく回収・再資源化が可能となった

【廃棄プラスチックの想定顧客】

【EPC事業の場合】

想定顧客：再資源化事業者

大手専業エンジニア等

【再資源化事業スキームに参入する場合】

想定顧客2：製造・販売事業者

化成品メーカー
各種部品西欧メーカー、等



環境省/経産省「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律について」から引用

図 6-5-6 廃プラスチックの調査結果（想定市場）

【外部環境】

○コンベチターの動向（処理事業）

- レゾナック（旧昭和電工）：
加圧二段ガス化システム(EUP)を同社川崎事業所に建設し、2003年より稼働。容器包装リサイクル法にもとづき使用済みプラスチックをガス化→化学原料（アンモニア）にするケミカルリサイクル事業を行っている。
- 積水化学：
都市ごみをガス化（ガス化技術は他社技術）し得られた合成ガスを微生物処理によりエタノールに変換する技術を保有。2022年7月に同社、住友化学、資生堂で使用済み化粧品容器の再資源化循環モデル構築に向けた取組みをスタート。

○コンベチターの動向（EPC事業）

- 荏原環境プラント：
一般廃棄物、廃プラ、下水汚泥を処理対象とした内部循環式流動床ガス化炉システム（ICFG）を開発。2007年頃から開発は一旦ストップしていたが、昨今の資源循環の社会動向から廃プラを処理対象として開発を再開。また、同社は加圧二段ガス化システム(EUP)の技術も保有。
- 日揮グループ：
EUPライセンスの再実施許諾権契約を荏原環境プラント、宇部興産、レゾナック(旧昭和電工)の3社と締結(2020年)。廃プラのガス化→化学原料化設備の提案していくと発表。
- JFEエンジ
2024年2月7日に新型の熱分解ガス化改質システム「C-Phoenix」を公表

【弊社のリソース】

- 熱分解ガス化改質システムの基本技術を確認したが、処理対象物（廃棄物種類）や供給物（ガス組成等）による適用性を高めるためのシステムの改善、高度化を進める
- 2017～2020年度に弊社内のベンチ試験装置(0.2t/d)で基本データを取得して、2020～2023年に環境省委託事業として実証試験（2t/d）を実施して、信頼性および一廃への適用性を確認
- 雑多な廃棄物を対象とした「熱分解ガス化システム」（≠ガス化熔融炉）が安定稼働している例はほとんど無い

図 6-5-7 廃プラスチックの調査結果（外部環境）

第7章 検討会の開催

R5年度の検討会を下記要領で開催した。

7.1 R5年度第1回検討会

R5年度第1回検討会の概要および議事内容を以下に記載する。

- ・会議名 : 令和5年度 第1回検討会
- ・日時 : 令和5年6月21日(水) 15:00～16:30
- ・場所 : 大阪広域環境施設組合 舞洲工場内 会議室
- ・出席者
 - 委員 : 国際環境研究協会 丹治 PO、村木 PO
工学院大学 工学部 小林教授
 - オブザーバ : 環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課
日垣課長補佐、則竹様
 - 実施者 : 日立造船株式会社 環境事業本部 開発センター 大地、平間、伊藤
国内プロジェクト部 水関、寺本
 - 実施協力者 : 大阪市環境局 環境施策部環境施策課
大谷課長代理、中村担当係長、藤原様
大阪広域環境施設組合 舞洲工場 中村工場長、村岡係長、田村様
施設部 施設管理課 松田課長代理
- ・議題
 - 1. 開会
 - 2. 出席者紹介
 - 3. 配布資料の確認
 - 4. 議事及び質疑応答
 - 5. PO、環境省担当官 ご講評
 - 6. 連絡事項
 - 7. 閉会
- ・議事録 : 表 7-1-1 のとおりである。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録(1/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
1		開会
	日立造船	R5 年度の第 1 回検討会を開会した。
2		出席者紹介
	日立造船	検討会出席者を紹介した。
3		配布資料の確認
	日立造船	配布資料を確認した。
4		議事及び質疑応答
4-1		R5 年度 委託業務の進捗状況のご報告
	日立造船	R5 年 6 月中旬時点の進捗状況について、資料を用いて説明した。
4-2		質疑応答
		検討状況に関する質疑応答は以下の通り。 (Q：質疑、A：回答、C：コメント)
	丹治 PO 日立造船	Q：熱分解ガスのデータについて、組成中に窒素が一定量含まれているが空気の漏れ込みによるものか。 また、改質蒸気有りの場合では炭化水素等の改質が進み熱分解ガス量は増加するものと思うが、水蒸気改質の効果は得られているのか。 A：窒素については空気の漏れ込みによるものと考えている。 水蒸気改質については、炭化水素だけでなくチャーも改質して熱分解ガスが発生しており、狙った効果は出ていると考えている。
	村木 PO 日立造船	Q：投入ごみ量を増やすと熱分外ガス量が減るデータがあるが、炉内の滞留時間が不足していることが原因なのか。 ごみのカロリーは制御できないが、投入量は制御しやすいと考えるので、滞留時間の問題なら投入量をしっかり制御してはどうか。 A：滞留時間も要因の 1 つと考えるが、徐々に変化する炉内温度の影響など複合的な要因があると考えている。 本システムは高温の流動媒体を炉内で多く保有することにより、ごみ性状が変動しても安定した運転が可能なが特徴である。 その反面、運転条件（インプット）を変更してもガス性状等（アウトプット）の変化が緩やかであり、要因の見極めが難しい。 今後、本装置における適正なごみ処理量は検証していく予定である。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録(2/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	小林教授 日立造船	Q: エネルギーバランスの算出に外部燃料は含まれているのか。 入口に対する出口の熱量の不足分は、装置全体からの放熱や炉を加熱後の熱風として排出されているとの理解でよいのか。 A: 現状の計算は外部燃料を含んでいない。 また熱量の不足分はその理解で正しいと考えている。
	小林教授 日立造船	Q: ガス精製装置の吸収塔やオイルスクラバーで析出する物質に違いはあるのか。 A: 主成分はどちらもナフタレン等の有機化合物である。
	小林教授 日立造船	Q: オイルスクラバーの改造としてガスと循環液の接触時間を上げるため多段吸収塔なども検討してはどうか。 A: 委託期間および設置場所の制約があるために難しいと考える。 現状の装置をベースとした改造案として、噴霧粒径の変更と充填設置により最適解を検討する。
	村木 PO 日立造船 小林教授 日立造船	Q: 発生しているタール量は想定内なのか。 A: 可燃ガスの再合成によるタール発生など想定外の面もある。 これは弊社研究所のラボ装置では発生していなかった新たな課題である。 C: 現状の装置構造では触媒によって改質を進めることは難しいと考える。 再合成温度域を外した温度制御を検討することが現実的ではないか。 A: 拝承。
	環境省 日立造船 丹治 PO 日立造船 村木 PO 日立造船	Q: 実機展開として 20t/日規模にスケールアップする際は、装置を大型化することになるのか。 A: 市場投入には装置の大型化は必須であり、内部形状、支持構造の変更などで実証装置から 10 倍程度の大型化は可能と考える。 スケールアップの最大値は、本実証で得られたデータを基準に詳細検討・設計を行わなければ判断できない。 Q: 大型化する際は長さか直径のどちらを大きくするのか。 A: 両方である。処理対象物、処理量に応じて、長さや直径のバランスは検討が必要である。 Q: 実機規模となってもごみの前処理（破碎）は必要なのか。 A: かつてのガス化熔融炉の実績からも一次破碎は必要と考えている。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録(3/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	村木 PO 日立造船 村木 PO 日立造船	Q:規格認定の取得スケジュールを考えると事業の期間延長が必要なのか。 A:審査手続きの内容確認を進めてきた中で年度内の実施が難しいという認識である。一方で、想定顧客のヒアリング結果や本事業の応募時からの市況の変化を考慮すると本認証の取得が注力すべき項目か再考が必要と考えている。 C:社会実装を進めていく上で必要な要件について精査して内容を報告すること。 A:拝承。
	村木 PO 日立造船	C:今後運転条件のベストバランスを探る上で、CO2 排出削減コストは重要な指標となるため、それを低減することも考慮して検討すること。 A:拝承。
	村木 PO 日立造船	C:継続内示の指摘事項は今年 11 月頃に最終年度の評価が実施されるので、その時までには検討結果をまとめて回答すること。 A:拝承。
5		PO、環境省担当官 ご講評
	大阪市 大谷課長 代理	・順調に事業を進めていただき感謝する。 市としてもごみ分別の在り方は大きな課題と認識している。そのうえで焼却の効率化により得られるエネルギーが増えるという点で本実証には期待している。 自治体の役割として他都市との繋がりもあるので協力できる部分はさせていただく。
	大阪広域 環境施設 組合 中村工場 長	・順調に事業を進めていただき感謝する。 我が国全体で 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて取り組んでおり、廃棄物発電への期待も大きいと認識している。当組合では新鶴見建設において、高温高压ボイラの採用など発電効率の向上に取り組んでいるが、舞洲竣工から 20 年ほどで数%アップという状況である。当面はストーカー炉が主流と考えるが、さらなる廃棄物エネルギー利活用のためにもこのような技術の実用化が必要と考えている。当組合としても、引き続き可能な範囲で積極的に協力していきたい。
	小林教授	・金属分が多いごみという熱分解ガス化にとって厳しい条件の中で、ここまでの成果を挙げている点を評価している。ただし社会実装に向けては課題もあるので大阪万博など本技術をアピールする場も考えてほしい。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録(4/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	丹治 PO	・日本全体では人口減少や分別などでごみの排出量は減っている中で、数十トン規模の発電設備が付いていない施設がある地方自治体にこそ必要とされる技術だと考える。普及への課題は大きいがポテンシャルはあると思うので期待している。
	環境省 日垣課長 補佐	・順調に事業を進めていただき感謝する。 国としても、70t/d 以下に多い発電無しの小型施設を運営する地域には「広域化による発電」や「メタン発酵施設の導入」などの方針を掲げているが、なかなか進んでいない状況である。その中で本技術の確立により新たな選択肢となり得ることに期待している。また事故がないように注意して実証試験を完遂いただきたい。
	日立造船 大地開発 センター 長	・本日は長時間にわたって、議論ご助言いただき感謝申し上げます。 本実証も最終年度に入っているため社会実装に向けた出口戦略についてもまた相談させていただきたい。 会社としてこれまで以上に安全に力を入れていく方針もあり、安全第一で最後まで実証を進めていく所存である。
6		連絡事項
		・特になし。
7		閉会挨拶
	日立造船	検討会を閉会した。

7.2 R5 年度第 2 回検討会

R5 年度第 2 回検討会の概要および議事内容を以下に記載する。

- ・会議名 : 令和 5 年度 第 2 回検討会
- ・日時 : 令和 5 年 11 月 8 日(水) 13:30～15:30
- ・場所 : 日立造船株式会社東京本社 会議室、Teams 会議
- ・出席者
 - 委員 : 国際環境研究協会 丹治 PO、村木 PO、森下 PO
工学院大学 工学部 小林教授
 - オブザーバ : 環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課
日垣課長補佐、北垣様、後藤様、三浦様
 - 実施者 : 日立造船株式会社 環境事業本部
開発センター 大地、平間、伊藤、古川
資源循環事業推進部 寺本
 - 実施協力者 : 大阪市環境局 環境施策部環境施策課
大谷課長代理、中村担当係長、藤原様
大阪広域環境施設組合 施設部 施設管理課 松田課長代理、原田様
- ・議題
 - 1. 開会
 - 2. 出席者紹介
 - 3. 配布資料の確認
 - 4. 議事及び質疑応答
 - 5. PO、環境省担当官 ご講評
 - 6. 連絡事項
 - 7. 閉会
- ・議事録 : 表 7-2-1 のとおりである。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (1/6)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
1		開会
	日立造船	R5 年度の第 2 回検討会を開会した。
2		出席者紹介
	日立造船	検討会出席者を紹介した。
3		配布資料の確認
	日立造船	配布資料を確認した。
4		議事及び質疑応答
4-1		R5 年度 委託業務の進捗状況のご報告
	日立造船	R5 年 11 月初旬時点の進捗状況について、資料を用いて説明した。
4-2		質疑応答
		検討状況に関する質疑応答は以下の通り。 (Q：質疑、A：回答、C：コメント)
	森下 PO	Q：廃棄物処理施設は迷惑施設であるために、事業化を進めるにおいて 周辺住民に安心・安全を説明できるデータを提示することが重要に なる。排ガス中の有害物質、ダイオキシン類、臭気の 3 項目は測定 しておくべき。
	日立造船	A: 拝承
	森下 PO	Q：煙突からの排ガスは連続測定した方が良い。
	日立造船	A: 煙突からの排ガスは、通常のごみ処理場と同様の項目 (HCl, SOx 等) を連続測定している。結果は整理して報告書に記載する。
	森下 PO	Q：ダイオキシン類は測定しているのか。
	日立造船	A：これまでに何回かダイオキシン類を測定している。 現時点では 45 日連続運転時の測定結果が分析中のため、結果が分 かれば報告させていただく。
	森下 PO	Q：臭気は測定しているのか。
	日立造船	A：臭気はこれまでに測定していないため、早急に測定する。
	環境省	Q：建設、運転、維持管理費等の LCC 関連の試算はどのような状況な のか。
	日立造船	A：昨年度に一度試算しており、最終の運転データをもとにブラッシュ アップする予定である。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (2/6)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	丹治 PO	Q：各種運転条件の最適化ができたということだが、監視・管理しないといけないパラメータが多数あると思われる。市場投入時のターゲットである中小自治体では監視・管理にあまり人員をかけられないのではないのか。
	日立造船	A：昨年度の実証試験において、熱分解ガス化改質炉（以下、キルン）の温度制御はキルン回転数、間接加熱ガスの温度、ガス量等のパラメータを変えることで制御できて、自動制御も可能なことを確認している。 今年度は長期運転を通して各種パラメータの最適値を検証したが、その大半は自動制御でコントロールできるものである。
	丹治 PO	Q：その程度のパラメータであれば制御的に問題ないという理解なのか。
	日立造船	A：問題ないと考えている。
	丹治 PO	Q：精製したガス組成等のデータが示されていない。事業化の際にガスインジンで発電する計画であるが、発電設備の仕様をクリアするガス性状は得られたのか。
	日立造船	A：連続分析計のガス組成は記載している。 また、弊社保有の発電機により熱分解ガス 100%で発電が可能なことも確認したため、性状的には問題ないと考えている。
	丹治 PO	Q：熱分解ガスを洗煙した排水の処理は複雑になると想定される。排水処理のプロセスとコストの検討状況はどうか。
	日立造船	A：実排水を用いて、排水処理メーカーの試験装置による処理試験を実施している。報告書にはその結果を踏まえた処理プロセスとコストを記載する予定である。
	村木 PO	Q：長期運転の考え方について、実用に耐える長期運転とはどれくらいの期間を想定しているのか。連続 90 日運転という話もあったが、延べ 90 日以上運転で実用化は可能と評価できるのか。
	日立造船	A：長期運転のニーズは自治体・ごみ処理事業者等により異なるが、最低基準は 30 日連続運転であり、本実証試験においては 45 日連続運転をクリアしているので問題はないと考えている。
	村木 PO	C：ガス精製周辺の閉塞リスクを考えると、もう少し長い期間の評価も欲しかった。
	村木 PO	Q：省人化について、実機規模にスケールアップしても 4 人/班で運転可能なのか。
	日立造船	A：付帯設備の構成により班員は変動するが、既存のごみ処理施設と同程度の人数での運転は可能と考えている。
	村木 PO	Q：それは自動制御が上手く活用できた場合の想定人数なのか。
	日立造船	A：そのとおりである。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (3/6)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	村木 PO	Q: ガス精製装置入口のタール濃度を 30~60g/Nm ³ -dry としているが想定内なのか。
	日立造船	A: ガス精製装置の設計条件として本数値を想定している。
	村木 PO	Q: 実際にこの濃度だとすると後流での閉塞やガス利用等が問題にならないのか。
	日立造船	A: 本システムは間接加熱方式であり熱分解ガス中に燃焼排ガスを含まないために、可燃ガス濃度およびタール濃度が相対的に高くなっている。 さらに本実証試験における新たな課題として、可燃ガスが反応（重合）してタールが再合成する現象が発生している。 これは本システムの長所である冷ガス効率およびガス濃度（利用効率）を高めたために発生した課題のために、長所を活かしながらどのようにタール再合成を抑制するかが今後の課題である。
	村木 PO	Q: ガス精製装置入口のタール濃度が設計条件を満たしていないと、ガスエンジンの入口条件であるタール濃度 0.1g/Nm ³ -dry をクリアできないのではないか。
	日立造船	A: タール濃度は分析中であるが、連続分析ではないためにごみ変動に対するタール濃度特性は不明である。 ただし、ガスエンジンが連続運転できることを確認したので、特段の問題は無いと考えている。
	村木 PO	Q: 実機規模はどの程度を想定しているのか。
	日立造船	A: 初号機は 20t/day 以下、商用機は 50t/day 以下を想定している。
	村木 PO	Q: 本実証試験を踏まえて 20t/day は技術的な課題はクリアしているが、採算性の取れる 50t/day 規模にいきなり取り組むのは難しいという理解で良いのか。
	日立造船	A: 現時点ではその理解のとおり。
	村木 PO	Q: 熱分解改質炉の最適条件について、改質蒸気 15kg/h はどのように決定したのか。
	日立造船	A: 蒸気量、吹込位置等を変えて比較検討した。
	村木 PO	Q: 蒸気量と効率の相関関係は分かりにくいように思えるが 15kg/h が最適なのか。
	日立造船	A: ごみ組成や水分量の変動があるために分かりにくいですが、総合的に判断して 15kg/h がベストと考えている。
	村木 PO	Q: 蒸気をわざわざ発生させるとコストがかかるが、経済的にもバランスが取れているのか。
	日立造船	A: 実機では加熱ガスの廃熱利用で蒸気を発生させる予定のために、経済的にもバランスすると考えている。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (4/6)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	村木 PO	Q: 加熱ガスの熱源について、必要熱量のすべてを熱分解ガスで賄い灯油使用量を 0 にすることはできないのか。
	日立造船	A: 本実証試験では実機設計時に必要なマテリアルバランスを算出するために、発生した熱分解ガスやチャーの発生量と熱量を測定している。また、熱分解ガスとチャーを熱源として利用できるか検証するために、その一部を利用している。 それらの結果から、実機規模になると灯油使用料は 0 にできる見込みである。
	森下 PO	C: 本日の検討会では分析結果が揃っておらず、事業化計画も十分ではない。 データが十分に揃った段階で検討会を実施すべきではないか。
	日立造船	A: 弊社も各種データが揃った後にご指導を頂いた方が良いと考えている。開催方式と時期は別途調整させて頂きたい。
	小林教授	Q: 給じん量の検討について、給じん量を増加させると冷ガス効率が減少する傾向に思える。給じん量の増加に応じた加熱ガスの熱量が足りないということなのか。
	日立造船	A: ご指摘の通りである。 本実証試験装置の設計条件は、“給じん量 83kg/h (2t/d) × ガス改質部温度 800℃”としている。800℃の決定理由はキルン構造材の耐熱温度であるが、冷ガス効率を鑑みるとガス改質温度は高い方が良い傾向になる。 本熱分解ガス化改質炉のような独特の構造の反応器の限界性能（熱、強度、腐食等）が判断できなかったので実績のある 800℃で設計したが、本実証試験を通じて 830℃まで耐久性があることが見えてきた。 そのため冷ガス効率を優先して、ガス改質部温度を 830℃に設定した結果として給じん量は 83kg/h→75kg/h と減らす方針とした。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (5/6)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	小林教授	Q: 熱風発生炉に熱分解ガスを供給した試験において、供給した熱分解ガスはガスタンクで貯留して発生量・組成を平準化した熱分解ガスなのか。
	日立造船	A: ガスタンクに貯留するにはガスコンプレッサーで昇圧する必要があるためにエネルギーロスが伴う。熱分解ガス供給試験では実機展開を考慮して平準化していない熱分解ガスを用いた。
	小林教授	Q: 熱分解ガスの組成と熱風発生炉出口温度には相関はあったのか。
	日立造船	A: 供給している熱分解ガスの連続分析をしていなかったため評価ができない。
	小林教授	Q: 追加の検討会を実施するのであれば、熱分解ガス供給時の加熱ガス温度の変動に対して、最終目標であるキルンの温度がどのように変化しているかデータを示して欲しい。
	日立造船	A: 拝承。 熱分解ガスを供給していなくてもチャー供給量（発生量）が変動しているので、加熱ガス温度は変動しているが、キルン温度は大きく変化しない傾向にある。 変動しない理由は、本システムは内部保有熱量が大きいためにごみ質変動に強い構造としているために、外熱変動に対しても強い特性になったためである。
	小林教授	C: 実際には昇圧しなくてもバッファータンク等で平準化したらより安定するのではないかとと思われる。
	環境省	Q: 熱分解温度が低下することで、可燃ガスが大量発生するのは悪いことなのか。
	日立造船	A: 諸運転条件が予期しないタイミングで大きく変動するため、安定運転という観点から問題と考えている。
	環境省	Q: 可燃ガス量はごみの投入量に対して一定となるように制御すべきなのか。キルン温度が変動するのも良くないことなのか。
	日立造船	A: ガス量が想定以上に増加すると改質部のガス滞留時間が短くなり改質効果が低下する傾向である。ガス量を想定範囲内に制御するためには熱分解部を狙った温度域に保つことが重要になる。
	環境省	Q: キルンの温度はどのようにして制御するのか。
	日立造船	A: キルン回転数及び加熱ガス条件で制御している。
	環境省	Q: 一般廃棄物では安定処理が困難なため、初号機では産業廃棄物にターゲットを変えるのか。
	日立造船	A: 実績重視が強い自治体に対して実績の無い新システムを販売するのは厳しいと考えていることから、初号機は産業廃棄物（民間事業者）を検討している。 一般廃棄物の安定処理については、本実証試験で得られたデータに基づき検討・設計を進めれば対応可能と考えている。
	環境省	Q: 産業廃棄物について、何か具体的な検討を進めているのか。
	日立造船	A: 数社との検討を開始している。 そのうちの 1 社とは共同実証を開始している。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (6/6)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	環境省 日立造船	C：ダイオキシンの報告、特許の検討状況、最終報告書についてなるべく早く報告して頂きたい。 また、次年度以降は学会発表等も検討されると思うが、事前に環境省に相談すること。 A：拝承。
5		PO、環境省担当官 ご講評
	村木 PO	本日は説明頂き感謝する。 残りわずかだが、最後まで安全には注意して成果を上げて頂きたい。本システムが世の中に広まっていくことを期待している。
	森下 PO	今後の事業化に期待している。
	小林教授	問題点を明確にしながら、実用化に向けて着実にステップを踏めていると解釈している。是非最後までこの調子でゴールに到達して頂きたい。
	大阪市環境局	運転終了お疲れ様でした。解体工事最後まで気を抜かずに進めて頂きたい。 本プロジェクトは多くの協力者あって進められたものと理解している。事業化に向けて今後も尽力頂きたい
	大阪広域環境施設組合	これまで無事故で進めて頂き感謝する。 今後の解体工事は密に連絡を取りながら、安全に注意して取り組んで頂きたい。
	環境省	大阪市、大阪広域環境施設組合の協力もあり、装置の性能も含め本事業は概ね順調に進められている印象である。 PO からもご指摘頂いた通り、社会実装を見据えてライフサイクルコストやダイオキシン等の報告をお願いしたいので、追加の検討会は是非開催して頂きたい。 残りの期間も引き続き安全には気を付けて頂きたい。
	日立造船	本日は長時間にわたって、ご意見・ご指摘を頂き感謝申し上げます。運転は終了したが、これからのデータ整理、考察、報告が本丸であり、今後ともご相談させて頂きたい。 次回検討会についても追って調整させて頂きたい。残り 5 か月も安全第一で気を抜かずに取り組んでいく所存である。
6		連絡事項
		特になし。
7		閉会挨拶
	日立造船	検討会を閉会した。

7.3 R5 年度第 3 回検討会

R5 年度第 3 回検討会の概要および議事内容を以下に記載する。

- ・会議名 : 令和 5 年度 第 3 回検討会
- ・日時 : 令和 6 年 2 月 20 日(水) 10:00～12:00
- ・場所 : 日立造船株式会社東京本社 会議室、Teams 会議
- ・出席者
 - 委員 : 国際環境研究協会 丹治 PO、村木 PO、森下 PO
工学院大学 工学部 小林教授
 - オブザーバ : 環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課
日垣様、北垣様、後藤様、則竹様、三浦様
 - 実施者 : 日立造船株式会社 環境事業本部
開発センター 大地、平間、伊藤、古川
資源循環事業推進部 水関、寺本
 - 実施協力者 : 大阪市環境局 環境施策部環境施策課
大谷課長代理、中村担当係長、藤原様
大阪広域環境施設組合 舞洲工場 松本様
施設部 施設管理課 松田課長代理、原田様
- ・議題
 - 1. 開会
 - 2. 出席者紹介
 - 3. 配布資料の確認
 - 4. 議事及び質疑応答
 - 5. PO、環境省担当官 ご講評
 - 6. 連絡事項
 - 7. 閉会
- ・議事録 : 表 7-3-1 のとおりである。

表 7-3-1 第 3 回検討会議事録 (1/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
1		開会
	日立造船	R5 年度の第 3 回検討会を開会した。
2		出席者紹介
	日立造船	検討会出席者を紹介した。
3		配布資料の確認
	日立造船	配布資料を確認した。
4		議事及び質疑応答
4-1		R5 年度 委託業務の進捗状況のご報告
	日立造船	R6 年 2 月 20 日時点の進捗状況について、資料を用いて説明した。
4-2		質疑応答
		検討状況に関する質疑応答は以下の通り。 (Q：質疑、A：回答、C：コメント)
		<熱分解ガス化改質炉の最適化>
丹治 PO		Q：腐食試験の結果は、減肉量の平均値を示しているのか。
日立造船		A：最も腐食が激しい数値を示している。
丹治 PO		Q：腐食の分布はどうなっているか。
日立造船		A：腐食試験片は 5cm 程度の大きさなので分布はわからない。
丹治 PO		Q：解体したときに腐食試験片以外のサンプルも取っているのか。
日立造船		A：解体時にサンプリングを行っており分析を実施した。
丹治 PO		C：連続運転後の腐食状況は貴重なデータになるため、分析を進めること。
村木 PO		Q：冷ガス効率の変動が大きいですが、運転条件をもう少し精査できないのか。
日立造船		A：ごみ質によって熱分解温度が変化する等で発生ガス量の変動するため、効率は変動してしまう。ごみ質が変動しても熱分解ガス化改質炉の温度を一定に保てるような運転条件を精査する必要がある。
小林先生		Q：“熱分解部出口温度が特定温度の前後で挙動が変わる”現象の再現性はどのくらいなのか。
日立造船		A：再現性は高い。特定温度以下では分解できない成分が少しずつ溜まっていると考えている。

表 7-3-1 第 3 回検討会議事録 (2/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
		<ガス精製装置の最適化>
	丹治 PO	Q: 排水処理に活性汚泥処理を使用しているが、正常に機能させるための BOD に相当する成分は排水に含まれているのか。
	日立造船	A: 排水中には熱分解の過程で発生した BOD を含んでいる。処理する窒素分と比較するとバランスが悪い。排水処理にまだ課題が残っていると認識している。
	丹治 PO	Q: シアン除去を行う必要はあるのか。
	日立造船	A: 生物処理の阻害因子となりうるので除去する必要がある。
	丹治 PO	Q: 熱分解ガスの排熱回収はしないのか。
	日立造船	A: 今回の実証試験では実施していない。実機の場合でも、排熱回収するとタール析出の課題があるので、熱分解ガスからの回収は想定していない。課題としては認識しており、熱回収方法は素案ベースでの検討は行っている。
	丹治 PO	Q: 水蒸気改質をさらに進めて、タール濃度を下げることはできるのか。
	日立造船	A: タール濃度を下げるためには、反応温度を上げることと水蒸気とタールの接触効率を上げることが有効と考えている。今後の課題としたい。
	村木 PO	Q: 急冷塔のタール除去率が噴霧水量と比例しないのはどういうことか。
	日立造船	A: 入口のタール濃度が変動しているためだと考えている。ばいじんの除去状況も考慮して最適条件は決定した。
	小林先生	Q: オイルスクラバーの充填物サイズは小さければ小さいほどいいのか。それとも圧損等を考慮してこのサイズが最適なのか。
	日立造船	A: メーカーの最小サイズを用いた。また、サイズによる圧損に大きな変化は無かった。
		<事業化計画の策定>
	丹治 PO	Q: 発電設備のランニングコストは従来と比べてどうか。
	日立造船	A: ガスタービンと比較するとメンテナンス費は少ないと考えているが、熱分解ガスの燃焼によるランニングコストへの影響を試算するのは難しい。
	森下 PO	Q: 2025 年度の受注の確度はどのくらいか。
	日立造船	A: 自治体向けは実績が重視されるため、1 号機としては難しいと考えている。そのため、1 号機は民間（産廃）向けを考えている。
	森下 PO	C: 実験データや PR 動画等の営業ツールはあると思うが、今後の PR には実プラントがあったほうがよいと思われる。
	森下 PO	Q: イニシャルコストやランニングコスト算出については、現状ベースの試算だけでなく将来的な可能性が分かるように表現を見直すべきである。
	日立造船	A: 拝承。

表 7-3-1 第 3 回検討会議事録 (3/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	森下 PO 日立造船	Q：日本は震災が多いが、災害廃棄物に適応できるのか。 A：適応可能と考えるが、災害廃棄物是不燃物割合が多く、課題が多いと考える。
	森下 PO	C：需要はあるので適応できるようにして欲しい。
	村木 PO 日立造船	Q：コスト試算はどう算出しているのか。 A：実証試験の建設コストやランニングコストをベースに実機展開時のシステム見直し、スケールアップ等を考慮して算出している。
	村木 PO 日立造船	Q：産業廃棄物適用の話があったが、一般廃棄物との棲み分けはどう考えているのか。 A：自治体（一般廃棄物）は実績・信頼性を重視するために 1～2 号機の適用は難しいと考えている。実績が確保できれば一廃への展開は可能と考える。
	環境省 日立造船	Q：40t/d・炉規模の一廃焼却施設で熱回収・発電する施設が出始めたが、それと比べて発電量はどのくらいなのか。 A：40t/d・炉規模だと焼却施設の発電効率が低いいため、本システムが 2 倍程度の発電量になると想定している。
	環境省 日立造船	Q：設備のイニシャルコストに前処理装置は含んでいるのか。 A：含んでいる。
	小林先生	C：熱分解ガス化改質炉の開発が重要かと思うが、将来的には、ガスエンジンの開発も重要になると考える。タールも燃焼できるようなエンジンが開発できれば更に効率が上がるので、どこかと手を組んで協業していくのも有効と考える。
	丹治 PO 日立造船	<その他> Q：キルンが大きくなれば比表面積は小さくなるため、放散熱量は下がると思う。サイズアップによる放散熱量の低下も算出すればより正確な値になるのではないか。 A：ご指摘のとおり。サイズアップの要素と断熱材の選定をすることで精度はあがると考えている。

表 7-3-1 第 3 回検討会議事録 (4/4)

項目 番号	発言者	打 合 内 容
	丹治 PO 日立造船	Q: 熱分解ガスをガスエンジンで燃焼させた場合に DXNs は問題ないのか A: DXNs は立上時（ガス精製装置のバイパス）に塩素が含まれる熱分解ガスをフレアスタック（燃焼炉）で燃焼したために発生したと考えている。 実機展開時において、立上時の熱分解ガスは 1000℃で燃焼炉で燃焼させるので問題無いと考えている。
	村木 PO 日立造船	Q: 総括伝熱係数は熱分解ガス化改質炉の外熱に関する値か。 A: ご指摘のとおり。
5		PO、環境省担当官 ご講評
	国際環境 研究協会	地方都市では人口も減少しており、ごみ処理場を大きくすることが難しい状況で、小型でも発電できるシステムは重要だと考える。短い実証期間の中で課題を抽出できたという点も成果と思われる。残り 1 ヶ月で本成果を報告書にまとめて欲しい。
	大阪市	地方の自治体は小型のごみ処理が期待されている。本実証で終わりではなく、今後の展開にも期待する。
	大阪一組	実証場所の解体工事も順調に進んでいる。引き続き安全に注意して進めてほしい。
	小林先生	廃棄物処理は広域化集約化の流れもあるが、小型炉しか設置できない地域もある。そういった地域において発電できるのは強みだと考える。地域のニーズに合わせて社会実装を目指してほしい。
	環境省	エネルギー効率の面で広域化、集約化を基本的には進めているが、地域によっては難しい一面がある。小型のごみ処理場しか導入できないところでも、本システムが焼却以外の選択肢になることに期待している。また実証試験においては大きい事故もなく進めていただけたことに感謝する。
	日立造船	本日は長時間にわたって、議論ご助言いただき感謝申し上げます。特に舞洲実証現場でお世話になった大阪市様、大阪広域環境施設組合様に感謝申し上げます。残り 1 ヶ月環境省報告書完成に向けて、引き続きご指導頂きたい。
6		連絡事項
		特になし。
7		閉会挨拶
	日立造船	検討会を閉会した。

第8章 まとめ

一般廃棄物から熱分解ガス（水素リッチな可燃性のガス）を生成することにより高効率かつ多用途のエネルギー利活用を図ることで CO₂ 排出削減に大きく貢献することを目的として、令和 5 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業委託業務（高効率エネルギー利活用に向けた次世代型廃棄物処理システムの開発）を実施した。表 8-1-1 に今年度の成果を示す。

表 8-1-1 今年度業務の成果（1/2）

項目	今年度業務の成果
熱分解ガス化改質炉の最適化 （第 3 章）	・ 実際の一般廃棄物を用いて、5400 時間を超える実証運転を行い、焼却残渣の熱しゃく減量 5%以下（0.2%）および長期運転（R5 年度:連続 45 日、総計 105 日）が可能なことを確認した。 ・ 各種運転条件（改質蒸気量、各部温度等）を最適化して、一般廃棄物処理が安定して行えることを確認した。 ・ 長期運転後の内部点検および、炉本体の候補材試験片の腐食減肉の調査を行い、本システムに適した材質を評価した。
ガス精製装置の最適化 （第 4 章）	・ 一般廃棄物の熱分解ガスを用いて 3500 時間を超えるガス精製装置運転を実施した。 ・ ガス精製装置の各部温度や噴射量等を最適化して、運転条件を確立した。 ・ 有害成分の除去率向上のためにオイルスクラバーを増設して、内部構造や溶媒を見直すことにより、最適仕様を確立した。 ・ 長期運転後の内部点検および、各機器に付着したタールを採取し、タール成分の分析を行った。 ・ 実証試験の排水について有害成分の含有量を分析し、実際の排水を用いた処理テストを実施した。 ・ 実機プラントを想定した排水処理フロー案を作成した。
システム全体の最適化 （第 5 章）	・ 昨年度に検討・立案した維持管理、捕集方法を実際の運転を通じてブラッシュアップした。 ・ 実証運転を通じて得られたデータを集約し、トラブル事例と対策案をまとめた。 ・ 連続運転時に発生する維持管理、補修作業について、リストを作成した。 ・ R5 年度の運転日数として、合計 90 日以上を達成した。

表 8-1-1 今年度業務の成果 (2/2)

項目	今年度業務の成果
事業化計画の策定 (第 6 章)	・ 実機規模のフローシートを作成し、建設コストとランニングコストを試算した。 ・ 既設の水噴射炉、ボイラ炉と比較して、事業採算性の評価した。 ・ 廃棄物最新処理技術セミナーの講演およびブース説明を実施した。 ・ 自治体等にヒヤリングを行い、本技術の PR および意見交換を実施した。 ・ 実証期間中に得られた知見に関して、特許を 1 件出願した。

対外発表等の実績

- ・ 第 67 回生活と環境全国大会 廃棄物最新技術セミナー（令和 5 年 10 月 18 日）
- ・ H2Osaka ビジョン推進会議第 15 回会議（令和 5 年 10 月 30 日）

参考文献

- 2-1) 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課,“高効率ごみ発電施設整備マニュアル”(2019.3)
- 5-1) Hitz 日立造船株式会社, Hitz 技法 Vol.82 “無線操作機能を搭載したスマート燃焼制御装置の採用と今後の展望について”(2021.12)
- 5-2) Hitz 日立造船株式会社, Hitz 技法 Vol.82 “Ai 技術を活用したごみ焼却施設の安定操炉と省力化の実現”(2021)
- 6-1) 環境省, “廃棄物処理技術情報 一般廃棄物処理実態調査結果 統計表一覧 令和元年度調査結果”(2019)