

令和4年度環境省委託業務

令和4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5年3月

日 立 造 船 株 式 会 社

執筆上の前提について

本事業は令和2年度から令和5年度までの複数年事業を想定した委託業務ではあるが、契約は単年度契約である。そのため、本業務の次年度以降の継続及び今年度受託者の継続を保証するものではない。一方で、本報告書では一部便宜上、次年度以降の実施を想定した記述を行っている。

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う。

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・検証する。

R4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 2000 時間を超える実証運転を実施した。

2) 安定処理が可能なシステム

熱分解ガス化改質炉内の圧力変動や温度変動、空気漏れ込みに対応する改造工事、運転条件検討を行い、安定処理が可能なシステム、装置を確立した。

3) ごみ質変動に対応する最適形状や運転条件

3成分（可燃分、水分、灰分）の異なるごみを用いて、運転状況やガス組成、タール濃度を検証した。

4) 炉本体材質の検証

長時間運転後の炉本体の灰の付着や腐食状況を評価することで、高温熱分解処理条件に適した炉本体材質を検証した。

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た 1000 時間を超える実証運転を実施した。

2) 安定処理が可能なシステム

タール析出による閉塞課題に対して、水噴霧の設置や温度制御を行うことで、安定処理が可能なシステムを立案および検証した。

3) 有害成分の除去性能

ガス精製装置の運転条件最適化や改造工事を行うことで、熱分解ガスに含まれる有害成分（煤塵、タール、酸性ガス）を99%以上除去可能なシステムを立案および検証した。

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) 実証設備の連続運転

30回の実証運転を行い、15回目の運転で24時間連続運転を達成し、28回目で10日間（240時間）連続運転を達成した。

2) 長期運転方案

実証運転を通じて得られたデータを集約し、トラブル事例と対応策をまとめた。

3) 維持管理、補修方法、安全運転対策の検討

連続運転時に発生する維持管理、補修作業について、安全に配慮した操作要領書を作成した。

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

本事業・技術の導入対象となる既設の水噴射炉と比較して、事業採算性の評価を行った。

3) 市場展開の課題検討・対策

自治体や全国都市清掃会議へのヒヤリングを行い、課題の抽出、対策検討を行った。

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 with reduced energy-derived CO₂ emissions and contribute to the realization of a decarbonized society. Specifically, a novel pyrolysis gasification reforming system that generates pyrolysis gas (hydrogen-rich, combustible gas) from general waste was demonstrated; this system employs a uniquely structured rotary kiln (pyrolysis gasification reforming furnace) that contributes toward highly efficient, versatile energy utilization.

In 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 FY2022 are as follows:

1. **Optimization of the pyrolysis gasification reforming furnace**

1) Trial operation

A trial operation exceeding 2,000 hours was conducted using actual general waste.

2) A system capable of stable processing

Modifications were made to address pressure fluctuations, temperature variations, and air leakage in the pyrolysis gasification reforming furnace, and the operating conditions were examined. Consequently, a system and equipment capable of stable processing were established.

3) Optimal form factor and operational conditions to accommodate waste quality variations

The operating conditions, gas composition, and tar concentration were verified using waste with three differing components (combustible, moisture, and ash contents).

4) Verification of the furnace material

The ash adhesion and corrosion conditions of the furnace were evaluated after long-term operations to validate the suitability of the furnace material under high-temperature pyrolysis processing conditions.

2. **Optimization of the gas purification system**

1) Trial operation

A trial operation was conducted exceeding 1,000 hours using pyrolysis gas derived from general waste.

2) A system capable of stable processing

To address the blockage resulting from tar deposition, a system capable of stable processing was devised and verified by installing a water-spraying mechanism and implementing temperature control.

3) Removal performance of harmful components

The operating conditions of the gas purification system were optimized, and modifications were made; consequently, a system capable of removing over 99% of harmful components (e.g., soot, tar, acidic gases) contained in the pyrolysis gas was devised and verified.

4) Examination of the wastewater treatment system

The content of harmful components in the wastewater obtained through the demonstration tests was analyzed, and a wastewater treatment flow plan was created, assuming an actual plant under operation.

3. **Optimization of the entire system**

1) Continuous operation of the demonstration plant

Thirty trial operations were conducted, achieving 24-hour continuous operation on the 15th run

and 10-day (240-hour) continuous operation on the 28th run.

2) Long-term operational plan

Data obtained through trial operations were consolidated, and issues and countermeasures were summarized.

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

A safety-conscious operation manual was created for maintenance and repair work to ensure continuous operation.

4. **Formulation of a commercialization plan**

1) Cost estimation for full-scale equipment

A flow sheet for full-scale equipment was designed, and construction and running costs were estimated.

2) Estimation of business profitability

The business profitability was evaluated in comparison to the existing water-injection furnace, serving as a target for introducing this project and technology.

3) Examination of market expansion challenges and countermeasures

Hearings were conducted with municipalities and the Japan Waste Management Association, challenges were identified, and countermeasures were examined.

[Keywords]

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

令和4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
2.3.7 規制及び社会受容性への検討・対応状況	12
2.4 本事業の推進体制	13

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.....	21
3.2.1 実証運転スケジュール.....	21
3.2.2 一般廃棄物処理の安定処理に適したシステム・形状の検討.....	23
3.2.2.1 トラブル事例に基づく最適化検討.....	23
3.2.2.1.1 改質炉内圧力差発生.....	23
3.2.2.1.2 空気漏れ込み.....	26
3.2.2.2 システム・制御上の最適化検討.....	27
3.2.3 ごみ質が変動してもタール生成量が低減可能な運転・操作条件の確立.....	28
3.2.4 炉本体材料の暴露試験・付着灰分析及び評価.....	31
第4章 ガス精製装置の最適化	34
4.1 基本フロー・構造.....	34
4.1.1 機器仕様.....	37
4.2 実証運転.....	41
4.2.1 実証運転スケジュール.....	41
4.2.2 熱分解ガス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.....	43
4.2.2.1 ガス精製装置各部での閉塞.....	43
4.2.2.2 減湿水槽へのスカム・タールの堆積.....	48
4.2.3 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.....	49
4.3 一般廃棄物の熱分解ガス精製装置排水の最適処理システム.....	57
4.3.1 実証試験の排水性状の把握.....	57
4.3.2 実機を想定した排水処理フロー.....	60
第5章 システム全体の最適化	62
5.1 基本フロー・構造.....	62
5.2 実証運転.....	70
5.2.1 実証運転スケジュール.....	70
5.2.2 実証設備の連続運転.....	72
5.2.3 一般廃棄物の熱分解ガスに適したシステム全体の最適化検討.....	74

5.2.3.1 給じん装置からの漏れ込み空気	74
5.2.3.2 熱分解ガス逆流	79
5.2.3.3 熱風炉におけるクリンカ生成および漏れ込み空気	80
5.2.3.4 サイクロン入口配管の閉塞・差圧上昇	87
5.3 本システムで想定される維持管理、補修方法、安全運転対策の検討	91
5.4 AI等を用いた自動運転、遠隔監視等の省力、省人化の検討	95
5.4.1 無線操作機能の活用	95
5.4.2 ごみピット管理とごみクレーン運転(遠隔)	99
第6章 事業化計画の策定	100
6.1 導入対象となる施設数	100
6.2 実機規模での施設計画	101
6.2.1 実機規模施設の基本フローシート	101
6.2.2 実機規模施設の物質収支	103
6.3 実機規模施設の事業採算性検討	104
6.3.1 実機規模施設の建設コスト	104
6.3.2 実機規模施設のランニングコスト	105
6.3.3 同規模の水噴射炉とのコスト比較結果	106
6.4 市場展開への課題検討・対策立案	107
第7章 検討会の開催	110
7.1 R4年度第1回検討会	110
7.2 R4年度第2回検討会	114
第8章 まとめ	118
対外発表等の実績	121
参考文献	122

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する。

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

2.0t/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

一般廃棄物を用いた実証運転を 2000 時間以上実施して、熱分解ガス化改質炉を最適化した。

実証運転を通じて、システムの課題把握、対策立案・実施、検証を行い、安定処理が可能なシステム、装置を確立した。

ごみ質が変動してもタール生成量が低減可能な運転・操作条件を立案、検証した。

高温熱分解処理条件に適した炉本体材質を検証した。

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、オイル等)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

一般廃棄物の熱分解ガスを用いた実証運転を 1000 時間以上実施して、ガス精製装置を最適化した。

実証運転を通じて、システム、運転・操作条件の課題把握、対策立案・実施、検証を行い、安定した連続処理が可能なシステムを確立した。

熱分解ガスに含まれる有害成分（煤塵、タール、酸性ガス等）を 99%以上除去可能な運転条件を立案、検証した。

実機プラントを想定した排水処理システムを立案した。

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 日連続運転を達成する。

AI 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

2000 時間を超える実証運転によりシステム全体を最適化した。

実証設備の連続運転（10 日以上）を達成した。

長期運転方案（運転 90 日想定）を立案した。

本システムで想定される維持管理、補修方法、安全運転対策を立案した。

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

実機規模の建設コスト、ランニングコストを試算した。

事業採算性を試算した。

市場展開の課題検討・対策を立案した。

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、2回開催した。コロナウィルスの感染拡大防止の対策等によりウェブ会議による開催とした。

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した。

また、検討会終了後、速やかに議事録を作成し、関係者に配付した。

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、次表 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4年度 当初の技術の状況	令和4年度の目標	令和4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)	<ul style="list-style-type: none"> システムの立案、検討完了 基本設計および詳細設計完了 実証設備の建設完了 実証試験開始 	<ul style="list-style-type: none"> システム全体の実証運転の開始 実証運転に伴うシステム全体の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> 実証運転 各種検討開始 システム、装置の最適化(検討、改良) 	<ul style="list-style-type: none"> 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(2.0t/日)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 【A1】	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)	<ul style="list-style-type: none"> システム、運転・操作条件の立案、検討完了 炉本体の候補材の調査・検討完了 ごみ質変動時の対応の検討完了 基本設計および詳細設計完了 実証設備の建設完了 実証試験開始 	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物を用いた熱分解ガス化改質炉の最適化 一般廃棄物の安定処理が可能なシステム、形状の確立 ごみ質が変動してもタール生成量を低減可能な運転・操作条件の確立 高温熱分解処理条件に適した炉本体材質の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 実証運転 スケールアップおよび一般廃棄物処理に伴う課題の抽出、対策の立案、装置の改造、運転・操作条件の検証、見直し 一般廃棄物を用いた実証運転の実施による運転・操作条件の検討 厨芥の割合を変えた調製ごみ等での性能確認 他地域からのごみを用いた検討 炉本体の候補材試験片の曝露試験および評価 	<ul style="list-style-type: none"> 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 【A2】	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)	<ul style="list-style-type: none"> システム、運転・操作条件の立案、検討完了 基本設計および詳細設計完了 実証設備の建設完了 実証試験開始 	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物の熱分解ガスの安定した連続処理が可能なシステム、運転・操作条件の確立 熱分解ガスに含まれる有害成分(煤塵、タール、酸性ガス等)除去性能99%以上の達成 実機プラントを想定した排水処理システムの立案 	<ul style="list-style-type: none"> 実証運転 一般廃棄物の熱分解ガスおよび精製後の熱分解ガス性状(ガス組成・タール濃度・温度等)を把握 一般廃棄物の熱分解ガスに適したガス精製装置の形状(内部構造、水噴霧位置、水循環方法等)の検討、改造 一般廃棄物の熱分解ガスに適したガス精製装置の運転・操作条件(水噴霧量、pH、薬剤種類等)の検討 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> システム、運転・操作条件の立案、検討完了 過去の知見の整理、検討完了 基本運転法案の立案完了 連続運転72時間達成 	<ul style="list-style-type: none"> システム全体の最適化 実証設備の連続運転(24時間以上)の達成 長期運転方案(連続運転90日想定)の確立 本システムで想定される維持管理、補修方法、安全運転対策の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 実証運転 実証運転のトラブルと対策を加味した運転要領書の検討 AI等を用いた自動運転、遠隔監視等の省力、省人化の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 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 連続運転90日以上の達成
4 【C】	事業化計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> 事業化計画案のブラッシュアップ 仮想顧客にヒアリング 	<ul style="list-style-type: none"> 実機規模の建設コスト、ランニングコストの試算 事業採算性試算 市場展開の課題検討・対策立案 	<ul style="list-style-type: none"> 実証設備の建設、運転データを基に、実機規模(20t/日以上)の建設、ランニングコストを試算 事業採算性試算 市場展開の課題検討・対策立案 	<ul style="list-style-type: none"> 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												月	摘	要	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
(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	データ採取、点検等		内部点検			内部点検		内部点検		内部点検		内部点検				
・一般廃棄物の安定処理が可能なシステム、形状の確立	装置・システム改良		内部点検			内部点検		内部点検		内部点検		内部点検				
・ごみ質変動時におけるタール生成量低減の運転・操作条件の確立								ごみ質変動実験、評価								
・高温熱分解処理条件に適した炉本体材質の確立	確し試験						サンプル抽出	分析、評価、方針検討								
(2)ガス精製装置の最適化																
・一般廃棄物の熱分解ガスの連続処理が可能なシステム、運転・操作条件の確立					データ採取、点検等	内部点検		内部点検		内部点検		内部点検				
・熱分解ガスに含まれる有害成分(煤塵、タール、酸性ガス等)除去性能99%以上の達成						内部点検	装置・システム改良	内部点検		内部点検		内部点検				
・実機プラントを想定した排水処理システムの立案								採水、分析、システム検討								
(3)システム全体の最適化																
・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		内部点検		内部点検				
・実証設備の連続運転(24時間以上)の達成	5h運転		12h運転			24h以上運転		内部点検		内部点検		内部点検				
・長期運転方案(連続運転90日以上)の確立										集約、まとめ		策定				
・本システムで想定される維持管理、補修方法、安全運転対策の確立	運用改善、リスト更新									集約、まとめ		策定				
(4)事業化計画の策定																
・実機規模の建設コスト、ランニングコストの試算						20t/d見積		50t/d見積				整理、まとめ				
・事業採算性試算																
・市場展開の課題検討・対策立案								課題検討、自治体ヒアリング				対策検討				
(5)検討会の開催			→							→						
(6)業務報告書の作成及び提出																3月下旬 指定日
(7)業務精算報告書の提出																3月下旬 指定日
※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5年3月31日（金）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け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時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

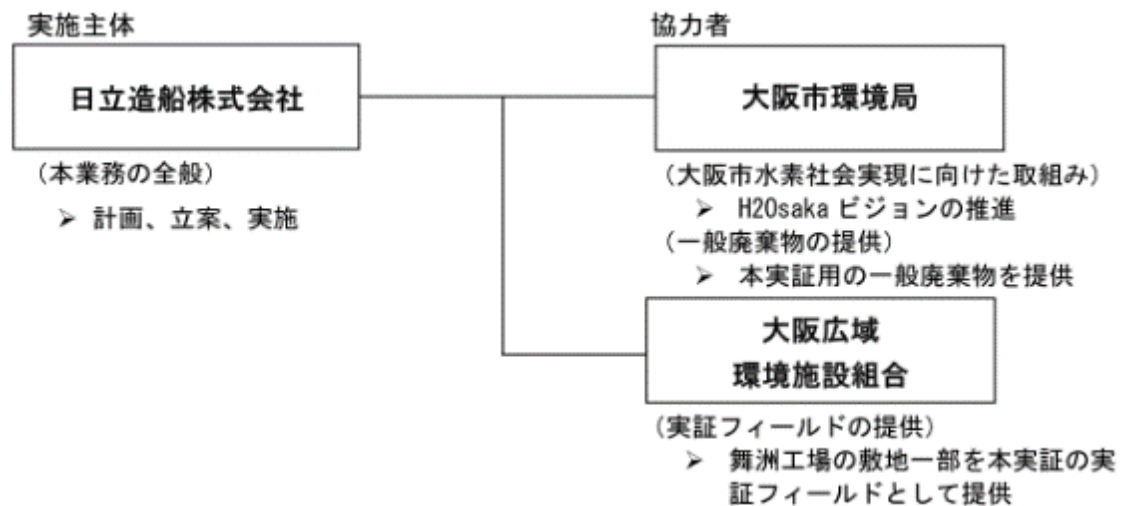


図 1-7-1 実施体制

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。

廃棄物処理の異なる技術として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、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づ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を出た後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。

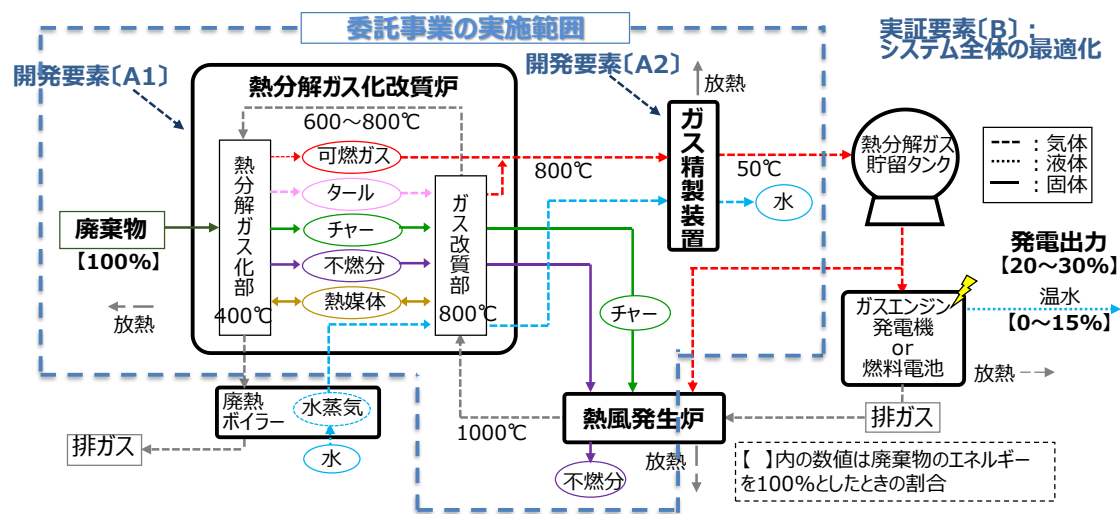


図 2-3-1 本システムの概略フローおよびエネルギー収支

2.3.2 コンセプト

本システムにより、現時点では発電していないまたは効率の低い発電設備を設けている一般廃棄物処理施設に高効率な廃棄物発電システムを普及させることによって、化石燃料の発電量を削減してCO₂排出削減に大きく貢献することを主目的とする。

性状が安定せずに不均一な一般廃棄物を原料としながらもコントローラブルかつ安定した発電能力を実現するために熱分解ガス化改質方式を選定しており、ガスを電気に変換して利用するだけでなく、ガスの直接利用や素材原料としての利活用を図ることで、さらなるCO₂削減効果が期待できる。

2.3.3 実用化に向けた課題

本システムは性状が安定しない一般廃棄物を対象としており、試験条件が完全に把握できないためメカニズムの解明が難しい。したがって、より多くの一般廃棄物におけるデータの蓄積が重要となる。

また、プラントは熱伝達、拡散、化学反応等が複雑に絡みあったシステムであるため、規模が10倍になると全く異なる挙動を示すことも多い。そのため、約10倍ずつしかスケールアップができず、大規模化に時間がかかる。

2.3.4 想定されるユーザ

本システムの普及に向けて対象とする顧客は、導入期は発電設備を設けていない一般廃棄物処理施設を運用する自治体および広域廃棄物処理組合とする。実績を重ねながら技術

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

10～20年ほど前は、各社がガス化溶融炉向けの技術として、廃棄物の熱分解ガス化技術を開発していた。しかし、ガス化溶融炉はライフサイクルコストが嵩むことや溶融処理の需要が少ないこと等から、近年はほとんど発注されることが無くなり、各社の開発状況も進んでいないようである。

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

2.3.7 規制及び社会受容性への検討・対応状況

一般廃棄物処理は廃棄物処理法の適用を受けるために各種基準・規制を満足する必要がある。また、一般廃棄物処理施設の技術評価・選定を単独で行うのが難しい自治体への指標として、(公社)全国都市清掃会議の技術認証・確認制度がある。本認証を取得したシステムは信用度が高くなるため、早期普及に向けてこの認証は必須である。

新規システムの技術認証、認知度向上、普及には時間がかかるが、弊社ではこれまでに何度か対応した手順であり、実績を踏まえて計画的に推進する。

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舞洲工場で実証試験を行う。

なお、本実証試験に用いる一般廃棄物を提供していただいております。

- ・ 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。

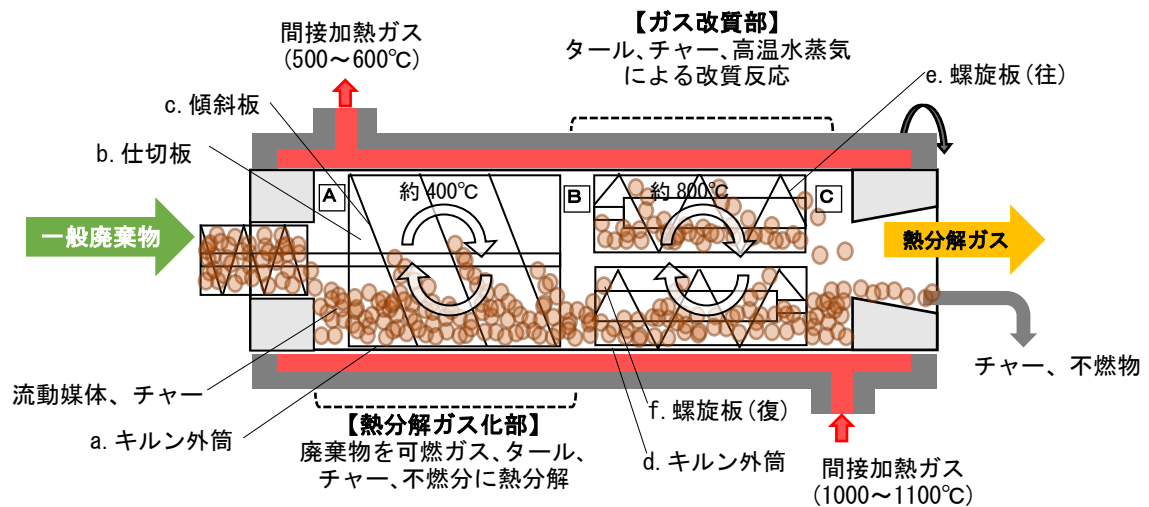


図 3-1-1 熱分解ガス化改質炉の構造

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、生成ガスとして、水素リッチな可燃性のガスが生成される。

1) 熱分解ガス化部

熱分解ガス化部は、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）で構成される。

流動媒体（300～450℃）は、キルンの回転により流動化して図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・攪拌して、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

ガス改質部は、d.キルン外筒、e.螺旋板(往)、f.螺旋板(復)で構成され、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効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。

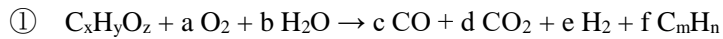
1) ごみ性状

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。

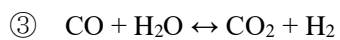
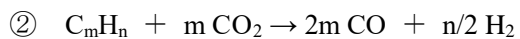
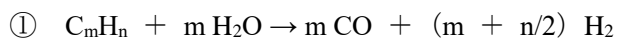


表 3-1-1 ごみ性状一覧

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 (kg/h)	2.0 (83.3)	2.0 (83.3)	2.0 (83.3)	
	比重	t/m ³	0.3	0.3	0.3	
	温度	°C	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
	元素組成	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 kW	488,000 136	802,000 223	1,060,000 294	

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°C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°C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 0~3,350 kJ/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 6,280 kJ/kg とした。

上記(1)~(4)の基本設計数値の相関関係を模式図 (図 3-1-2) で示す。

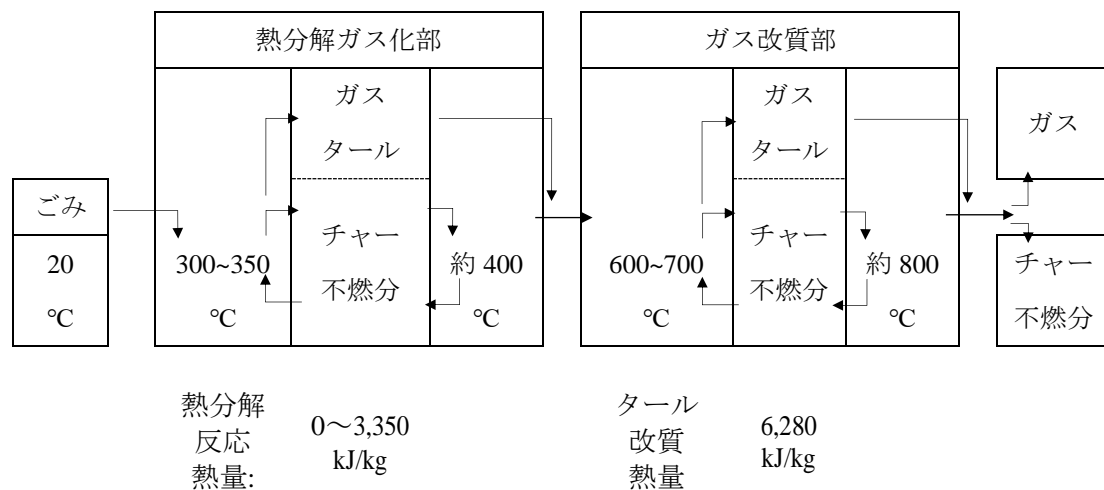


図 3-1-2 熱分解ガス化改質炉の設計条件

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	167,000~178,000
	熱分解部長さ	mm	1,650
	有効伝熱面積	mm ²	6,220,000
ガス 改質部	ガス改質熱量	kJ/h	159,000~224,000
	ガス改質部長さ	mm	2,150
	有効伝熱面積	mm ²	8,100,000

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ている。

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て、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て、煤塵を除去する構造とした。

(3) 内部状況の確認

熱分解ガス化改質炉の内部状況は温度計、圧力計等により把握する計画である。しかし、独自構造の熱分解ガス化改質炉は、性状が把握できない雑多な一般廃棄物を処理対象としていることから、温度計、圧力計だけでは内部状況を把握するのが困難である。

そのために、熱分解ガス化改質炉の出口付近に高温対応ののぞき窓を設ける構造とした。

(4) 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ため、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。

(5) 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。

(6) 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、各部温度を算出して、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) 強度計算

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

一般廃棄物を用いた熱分解ガス化改質炉の最適化のため、実証運転を開始した。本節ではその結果を記載する。

3.2.1 実証運転スケジュール

令和4年度中に、計30回の実証運転を実施した。実証運転のスケジュールについて、下表に示す。

表 3-2-1 熱分解ガス化改質炉の最適化 工程表

委託業務実施上の区分	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				
(1)熱分解ガス化改質炉の最適化																	
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-		
	▲ 1st 3/30	▲ 2nd 4/6	▲ 3rd 4/13	▲ 4th 4/20	△ 6th 5/11	△ 8th 5/24	△ 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 熱分解ガス化改質炉の最適化			データ採取、点検等														
・一般廃棄物の安定処理が可能な システム、形状の確立			装置・システム改良														
・ごみ質変動時における タール生成量低減の運転・操作条件の確立														ごみ質変動実験、評価			
・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、方針検討					

3.2.2 一般廃棄物処理の安定処理に適したシステム・形状の検討

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およ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に適したシステム・形状の検討を行った。

3.2.2.1 トラブル事例に基づく最適化検討

3.2.2.1.1 改質炉内圧力差発生

(1)トラブル内容・原因

長時間運転により、不燃物が少しずつらせん内や出口部を満たした結果、流路が狭くなりキルン入口と出口間の差圧が上昇した。らせん部閉塞のイメージを図 3-2-1 に示す。この際のキルン内の差圧のグラフを図 3-2-2 に示す。差圧が上昇した結果、熱分解ガスが給じん側へ逆流した。要因としては、ごみ中の不燃物の割合が想定より多く、不燃物を排出する量よりも、蓄積する量が多いこと、らせん内の堆積物の比重が大きく吹き飛ばないことが挙げられる。

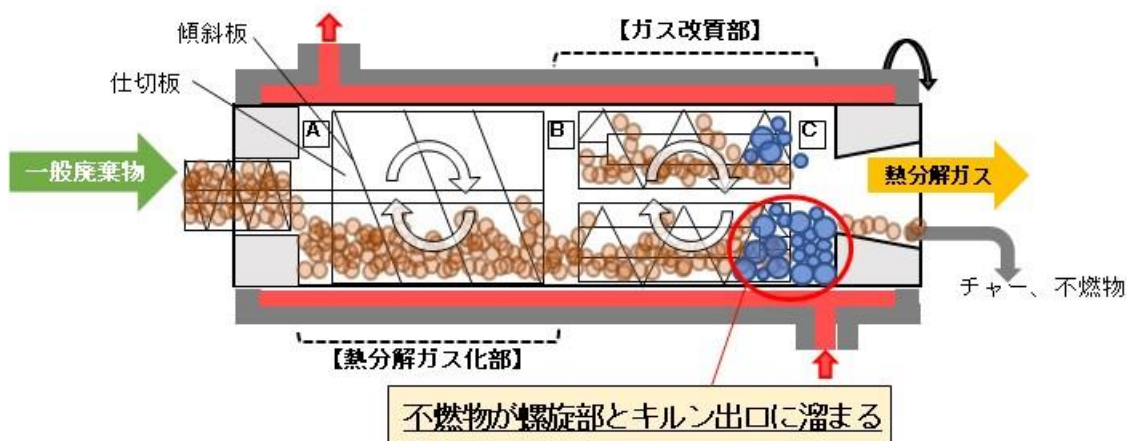


図 3-2-1 差圧高の原因

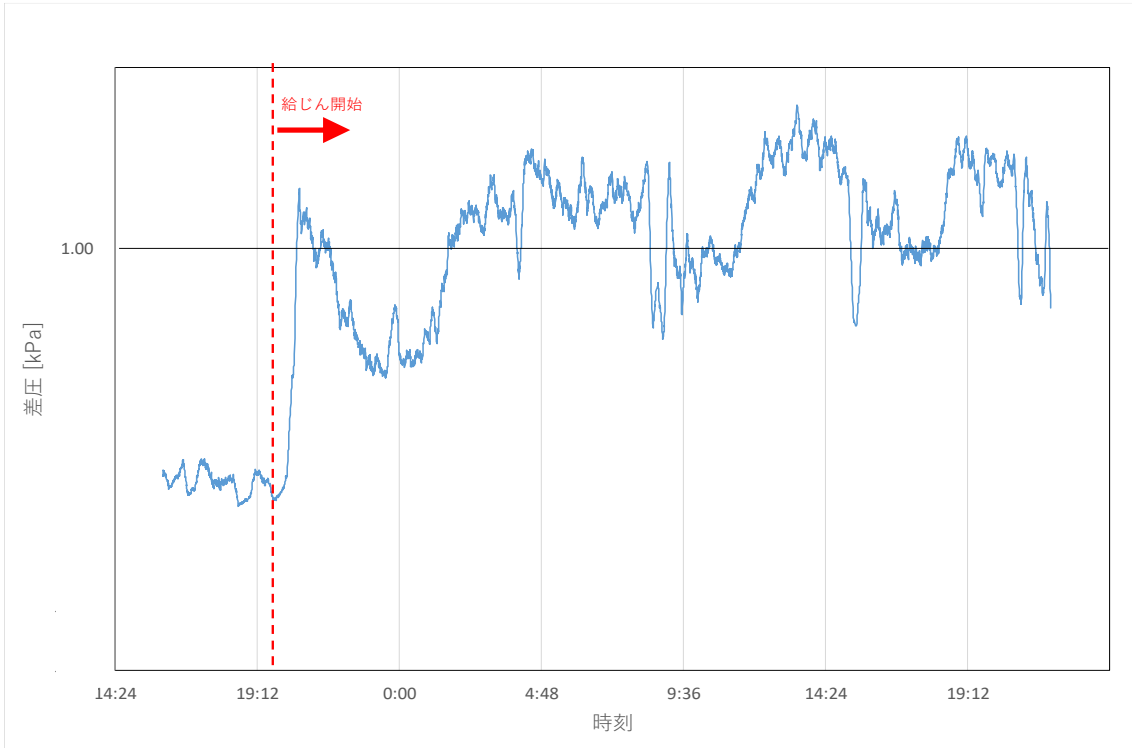


図 3-2-2 差圧高となった際のキルン内差圧グラフ

(2)設計上の対策

キルン出口に不燃物が溜まるのを防ぐために、リフターと呼ばれる堆積物を掻き上げるためのフィン状の部品をキルン内部に取り付けた。リフターはキルンの回転に合わせて回転するため、キルン内の堆積物を掻き上げる作用がある。これによりキルン内部である程度堆積物が溜まると、比重が重い不燃物であっても強制的にチャー貯留槽内へ排出することが可能となった。リフターの設置により、改造前は通常平均 1kPa 程度だったキルン内部の差圧が、改造後は短時間で詰まりが解消されるようになり、差圧が減少した。このことから、長時間の安定運転にはリフターの設置が有効であることを確認した。対策完了後の差圧のグラフを図 3-2-3 に示す。

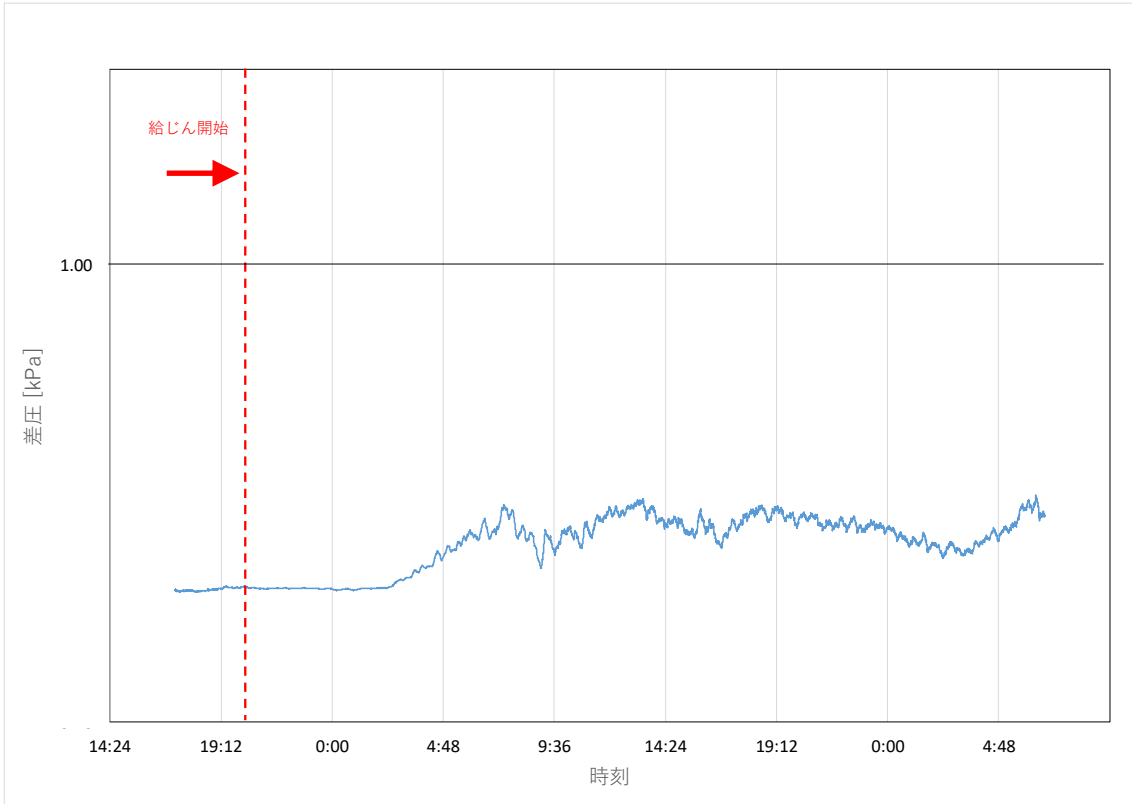


図 3-2-3 対策完了後のキルン内差圧のグラフ

3.2.2.1.2 空気漏れ込み

(1) トラブル内容・原因

外筒部分とキルンの隙間より空気漏れ込み、熱風温度が低下、供給する熱風温度を本来必要な温度より高い状態で運転が必要となっていた。空気漏れ込み箇所を図3-2-4に示す。

(2) 設計上の対策

外筒への漏れ込み空気を最小限とするよう、回転・摺動部のシール構造を変更した。当初は、キルン内筒と外筒のシール部に若干の隙間が生じる構造としていたが、隙間をなくすように改造を行うことで、シール性が向上した。

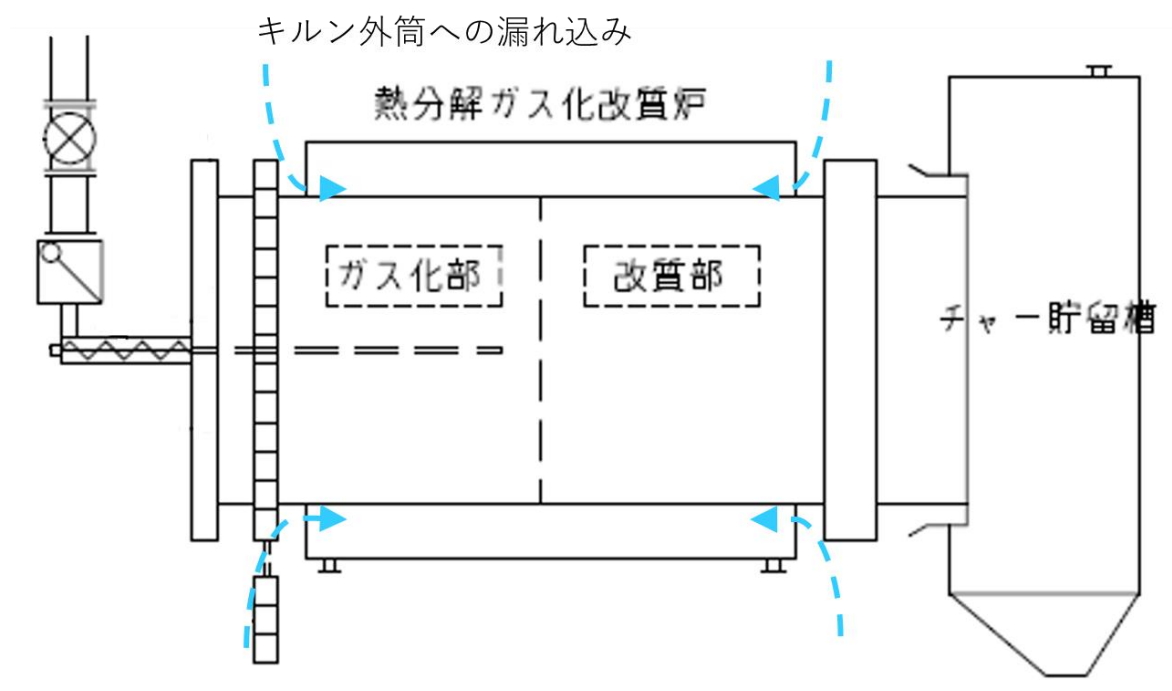


図 3-2-4 空気漏れ込み箇所

3.2.2.2 システム・制御上の最適化検討

熱分解ガス化改質炉においては、ガス化能力やキルン自体の安定運転を図るため、炉内温度を一定にするよう、ごみ投入量の制御を行うことが必要である。当初は、炉内温度を一定にするようごみ投入量の制御を手動にて実施していたが、給じん停止期間が度々発生するため、連続的にキルン内にごみを送り込むことができない他、キルン内温度についても変動幅が大きく、安定した連続処理に支障があった。そこで、一般廃棄物処理の安定処理へ向けた最適化のため、給じん量自動制御システムを適用した。自動給じんシステムの導入によって熱分解ガス化改質炉の安定運転の目安となる炉内温度の変動幅を抑えられたほか、連続的にごみの投入が行える時間も長くなり、より安定した運転が可能となった。熱分解ガスの温度トレンドを図 3-2-5 に示す。

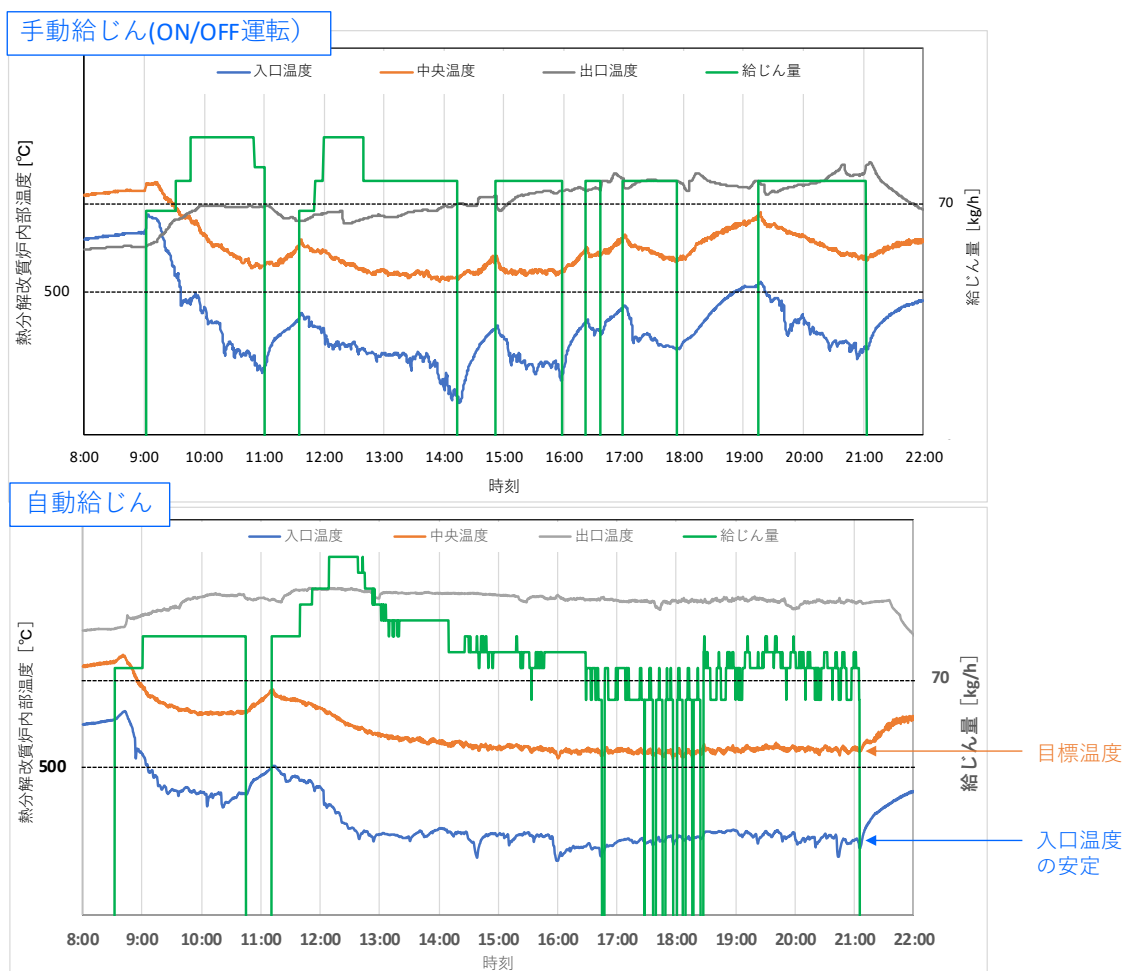


図 3-2-5 熱分解ガスの温度トレンド

3.2.3 ごみ質が変動してもタール生成量が低減可能な運転・操作条件の確立

ごみ質が変動した場合の運転を想定し、衣類の割合および水分率を変動させることで3成分(可燃分、水分、灰分)の異なる複数パターンのごみを用意し、実運転での処理を通じ運転状況やガス組成・タール濃度を確認した。本実証試験で受け入れている一般廃棄物(通常ごみ)の平均組成と、作成した模擬ごみの組成一覧を表 3-2-2 に、模擬ごみに使用した破碎ごみ、衣類、混合の様子を図 3-2-6~3-2-8 に示す。各条件における、ガス組成とタール濃度の結果を図 3-2-9、3-2-10 に示す。通常ごみと比較して、同等のガス組成とタール濃度であることがわかり、ごみ質が変動しても安定した連続処理を実現することができた。

表 3-2-2 本検討のごみの組成一覧

試料名	破碎ごみ [kg]	衣類 [kg]	水分 [kg]	合計 [kg]	可燃分 [%]	水分 [%]	灰分 [%]	想定LHV [kJ/kg]
通常ごみ	530	0	0	530	54.7	39.5	5.9	11150.5
模擬ごみ①	357	120	53	530	60.9	36.6	2.5	10556.2
模擬ごみ②	318	106	106	530	55.9	41.9	2.3	9464.2



図 3-2-6 破碎ごみ(衣類混合前)



図 3-2-7 衣類



図 3-2-8 破碎ごみと衣類の混合作業中

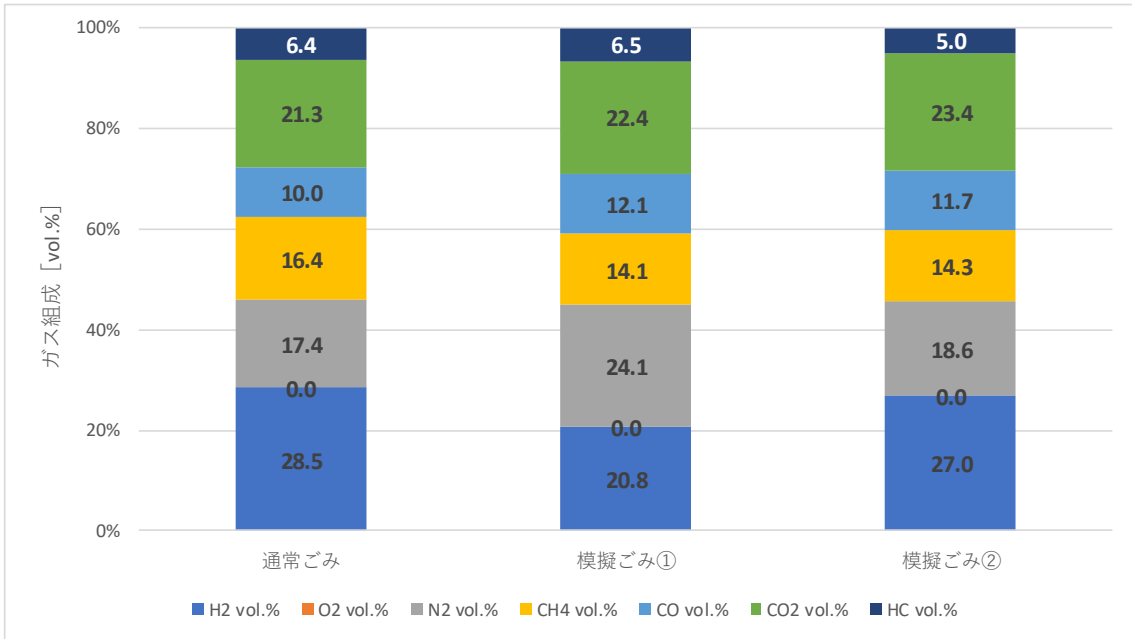


図 3-2-9 各条件におけるガス組成結果

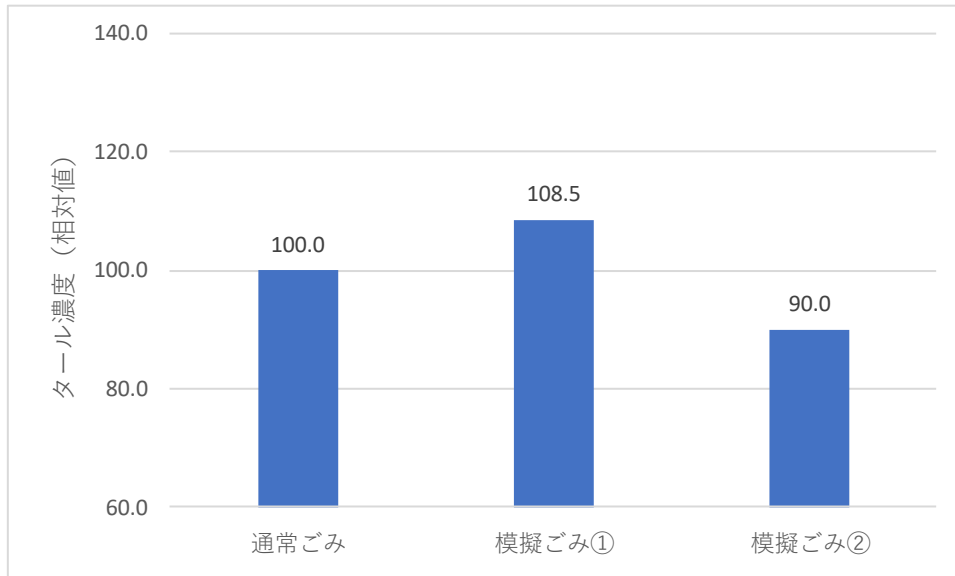


図 3-2-10 各条件におけるターナル濃度結果 (通常ごみを 100 とした場合)

3.2.4 炉本体材料の暴露試験・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、キルン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、キルン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)キルン外面・ジャケット出口灰外観観察結果

キルン外観および外観写真の撮影箇所を図 3-2-11～3-2-13 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)ガス化部位置では腐食が顕著であった。

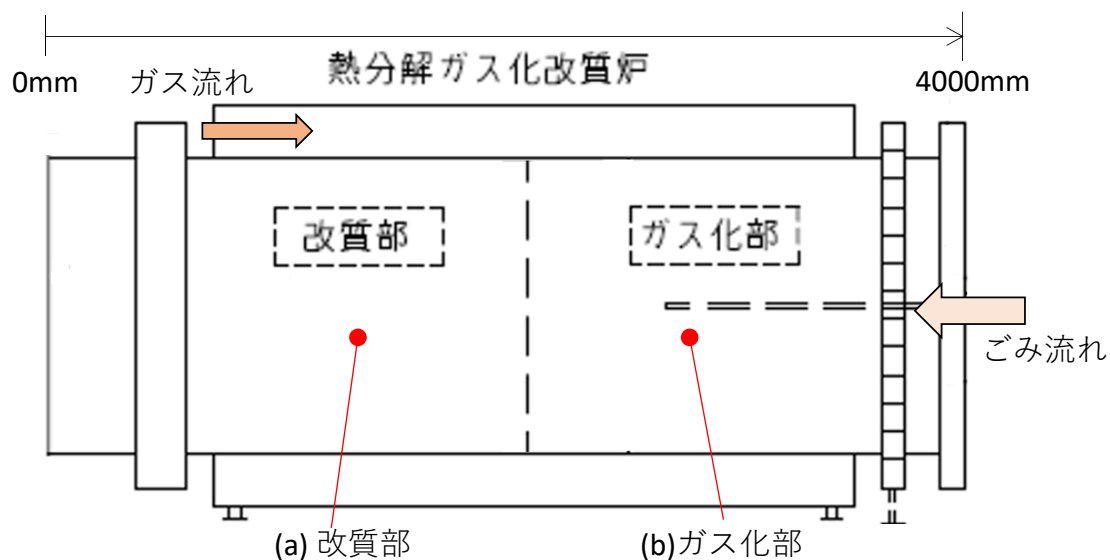
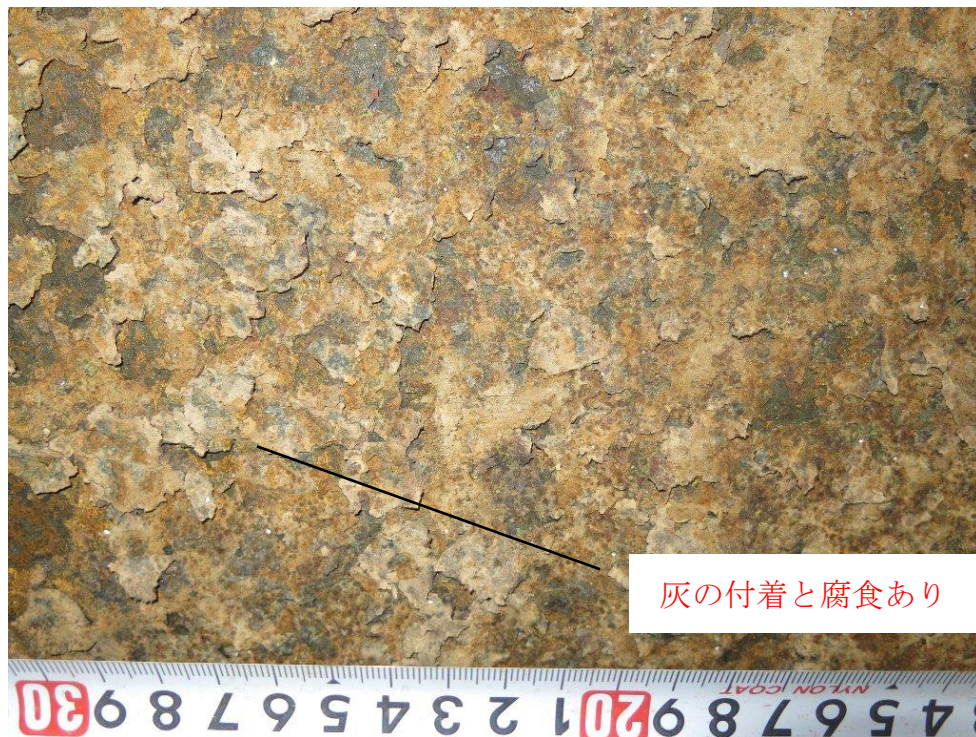


図 3-2-11 キルン模式図および写真撮影箇所



灰の付着のみ

図 3-2-12 (a)改質部でのキルン外面の写真



灰の付着と腐食あり

図 3-2-13 (b) ガス化部でのキルン外面の写真

(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。

第4章 ガス精製装置の最適化

本章では、昨年度実施した基本設計および詳細設計を基に、設備の製作、工事、調整を経て、実証試験を開始した内容および今年度実施した業務内容を報告する。

4.1 基本フロー・構造

実証試験設備におけるガス精製装置のフローシートを図4-1-1に示す。本装置は、3.1.1および3.1.2で設計した熱分解ガス化改質炉において発生した熱分解ガスを約600°Cから約50°Cに冷却するとともに熱分解ガスに含まれる微量のタール、煤塵、HClやSO_x等の酸性ガスを除去して、連続かつ安定的に処理することを目的として設置した。それぞれの系統におけるフローは以下のとおりである。

1) 熱分解ガスのフロー

ガス精製装置入口より流入した高温の熱分解ガスは、急冷塔において塔上部からスプレーノズルで過剰量噴霧した循環水（以下 噴射水）と並行流にて接触させることにより、噴射水の蒸発潜熱および顕熱により飽和温度まで急冷される。また、同時に熱分解ガスに含有する微量のタール、煤塵、酸性ガスは気液接触により噴射水側に移行し除去される。

急冷塔から出た熱分解ガスは吸収塔1および吸収塔2へ流入し、塔上部からスプレーノズルで噴霧したアルカリ水(以下 減湿水)と接触することにより、残存する酸性ガス(SO_x、H₂S等)を除去する。

吸収塔2から出た水分飽和の熱分解ガスは減湿コンデンサへ流入し、プラント冷却水を用いて間接冷却することにより熱分解ガスを約50°Cに減温するとともに、ガス中に含まれる水分を飽和以下にまで減湿する。

減湿コンデンサから出た熱分解ガスはミストセパレータに流入し、機器内部に設置したデミスターによって同伴ミストを除去する。ミストセパレータから出た熱分解ガスは不純物を除去された精製ガスとしてガス精製装置から流出する。

なお、上記の熱分解ガスの通ガスラインはベンチ試験で得られた知見から長期連続運転による煤塵およびタールの閉塞が懸念されるため、A系統およびB系統の2系統並列で設置する。

2) 急冷塔噴射水のフロー

急冷塔で噴霧する噴射水はpHが制御できるように薬剤注入装置で水酸化ナトリウム水

溶液を注入して pH 調整を行う。pH 調整された噴射水は急冷塔において噴霧され、タール、煤塵、塩を含んだ排水として塔下部より排出される。急冷塔排水はタール・飛灰分離槽に流入し、排水中に含まれるタールおよび煤塵を槽内部で浮遊、沈降分離する。タールおよび煤塵を分離した排水は噴射水ポンプにより水槽中間部から抜き出され、急冷塔スプレーノズルまで圧送されて噴射水として再利用される。なお、急冷塔内で噴霧する噴射水の水量はスプレーノズル上流側に設置した流量計および調節弁において調整する。

3) 吸収塔 1 および吸収塔 2 減湿水のフロー

吸収塔 1 および吸収塔 2 で噴霧する減湿水の pH は薬剤注入装置で水酸化ナトリウム水溶液を注入して調整され、また減湿水循環クーラーにおいて冷却水と熱交換することで約 60°C から約 40°C に冷却される。pH 調整および冷却された減湿水は吸収塔 1 および吸収塔 2 の塔内においてスプレーノズルで噴霧され、熱分解ガスの減温によって凝縮した水分および残存する酸性ガスと中和反応によって発生した塩を含んだ排水として塔下部より排出される。吸収塔 1 および吸収塔 2 排水は減湿水槽に貯留される。減湿水槽で貯留された排水は減湿水循環ポンプにより抜き出し、再度 pH 調整および減湿水循環クーラーで冷却されることで減湿水として再利用する。なお、吸収塔 1 および吸収塔 2 で噴霧するそれぞれの減湿水の水量はスプレーノズル上流側に設置した流量計および調節弁において調整する。

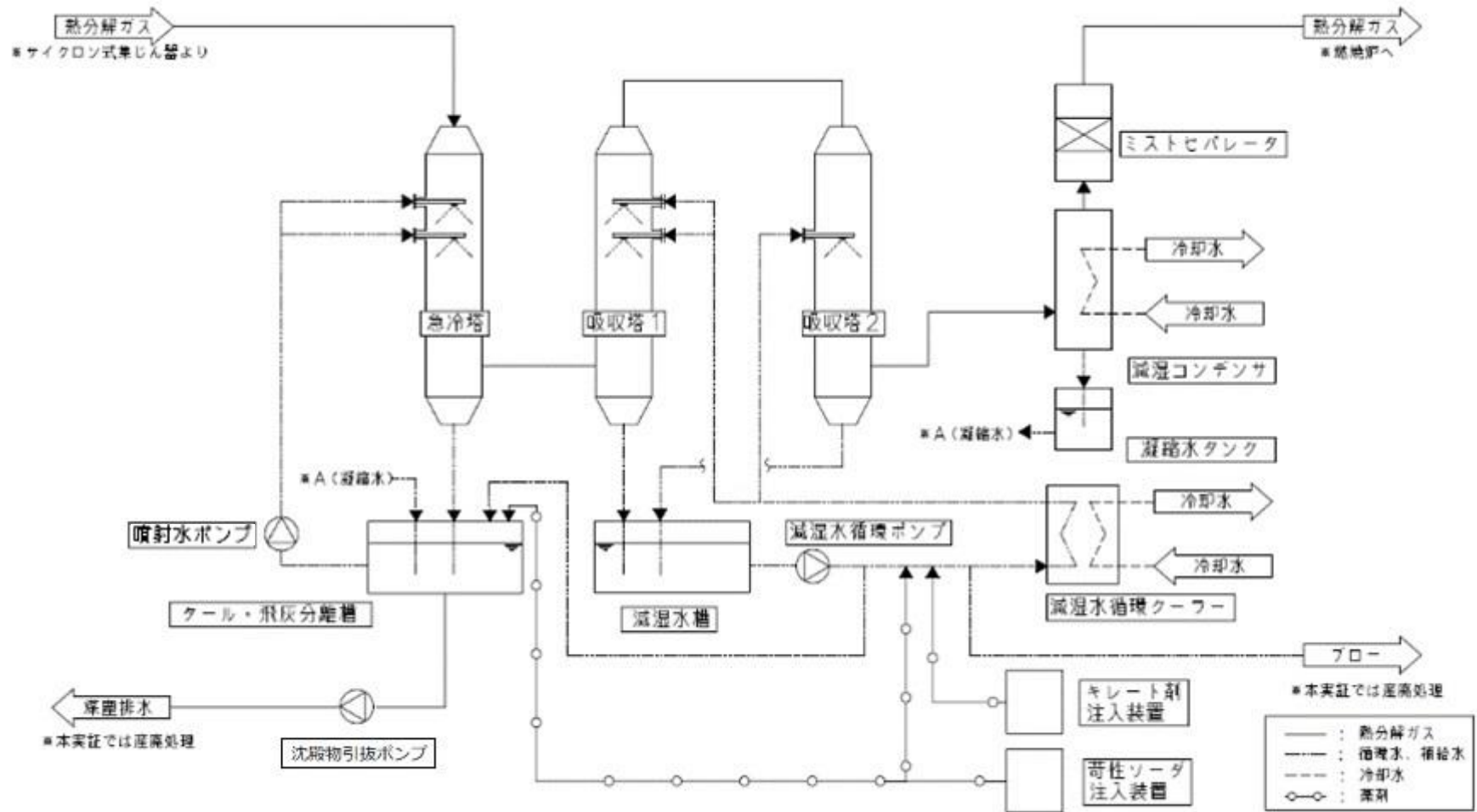


図 4-1-1 実証試験設備ガス精製装置 フローシート

4.1.1 機器仕様

1) 機器仕様

前項において検討したフローシートに基づき物質収支を決定した上で、容量計算を実施し、各機器の形式、寸法および材質を決定している。実証設備における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	ミストセパレータ	デミスター式	SUS304
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

2) 機器配置図

1) において検討した機器リストに基づき、各機器の図面を作成し、実証試験設備におけるガス精製装置の機器配置を決定している。ガス精製装置の機器配置平面図(1階)を図 4-1-2 に、機器配置平面図(2.5階)を図 4-1-3 に、装置断面図を図 4-1-4 に示す。

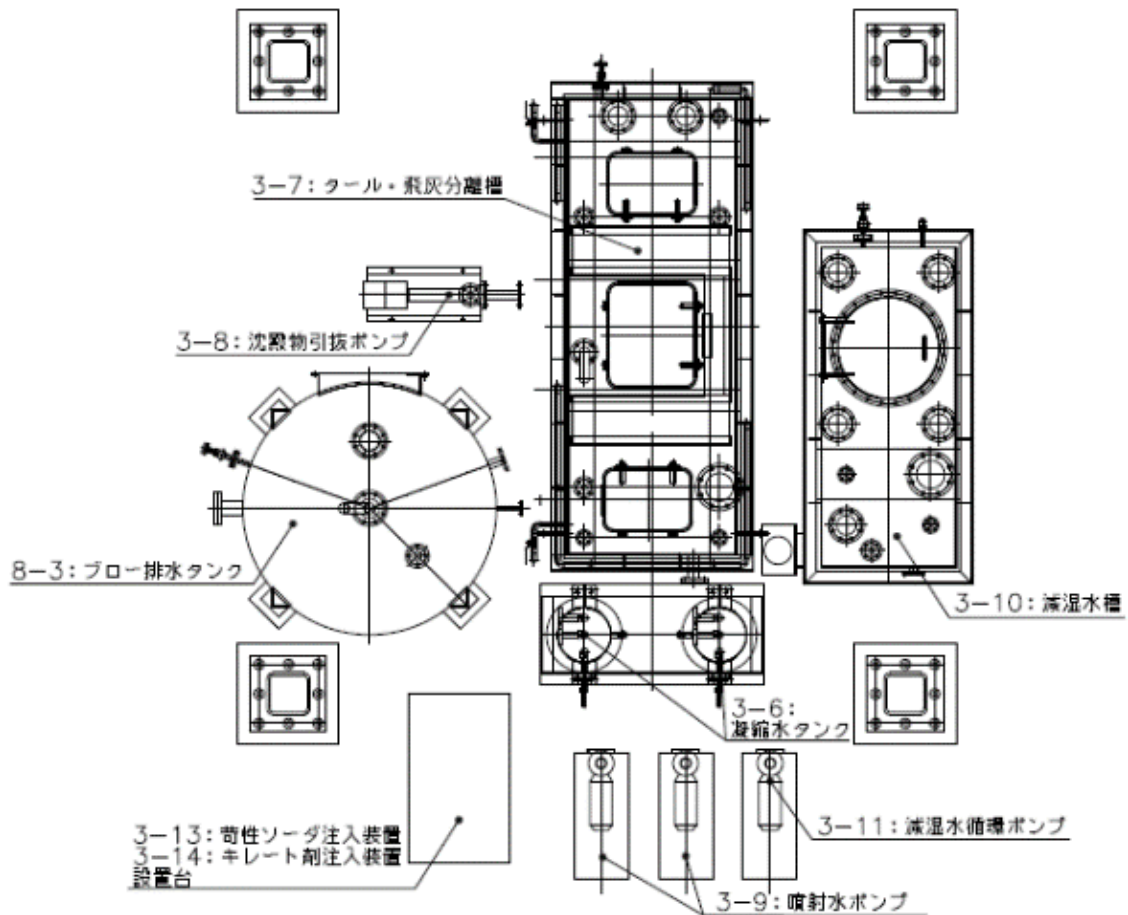


図 4-1-2 実証試験設備ガス精製装置 機器配置図(1階)

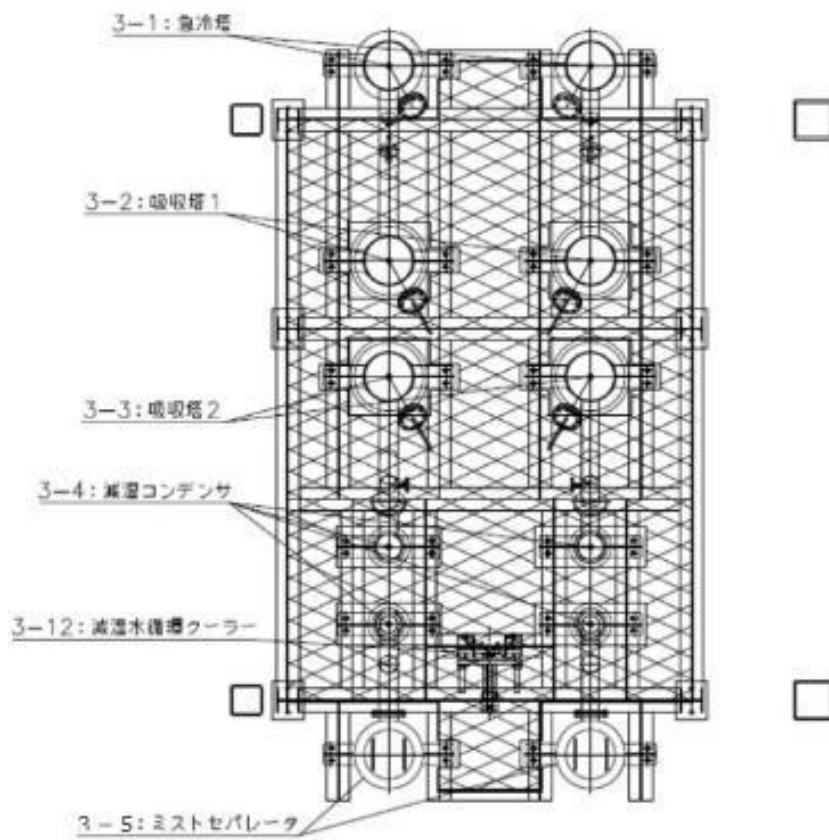


図 4-1-3 実証試験設備ガス精製装置 機器配置図(2.5階)

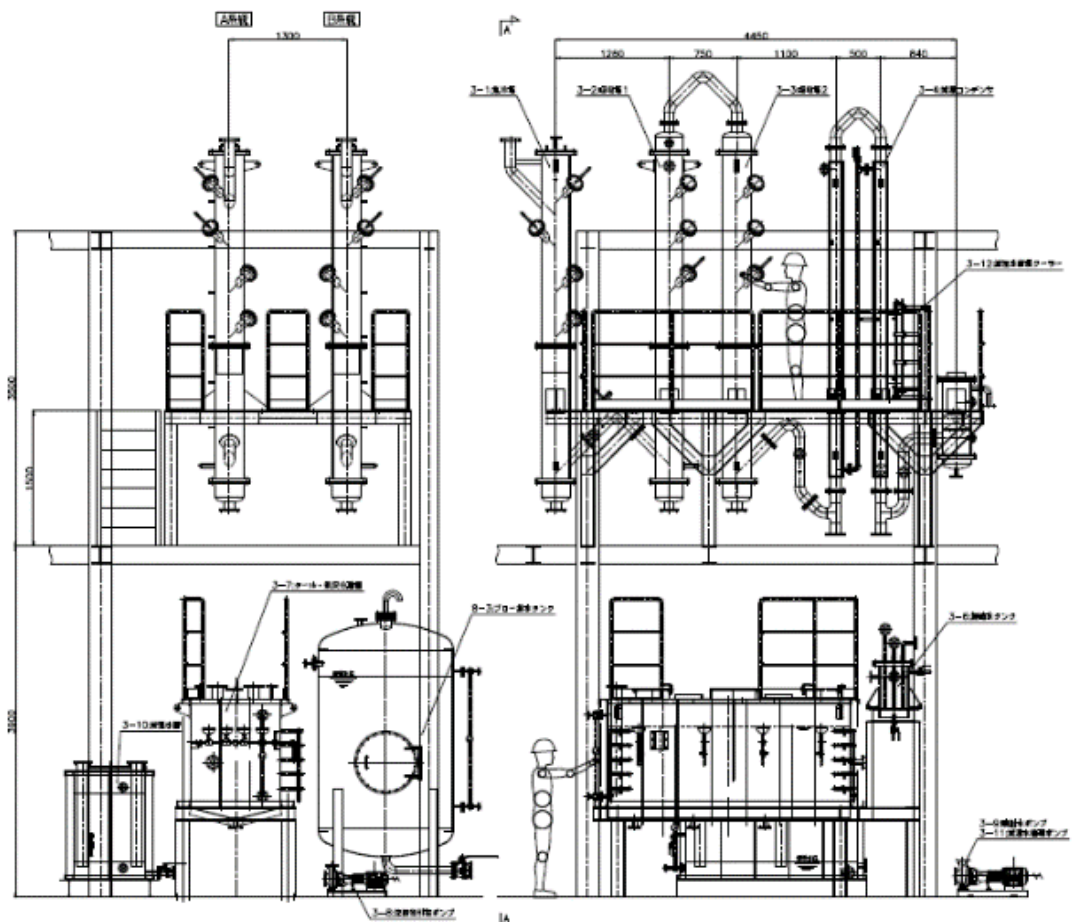


図 4-1-4 実証試験設備ガス精製装置 装置断面図

4.2 実証運転

一般廃棄物を用いた熱分解ガス化改質炉用のガス精製装置最適化のため、実証運転を開始した。本節ではその結果を記載する。

4.2.1 実証運転スケジュール

ガス精製装置最適化のための実証運転スケジュールを表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 ガス精製装置最適化のため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	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-	
	▲ 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
・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																

4.2.2 熱分解ガス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

実証設備運転により判明した一般廃棄物処理における課題とトラブル事例およ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に適したガス精製システム・形状の検討を行った。

4.2.2.1 ガス精製装置各部での閉塞

(1) トラブル内容・原因

ガス精製装置の熱分解ガス配管各所にタールの析出、堆積およびそれに起因する閉塞が頻発した。代表箇所を図 4-2-1 に示す。発生箇所および状況から、精製ガスの温度降下により析出したタールが徐々に成長することによるものと考えられる。

(2) 設計上の対策

閉塞の原因は各部でのガス温度降下によるタール析出と推定されるため、ガスの温度降下を最小限とするため、スプレーノズルによる水噴霧を行うことでガスを急冷し、管壁にタールが付着する前に強制的にタールを析出させることで、各ダクトや装置内部へのタールの付着・成長を抑制することができた。対策前後のタールの付着状況を図 4-2-1～4-2-4 に示す。

○ガス精製装置でのタール閉塞状況【対策前】

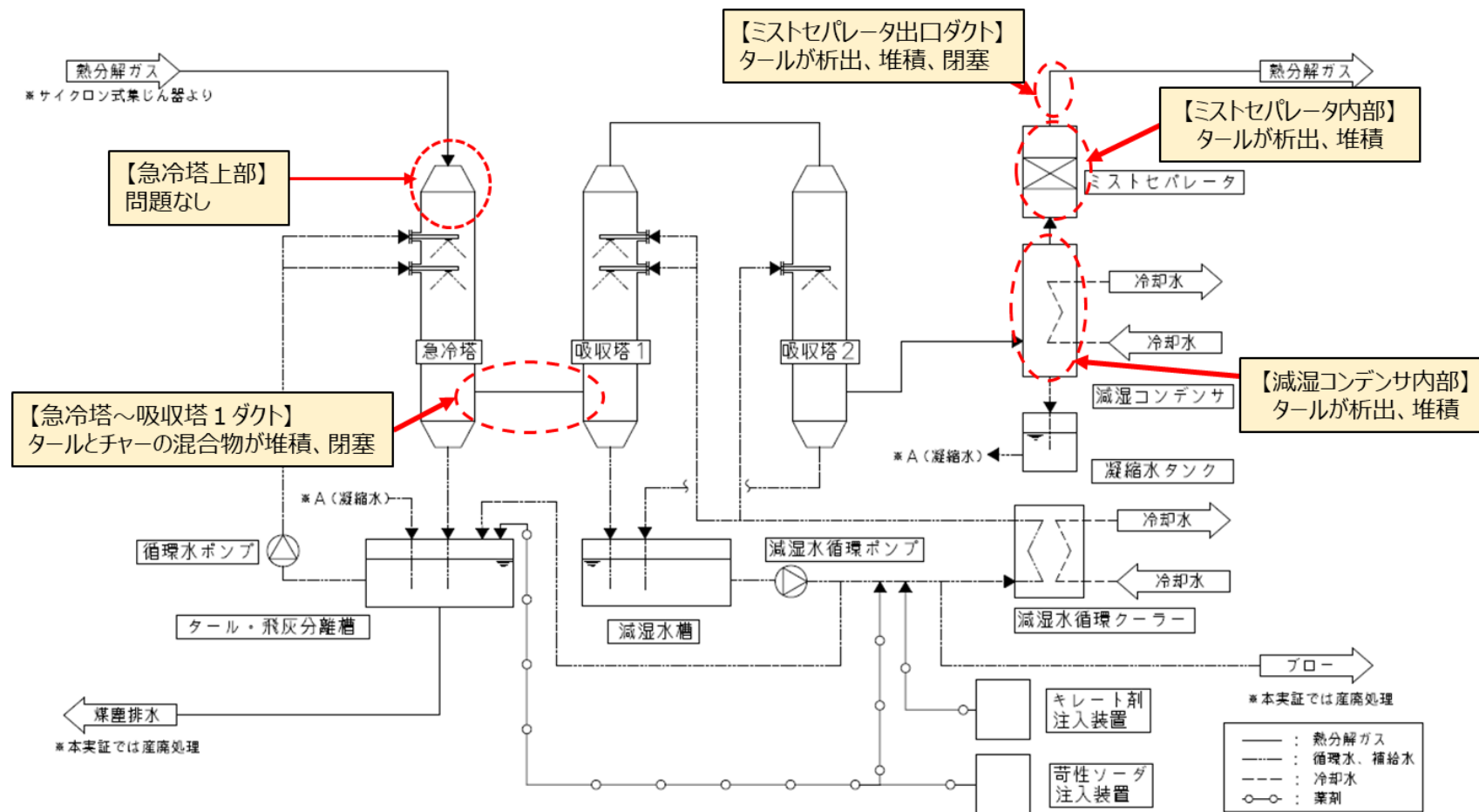



図 4-2-1 ガス精製装置でのタール閉塞状況【対策前】

○ガス精製装置タール析出対策および結果

 スプレーノズルによる水パージの追加

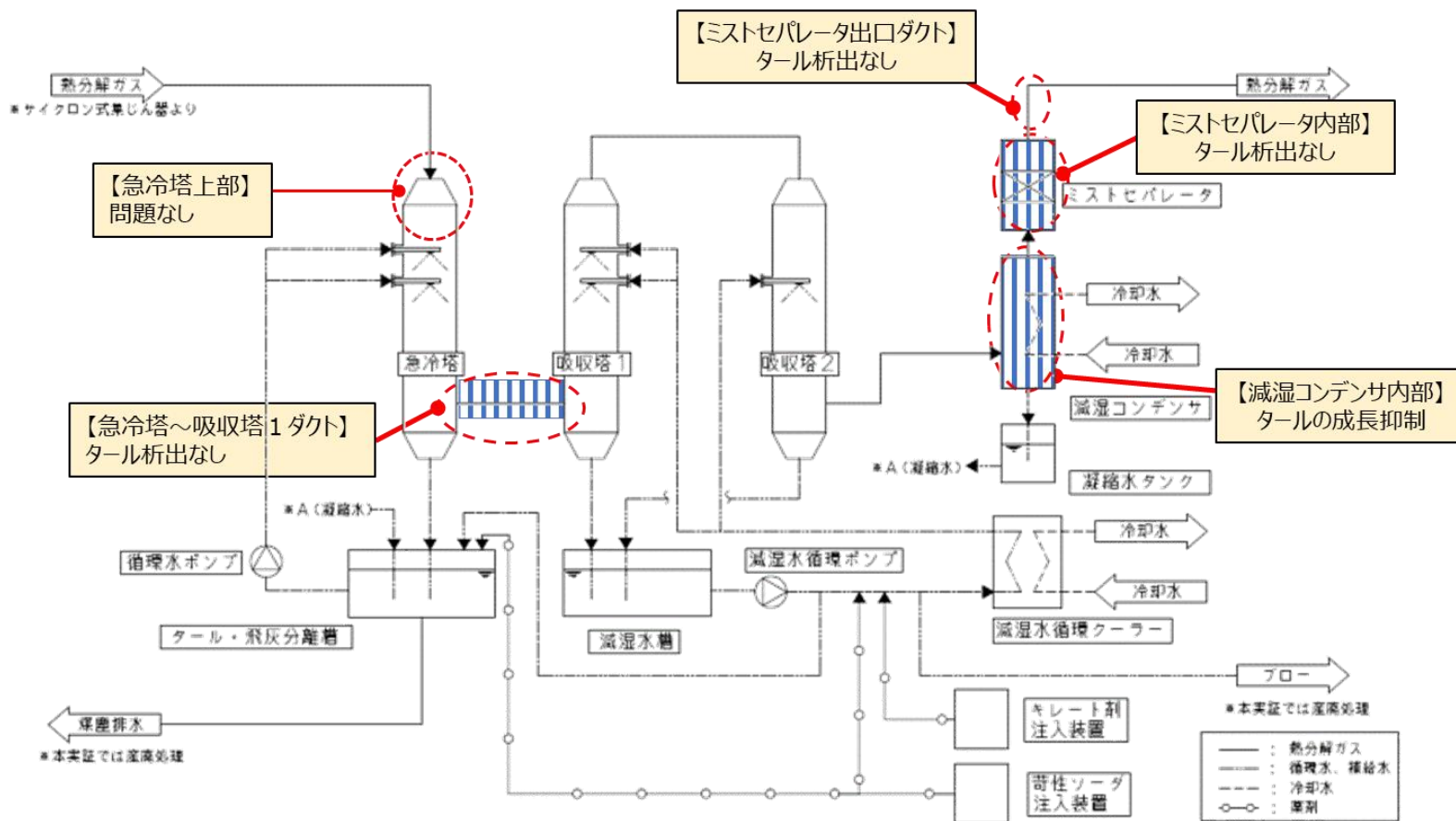
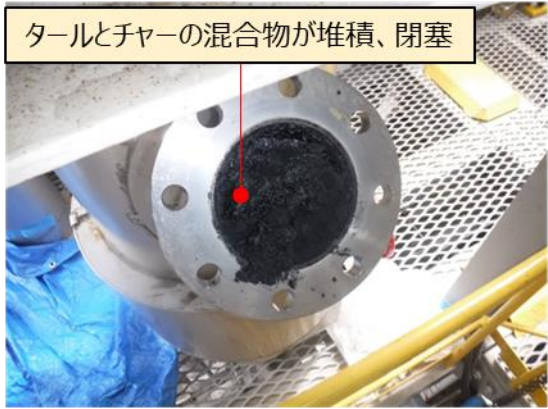


図 4-2-2 ガス精製装置でのタール閉塞状況【対策後】

【急冷塔～吸収塔 1 ダクト】



【対策前】

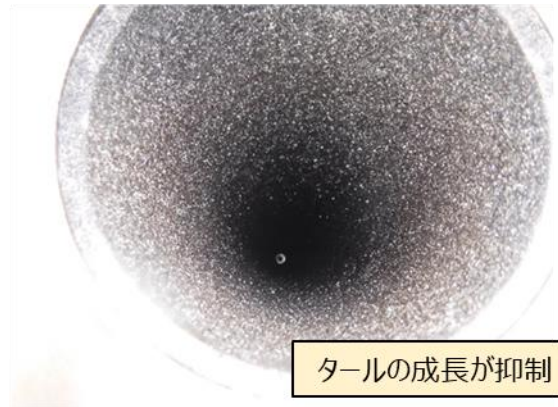


【対策後】

【減湿コンデンサ】



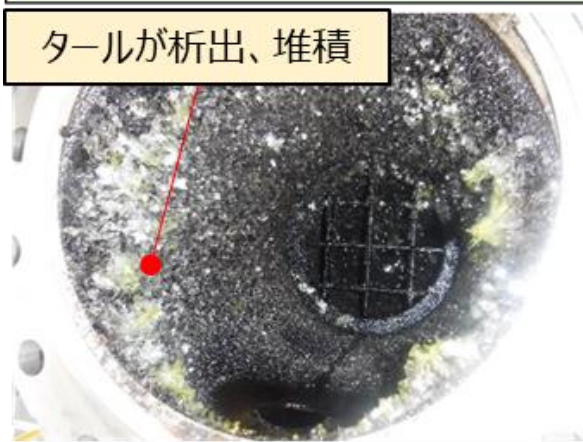
【対策前】



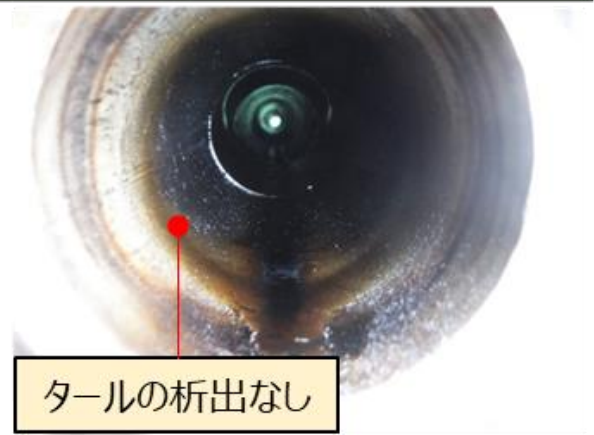
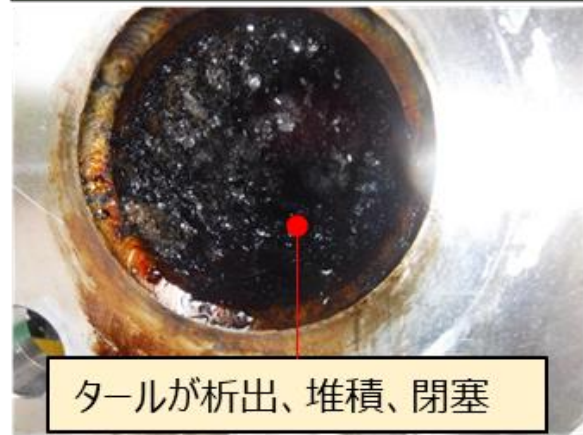
【対策後】

図 4-2-3 ガス精製装置 対策前後でのタール析出状況の比較

【ミストセパレータ内部】



【ミストセパレータ出口ダクト1】



【ミストセパレータ出口ダクト2】



図 4-2-4 ガス精製装置 対策前後でのタール析出状況の比較

4.2.2.2 減湿水槽へのスカム・タールの堆積

(1) トラブル内容・原因

当初、減湿水槽はスカム・タールがほとんど入ってこないものとして計画していたが、実証運転の際想定以上にスカム・タールが多く、排水不良が生じた。また、減湿水槽の水はガス精製装置の減湿塔の噴霧水として循環しているため、配管内の閉塞が懸念された。

(2) 設計上の対策

実証運転の際の水質を考慮し、水槽中の浮遊物や沈殿物への対策を施した。具体的には、水槽内部に仕切り板を設け、浮遊物が減湿水循環ラインに入らないようにし、水槽底部に沈殿物を排出するためのブローラインを設けたほか、減湿水循環ラインの管台取付位置を高くし、沈殿物が循環ラインに流れにくくなるようにした。

4.2.3 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

(1) 除去率向上のための方策

熱分解ガスに含まれる有害成分除去性能向上のため、運転条件等の検討を実施した。検討に当たっては、実運転の熱分解ガス中有害ガス成分（タール、NH₃、HCl、SO₂、H₂S）およびその除去率に基づき、更に除去率を向上させるための方針を決定した。なお、各成分の除去率は、ガス精製装置の入口と出口の濃度から算出した。実証試験を通じて得られた、有害成分除去率向上のための方策を以下に示す。

①急冷塔における噴霧水流量・噴霧ノズル本数の変更

タール除去のために、噴霧水量を増加させた。噴霧ノズルの本数に関しては、当初2本だったものを、運転状況考慮し3本に変更して運転を実施した。対策前後のタール除去率を図4-2-5に示す

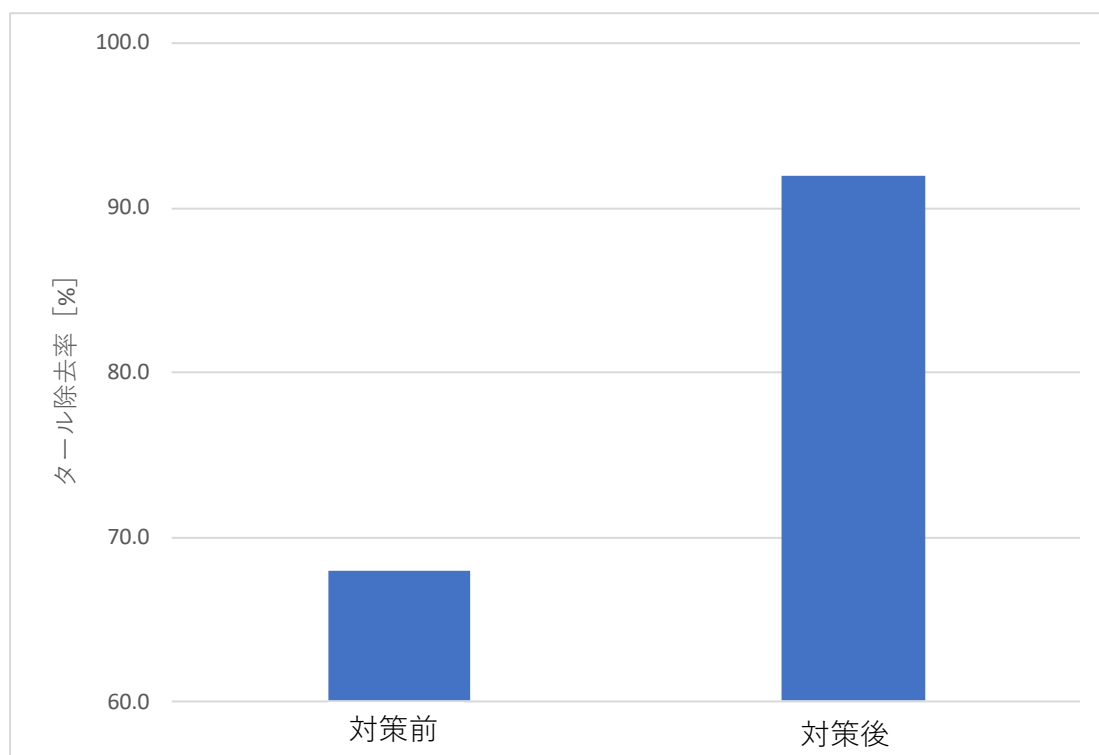


図 4-2-5 急冷塔噴射水量の変更によるタール除去率の変化

②吸収塔噴霧水量・噴霧本数の変更

熱分解ガスに含まれる有害成分除去性能のさらなる向上のため、噴霧水量を増加させた。また、噴霧ノズル本数について、対策前は吸収塔1で2本、吸収塔2で2本だったところを、1本ずつ増やして運転を実施した。対策前後でのタール濃度の結果を図4-2-6、4-2-7に

示す。

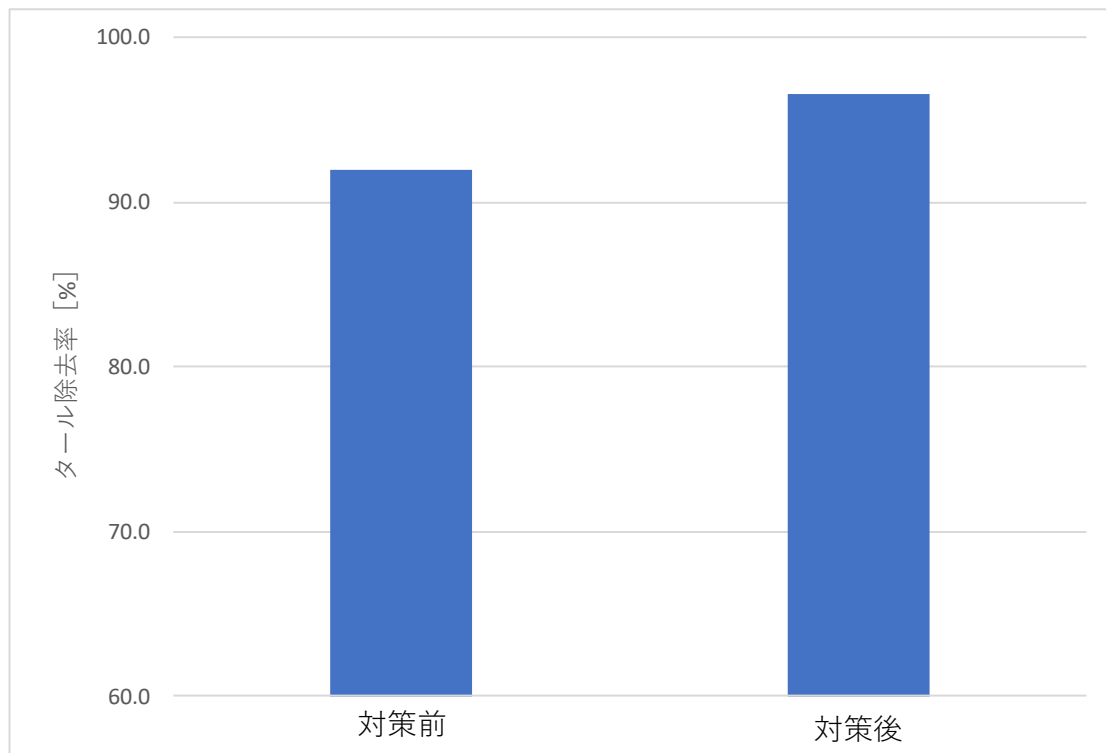


図 4-2-6 吸収塔 1 噴霧水量の変更によるタール除去率の変化

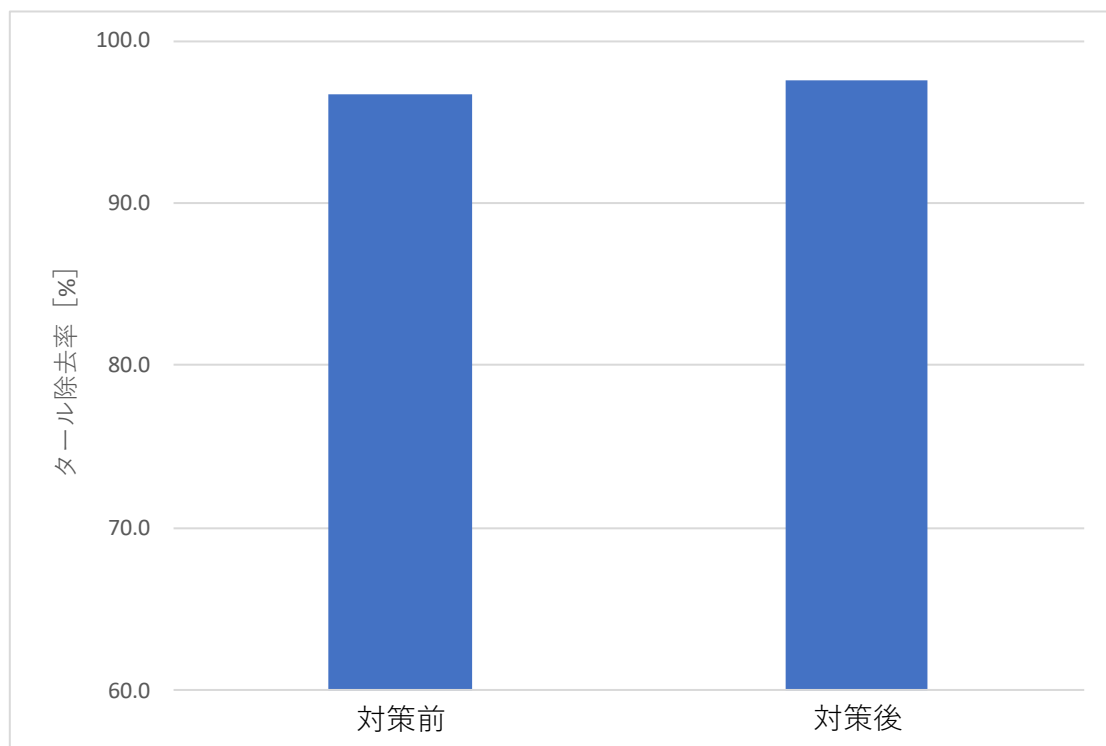


図 4-2-7 吸収塔 2 噴霧水量の変更によるタール除去率の変化

(2)結果

前項で述べた対策の効果を示すため対策前後の運転データに基づき、タールや主要成分の除去率の変遷をグラフとして図 4-2-8～4-2-11 に示す。なお、主要な有害成分の内、 H_2S については、実証試験開始時から定量下限値に近いごく少量となっていた。グラフから、 NH_3 、 HCl 、 SO_2 、タール全ての成分に関して対策後の方で除去率が高くなっており、実施した除去率向上のための対策の効果が確認できた。ただし、タールの除去率は 97%程度、酸性ガスの除去率は 83%～99%程度との結果となっており、未だ改善の余地を残している。

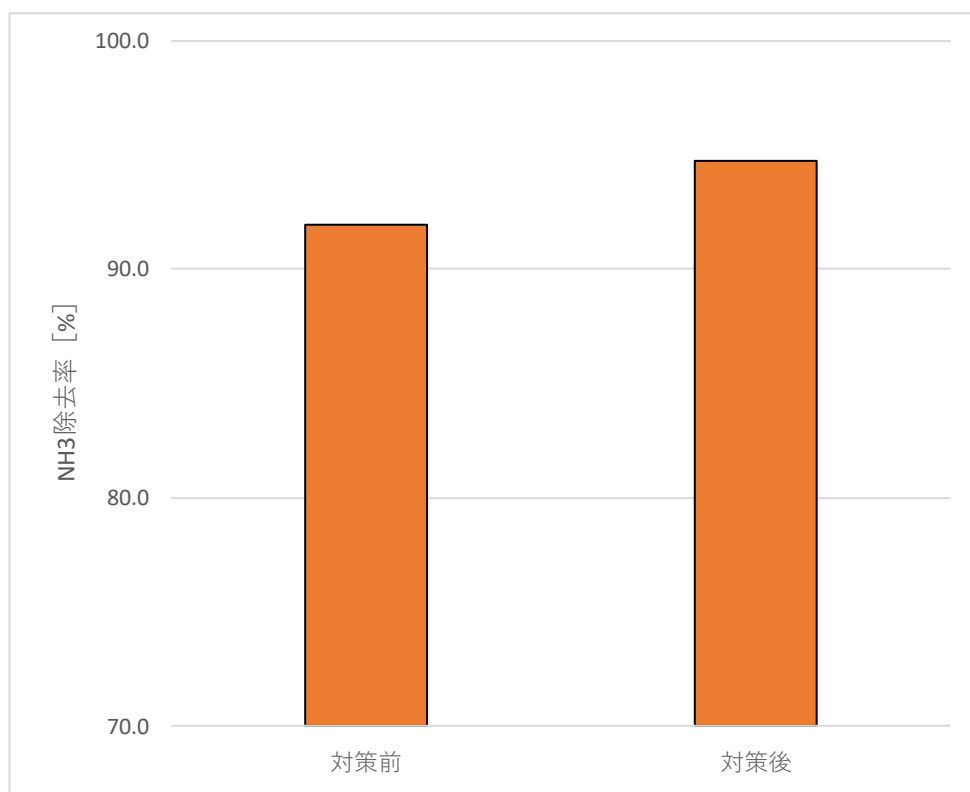


図 4-2-8 NH_3 濃度および除去率

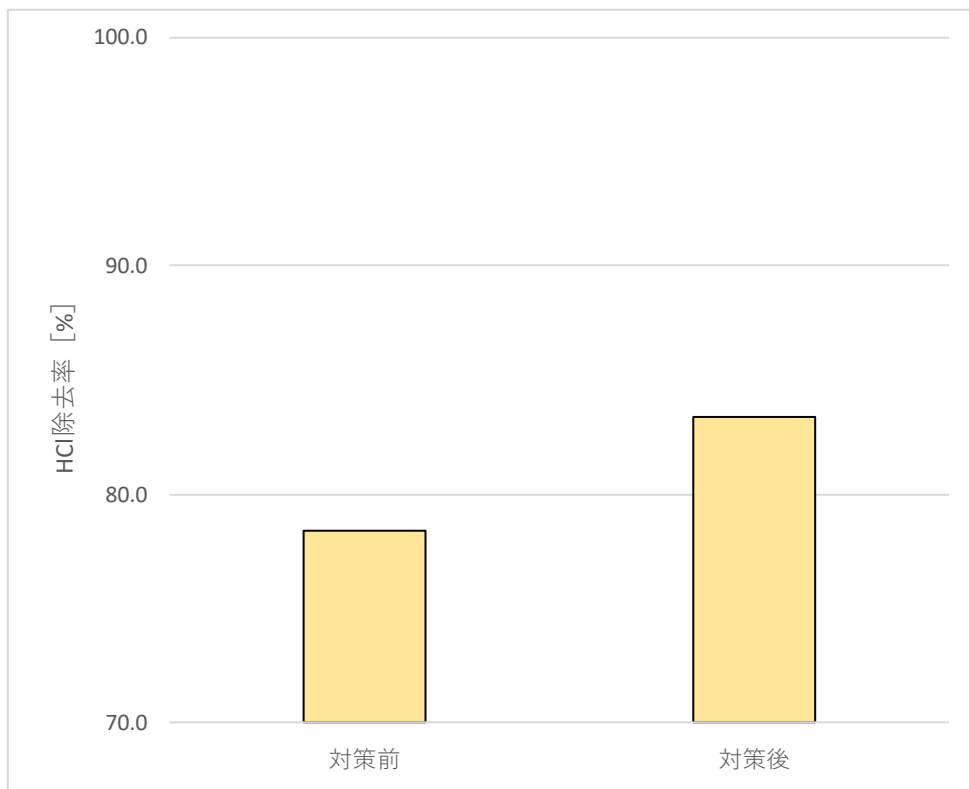


図 4-2-9 HCl 濃度および除去率

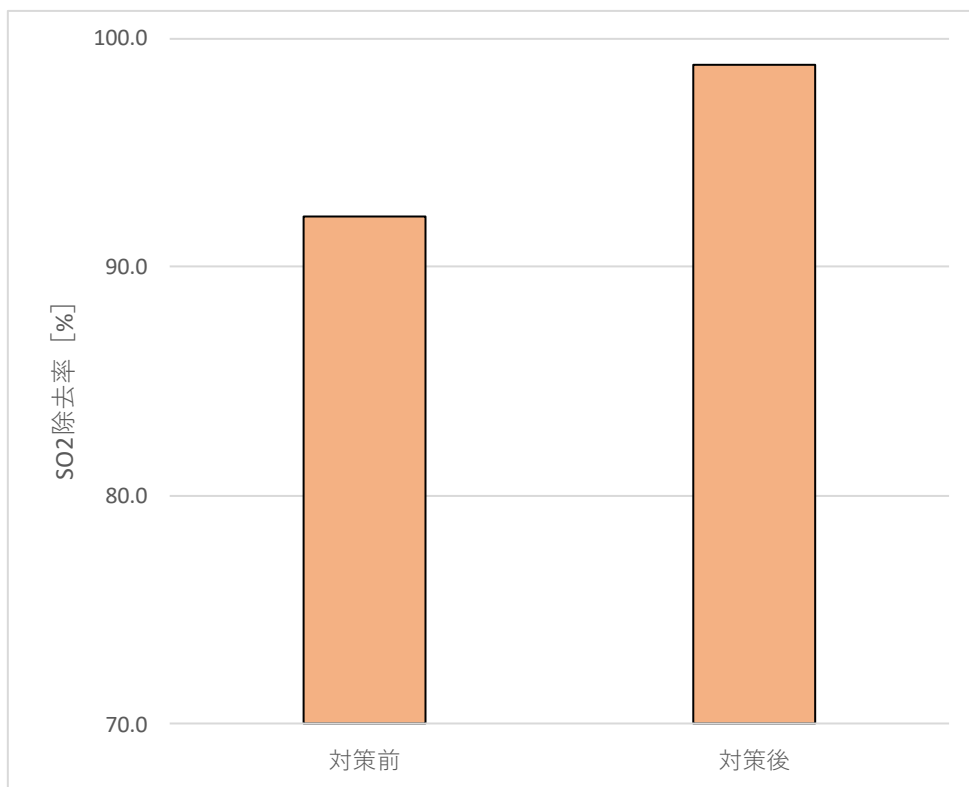


図 4-2-10 SO₂ 濃度および除去率

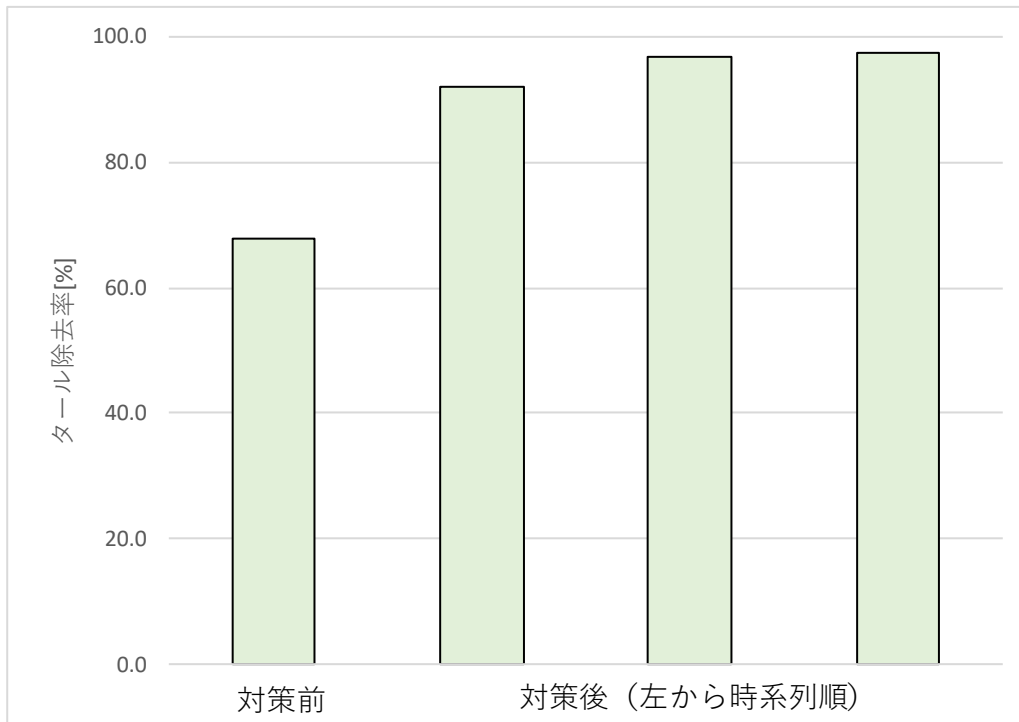


図 4-2-11 タール濃度および除去率

(3)今後実施予定・実施中の対策

前項までに述べた通り、有害成分除去率 99%のために追加の対策が必要である。追加の対策として現在実施中のもののうち、オイルスクラバーの設置について記載する。オイルスクラバーはオイルを霧状に噴霧することにより主にタールの除去を狙うもので、既設のミストセパレータを改造して取り付ける。本報告書執筆時点で既に取付が完了しており、今後の実証運転にて効果を検証する。オイルスクラバーシステムの機器リストを表 4-2-2 に、フローシートを図 4-2-12 に、写真を図 4-2-13 に示す。

表 4-2-2 オイルスクラバーシステムの機器リスト

機器番号	機器名称	形式	材質
3-5	オイルスクラバー	スプレーノズル式 吸収塔	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 ポンプ	SUS304
-	吸収油加熱器	プレート式 熱交換器	SUS316L/SS400

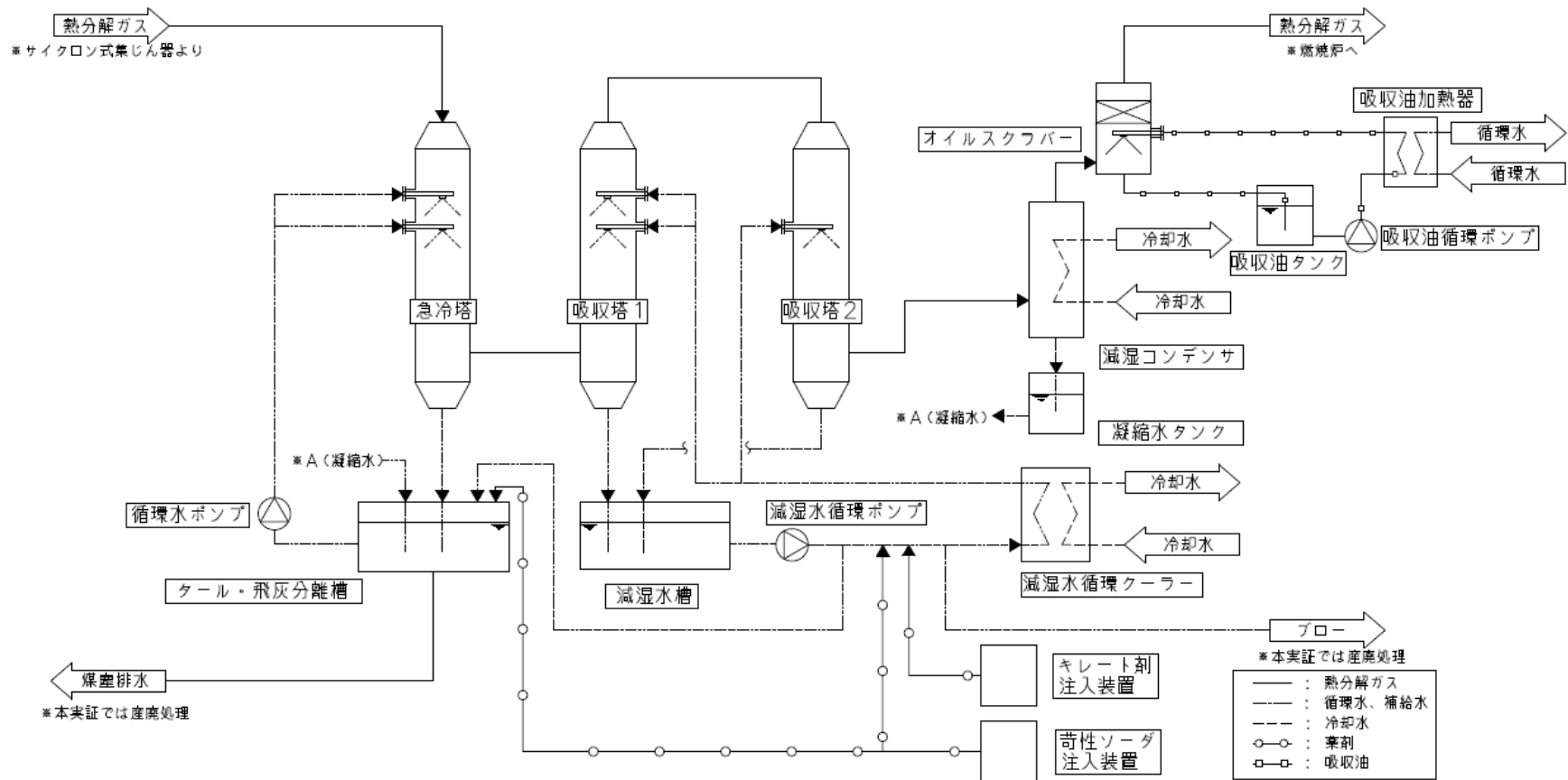


図 4-2-12 オイルスクラバー廻り配管系統図

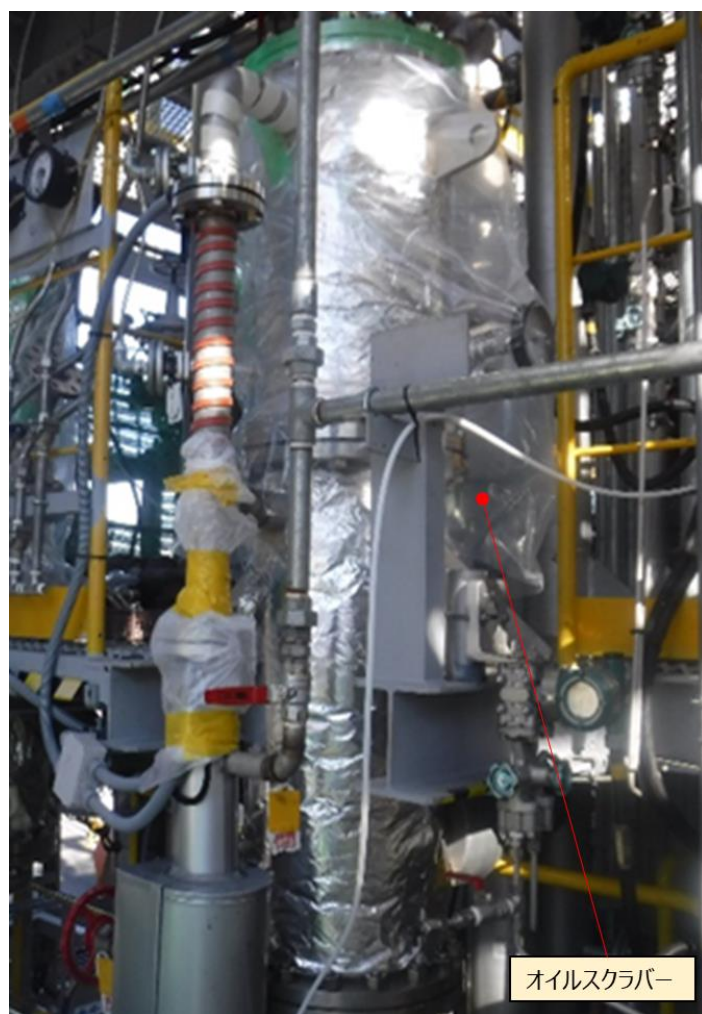


図 4-2-13 オイルスクラバー取付後

4.3 一般廃棄物の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の除去のために水を噴霧することから、タール、煤塵、酸性ガス等を含んだ排水が発生する。実機プラントでは排水処理をした後、下水放流することを想定しているため、下水道法の基準を遵守する排水処理システムの確立にむけた検討を行った。

4.3.1 実証試験の排水性状の把握

排水処理システムの検討にあたっては、実際の排水の有害物質の含有量を調査し、適切な処理フローを検討する必要がある。実証試験のタール・飛灰分離槽、減湿水槽からの排水を採水、分析し、処理対象となる有害物質の調査を行った。

1) 排水中の有害物質の分析

(1) 実験方法

実証試験装置において、一般廃棄物を熱分解ガス化改質して発生した熱分解ガスを精製するために、急冷塔および吸収塔に循環水を噴霧して、ガス精製を行った。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系内を循環させた。

本検討では、60 時間経過後の排水を採水した。採水は、タール・飛灰分離槽、減湿水槽の 2 箇所で行った。採水サンプルについては、排水処理プロセスの設計検討に必要な 19 項目の濃度を分析した。表 4-3-1 に排水の分析項目および分析方法を示す。

表 4-3-1 排水の分析項目および分析方法

分析項目	分析方法
シアン化合物	JIS K 0102-34.4 蒸留・ランタン-アリザリンコンプレキソン発色CFA法
鉛およびその化合物	JIS K 0102-54.3 ICP発光分光分析法
1,2-ジクロロエタン	JIS K 0125-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
ベンゼン	JIS K 0125-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS法
ホウ素およびその化合物	JIS K 0102-47.3 ICP発光分光分析法
フッ素およびその化合物	JIS K 0102-34.4 蒸留・ランタン-アリザリンコンプレキソン発色CFA法
フェノール類含有量	JIS K 0102-28.1.1および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 0102-52.3 ICP発光分光分析法
鉄（溶解性）	JIS K 0102-57.4 ICP発光分光分析法
マンガン（溶解性）	JIS K 0102-56.4 ICP発光分光分析法
ダイオキシン類	JIS K 0312(2020) 工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法
n-Hex抽出物質（鉱物油類）	JIS K 0102-附属書 1（参考）補足 II 1 重量法
n-Hex抽出物質（動植物油類）	JIS K 0102-附属書 1（参考）補足 II 2 重量法
NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N	JIS K 0102-42.2 インドフェノール青吸光光度法他計算による
BOD	JIS K 0102-21 32.3 備考1 隔膜電極法
SS	昭和46年環境庁告示第59号 付表9 ろ過重量法
T-N	JIS K 0102-45.1 総和法
T-P	JIS K 0102-46.3.2 硝酸-過塩素酸分解法

(2) 分析結果

排水分析結果を表 4-3-2 に示す。下水道法に定める基準と比較すると、SS や総窒素量など一部の項目で基準値を超過しており、これらの有害物質を処理するシステムが必要と考えられる。このデータを基に、排水処理フローを既存の処理装置の組み合わせで検討を行った。

表 4-3-2 排水分析結果

分析項目	単位	タール・飛灰分離槽 原水 (処理前)	減湿水槽 原水 (処理前)	下水道法放流基準
シアン化合物	mg/L	7.2	25	1
鉛およびその化合物	mg/L	0.29	1未満	0.1
1,2-ジクロロエタン	mg/L	0.39	0.69	0.2
ベンゼン	mg/L	4.2	14	0.1
ホウ素およびその化合物	mg/L	0.9	0.8未満	10
フッ素およびその化合物	mg/L	10未満	10未満	8
フェノール類含有量	mg/L	140	140	5
銅含有量	mg/L	4.4	1	3
亜鉛含有量	mg/L	1.9	2.3	2
鉄 (溶解性)	mg/L	1.9	2	10
マンガン (溶解性)	mg/L	0.1未満	0.1未満	10
ダイオキシン類	pg-TEQ/L	20	25	10
n-Hex抽出物質 (鉱物油類)	mg/L	2未満	33	5
n-Hex抽出物質 (動植物油類)	mg/L	84	80	30
NH4-N, NO2-N, NO3-N	mg/L	550	1400	380 (製造業又はガス供給業：125)
BOD	mg/L	490	510	600 (製造業又はガス供給業：300)
SS	mg/L	300	48	600 (製造業又はガス供給業：300)
T-N	mg/L	1600	4300	240 (製造業又はガス供給業：150)
T-P	mg/L	1.1	3.5	32 (製造業又はガス供給業：20)

4.3.2 実機を想定した排水処理フロー

実証試験での排水分析結果を基に、排水処理の大まかなフローを検討した。図 4-3-1 に実機を想定した排水処理のフローシート案を示す。フローシート中段の No.2 原水槽がガス精製装置からの排水に該当する。まず、脱水機で固形分を粗取りし、次亜酸化設備（第 1 凝集沈殿装置）でシアン化合物を除去した後に、第 2 凝集沈殿装置で主にカルシウムを除去する。カルシウム除去はスケールによる配管閉塞を予防するために行い、加圧浮上装置ではノルマルヘキサン抽出物質を、第 3 凝集沈殿装置で第 1・第 2 凝集沈殿装置および加圧浮上装置で取り除けなかった重金属類を除去する。続いて、フローシート下段の硝化・脱窒槽でアンモニア態窒素を除去する。以降、吸着塔を用いた高度処理を行い、滅菌後、下水放流するシステムとした。

本項では、実証試験で実際の一般廃棄物を処理した排水の分析結果を基に想定フローとして作成したが、R5 年度以降、本フローでの処理能力の検証を行い、排水処理システムについてさらなる立案、検討を行う。

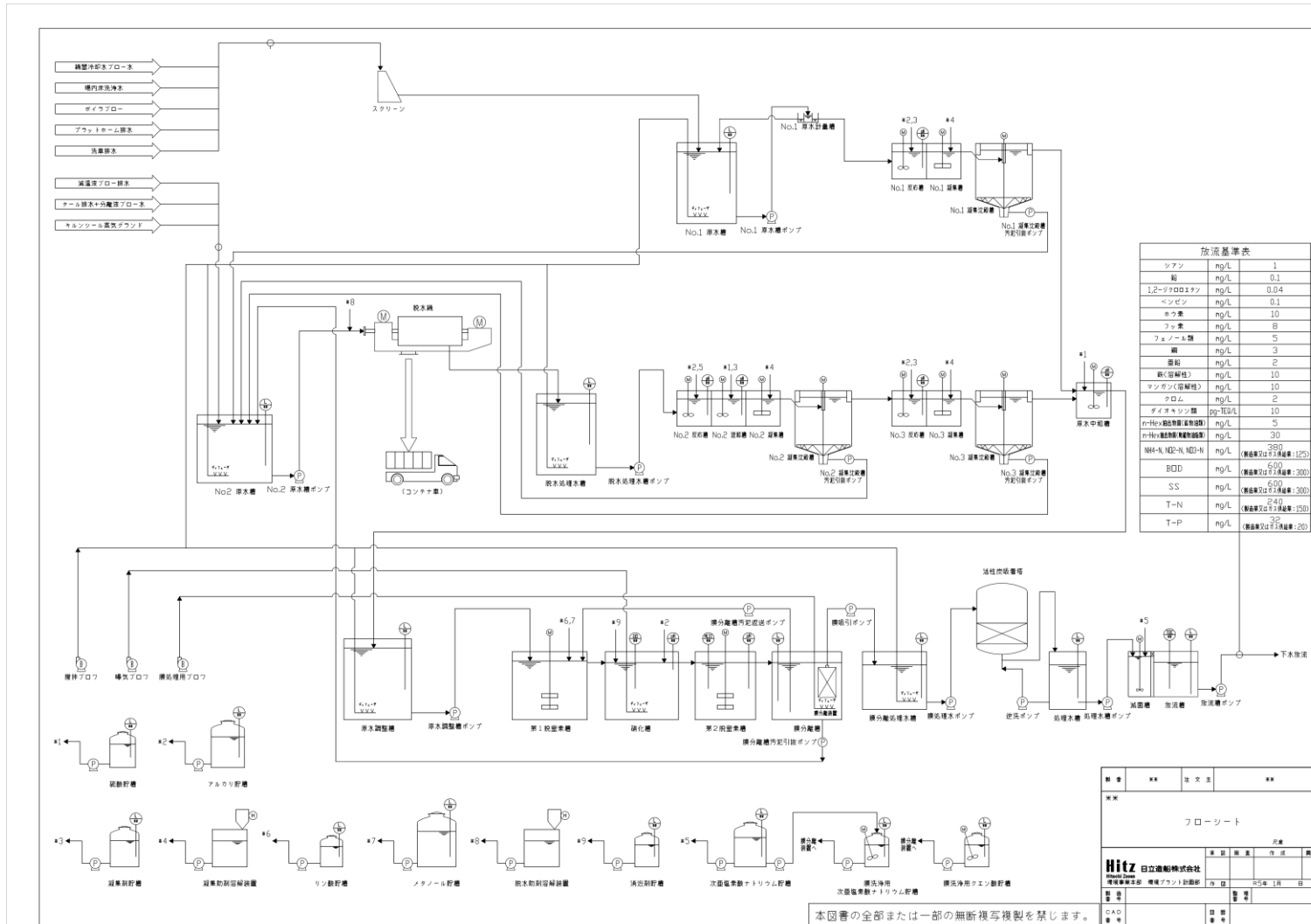


図 4-3-1 実機を想定した排水処理フローシート案

第5章 システム全体の最適化

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

ベンチ試験での知見の整理および対策立案を踏まえて決定した、本システム全体を安定稼働させるプロセスに関して、本実証試験設備におけるフローシートを図 5-1-1～図 5-1-3 に示す。

2) 機器配置図

本実証試験設備の機器配置図として、図 5-1-4 1F 全体平面図、図 5-1-5 2F 全体平面図、図 5-1-6 3F 全体平面図を、断面図として図 5-1-7 全体断面図を示す。

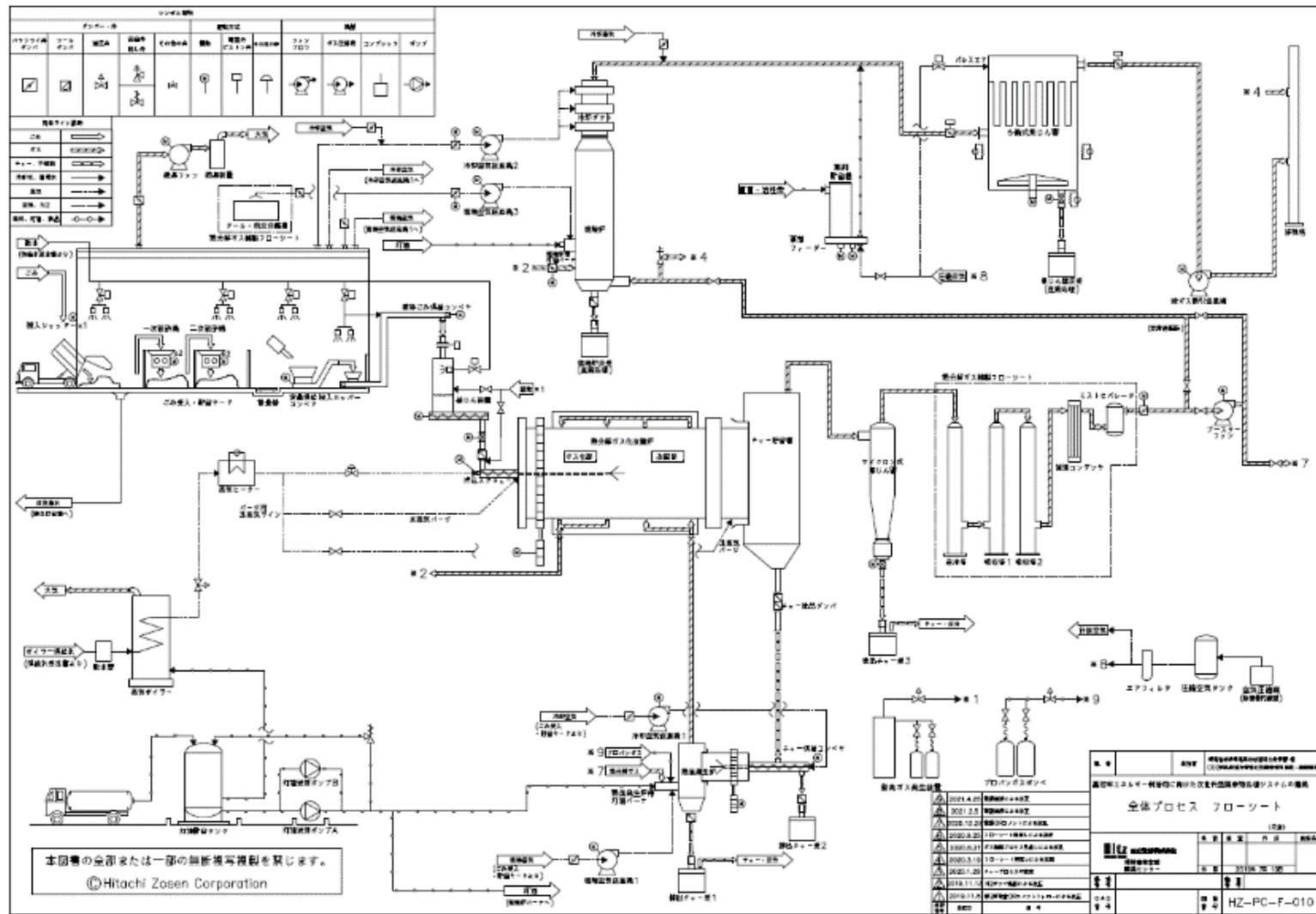


図 5-1-1 全体プロセス フローシート (1/3)

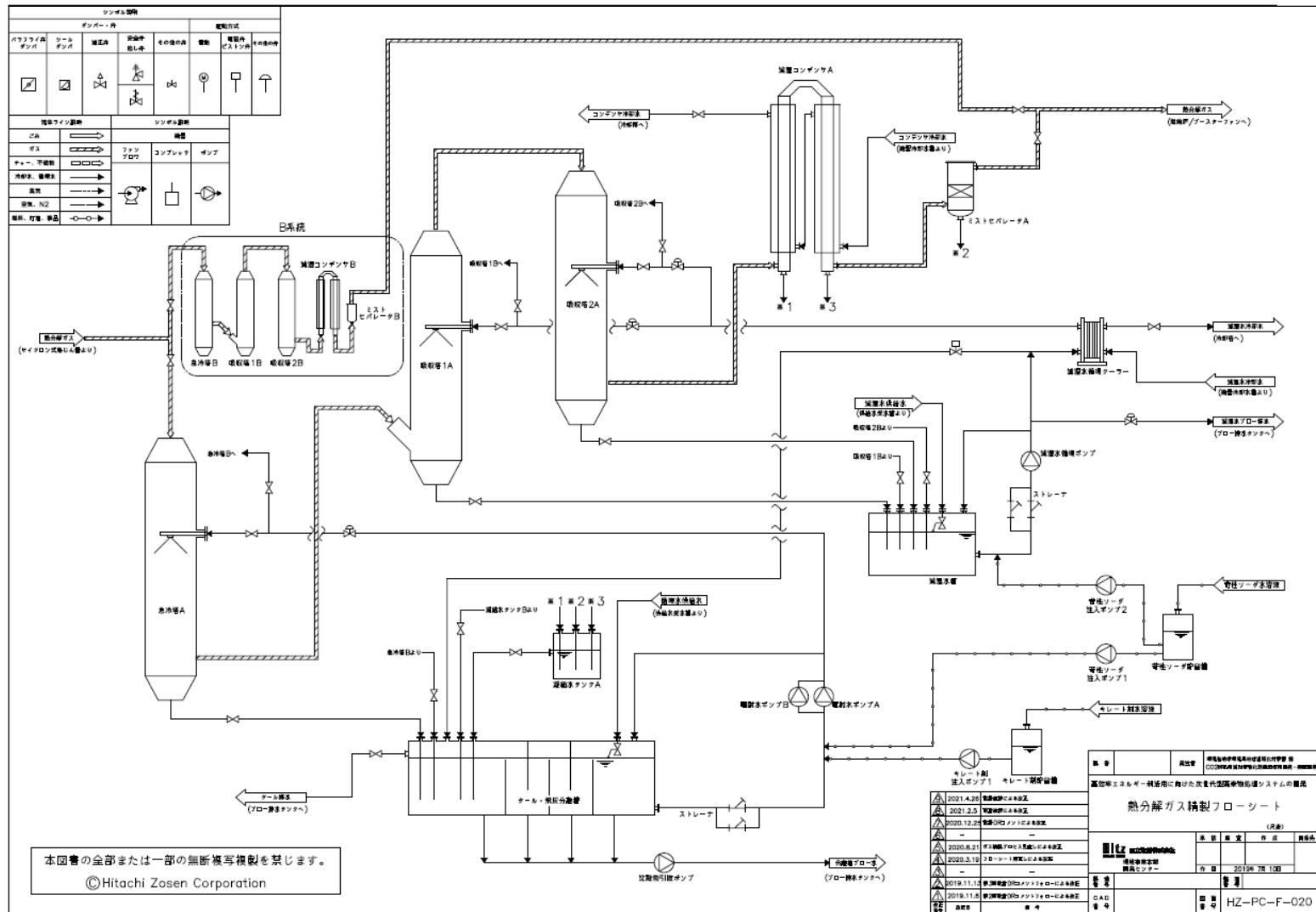


図 5-1-2 全体プロセス フローシート (2/3)

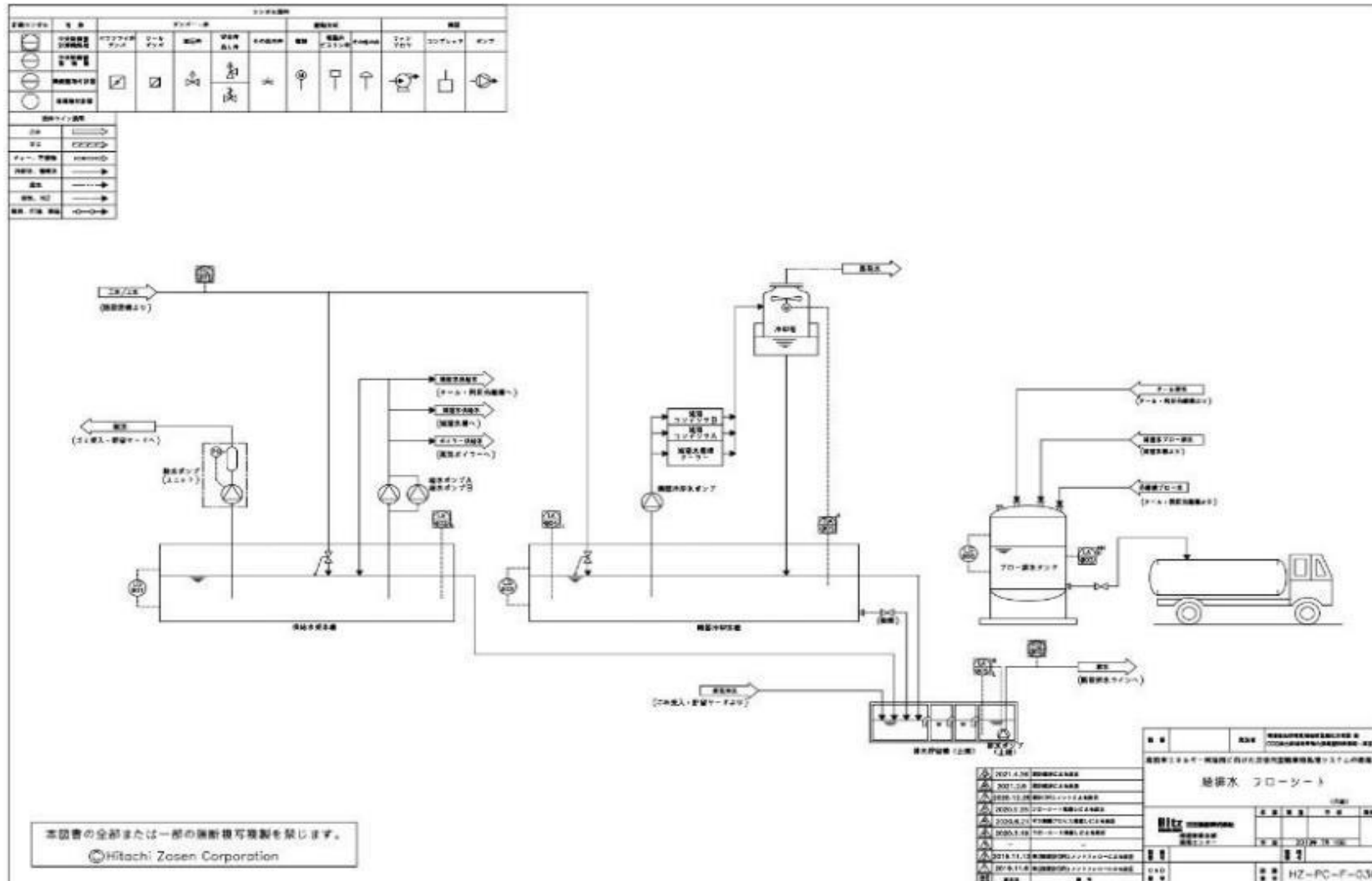


図 5-1-3 全体プロセス フローシート (3/3)

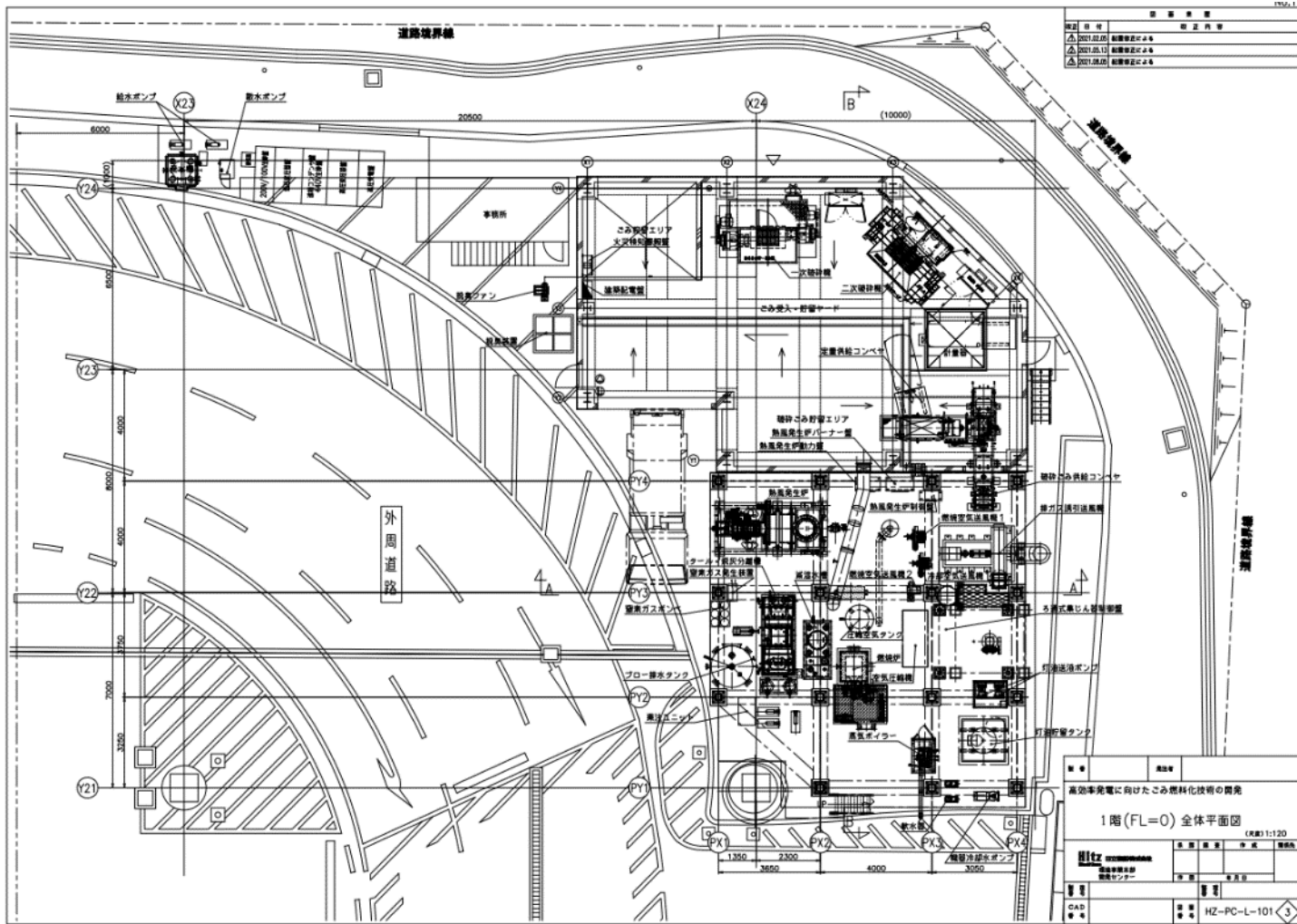


図 5-1-4 1F 全体平面図

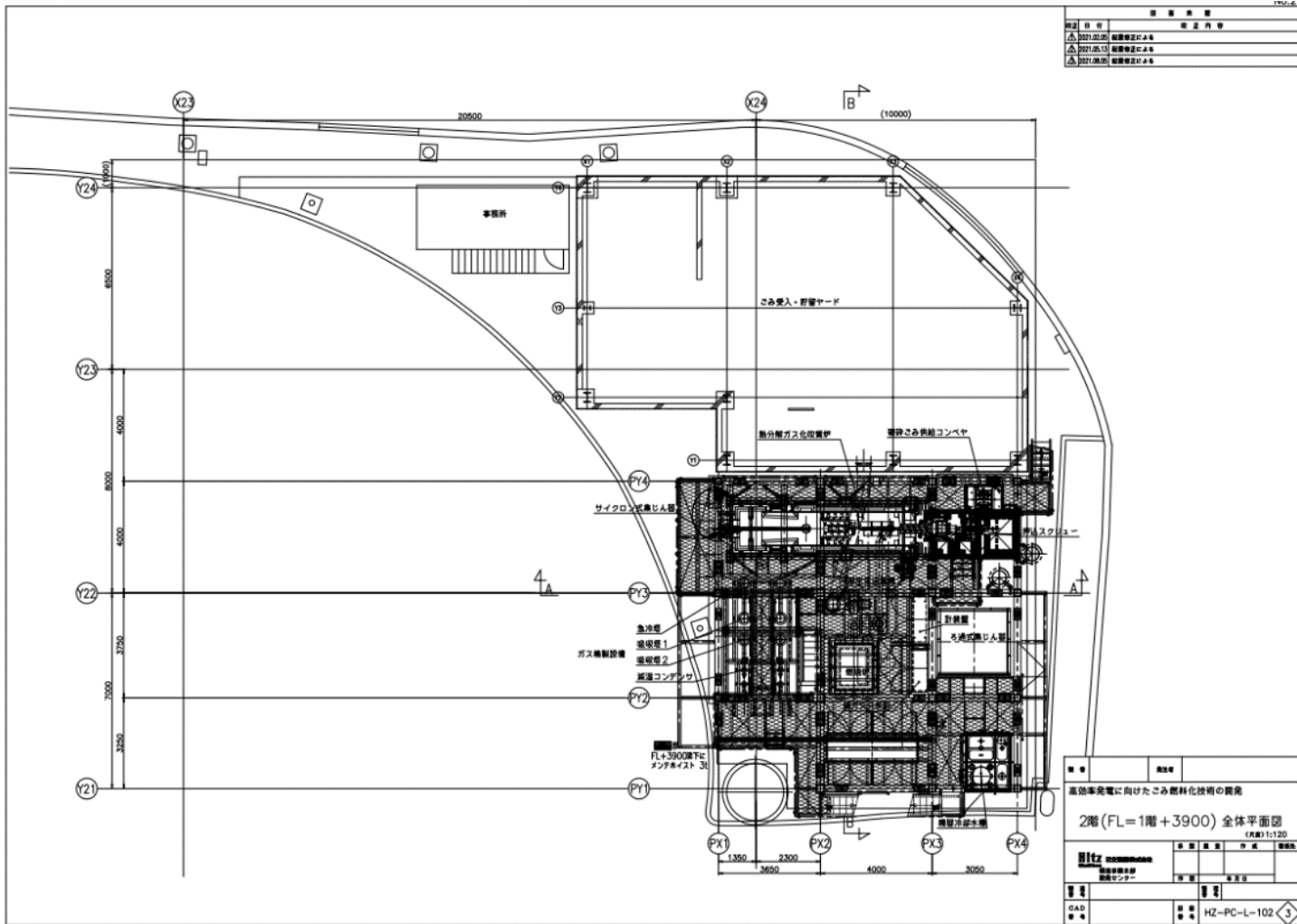


図 5-1-5 2F 全体平面図

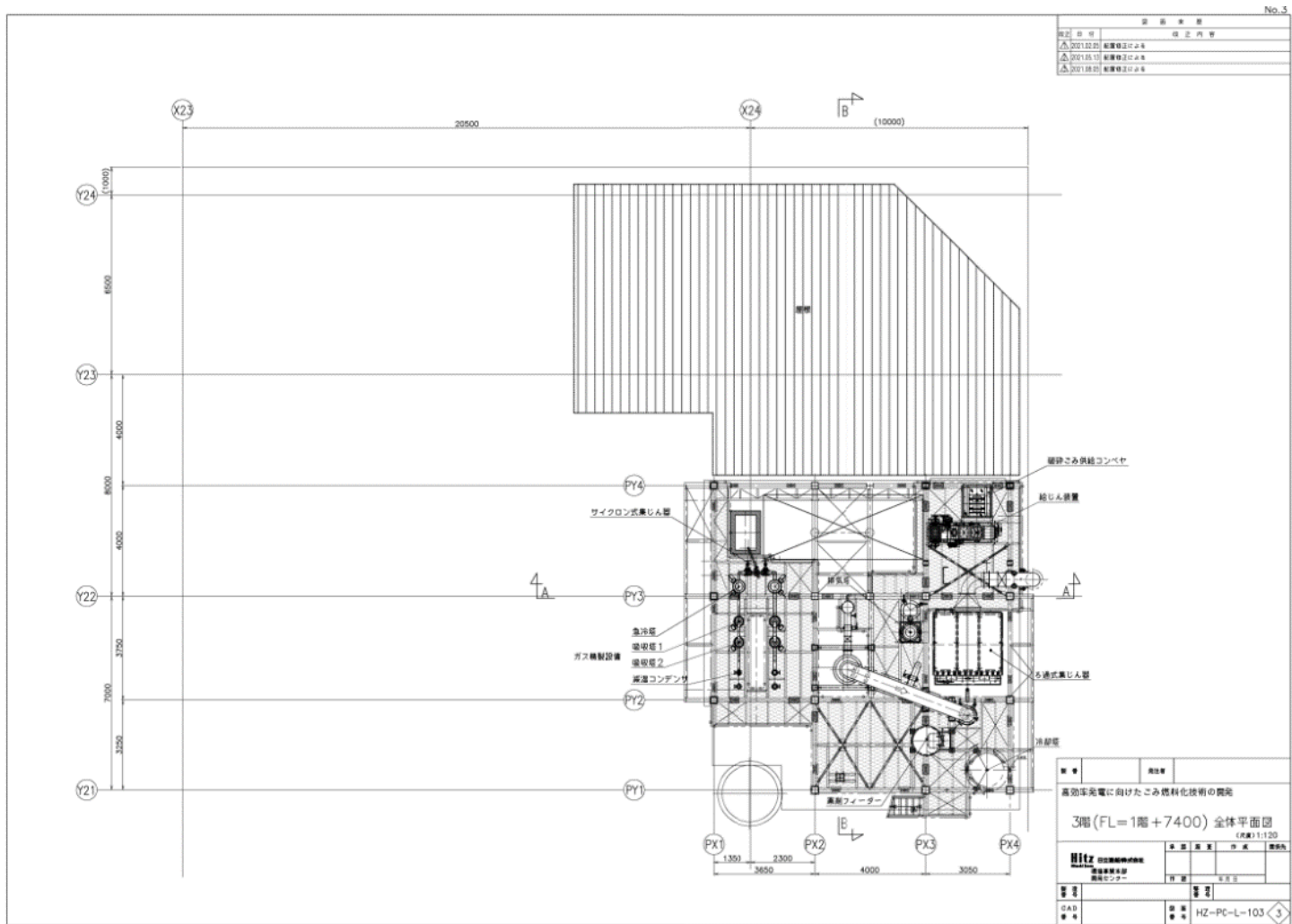
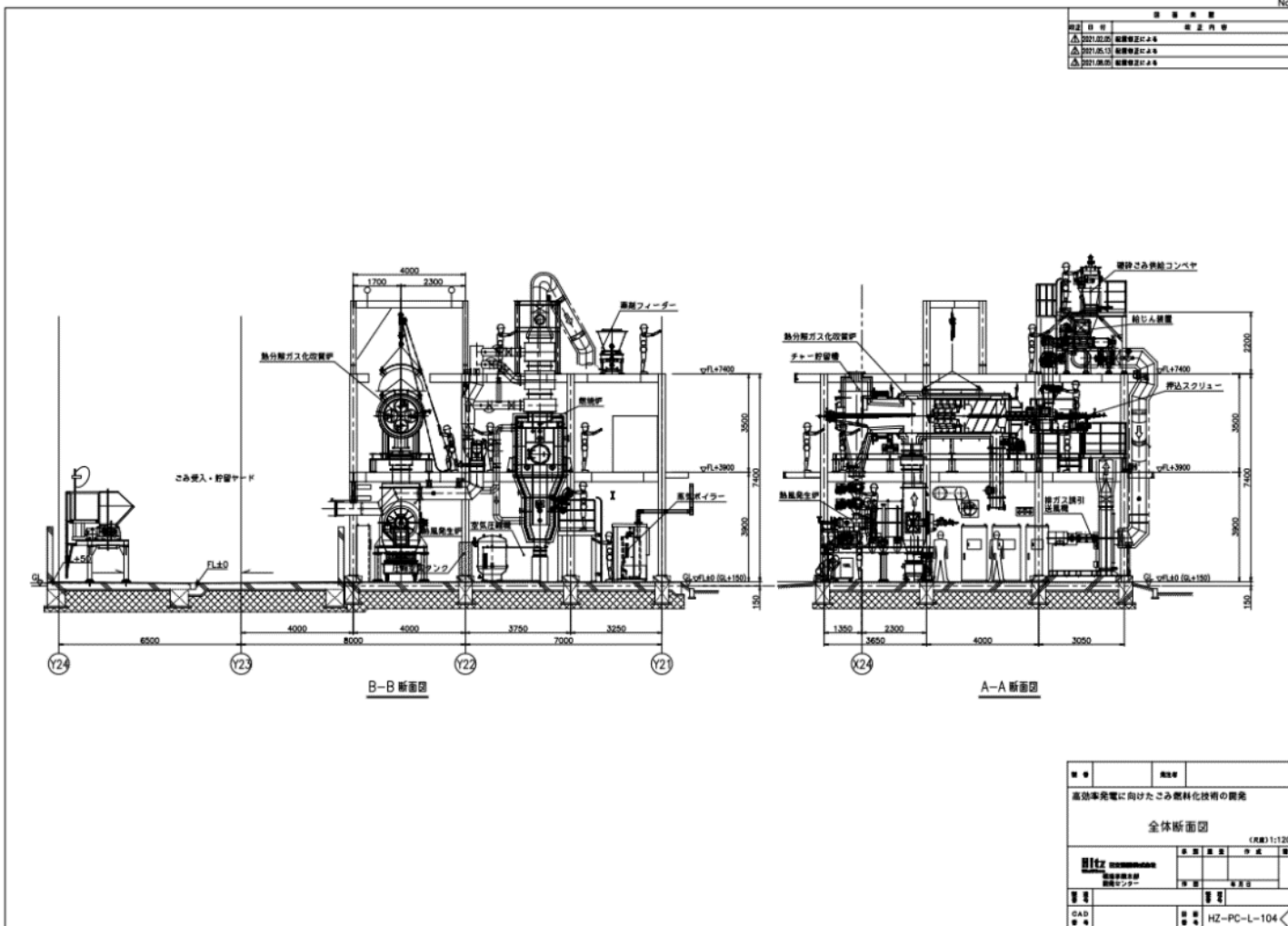


図 5-1-6 3F 全体平面図

図名	全体断面図
図号	HZ-PC-L-104
作成	〇〇〇
承認	〇〇〇



図名	全体断面図
図号	HZ-PC-L-104
作成	〇〇〇
承認	〇〇〇
CAD	〇〇〇

図 5-1-7 全体断面図

5.2 実証運転

実証運転を通じて一般廃棄物処理を行う場合の熱分解ガス化改質システムの最適化を行った。30回の実証運転において、技術開発状況の把握、課題の抽出、対策の立案・実施というPDCAサイクルを循環させ、熱分解ガス化改質システム全体の最適化を行った。本節では、実証運転のスケジュール、実証運転におけるトラブル事例およびその対策を述べ、具体的にどのような内容でシステム全体の最適化を行ったかを記述する。

5.2.1 実証運転スケジュール

実証運転時のスケジュールを表 5-2-1 に示す。

表 5-2-1 システム全体の最適化のため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	10月	11月	12月	1月	2月	3月																		
(3) システム全体の最適化																															
<div style="text-align: center;"> 運転期間 ▼部は精製ガス分析実施 ▼部は精製ガス分析なし </div>		▲ 1st 3/30	▲ 2nd 4/6	▲ 3rd 4/13	▲ 4th 4/20	▲ 5th 4/25	▲ 6th 5/11	▲ 7th 5/18	▲ 8th 5/24, 25	▲ 9th 6/8	▲ 10th 6/15	▲ 11th 6/22	▲ 12th 6/29	▲ 13th 7/6	▲ 14th 7/20	▲ 15th 7/27	▲ 16th 8/3	▲ 17th 8/23, 24	▲ 18th 8/30, 31	▲ 19th 9/5-7	▲ 20th 9/12-14	▲ 21st 9/26-29	▲ 22nd 10/3-6	▲ 23rd 10/11-13	▲ 24th 10/25	▲ 25th 11/7-10	▲ 26th 11/14-17	▲ 27th 11/27-12/3	▲ 28th 12/12-12/23	▲ 29th 1/23-2/3	▲ 30th 2/13-
・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																															

5.2.2 実証設備の連続運転

15回目の運転で24時間連続運転を達成した。その後も運転時間を徐々に延ばし、28回目で10日間（240時間）、30回目で30日間（720時間）を達成した。現在までの運転結果を表5-2-2に示す。

表 5-2-2 これまでの試験結果概要と改造工事内容

運転回数	目標連続 運転時間	時間（時:分）		ごみ量 kg/h
		運転	休止	
1	5h	5:32	0:23	79
2		5:13	0:23	71
3		7:54	0:48	90
4		6:39	0:52	78
5	8h	7:07	0:31	68
6		8:52	1:12	82
7		6:42	0:05	102
8	12h	8:18	0:49	78
		7:25	1:27	80
9	12h	11:47	3:18	79
10		12:33	0:33	74
11		12:30	0:28	76
12		13:18	0:52	85
13	〃	12:40	3:01	81
14	〃	12:30	4:31	86
15	24h	24:10	4:30	76
16	〃	26:24	2:24	70
17	36h	8:49	1:18	79
18		14:14	3:05	72
19	48h	48:10	7:43	63
20		35:42	9:06	71
21	72h	38:20	11:37	66
22		72:04	10:11	63
23		28:48	2:49	68

運転回数	目標連続 運転時間	時間 (時:分)		ごみ量
		運転	休止	kg/h
24	24h	24:11	1:45	72
25	72h	73:16	5:10	65
26		72:29	3:22	72
27	120h (5day)	121:24	10:20	70
28	240h (10day)	244:15	16:51	68
29	240h (10day)	238:28	34:11	66
30	720h (30day)	722:00	45:53	62

5.2.3 一般廃棄物の熱分解ガスに適したシステム全体の最適化検討

実証運転における課題とトラブル事例およびその対策に基づき、一般廃棄物処理の安定処理に適したシステム・形状の検討を行った。

5.2.3.1 給じん装置からの漏れ込み空気

(1)トラブル内容・原因

熱分解ガス化改質炉では、ガス化に外部からの空気供給を必要としないが、ごみ供給コンベヤの下段に取り付けられたロータリーバルブにおいて、バルブの回転に合わせてごみと一緒に空気が供給されていた。また、ごみ投入ホッパに設けられたブリッジ解除装置に関して、各所にすきまがあり、そこから空気が漏れこんでいた。この漏れ込み空気の影響で、キルン内部温度低下のほか、キルン内部のごみが一部燃焼し温度が異常上昇する事象が発生した。模式図を図 5-2-1 に示す。

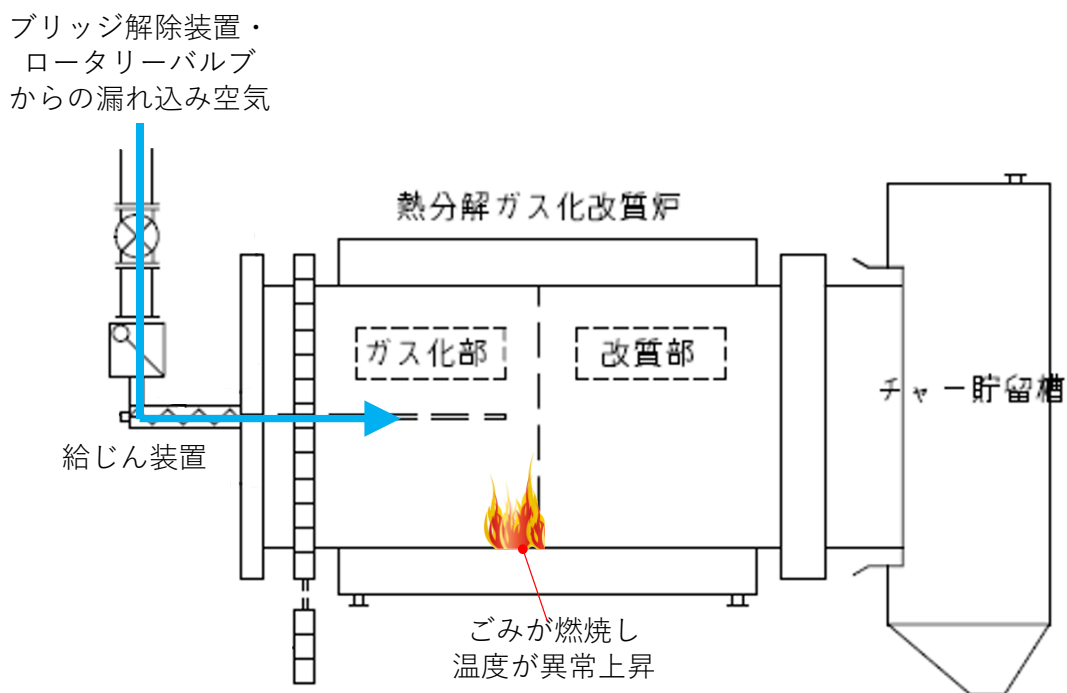


図 5-2-1 漏れ込み空気による燃焼

(2)設計上の対策

漏れ込み空気対策として、ロータリーバルブをダンパへ変更し、ダブルダンパ方式でのごみの供給を行う方式とした。また、ブリッジ解除装置の形状を、側面からの漏れ込み空気が少なくなるよう変更した。主な改造としては、ブリッジ解除装置各部に生じていたすきま部分を、ゴム板や樹脂板によってカバーするものである。改造前の写真・図面を図 5-2-2、図 5-2-3 に、改造後の図面・写真を図 5-2-4、図 5-2-5 に示す。



図 5-2-2 ブリッジ解除装置(改造前)

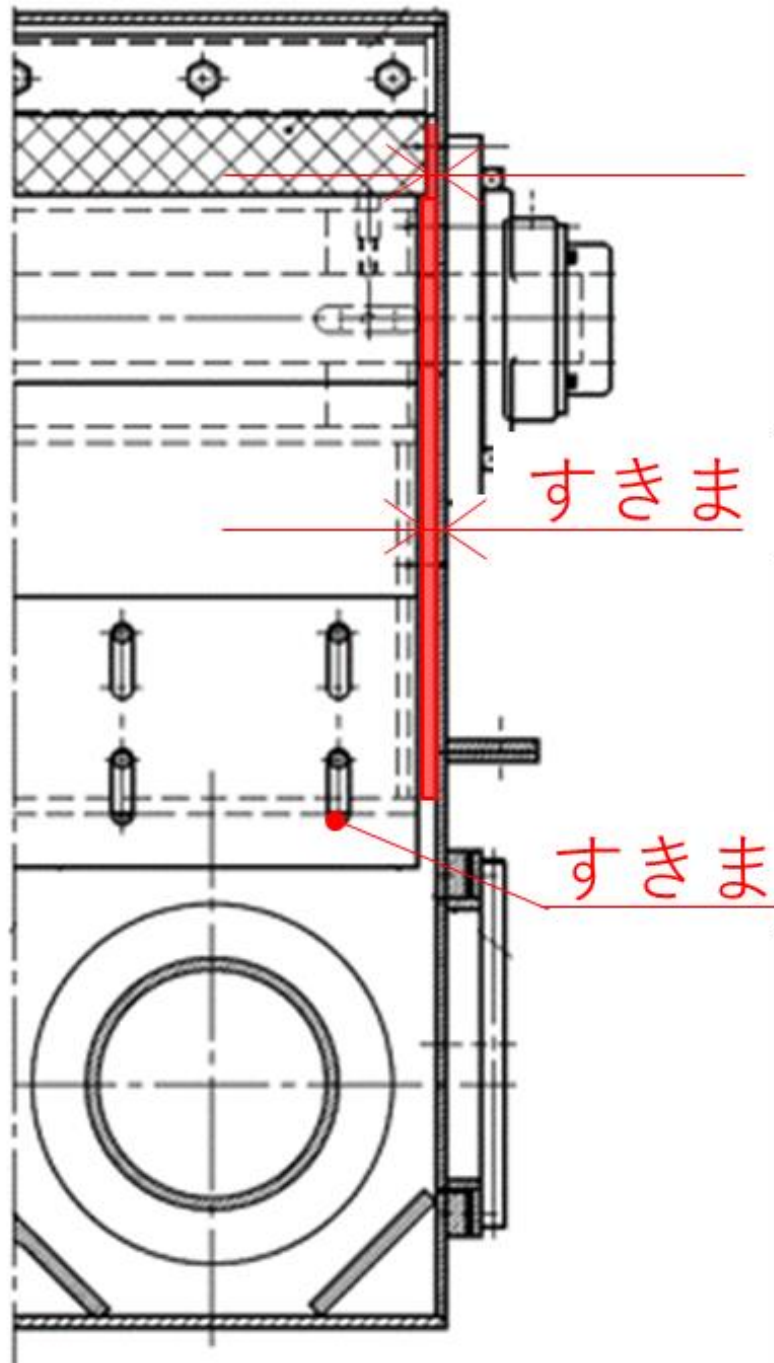


図 5-2-3 ブリッジ解除装置図面(改造前)

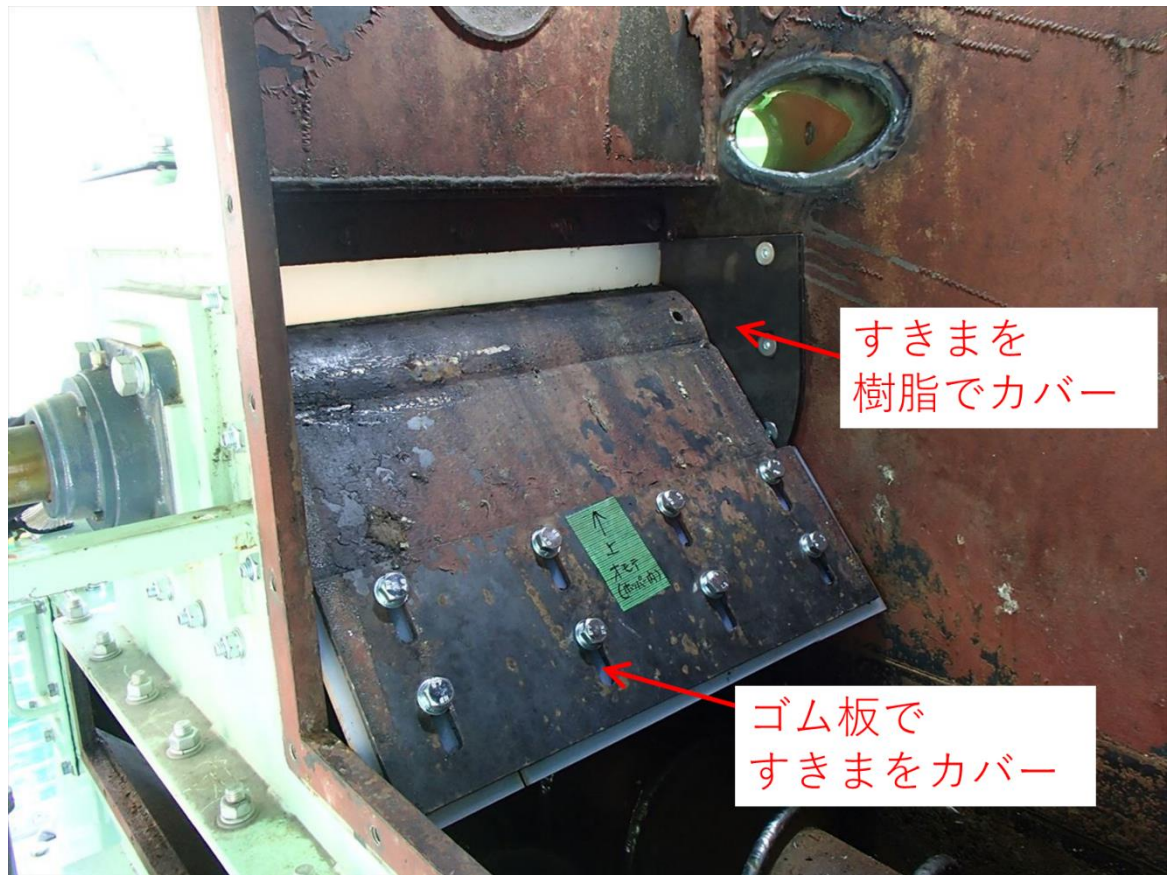


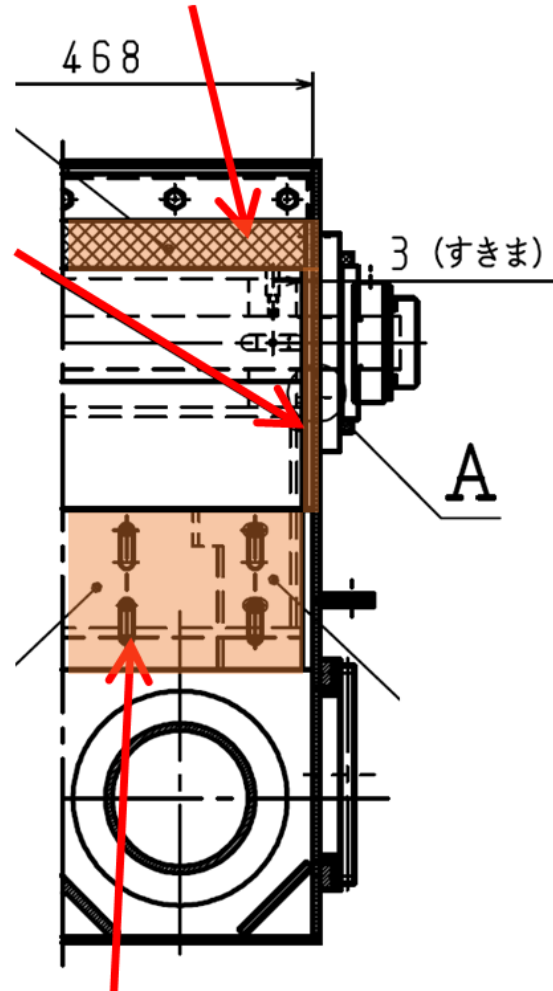
図 5-2-4 ブリッジ解除装置(改造後)



：改造箇所

寸法変更により
すきま減

すきまを樹脂でカバー



ゴム板ですきまをカバー

図 5-2-5 ブリッジ解除装置図面(改造後)

5.2.3.2 熱分解ガス逆流

(1) トラブル内容・原因

熱分解ガス改質装置から給じん装置側へ白煙の逆流が発生した。逆流が発生した際、投入ホッパにおけるごみシールは十分に行っていたことから、キルン内部圧力がごみシール能力を上回ったものと考えられる。根本的な原因としては、3章でも述べたキルン内部出口および螺旋部に不燃物が詰まったことによって生じたキルン内部の差圧上昇であると考えられる。

(2) 設計上の対策

根本的な原因は、キルン内部の圧力上昇にあると考えられるため、3章で述べたリフター取付けによって対策が可能である。ただし、ごく短時間の間キルン内部で詰まりが発生し、熱分解ガスの逆流が発生することも考えられるため、その場合の対応策も必要である。以上から、給じん装置入口ホッパ部分に、燃焼炉に繋がるバイパスラインを新設、熱分解ガス逆流(白煙発生)の際は、燃焼炉にガスを流せるような改造を実施した。改造内容を図 5-2-6 に示す。

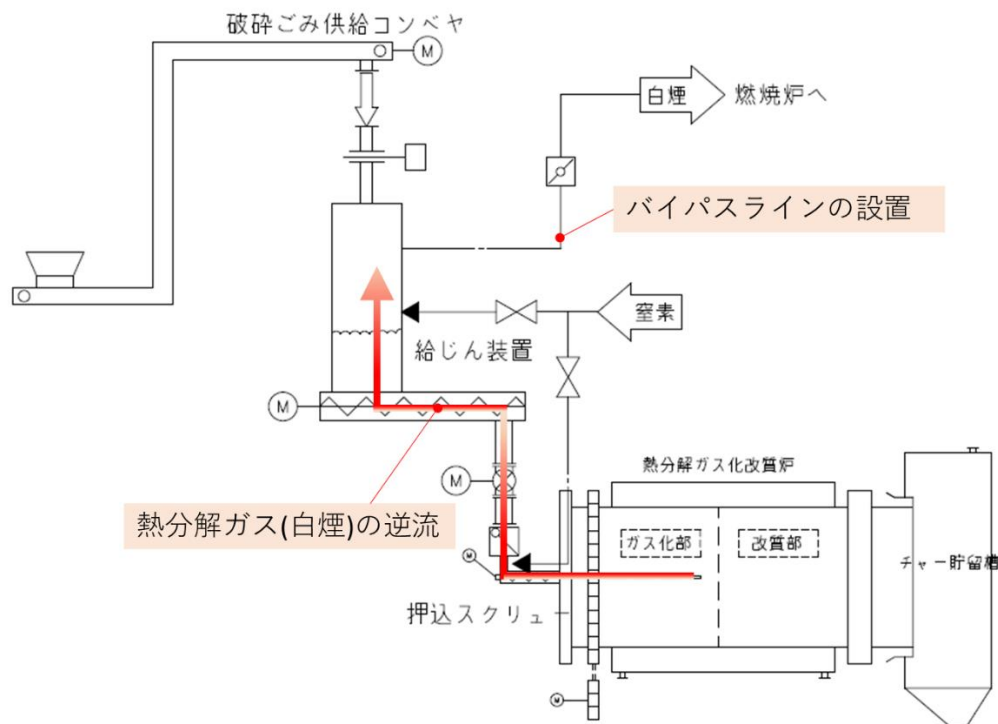


図 5-2-6 バイパスラインの設置

5.2.3.3 熱風炉におけるクリンカ生成および漏れ込み空気

(1)トラブル内容・原因

試験中、熱風炉の熱源をチャーおよび灯油としての運転を行ったところ、内部にクリンカが成長しているのが観察された。チャー混焼開始直後の運転におけるクリンカの付着状況と写真を図 5-2-7~5-2-9 に示す。冷却空気量や燃焼空気量の調整により炉内温度の適正化を行うことで抑制を図り、クリンカ付着を減少させることはできた(図 5-2-10~5-2-12)が、ほぼ同じ条件での運転にも関わらずクリンカが増加する場所があるなど再現性に欠けており、根本的な原因は見つけれられていなかった。その後、熱風発生炉の各部を点検した結果、チャー供給コンベヤと熱風発生炉の接続部において、漏れ込み空気が多くなっていることが判明した。

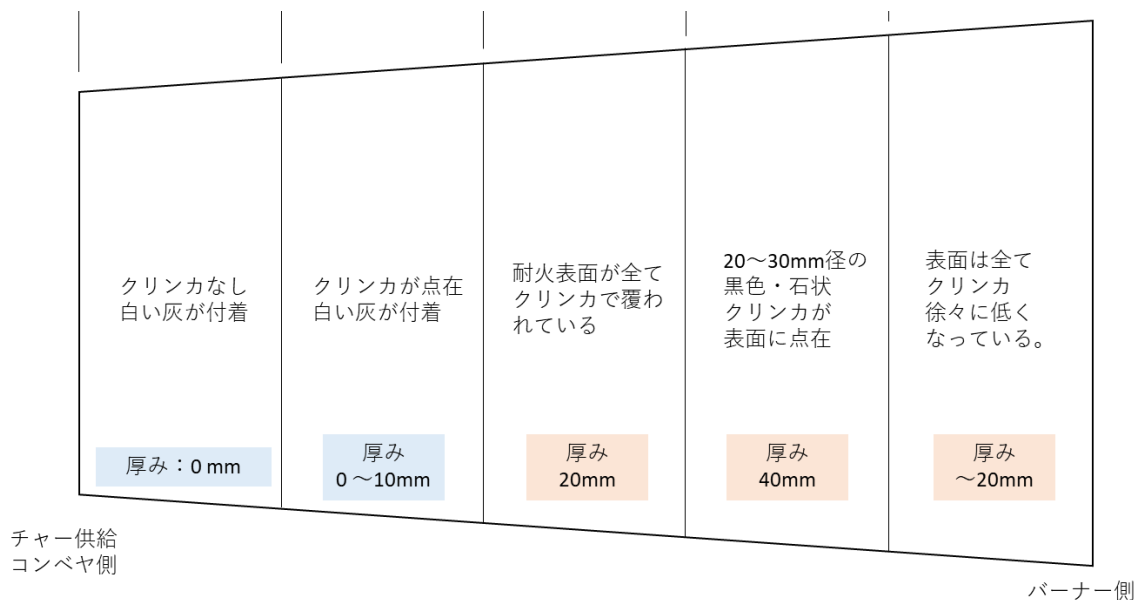


図 5-2-7 チャー混焼開始後のクリンカ付着状況



図 5-2-8 チャー混焼開始後のクリンカ付着状況



図 5-2-9 チャー混焼開始後のクリンカ付着状況(付着が激しい箇所)

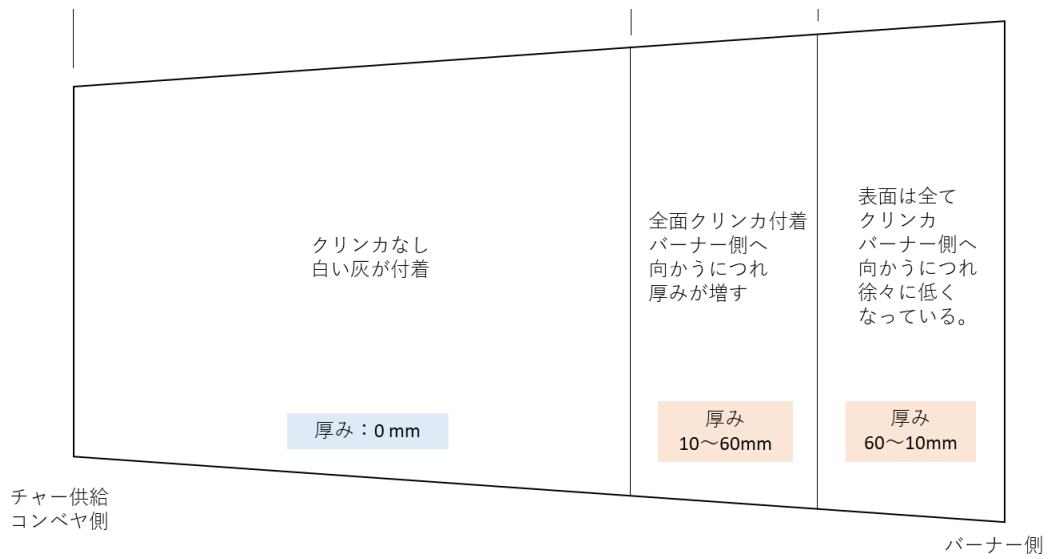


図 5-2-10 冷却/燃焼空気量調整後のクリンカ付着状況

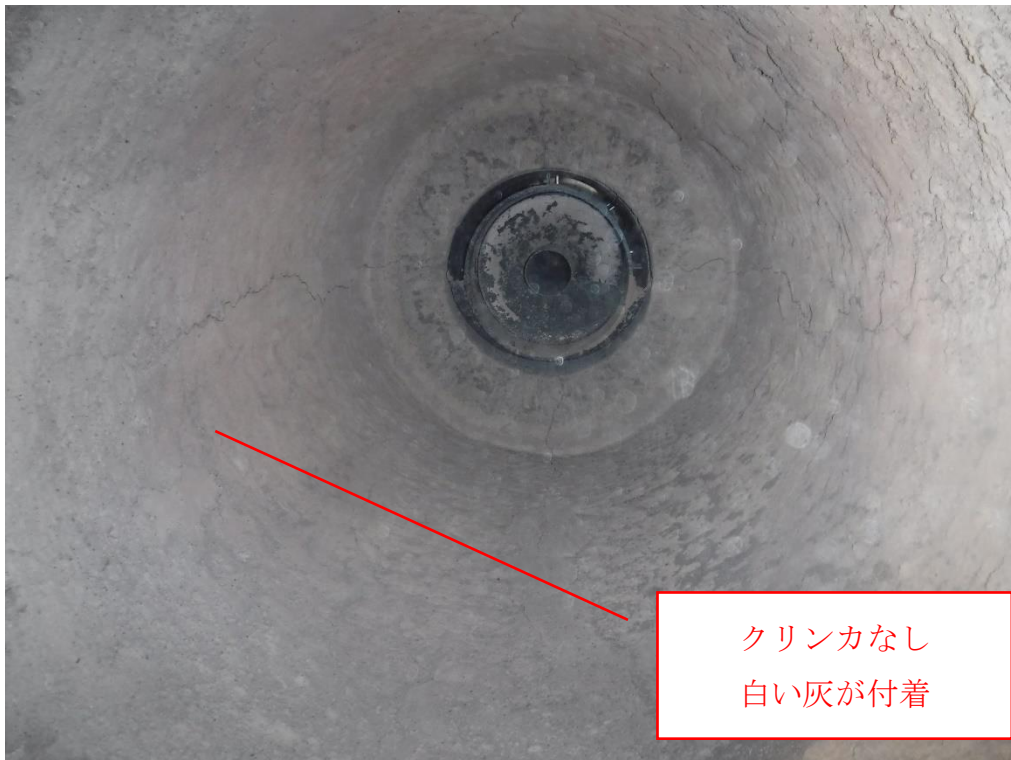


図 5-2-11 冷却/燃焼空気量調整後のクリンカ付着状況



図 5-2-12 冷却/燃焼空気量調整後のクリンカ付着状況(付着が激しい箇所)

(2)設計上の対策

漏れ込み空気低減のため、チャー供給コンベヤのシール部分を設計変更した。具体的には、チャー供給コンベヤと熱風発生炉接続部のグラウンドパッキンを増設することで、更なるシール性の向上を行った。模式図を図 5-2-13 に示す。漏れ込み空気対策後のクリンカ付着状況と写真を図 5-2-14～5-2-16 に示す。熱風炉内の温度環境およびチャー中に含まれている金属類等の影響によりクリンカ付着はゼロにはならないものの、対策なしと比較して大幅にクリンカ付着量を減少させることができた。これにより、連続運転期間を延ばすことができ、システム全体の最適化を行うことができた。

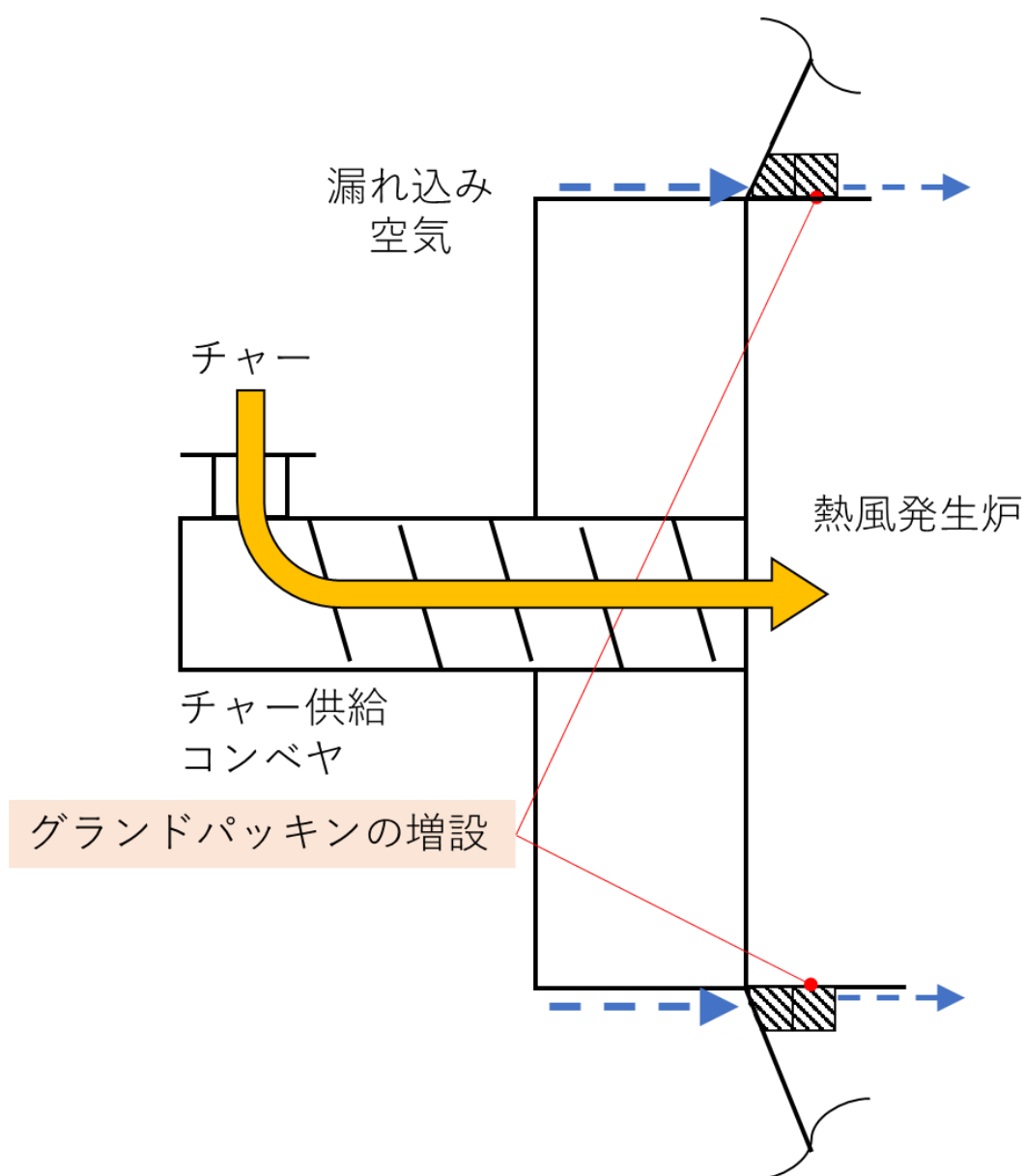


図 5-2-13 熱風発生炉 漏れ込み空気対策

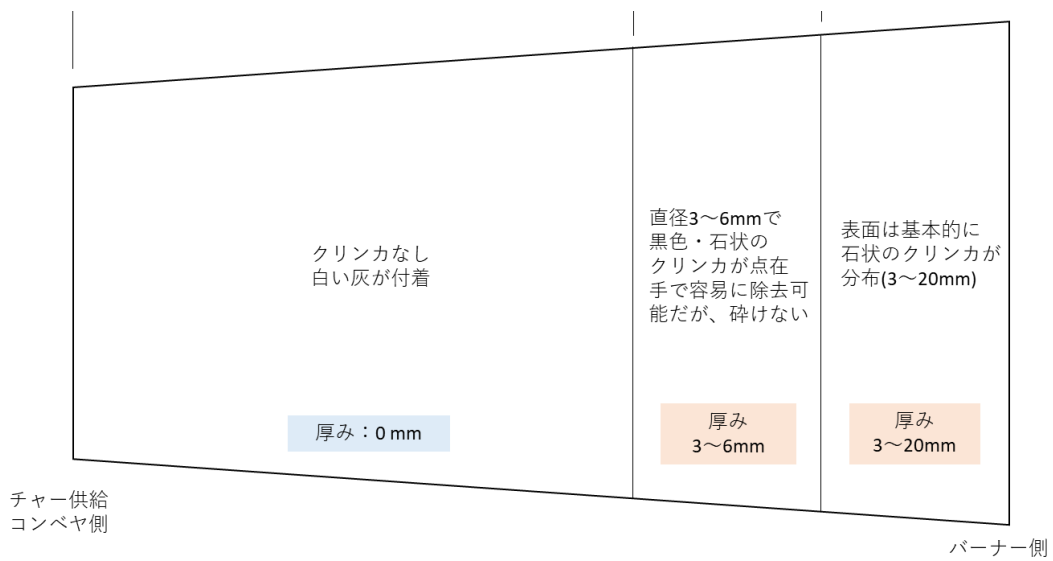


図 5-2-14 漏れ込み空気対策後のクリンカ付着状況



図 5-2-15 漏れ込み空気対策後のクリンカ付着状況



図 5-2-16 漏れ込み空気対策後のクリンカ付着状況(バーナー側)

5.2.3.4 サイクロン入口配管の閉塞・差圧上昇

(1)トラブル内容・原因

サイクロンの入口差圧が著しく上昇し、急遽運転停止が必要となるトラブルが発生した。サイクロン差圧のグラフを図 5-2-17 に示す。サイクロン周辺配管内部を点検したところ、内部に析出物が多くみられ閉塞傾向になっているのが確認された。析出物は主に入口配管エキスパンション部の上フランジ側と、サイクロン前配管のエルゴ部の外側に最大で配管径の 3/4 程度付着しており、ガス流れを著しく阻害していた。閉塞箇所の位置を図 5-2-18 に、内部点検時の写真を図 5-2-19、図 5-2-20 に示す。

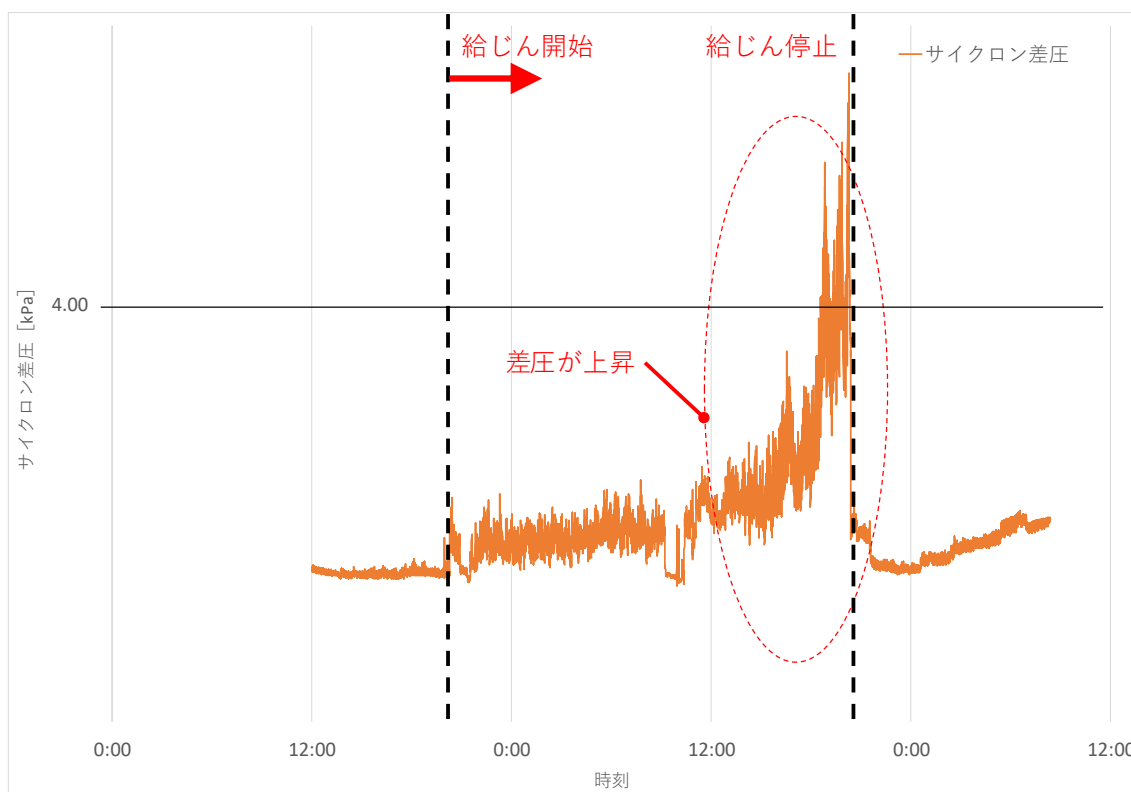


図 5-2-17 サイクロン差圧

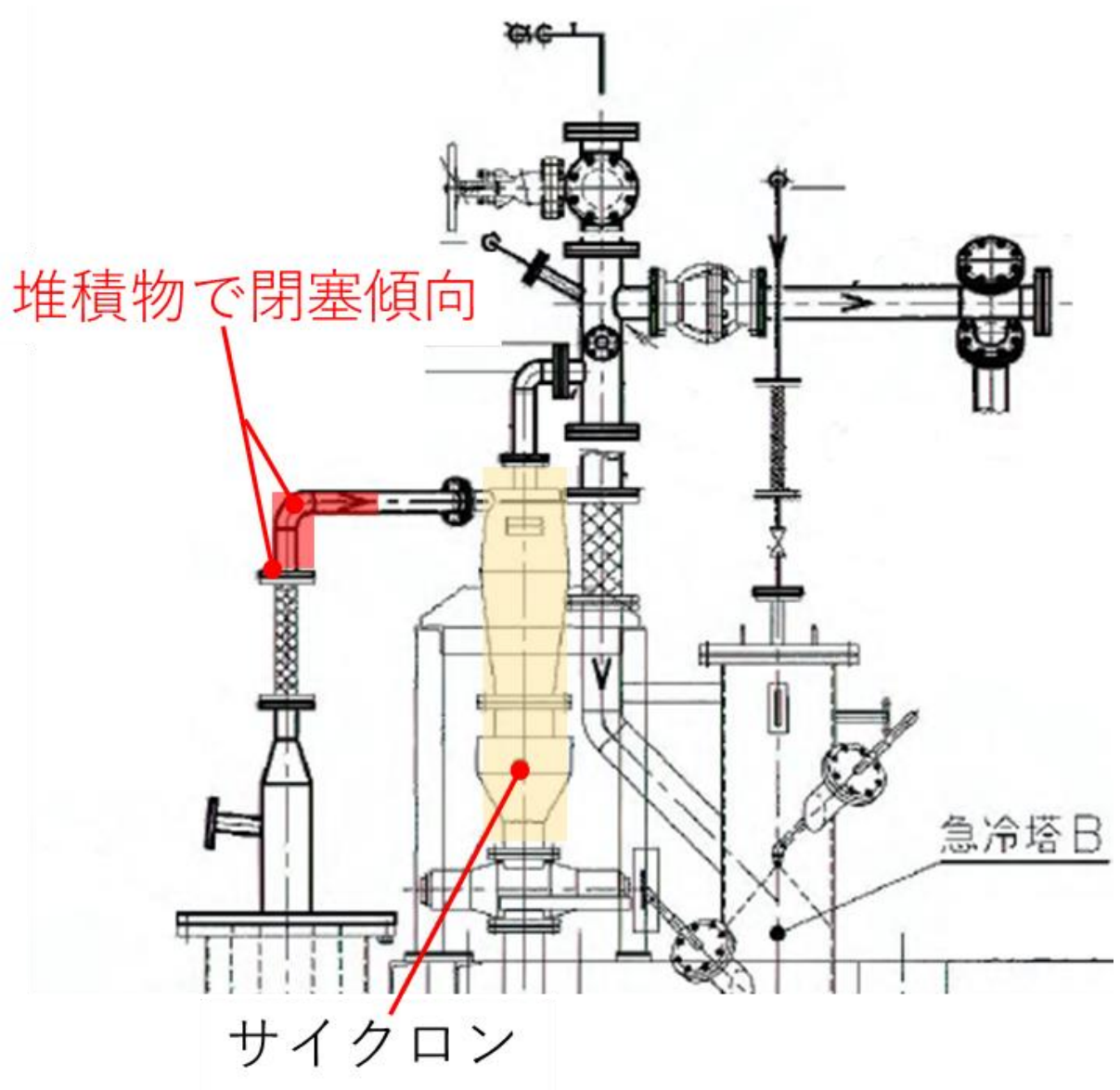


図 5-2-18 サイクロン配管 閉塞箇所



図 5-2-19 入口側エキスパンション上部配管閉塞状況

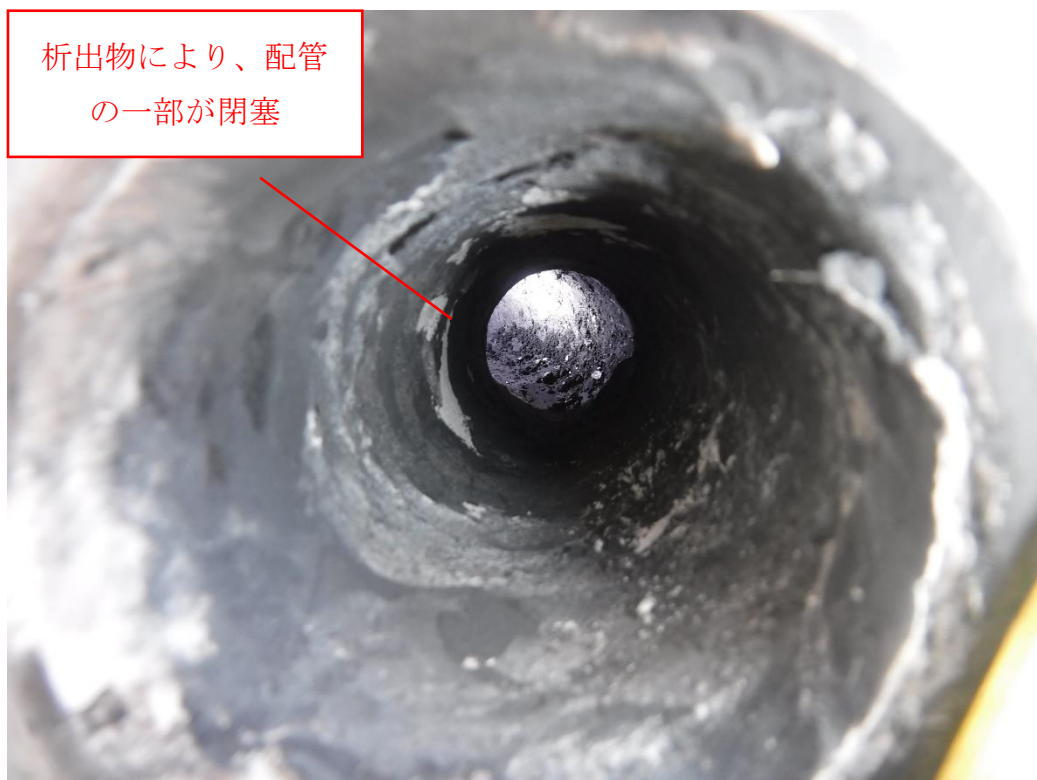


図 5-2-20 サイクロン前 配管エルゴ部

(2)設計上の対策

閉塞の防止のため、サイクロン入口および出口配管径を、50A から 65A に大型化した。大型化によりある程度配管内に堆積物が蓄積した場合でも、ガス流れによって自然な除去が期待できる。また、サイクロン入口ダクトに叩き座を取り付けた。改造後のサイクロン廻りの配管図を図 5-2-21 に示す。

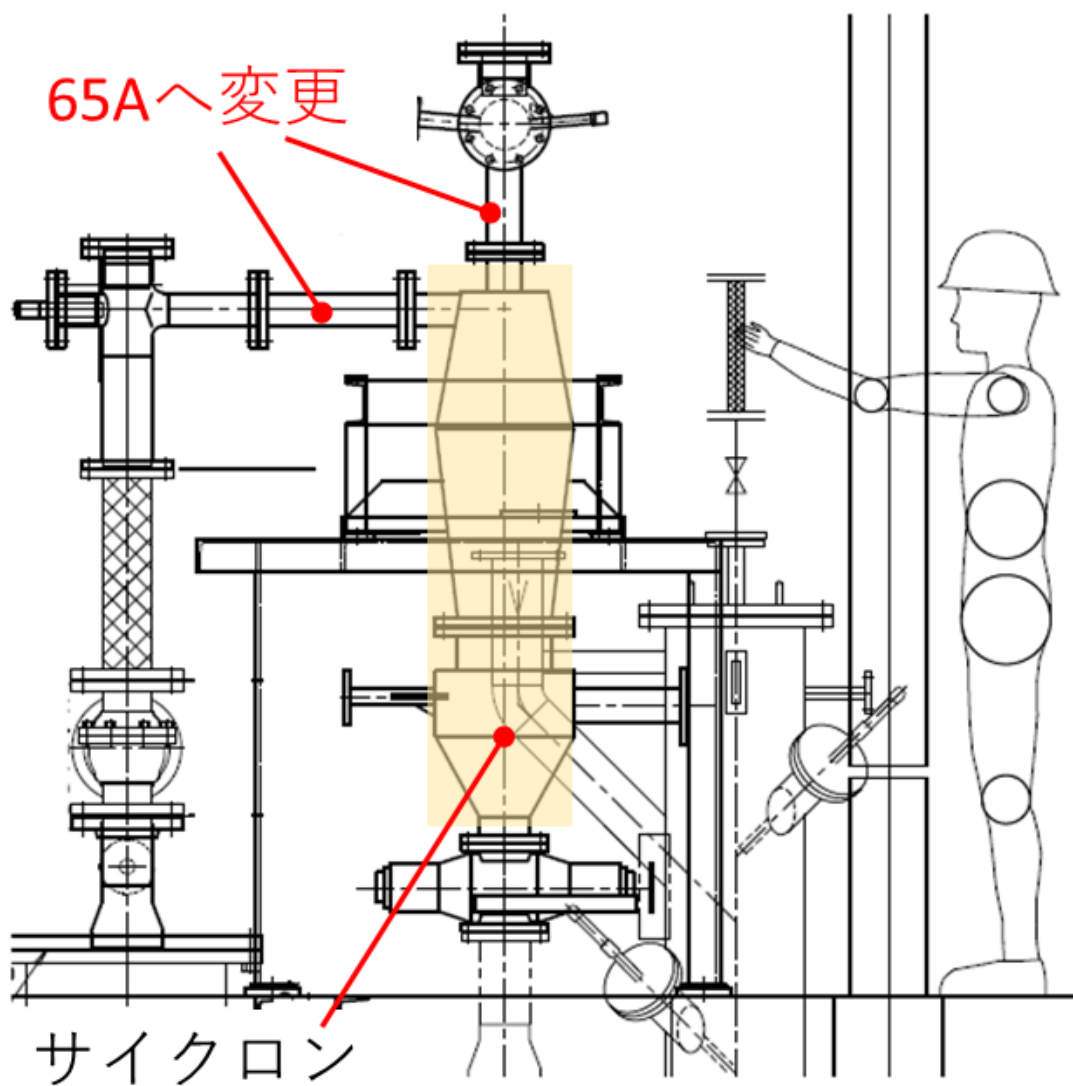


図 5-2-21 改造後のサイクロン廻り配管図

5.3 本システムで想定される維持管理、補修方法、安全運転対策の検討

本システムの連続運転時に発生する維持管理、補修作業について、安全に配慮した操作要領書を作成した。主要な維持管理、補修作業について、作成した定常時操作要領書を図5-3-1～5-3-3に示す。

3-3 熱分解ガス化改質炉系統 定常時操作要領書				
No.	操作内容	操作場所	確認事項・その他	必要物品
3-3-1-2	焼却灰・チャーの排出			
	<p style="text-align: center;">サイクロン下 チャー入りドラム缶 高さ測定</p> <p>(1) 必要物品を用意する</p> <p>(2) ハンドリフトを上げ、枕木を除ける</p> <p>(3) ドラム缶の蓋の留め具を外す</p> <p>(4) 中制にサイクロン下ドラム缶の高さ確認する旨を伝え、サイクロン入口のロータリーバルブを締めてもらう</p> <p>(5) ハンドリフトを下げ、ドラム缶の高さを下げた後、半分ほど引き寄せる</p> <p>(6) 1人が舞う粉塵を掃除機で吸い、もう1人が木とものさしで高さ測定する</p> <p>(7) 測定後、ハンドリフトを上げ、ドラム缶を戻す</p> <p>(8) 中制にサイクロン下のドラム缶の高さ確認が完了した旨を伝え、サイクロン入口のロータリーバルブを開けてもらう</p> <p>(9) ドラム缶の蓋の留め具を付ける</p> <p>(10) ドラム缶の下に枕木を挟み、ハンドリフトを下げる</p>	サイクロンシュート下ドラム缶場所	<p>作業者:2名、作業時間:1分 排出量次第だが目安は5時間に1回</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・防護防毒マスク ・保護メガネ ・ガス検知器 ・掃除機 ・ハンドリフト1台 ・定規 ・木 ・カッターorマイナスドライバー (ドラム缶交換時、蓋が開かない時にこじ開ける用)
	<p style="text-align: center;">サイクロン下 チャー入りドラム缶 交換</p> <p>(1) 必要物品を用意する(作業場付近にガス検知器を設置しておく)</p> <p>(2) 交換する空のドラム缶をサイクロン付近まで移動させ、蓋を開けておく</p> <p>(3) ドラム缶上をハンマリングしてシュート部のチャーを落としきる</p> <p>(4) ハンドリフトを上げ、枕木を除ける</p> <p>(5) 備え付けのドラム缶の蓋の留め具を外す</p> <p>(6) 中制にサイクロン下ドラム缶を交換する旨を伝え、サイクロン入口のロータリーバルブを締めてもらう</p> <p>(7) ハンドリフトを下げ、ドラム缶の高さを下げた後、手元に引き寄せる</p> <p>(8) ドラム缶をハンドリフトから下ろし、空のドラム缶をセットする</p> <p>(9) 付ける位置に戻し、ハンドリフトを上げ、ドラム缶を戻す</p> <p>(10) 中制にサイクロン下のドラム缶の交換が完了した旨を伝え、サイクロン入口のロータリーバルブを開けてもらう</p> <p>(11) ドラム缶の蓋の留め具を付ける</p> <p>(12) ドラム缶の下に枕木を挟み、ハンドリフトを下げる</p>	サイクロンシュート下ドラム缶場所	<p>作業者:2名、作業時間:1分 排出量次第だが目安は10時間に1回程</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・防護防毒マスク ・保護メガネ ・ガス検知器 ・ハンドリフト1台 ・空ドラム缶 ・カッターorマイナスドライバー (ドラム缶交換時、蓋が開かない時にこじ開ける用)

図 5-3-1 定常時操作要領書(ドラム缶の交換)

3-3 熱分解ガス化改質炉系統 定常時操作要領書				
No.	操作内容	操作場所	確認事項・その他	必要物品
3-3-1-2	<p>焼却灰・チャーの排出</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: yellow;">熱風発生炉 焼却灰回収ボックス 焼却灰排出</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 必要物品を用意する (2) 作業前に、回収ボックス扉周辺を掃除機できれいにする (3) ゲートハンドルのタップ棒にグリスをスプレーしてすべりをよくする (4) ゲートのガイド棒についているプラグを開け、エアガンを入れてばいじんを除去する (5) 2人で各レンチで左右の扉のボルトを外す、1本だけ緩めて残しておく (6) 準備出来次第中割へ連絡し、チャー供給CVを逆転してもらう。 (7) 扉上のゲートバルブをハンドルを回して開める、同時に2人でゲートの両サイドをブラハンで叩いて、ゲートが入りやすくする (8) 回収ボックスの横の点検窓から除いて、熱風発生炉の光が漏れていないか(ゲートが完全にしまっているか)を確認する (9) 開けるほうの扉の下に、回収用の灰受けバットを設置する (10) 扉の最後の1本のボルトを外し、扉を開ける (11) 耐火装備をした作業者が灰かき棒を用いて、極力灰が舞わないようにゆっくりかきだす (12) かきだし終わったら、扉を閉める (13) 灰受けバット上の灰を灰かき棒を使って手前側に寄せる (14) もう片方の扉も同様の流れで灰をかきだす (15) 扉のボルトを付ける前に、エアガンでボルト穴をきれいにする (16) シノで扉を持ち上げながらボルトを入れる(無理やりボルトを入れないこと) (17) 各レンチを用いて本締めする (18) ゲートバルブをハンドルを回して開ける (19) 灰受けバットの中に、極力灰が舞わないように水を掛けて、全体的に湿るように混ぜる。 (20) (19)を何度か行った後、数時間置き、灰が冷え切ったらドラム缶に移す。 </div> <p style="color: red; margin-top: 10px;">注意事項：観音扉のボルトは、開閉共にインパクトは使用せず、全て各レンチを用いて手締めをすること。 ※手締めで締めづらい場合、無理に締めるのではなく、締まるまででよい。 (ボルトまたは穴の破損を防ぐため。)</p>	現場	<p>作業者:3名、作業時間:30分 排出量次第だが目安は24時間に1回程度</p>    <p style="text-align: center;">↑ 使用工具の一部参照</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・防護防毒マスク ・ガス検知器 ・掃除機 ・ラチェット 2本 ・モンキーレンチ[四角プラグ(ねじ込み継手)用] ・パイレン ・メガネレンチ、オープンレンチ 19サイズ ・投光器 ・シノ 2本 ・ボルト入れ ・プラスチックハンマー 2本 ・エアガン ・灰受けバット(SUS製) ・灰かき棒 ・耐火前掛けor足掛け、耐火手袋、フェイスシールド (灰かきだし作業者のみ)下の写真 ・水バケツ ・大ひしゃく ・モリブデンگریース 

図 5-3-2 定常時操作要領書(焼却灰改修ボックス 焼却灰排出)

3-5 排ガス処理系統 定常時操作要領書				
No.	操作内容	操作場所	確認事項・その他	必要物品
3-5-1-2	焼却灰・チャーの排出 ろ過式集じん機(バグ)下灰入りドラム缶 交換 (1) 必要物品を用意する(作業場付近にガス検知器を設置しておく) (2) 交換する空のドラム缶をバグ付近まで移動させ、蓋を開けておく (3) バグ下のドラム缶をハンドリフトで受ける (4) バグ下のドラム缶の蓋の留め具を外す (5) バグ下のドラム缶の下にある枕木を取り外す (6) 中割にバグ下のドラム缶を交換する旨を伝え、ろ過式集じん機制御盤を遠方自動から手元手動に切り替える (7) ろ過式集じん機制御盤でロータリースレーバを止めてからロータリーバルブを止める。 (8) (7)の作業で停止を確認した後、ドラム缶の中の粉じんの飛散が収まるまで1分程度待つ (9) 飛散が収まったらハンドリフトを下げ、ドラム缶の高さを下げた後、手元に引き寄せる (10) ドラム缶をハンドリフトから下ろし、空のドラム缶をのせる (11) バグ下の所定位置に戻し、ハンドリフトを上げ、ドラム缶を装着する (12) ろ過式集じん機制御盤でロータリーバルブ、ロータリースレーバの順に起動する。 (13) 中割にバグ下のドラム缶の交換が完了した旨を伝え、ろ過式集じん機制御盤を手元手動から遠方自動に切り替える (14) ドラム缶の蓋の留め具を付ける (15) ドラム缶の下に枕木を入れ、ハンドリフトを下げる (16) ドラム缶交換後、回収したドラム缶の重さを計る	(6)、(7)、(12)、(13) ろ過式集じん機制御盤	作業者:2名、作業時間:30分 ※制御盤を操作する際は逐一中割に報告する ろ過式集じん機制御盤	・防護防毒マスク ・保護メガネ ・ガス検知器 ・ハンドリフト1台 ・タイベック ・重量計

図 5-3-3 定常時操作要領書(ろ過式集じん器下ドラム缶交換)

5.4 AI等を用いた自動運転、遠隔監視等の省力、省人化の検討

熱分解ガス化改質炉を含む廃棄物処理システムにおいては、ごみの処理方法は異なるものの、プロセス上従来のストーカ式焼却炉を採用したプラントと機能・仕様が共通する機器も多く存在する。そこで、まず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熱分解ガス化改質炉への適用による省力、省人化を検討する。

5.4.1 無線操作機能の活用

従来のごみ焼却施設⁵⁻¹⁾では、図 5-4-1 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、近年弊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 5-4-2 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、建設時のインシヤ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ほか、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になったところが、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。

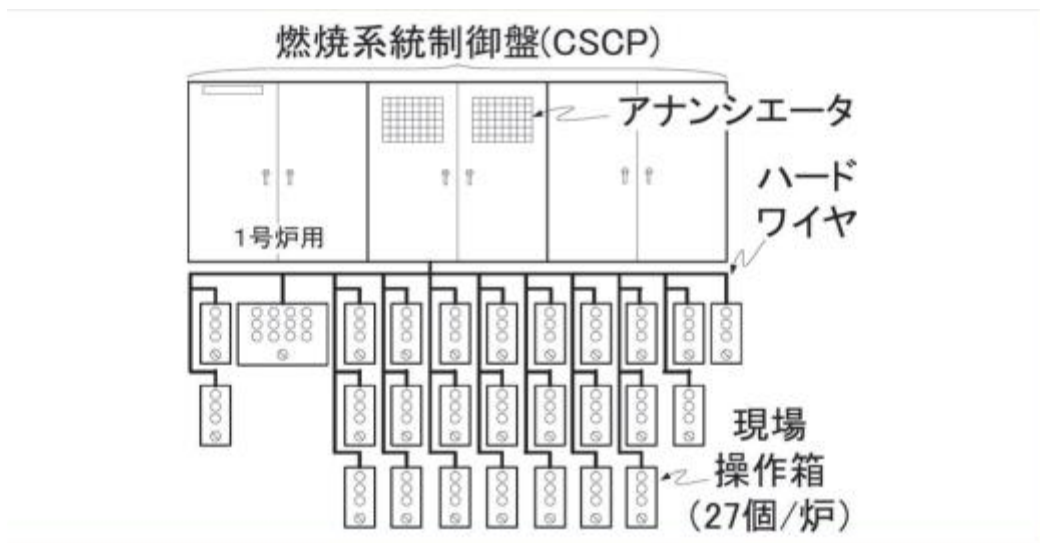


図 5-4-1 従来の燃焼制御装置構成

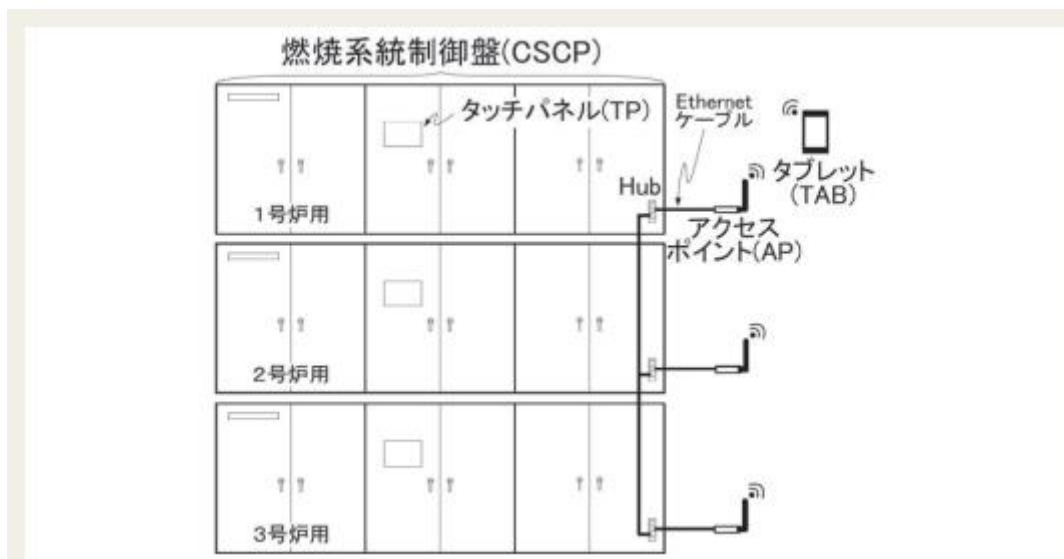


図 5-4-2 スマート燃焼制御装置構成

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 5-4-3 に示す。

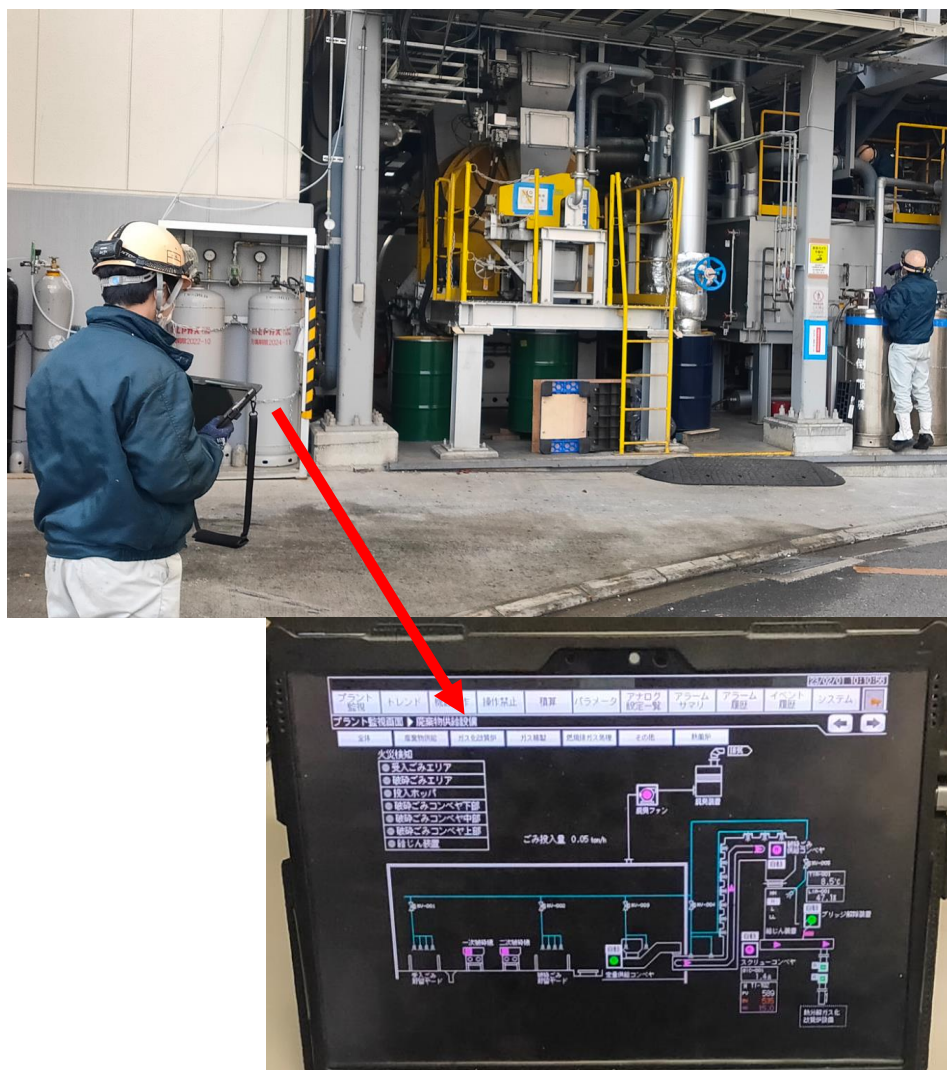


図 5-4-3 タブレット PC を用いた運転操作

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 10 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 5-4-4、図 5-4-5 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に設置を行った。これにより、本実証試験が初めての運転員の現場作業をフォローできるようになった。



図 5-4-4 Wi-fi カメラの設置状況



図 5-4-5 中央制御室での監視状況

5.4.2 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ー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マン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。

第6章 事業化計画の策定

本章では、実機プラントの市場展開へ向けた事業化計画の策定における、今年度の業務内容について記載する。

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、導入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、前年度実施したヒアリングでそれ以上の規模の施設につい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。また、現状の一般廃棄物処理施設の稼働年数は30~40年であることから、運転開始から35年を迎える施設を建替え時期として、調査を行った。

2022年度から2030年度に運転開始から35年を迎える40 t(日・炉)以下の施設数を図6-1-1に示す。なお、本検討では運転開始後35年未満での廃炉や建替えの施設数については考慮していない。

図6-1-1より、2022年度に35年を経過する施設が多く、45件以上となったが、2024年以降は10件前後の施設が対象となることが分かった。

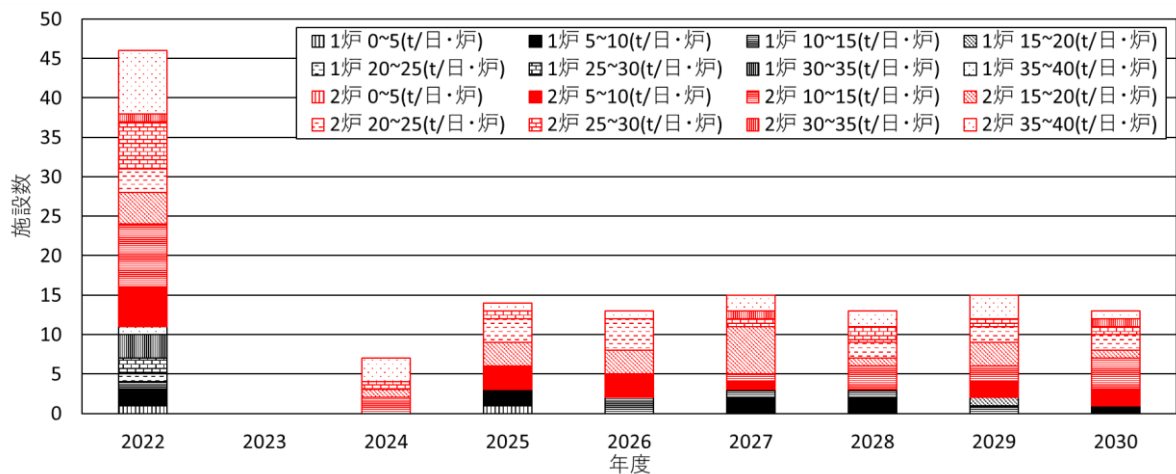


図6-1-1 導入対象となる施設数

6.2 実機規模での施設計画

実機規模での施設計画にあたり、処理量 20t/d と 50t/d の 2 ケースについて施設計画を行った。なお、どちらも基本フローとしては同様である。

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、各部に熱交換器を追加し熱回収を行うことでプラント全体のエネルギー効率を向上させるよう検討した。作成した基本フローシートを図 6-2-1 に示す。実証試験のフローから追加となった主要設備の用途について以下に記載する。

1) 各部灰出し用ダブルダンパ

実証試験においては、一部ロータリーバルブを使用していたが整備性・シール性を考慮しダブルダンパ方式を採用した。

2) 廃熱回収ボイラ・蒸気過熱器

キルン出口の熱風より熱回収を行い、熱分解ガス化改質炉に入れる蒸気を生成するため、廃熱回収ボイラを用いた。また、実証試験では飽和蒸気を過熱状態とするために蒸気ヒーターを使用していたが、キルン出口加熱ガスの熱量を有効活用するため、ボイラ後段に過熱器を追加した。

3) 各部空気予熱器

熱風炉に流入する空気予熱のため、3 基の空気予熱器を追加した。それぞれ、ボイラ出口ガス、ガスエンジン出口ガス、チャー貯留槽内の熱分解ガスを熱源として、熱風炉に入る空気を予熱する役割を持っている。また、ガス精製装置入口ガス温度低下を抑制するため、GAH 1・2 出口ガスをサイクロン出口煙道の外側に通す二重管構造とした。

4) オイルスクラバー

ガス中のタール分を除去するため、オイルスクラバーを追加した。

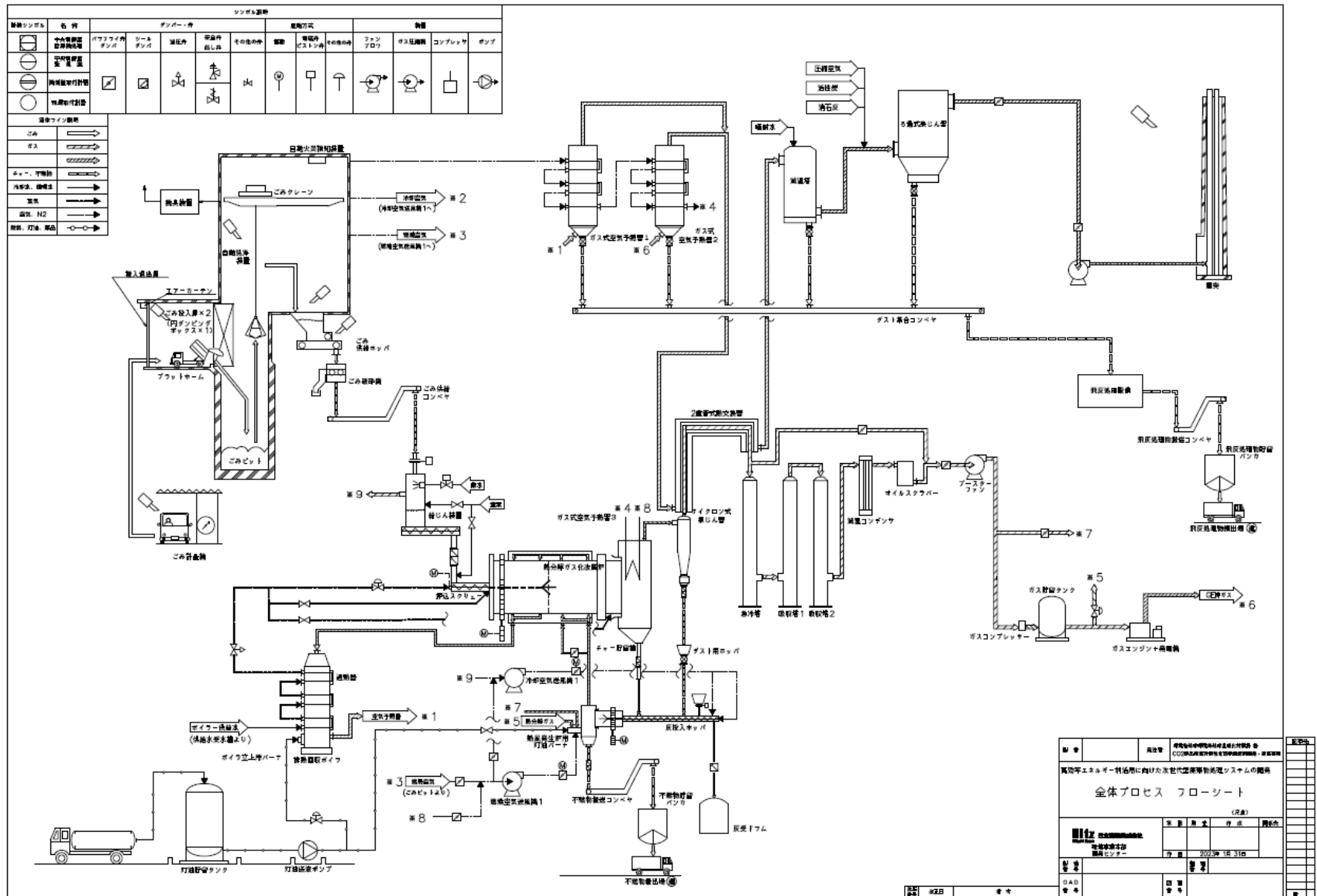


図 6-2-1 基本フローシート

6.2.2 実機規模施設の物質収支

処理量 20t/d と 50t/d の 2 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)。また、実機での運転の際は、熱風炉の熱源をチャー及び熱分解ガスの燃焼反応により確保するが、場合によっては熱分解ガスを熱風炉へ送れない場合や、熱分解ガスが不足する事態も想定されることから、熱風炉の必要熱量をチャー+熱分解ガスのみで賄う通常運転時と、熱量をチャー+灯油バーナーにより賄う非常運転時の 2 ケースに分けて物質収支を作成した。

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	三成分	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
	組成	元素組成	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。各設備仕様および物質収支計算書に基づき、20t/d、50t/d 規模の施設を 2 炉構成の条件にて建設コストの試算を行った。本検討では、土木建築工事は顧客要求や建設場所により費用が大きく異なるため、水噴射炉の施設と比較が可能である機械設備工事について算出した。試算結果を表 6-3-2 に示す。また、同規模における水噴射炉の建設コストの想定金額を表 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 熱分解ガス化改質炉の建設コスト(機械設備工事)の試算結果

項目	金額(千円)	
	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
建設コスト(機械設備)	3,520,000	6,300,000

表 6-3-3 水噴射炉の建設コスト(機械設備工事)の想定金額

項目	金額(千円)	
	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
建設コスト(機械設備)	2,000,000	3,500,000

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、期間は DBO 方式の事業入札における一般的な運営期間である 20 年間に設定した。人件費については、既存の全連続式焼却施設と同程度の人数が必要になるとの想定で試算した。施設規模が変わっても、要する人数は変わらないため 20t/d および 50t/d は同額である。用役費については、物質収支計算に基づき、排ガス処理および飛灰処理の薬剤、補助燃料について試算した。補修費については、6.3.1 の建設コストを基に、機械設備の補修費を試算した。結果を表 6-3-4 に示す。また、同規模の水噴射炉におけるランニングコストの想定金額を表 6-3-5 に示す。

表 6-3-4 熱分解ガス化改質炉の 20 年間のランニングコストの試算結果

項目	金額(千円/20 年)	
	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
施設規模	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
人件費	4,200,000	4,200,000
用役費(薬剤・燃料)	118,500	296,400
補修費	1,080,000	1,980,000

表 6-3-5 水噴射炉のランニングコストの想定金額

項目	金額(千円/20 年)	
	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
施設規模	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
人件費	4,200,000	4,200,000
用役費(薬剤・燃料)	94,800	163,000
補修費	700,800	1,440,000

6.3.3 同規模の水噴射炉とのコスト比較結果

6.3.2 までの結果より、建設コストおよびランニングコストの両方における熱分解ガス化改質炉と水噴射炉のコスト差を表 6-3-6 に示す。その結果、建設コストおよびランニングコスト合わせて、熱分解ガス化改質炉の導入により 20t/d 規模で約 19 億円、50t/d 規模で約 34 億円のコスト増加となった。一方、熱分解ガス化改質炉の導入により、発電による売電収入が運転期間中に見込めることとなる。物質収支計算による発電量に基づき、20 年間で見込める売電収入を考慮した場合のコスト差を表 6-3-7 に示す。現状では、売電収入を考慮した場合においても、20t/d 規模で約 6 億円、50t/d 規模で約 3 億円のコスト増加が想定される結果となった。

表 6-3-6 熱分解ガス化改質炉と水噴射炉のコスト差

項目	金額(千円)	
	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
建設コスト	1,520,000	2,800,000
ランニングコスト(20 年)	402,900	673,400
合計	1,922,900	3,473,400

表 6-3-7 売電収入を考慮した熱分解ガス化改質炉と水噴射炉のコスト差

項目	金額(千円)	
	20t/d×2 炉	50t/d×2 炉
建設・ランニングコストの差	1,922,900	3,473,400
売電収入(20 年間)	-1,264,200	-3,160,500
合計	658,700	312,900

6.4 市場展開への課題検討・対策立案

市場展開への課題を把握するため、仮想顧客となる自治体、技術認証の認証機関である全国都市清掃会議へのヒアリングを行った。その打合せ内容を図 6-4-1、図 6-4-2 に示す。

2023年2月28日

出張報告書

ヒアリング先	A市	承認	照査	作成
ヒアリング日時	2023年2月24日 11:00~12:00			
出席者 (ヒアリング先)	環境対策課 B課長補佐 〇〇クリーンセンター C所長			
出席者(Hitz)	環境事業本部大阪営業部 音川、開発センター 平間			
その他	クリーンセンター13.5t/8h×2 炉(27t/日) 設備仕様は、機械パッチ燃焼式焼却炉(ストーカ式)、カス冷却方式水噴射式、有害ガス除去装置+バグフィルタ、クローズドシステム(無放流)			
内容				
<p>1. 説明内容 環境省委託事業「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」の①事業概要、②本開発が目指す姿を説明して、自治体様からご意見をいただいた。</p> <p>2. 意見交換</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市:何年頃から市場展開する予定なのか。 ・Hitz:最も早いケースで2025年度に営業展開を進める予定です。 ・市:15年ほど前に近隣自治体でガス化溶融炉を導入したが、本システムと何が違うのか。 ・Hitz:ガス化溶融炉は約1400℃の高温で灰を溶かしてスラグにすることを目的としたシステムです。1400℃という高温に昇温するために、ごみの持っている大部分のエネルギーを消費するので、使用できる可燃ガスはほとんどありません。本システムは、ごみを燃やさずにガスに変換して利用することを目的としたシステムであり、ごみを約800℃で処理(熱分解ガス化+ガス改質)して、より多くの可燃ガスを利用できるシステムです。 ・市:キルン炉は内部の摩耗が気になるがどのような状況か。 ・Hitz:現時点ではほとんど摩耗していません。今後も経過観察する予定です。 ・市:熱風炉から出てくるものは何か。 ・Hitz:排出されるものは99%以上がごみに含まれていた不燃分であり、未燃分は0.1%以下です。 ・市:小さな自治体であり、建設面も含めてコストが重要になる。 ・Hitz:拝承 ・市:特にランニングコストが重要になる。 ・Hitz:拝承 ・市:現施設は、施設規模で40t/d程度であるが、昼間だけの運転であり20t/dも処理していない。 ・Hitz:拝承 ・市:小さな自治体の選択肢が増えるのは良いことと思う。 ・Hitz:拝承 ・市:現在の実証施設の今後の用途は。 ・Hitz:委託事業終了後の実証施設の用途は未定です。 ・市:移設して実証する予定は無いのか。 小さな自治体にとっては、ごみ処理負担は大きな割合を占めるので、使えるものは何でも使いたいという思いもある。 ただし、実証期間中の運転、メンテナンス等の費用はHitz負担のイメージである。 ・Hitz:現在点では2023年度中に実証試験を完了するつもりで計画を進める。 ・市:建設費が高騰しているようだが最終的に幾らになるのが重要である。 ・Hitz:拝承 具体的なコストが見えて来た時点でご相談させて下さい。 <p style="text-align: right;">(以上)</p>				

図 6-4-1 自治体ヒアリング 打合内容

2022年12月5日

出張報告書

ヒアリング先	公益社団法人 全国都市清掃会議	承認	照査	作成
ヒアリング日時	2022年12月5日(月)			
出席者 (ヒアリング先)	公益社団法人 全国都市清掃会議 〇〇、〇〇、〇〇			
出席者 (Hitz)	日立造船(株) 環境事業本部 水上、伴、平間			
その他				
内容				
<p>1. 説明内容 環境省委託事業「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」の①事業概要、②本開発が目指す姿を説明して、形式認定の手続きをご教示いただいた。</p> <p>2. 意見交換</p> <ul style="list-style-type: none"> ・久しぶりの技術認証のため、全都清内でも詳細な手順を確認する。 ・メーカーの営業、建設等の事業活動において技術認証は必須ではなく、性能指針の要件を満たせば、メーカー側の受注活動は可能である。 ・自治体に対する訴求力を高めるために、技術認証の取得を目指すことは否定しない。 ・事前相談は必須ではなく、性能確認条件に定める試験運転時間を完了後に申請を受け付ける。 ・必要書類を添付して事務局へ申込書を提出してもらえば、技術委員会によるヒアリングを実施し、審査をするかどうかを判断する。 (審査前に断る可能性もある。) ・既存の海外技術の導入とは異なり、実証中の新技術の場合はハードルがあがる。 既存技術と比較しての優位性、制御方法、安全対策、これまでのガス化改質炉と比較して何が差別化されているかなどが問われるだろう。 技術認定後にトラブルが生じると全都清としても困る。特にキルン構造であれば過去のキルン炉との差別化(ガス漏洩対策他)が必要となるだろう。 ・試験手数料は、委員の旅費等を除き500万円(税抜)のイメージである。 <p style="text-align: right;">(以上)</p>				

図 6-4-2 全国都市清掃会議 打合内容

また、6.3の試算結果を基にし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低減を提供でき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採算がとれることが重要である。今回の売電収入の試算においては、本年度の実証運転より得られたデータを基に検討した数値を使用した。実証運転を開始した本年度では装置の信頼性・安定性の向上に注力して装置改造や最適化を行っ

てきたため、実機展開に向けた効率の向上には更なる運転時間の延長とデータの蓄積を行い最適化していくことが重要である。

2) 売電の固定価格買取制度(FIT 制度)の変動

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。

第7章 検討会の開催

R4年度の検討会を下記要領で開催した。

7.1 R4年度第1回検討会

R4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4年度 第1回検討会
- ・日時 : 令和4年7月4日(月) 13:00～14:30
- ・形式 : オンライン会議
- ・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、北垣係長、高橋様
 - 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、杉村、水関、寺本、伴
 - 実施協力者 : 大阪市環境局 環境施策部環境施策課 楠田課長代理、中村係長、林様
大阪広域環境施設組合 施設管理課 山本課長代理、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 7-1-1 のとおりである。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録(1/3)

項目番号	発言者	打合内容
1		開会
	日立造船	R4 年度の検討会を開会した。
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		R4 年度 委託業務の進捗状況のご報告
	日立造船	R4 年 6 月時点の進捗状況について、運転中の実証設備の動画を用いて説明した。
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について】
丹治 P0		Q：熱分解ガス化改質炉の最適化は、炉内の温度コントロールが達成できれば最適化できたということか。
日立造船		何を最適化の基準と考えているのか。
		A：現状は、各種データを蓄積しながら装置が問題なく稼働することを確認している段階であり、最適化には至っていない。 今後、システムへの入熱と発電効率のバランスが最適となるように、ごみの給じん量や炉の回転数、改質反応のための水蒸気量などの個別条件を調整する。
丹治 P0		Q：熱分解ガス中の窒素の混入は炉内への空気漏れ込みではなく、ごみ由来で供給量に応じて増減しているのではないか。また、漏れ込み空気の場合は、0 にする必要はあるのか、それとも許容量があるのか。
日立造船		A：漏れ込み空気が多いと、可燃ガスの LHV が低くなる等の課題が発生するために、極力少なくなることを検討したい。 漏れ込み空気量としては約 10%以下を目指したい。
丹治 P0		Q：炉内の温度域的にダイオキシンの発生が考えられるが、チャーや灰にダイオキシンが含まれているか。
日立造船		A：分析の結果、灰中に多少は含有していることを確認しており、実証設備では適切に産廃処理している。 炉内に空気が無い状況下の熱分解ガス化反応なのでダイオキシン類の発生は少ないと考えているが、漏れ込み空気による部分酸化等の影響もあるので漏れ込み空気量を削減したい。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録(2/3)

項目 番号	発言者	打合内容
	環境省 高橋担当 日立造船	Q: 立上げ時における熱分解ガス化改質炉の出口温度が入口温度や中央温度に比べて低い理由は何か。 A: 添付資料のデータは、炉出口の温度計を仮設の物に交換していた際の運転データのために低い数値となっている。 現状は正式な温度計へ復旧済みである。
	村木 P0 日立造船	Q: 運転中にごみの給じんを停止／運転で繰り返しているが、実証設備は 2ton/日の処理能力はあるのか。 A: 当初の運転は給じん量を 83kg/h (1.38kg/m) 固定で運転していたが、炉内温度変化が激しいために、手動で停止／運転を繰り返して因果関係を分析していた。 それらのデータを基に熱分解ガス化改質炉の内部温度が一定になるように、自動制御をかけて運転を行っている。
	小林教授 日立造船	Q: 排出されるチャーの量が少ない印象であるが理由はあるか。 A: 現状では総運転時間が短いため、炉内部の熱媒体となるチャーや不燃物が炉内に十分に溜まっていない状況である。 実証運転毎に様子を見ながら、炉内に珪砂等を充填して熱媒体の代わりとしている。運転時間を延ばしていく中で経過観察する。
	村木 P0 日立造船	Q: 運転時間は 5hr 程度で定常にならないのではないかと。 A: ご指摘の通り、5hr 運転では定常になっていないと考えている。 工程より前倒しで運転時間を延ばしていくことにより、定常運転でのデータ取りができるように進めている。
【ガス精製装置について】		
	小林教授 日立造船	Q: ガス精製の方法について、湿式法を採用しているが、乾式法や活性炭吸着は検討していないのか。タールに対しては活性炭吸着も有効と考える。 A: 現状、湿式法以外は検討していない。以前に行っていたベンチ試験装置において効果を確認したシステムと同様のシステムである。
【実機展開、事業化計画について】		
	丹治 P0 日立造船	Q: 実証試験の終了後、次の展開となる 20t/日規模は実機規模となるのか。 A: 実機規模である。初期の顧客は、水噴射炉などの発電設備を設けていない小規模な廃棄物処理施設を持つ自治体を予定している。
	森下 P0 日立造船	Q: 実機規模の建設コスト、ランニングコストの試算は、排水処理や灰処理、建屋の有無など事業全体に必要なコストを考慮して試算するのか。 A: その予定である。
	森下 P0 日立造船	C: 自治体へのヒアリングは、具体的に施設の更新時期が近付いている自治体に対して行うこと。また、本設備を導入するための課題についても具体的に確認すること。
	環境省	A: 拝承。
	日垣課長補佐	C: 自治体への説明には、もっとシンプルで理解しやすい資料を作成した方がよい。また、自治体が導入しやすいように補助金の対象とする流れにしていきたい。
	日立造船	A: 拝承。

表 7-1-1 第 1 回検討会議事録 (3/3)

5	P O、環境省担当官 ご講評	
項目 番号	発言者	打合内容
	丹治 P O	<ul style="list-style-type: none"> ・実証に関する技術および状況等を説明頂き感謝する。 中小の都市における本設備の事業化を目指して引き続き進めていただきたい。
	大阪市 楠田課長代理	<ul style="list-style-type: none"> ・順調に事業を進めて頂き感謝する。 仕様書について、工程表の項目が 4 項目しか記載されていないため、本文と同様に 5 項目に修正いただきたい。
	大阪広域環境施設組合 山本課長代理	<ul style="list-style-type: none"> ・順調に事業を進めて頂き感謝する。 今後、連続運転時間を延ばしていくにあたり、暑くなる時期のため、事故の無いように引き続き安全に注意して進めていただきたい。
	小林教授	<ul style="list-style-type: none"> ・順調に事業を進めて頂き感謝する。 今後は、エネルギーバランスを意識して、冷ガス効率および発電効率を高められるように、さらに前倒しで進めていただきたい。
	環境省 北垣係長	<ul style="list-style-type: none"> ・順調に事業を進めて頂き感謝する。 小規模な自治体に対し、焼却炉以外の新たな選択肢を提供できることを期待している。引き続き安全に注意して進めていただきたい。
	日立造船 大地開発センター長	<ul style="list-style-type: none"> ・本日長時間にわたって、議論、ご助言頂き感謝申し上げます。 ・引き続き、安全第一とし、これからの季節は熱中症にも特に注意しながら事業を進めていく所存である。
6	連絡事項	
	<ul style="list-style-type: none"> ・第 2 回検討会は大阪の実証現場にて、現地視察と併せて開催する。 	
7	閉会挨拶	
	日立造船	検討会を閉会した。

7.2 R4 年度第 2 回検討会

R4 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 4 年度 第 2 回検討会
- ・日時 : 令和 5 年 2 月 6 日(月) 14:00～16:00
- ・形式 : オンライン会議
- ・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、北垣係長、高橋様
 - 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、水関、寺本、伊藤
 - 実施協力者 : 大阪市環境局 環境施策部環境施策課 中村様
大阪広域環境施設組合 施設管理課 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 (1/3)

項目番号	発言者	打合内容
1		開会
	日立造船	R4 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		R4 年度 委託業務の進捗状況のご報告
	日立造船	R5 年 1 月末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)
	小林教授 日立造船	Q: 廃棄物から得られる熱分解ガスの LHV および組成はどの程度振れ幅があるのか。また、何が起因して組成や LHV が変動しているのか。 A: 安定的な長期連続運転を行わなければ各種データも有効とは言えないため、運転時間を延ばすことを最優先で実施してきた。12 月末頃から 10 日運転が可能となり、本格的にデータ採取を行っている。現状では、冷ガス効率は 70%程度であり、より効率が高くなる熱分解ガス化改質炉の回転数や温度のパラメータを確立していく段階である。
	丹治 P0 日立造船	Q: ごみの自動給じんのパラメータは何を用いているのか。 A: 熱分解ガス化改質炉の中央温度が一定となるよう制御している。給じんを ON/OFF 制御ではなく、供給量を細かく制御することで温度を一定としている。
	丹治 P0 日立造船	Q: 給じん量の制御は人を介さずに行っているのか。 A: PID 制御で行っている。
	丹治 P0 日立造船	Q: ガス精製装置の入口温度が 300℃~400℃のため、ダイオキシン類が発生しやすい条件と考えられるが、分析を行っているか。 A: 排出されるチャーおよび灰を分析しており、熱分解ガス化改質炉の直後の集じん器ではほとんど含有していないことを確認している。それ以外の一部箇所では多少含有しているが、炉内は還元雰囲気のためダイオキシン類の発生は少ないと考えており、発生源については今後の運転を通じて確認していく予定である。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (2/3)

項目 番号	発言者	打合内容
	丹治 P0	Q: 熱分解ガス中にアンモニアが含まれているが、通常のごみ焼却施設でも同程度発生するのか。
	日立造船	A: 通常の焼却処理ではあまり発生しない。ガス化炉特有のものと考えている。
	村木 P0	Q: 調整ごみを用いた試験において、厨芥のハンドリング面の課題とは何か。
	日立造船	A: 装置面の課題ではない。一般廃棄物等の厨芥の調達先や、廃棄物を舞洲工場への輸送することに課題があるため、衣類を用いた試験とした。
	村木 P0	Q: ガス精製装置について、オイルスクラバーにより有害成分の除去率 99%は達成可能か。
	日立造船	A: 有害成分の中でタールが一番問題と考えている。タールがオイルに溶け込むことにより、除去率は向上すると考えている。
	村木 P0	Q: リフターを設置したことにより、充填物の滞留時間が変わることはないか。
	日立造船	A: 炉内部の循環流動媒体の量をコントロールする方法として、リフターが効果的であると検証した。リフターは形状および個数を変更した数種類にて試験を実施し、最適な形状を設置している。
	村木 P0	Q: 実機規模のフロー見直しとは、どのような内容か。
	日立造船	A: 処理規模の変更等ではない。実証運転を通じて得られた知見より、安定運転を可能とするアイデアやエネルギー効率を上げるためのアイデアを反映している。
	村木 P0	C: 仕様書の各項目について、検討会時点での進捗率を示すこと。
	日立造船	A: 拝承。中間評価の概要資料を修正して再提出する。
	丹治 P0	C: 仕様書の実施内容に最適化とあるが、具体的な実施内容は何か。
	日立造船	A: 工程表に記載のとおり、データ採取、評価、装置、システム改良、内部点検等を実施している。評価成果報告書ではデータや写真を含め具体的に記載する。
	環境省	Q: 熱分解ガスはどのような組成か。また活用先はどう考えているか。
	日立造船	A: ガス組成は H ₂ :20%、CO:15%、CH ₄ :10%、HC:10%、CO ₂ :15%、N ₂ :30%が主な分析結果である。当初の計画ではガスエンジンにより発電し、FIT 制度を活用した売電事業を考えていた。しかし、近年の脱炭素化の流れを考慮すると、ガスのままによる活用や、ケミカルリサイクルなども可能性があると考えている。
	環境省	C: 発電以外の出口戦略を検討すること。
	日立造船	A: 拝承。

表 7-2-1 第 2 回検討会議事録 (3/3)

項目 番号	発言者	打合内容
	村木 P0 日立造船 村木 P0 日立造船	Q: 熱分解ガスの活用として、発電とケミカルリサイクルでは求められるガス質は異なるのか。 A: 活用先によって、求められるガス質は異なる。ケミカルリサイクルにおいても、生物処理か触媒処理などの処理方法によると考えている。 C: 来年度に調査すること。 A: 拝承。
5		P O、環境省担当官 ご講評
	大阪市 中村担当係 長 大阪広域環 境施設組合 原田担当係 長 小林教授 丹治 P0 環境省 日垣課長補 佐 日立造船 大地開発セ ンター長	<ul style="list-style-type: none"> ・ 順調に事業を進めて頂き感謝する。 廃棄物の搬入調整など引き続き協力していくので、進捗を期待している。 ・ 順調に事業を進めて頂き感謝する。 これまでも安全遵守で進めていただいているので、引き続きお願いする。 ・ 順調に事業を進めて頂き感謝する。 問題点は本実証にて洗い出し、スムーズに実機化できるよう引き続き進めていただきたい。 ・ 順調に事業を進めて頂き感謝する。 中小の自治体へエネルギー回収の道を示せると素晴らしい技術と期待しているので、引き続き進めていただきたい。 ・ 順調に事業を進めて頂き感謝する。 熱分解ガスの活用先など出口戦略は色々な可能性があるかと期待しているので、引き続き進めていただきたい。 ・ 本日長時間にわたって、議論、ご助言頂き感謝申し上げる。 ・ 引き続き、安全第一とし実証を進めていく所存である。
6		連絡事項
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 成果報告書の草案を 2 月末に国際環境研究協会、環境省へ提出する。 ・ R5 年度第 1 回検討会は実証地での開催を検討すること。
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4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
<p>熱分解ガス化改質炉の最適化 (第3章)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の一般廃棄物を用いて 2000 時間を超える実証運転を実施した。 ・ 熱分解ガス化改質炉内の圧力変動や温度変動、空気漏れ込みに対応する改造工事、運転条件検討を行い、安定処理が可能なシステム、装置を確立した。 ・ 3 成分（可燃分、水分、灰分）の異なるごみを用いて、運転状況やガス組成、タール濃度を検証した ・ 長時間運転後の炉本体の灰の付着や腐食状況を評価することで、高温熱分解処理条件に適した炉本体材質を検証した。
<p>ガス精製装置の最適化 (第4章)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般廃棄物の熱分解ガスを用いた 1000 時間を超える実証運転を実施した。 ・ タール析出による閉塞課題に対して、水噴霧の設置や温度制御を行うことで、安定処理が可能なシステムを立案および検証した。 ・ ガス精製装置の運転条件の最適化や改造工事を行うことで、熱分解ガスに含まれる有害成分（煤塵、タール、酸性ガス等）を 99%以上除去可能なシステムを立案および検証した。 ・ 実証試験の排水について有害成分の含有量を分析し、実機プラントを想定した排水処理フロー案を作成した。
<p>システム全体の最適化 (第5章)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 30 回の実証運転を行い、15 回目の運転で 24 時間連続運転を達成し、28 回目で 10 日間（240 時間）連続運転を達成した。 ・ 実証運転を通じて得られたデータを集約し、トラブル事例と対応策をまとめた。 ・ 連続運転時に発生する維持管理、補修作業について、安全に配慮した操作要領書を作成した。

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)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 本事業・技術の導入対象となる既設の水噴射炉と比較して、事業採算性の評価を行った。 ・ 自治体や全国都市清掃会議へのヒヤリングを行い、課題の抽出、対策検討を行った。

対外発表等の実績

- 日本経済新聞 1面（令和3年3月31日）
- 産業機械 No.861（令和4年7月20日）
- 日刊工業新聞 1面（令和4年8月3日）
- エンジニアリング・ネットワーク（ENN） vol.517（令和4年9月25日）
- The Waste management 新聞 1面広告（令和4年10月25日）
- 朝日放送テレビ ABC ニュース（令和4年11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)