

令和2年度環境省委託業務

令和2年度CO₂排出削減対策強化誘導型
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3年9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。

令和2年度は事業の初年度に相当し、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) 基本設計および詳細設計

ごみ質の情報や熱分解および改質の反応式を基に、各種反応温度、熱量等を設定し、熱分解ガス化改質炉内の温度分布、熱移動状況を計算し基本設計を行った。熱分解ガス化改質炉の仕様を決定した。

シール構造、煤塵分離方法、内部状況の確認方法、断熱材の施工方法、製造方法、分割方法について検討し、熱伸びや強度計算を実施し、詳細設計を行った。

2) 材質の選定

文献調査等から4種の候補材を選出し、高温腐食環境下における金属組織の変化や耐食性を、ラボ試験とシミュレーションを活用して検討し候補材を選定した。

3) ごみ質の変動への対応

ラボ試験および文献調査による検討結果を基に、低質、基準、高質の各ごみ質における熱分解ガス化改質炉内の温度分布を計算し、ごみ質が変動してもタール生成量を低減可能な操作条件について検討した。

4) 振る舞いの異なる一般廃棄物への対応

内部の循環流動媒体の粒子の挙動を数値解析により可視化し、想定される内部閉塞に対応するための構造をミニモデル作成により立案し、振る舞いの異なる一般廃棄物に対応するための形状、構造を検討した。

2. ガス精製設備の最適化

1) 運転条件の検討

ベンチ試験により、熱分解ガスに対する冷却水量や、循環水の pH 等について検討し、タールや HCl、SO_x などの物質の除去効果を評価した。

2) 基本設計および詳細設計

ベンチ試験の結果を踏まえ、一般廃棄物由来の熱分解ガスを適切に処理可能な実証試験設備におけるガス精製装置のプロセスを決定し、実証設備の基本設計および詳細設計を完了した。

3. システム全体の最適化

1) 基本設計および詳細設計

ベンチ試験装置における知見を基に、想定される問題および解決策を立案し、基本設計を完了した。またそれらの結果を基に詳細設計を完了した。

2) 安全性評価の実施

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として、複数の主要な設備を対象とした安全性評価（HAZOP）を実施し、本システムへの適用を検討した。

3) 各機器の手配および土工工事

各機器の手配を進め、土工工事を実施した。

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]

This project aims to develop a new urban waste treatment process, implement it in society, and reduce CO₂ emissions from energy sources and realize a carbon-free society. Specifically, we aim to develop a rotary kiln (pyrolysis gasification reformer) with a unique structure that contributes to highly efficient and versatile energy utilization by generating pyrolysis gas (hydrogen-rich flammable gas) from general waste. This will be demonstrated in the new pyrolysis gasification reforming system.

For the demonstration test conducted in this consignment project, we will design and construct a demonstration test facility for a pyrolysis gasification reforming system for general waste of local governments, and evaluate and verify its technical performance.

The second year of Reiwa corresponds to the first year of the project, and the main results are as follows:

1. Optimization of pyrolysis gasification reformer

1.1 Basic and detailed design

Based on the waste quality information and the reaction formulas for pyrolysis and reforming, various reaction temperatures and calories were set, and the temperature distribution and heat transfer status in the pyrolysis gasification reforming furnace were calculated, leading to the basic design. The specifications of the pyrolysis gasification reformer were determined.

The seal structure, soot and dust separation method, internal condition confirmation method, heat insulating material construction method, manufacturing method, and division method were examined, and heat elongation and strength were calculated, and a detailed design was achieved.

1.2 Material selection

Four types of candidate materials were selected from literature surveys, and the changes in the metal structure and corrosion resistance in a high-temperature corrosion environment were examined using

laboratory tests and simulations, and the candidate materials were selected.

1.3 Responding to fluctuations in waste quality

Based on the results of laboratory tests and literature surveys, the temperature distribution in the pyrolysis gasification reformer for low-, standard-, and high-quality waste was calculated, and the amount of tar produced was reduced even if the waste quality fluctuated. Possible operating conditions were also examined.

1.4 Dealing with general waste with different behavior

To visualize the behavior of particles in the internal circulating flow medium by numerical analysis, we devised a structure to deal with the assumed internal blockage by creating a mini model, and creating a shape and structure to deal with general waste with different behaviors investigated.

2. Optimization of gas refining equipment

2.1 Examination of operating conditions

Using a bench test, the amount of cooling water with respect to the pyrolysis gas and the pH of the circulating water were examined, and the effective removal of substances, such as tar, HCl, and SO_x, was evaluated.

2.2 Basic design and detailed design

Based on the results of the bench test, the capacity of the gas refinery process in the demonstration test facility to appropriately treat the pyrolysis gas derived from general waste was determined, and the basic and detailed design of the demonstration facility were completed.

3. System-wide optimization

3.1 Basic and detailed design

Based on the bench test equipment, we devised possible problems and solutions and completed the basic design. In addition, a detailed design was completed based on these results.

3.2 Implementation of safety evaluation

To study maintenance, repair methods, and safe driving measures assumed for this system, we conducted a safety evaluation (HAZOP) for multiple major facilities and examined its application to this system.

3.3 Arrangement of each equipment and civil engineering work

Arrangements for each device were established and civil engineering work was carried out.

[Keywords]

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

令和2年度 CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・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 技術開発検討会の開催	3
1.2.5 報告書の作成	4
1.2.6 技術開発・実証の目標設定	4
1.3 業務実施期間	7
1.4 成果物	7
1.5 著作権の扱い	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について	14
3.1.1 熱分解ガス化改質炉の構造	14
3.1.2 事前検討	16

3.2	基本設計	18
3.2.1	設計条件	18
3.2.2	基本設計結果	20
3.3	詳細設計	21
3.3.1	詳細構造	21
3.3.2	熱伸び	22
3.3.3	強度計算	22
3.3.4	メンテナンス性	22
3.3.5	分析口、分析座	22
3.3.6	組立図	23
3.4	熱分解ガス化改質炉本体の材質	25
3.4.1	熱分解ガス化改質炉の運転環境	25
3.4.2	供試鋼種の選定	25
3.4.3	試験方法	26
3.4.4	試験結果および考察	27
3.5	熱分解ガス化改質炉の基本数値	37
3.5.1	ごみの種類が熱分解改質生成物に与える影響	37
3.5.2	廃棄物の熱分解開始温度	39
3.5.3	ごみ質の影響を抑えるための操作方法	41
3.5.4	計算結果	42
3.6	熱分解ガス化改質炉の形状・構造	44
3.6.1	循環流動媒体の挙動解析	44
3.6.2	振る舞いの異なる廃棄物への対応	45
第4章	ガス精製設備の最適化	47
4.1	基本設計	47
4.1.1	事前検討	47
4.1.2	フローシート	50
4.1.3	物質収支	52
4.2	詳細設計	54
4.2.1	機器仕様	54
4.2.2	機器配置図	55
第5章	システム全体の最適化	58
5.1	事前検討	58
5.1.1	ベンチ試験装置における知見	58
5.1.2	各種プラント運転から想定される問題および対応策	58
5.2	基本設計	64

5.2.1	フローシート	64
5.2.2	物質収支	64
5.2.3	機器仕様	64
5.2.4	機器配置図	64
5.2.5	土建設計	64
5.3	詳細設計	77
5.3.1	各機器の選定・発注	77
5.3.2	配管系統図	77
5.3.3	配管装置図	77
5.3.4	電気制御機器の設計・選定・発注	77
5.3.5	計装品の選定・発注	77
5.3.6	点検歩廊敷設図	78
5.3.7	土建詳細設計・土工工事の実施	78
5.4	実証試験設備に対する安全性評価(HAZOP)の実施	87
5.4.1	安全性評価の手法	87
5.4.2	HAZOPについて	87
5.4.3	HAZOPの実施および結果	89
5.5	各種届出	98
第6章	技術開発検討会の開催	104
第7章	まとめ	110
	对外発表等の実績	113
	参考文献	114

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、BTG 発電の発電効率は施設の規模に依存するため、処理量 70t/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。
- ・熱分解ガス化改質炉は高効率で汎用性が高い。
- ・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・整備に当たっては、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

実証設備の基本設計および詳細設計を完了した。

熱分解ガス化改質炉本体の材質について調査、検討し、候補材を選定した。

ごみの種類や質、運転条件がタール生成に及ぼす影響を机上検討やラボ試験を実施することにより再確認し、ごみ質が変動してもタール生成量を低減可能な操作条件の検討を開始した。

振る舞いの異なる一般廃棄物を想定し、数値解析やミニモデルを活用して、熱分解ガス化改質炉の形状、構造等を見直した。

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、循環方法および溶媒(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

実証設備の基本設計および詳細設計を完了した。

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）を検討・設計して、設置・整備する。

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（2.0t/日）を実証、最適化する。

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。

また、ライフサイクルコストを試算し、社会実装に向けて本実証事業の成果を検証する。

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

ベンチ試験装置において得られた知見（トラブル、維持管理、補修方法、運転状況等）を整理、検討するとともに、HAZOP（Hazard and Operability Studies）を実施して、本システムへの適用を検討した。

実証設備の基本設計、詳細設計を完了し、各機器の手配を進めた。

土工事を実施した。

1.2.4 技術開発検討会の開催

業務の円滑な実施のため、技術開発検討会を設置し、業務実施期間内において、東京にて1回程度開催する。（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も可能とする。）

なお、検討会の委員に対しては、必要に応じて国家公務員等の旅費に関する法律に準じて旅費と謝金を支給し、検討会に使用する資料についても各回必要部数を用意し、当日配布す

る。環境省担当官の求めに応じて検討会に関する資料の電子データ等を提出する。

また、技術開発検討会終了後、速やかに議事録を作成し、関係者に配付する。

1.2.5 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、成果報告書を作成し、提出する。

1.2.6 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 CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・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	採択時の技術の状況	令和2年度 当初の技術の状況	最終目標	令和2年度の目標
0	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"> 2011年から本システムのコンセプトを立案し、文献調査・解析・検討、ラボ試験による基礎物性データ取得 2016年に炉形式の選定 2017年からベンチ試験装置(処理量:0.2t/日)を弊社工場内に設置して、木質チップ・模擬ごみにおける運転データを取得。安定的かつ連続的に水素リッチな熱分解ガスが生成することを確認済。 	同左	<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 	<ul style="list-style-type: none"> 実証設備(2.0t/日)の基本設計完了 土工事
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)	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションにより内部構造の最適化を検証済 ベンチ試験装置における熱分解ガス化改質炉の内部構造を変更して運転データを取得することで、各構造におけるガス化改質特性を把握済 木質チップおよび模擬ごみにおける構造や運転条件等の最適化済み 	同左	<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 	<ul style="list-style-type: none"> 実証設備の設計完了 炉本体の候補材の選定 ごみ質が変動してもタール生成量を低減可能な操作条件の検討開始 振る舞いの異なる一般廃棄物を想定し、熱分解ガス化改質炉の形状、構造等の見直し
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)	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の熱分解ガスに含まれる酸性ガスおよびタール等の夾雑物を除去する装置の最適化済 ベンチ試験装置のガス精製装置により発生ガスの冷却能力および酸性ガス除去性能は確認済 酸性ガス除去率:98%達成 タール除去率:96%達成 	同左	<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 	<ul style="list-style-type: none"> 実証設備の設計完了
3	システム全体の最適化	<ul style="list-style-type: none"> これまでのベンチ試験では原料供給部の原料貯留量および構造的制約から上限となる最長15時間の連続運転を達成済 	同左	<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日以上での達成 	<ul style="list-style-type: none"> 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開始

表 1-2-2 工程表

実施期間 委託業務実施上の区分	R2年度												R3年度					摘要
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	
熱分解ガス化改質炉の最適化 (設計作業)																		
ガス精製装置の最適化 (設計作業)																		
システム全体の最適化 (ベンチ試験の知見整理、HAZOP実施)																		
システム全体の最適化 (実証設備 設計作業・土建工事)																		
(内訳) 基本設計																		
(内訳) 詳細設計																		
(内訳) 機器調達																		
(内訳) 土建工事																		
技術開発検討会の開催																		
業務報告書の作成																		
業務報告書の提出																		
業務完了報告書の提出																		
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。

旧工程: -----

新工程: ——

1.3 業務実施期間

契約締結日～令和3年9月30日

1.4 成果物

紙媒体：報告書 11部（A4版 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 2枚（セット）

提出場所 環境省地球環境局地球温暖化対策課地球温暖化対策事業室

1.5 著作権の扱い

- ・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及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及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

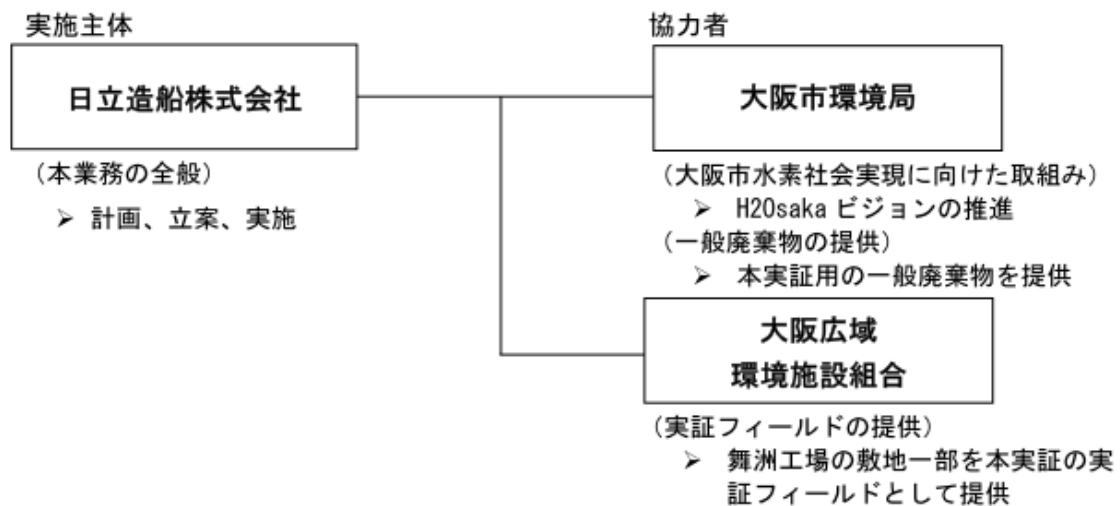


図 1-4-1 実施体制

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こと。

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

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ボイラー(Boiler)、蒸気タービン(Steam Turbine)、発電機(Generator)によって電気エネルギーに変換する発電システム(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 70t/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¹⁻¹⁾。

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

2016 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 26%削減、2050 年までに 80%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。

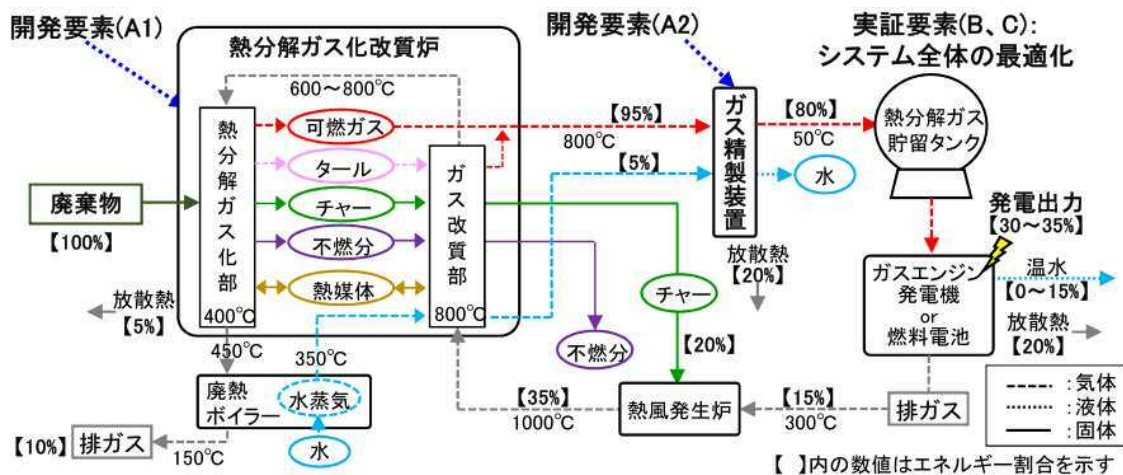


図 2-3-1 本システムの概略フローおよびエネルギー収支

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。

性状が安定せず不均一な一般廃棄物を原料としながらもコントロー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高くなる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なくなり、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可の実証」（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

大阪市と大阪府・堺市は共同で「H2Osaka ビジョン」を策定・推進しており、水素社会実現に向けて様々な取組みを展開している。本システムは H2Osaka ビジョンにおける数少ない水素製造システムとして期待できるために、大阪市からは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、大阪市内の清掃工場で実証試験を行う計画である。

実証試験以降の展開としては、廃棄物由来の水素による燃料電池自動車、燃料電池バス、燃料電池ごみ収集車、燃料電池への燃料供給等の活用や H2Osaka ビジョンの他アイテムとの連携等を計画している。

なお、本実証試験に用いる一般廃棄物を提供していただく計画である。

- 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。

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

本章の熱分解ガス化改質炉の最適化は、6つの項目（3.1 熱分解ガス化改質炉について、3.2 基本設計、3.3 詳細設計、3.4 熱分解ガス化改質炉本体の材質、3.5 熱分解ガス化炉の基本数値、3.6 熱分解ガス化炉の形状・構造）で構成している。

本章では、本事業開始前までの熱分解ガス化改質炉に関する事前検討の状況および今年度実施した業務内容の報告を記載する。

3.1 熱分解ガス化改質炉について

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。

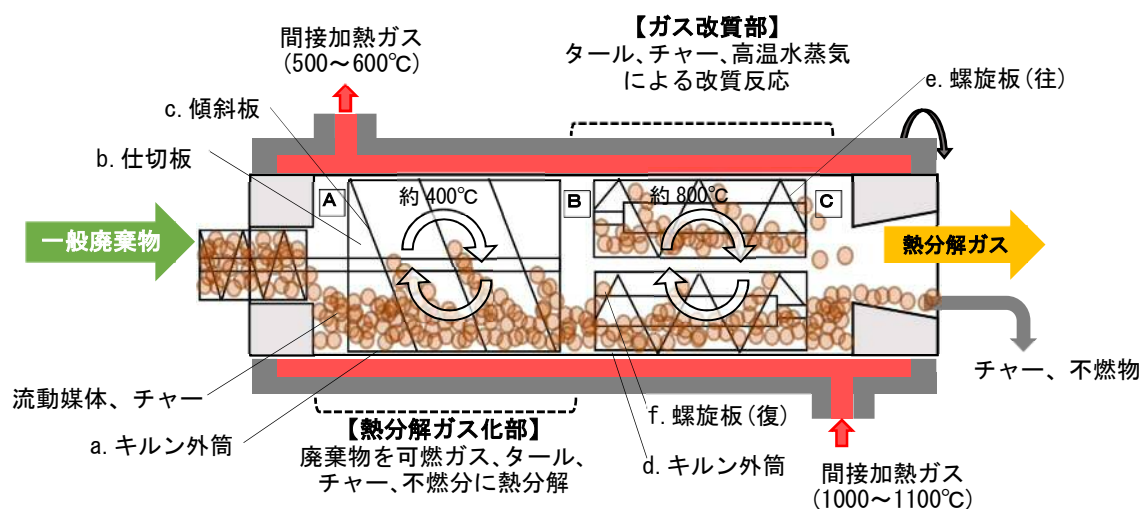


図3-1-1 熱分解ガス化改質炉の構造

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動は避けられない。）

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 事前検討

熱分解ガス化改質炉の開発に伴う事前検討は「文献調査」「ラボ試験」「ベンチ試験」の3つを実施した。

1) 文献調査

弊社のガス化溶解炉における実験値、実績値や各種文献から「廃棄物焼却発電 (BTG 方式)」よりも「廃棄物熱分解ガス化改質+発電機」の発電効率が高くなることを試算して、CO₂排出削減に寄与できるポテンシャルが高いことを確認した。

2) ラボ試験

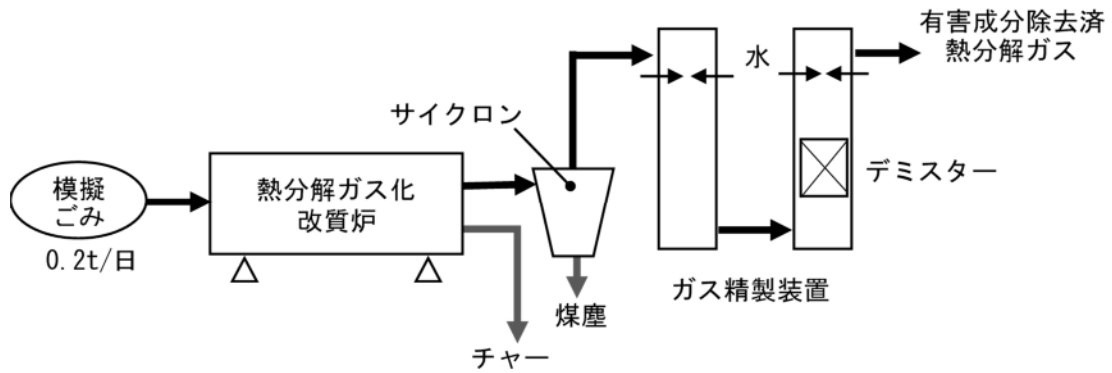
熱分解ガス化改質の方式、形状を検討、選定するために必要なエビデンスを取得するために、文献調査と平行してラボ試験を実施した。

ラボ試験の一例は「3.4 熱分解ガス化改質炉本体の材質」、「3.5 熱分解ガス化改質炉の基本数値」に記載する。

3) ベンチ試験

上記の「文献調査」「ラボ試験」の検討内容から、弊社技術研究所内にベンチ試験装置 (処理量：約 0.2t/日) を設置して、熱分解ガス化改質炉の各種データ (動作、基本特性、処理量、熱収支、ガス生成量・性状、チャー発生量等) を取得した。

図3-1-2にベンチ試験装置のフローを、図3-1-3にベンチ試験装置の外観を示す。



- ベンチ試験装置概要**
- ・ 装置名 : 熱分解ガス化改質試験装置
 - ・ 処理量 : 約 0.2t/日
 - ・ 加熱方式 : 電気ヒーター
 - ・ ガス精製 : サイクロン+水噴霧冷却+アルカリ水噴霧
 - ・ ガス利用 : 無し(フレアスタック燃焼)

図 3-1-2 ベンチ試験のフロー



図3-1-3 ベンチ試験装置の外観

3.2 基本設計

3.2.1 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する。

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 3-2-1 の数値を用いる。

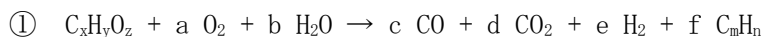
表 3-2-1 ごみ性状一覧

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	
		(kg/h)	(83.3)	(83.3)	(83.3)	
	比重	t/m ³	0.3	0.3	0.3	
	温度	°C	20	20	20	
	三成分	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	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	
発生熱量		kJ/h	488,000	802,000	1,060,000	
		kW	136	223	294	

2) 反応式

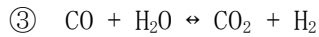
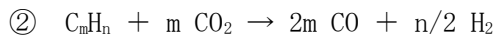
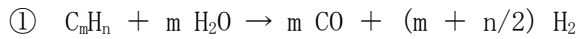
(1) 熱分解反応式

ごみ成分のうち代表的な熱分解反応式は以下のとおり。



(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。



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。

(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℃となるように設計する。

(3.5を参照のこと。)

(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℃となるように設計する。

(3.5を参照のこと。)

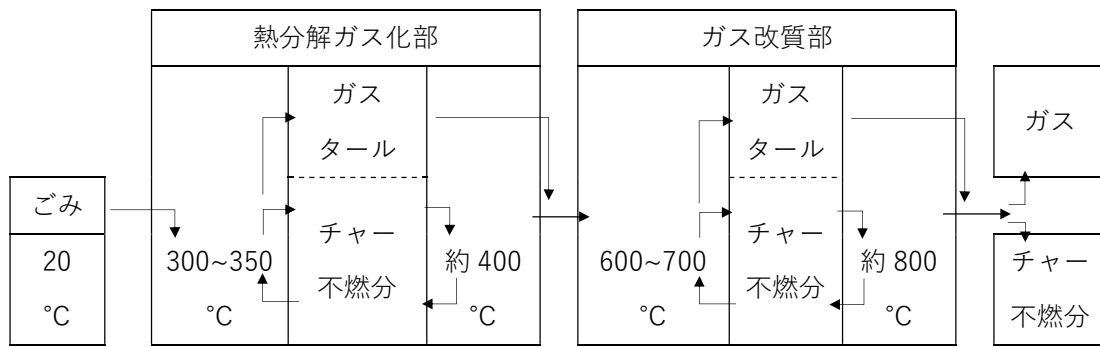
(3) 熱分解反応熱量

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 としている。

(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 としている。

上記(1)～(4)の基本設計数値の相関関係を図で示すと模式図(図3-2-1)になる。



熱分解	0~3,350	タール	6,280
反応		改質	
熱量:	kJ/kg	熱量	kJ/kg

図 3-2-1 熱分解ガス化改質炉の設計条件

3.2.2 基本設計結果

前項の設計条件およびDEM解析 (Distinct Element Method、3.6.1に記載) 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は表 3-2-2 のとおりである。

表 3-2-2 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

3.3 詳細設計

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。

3.3.1 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反転（下向きから上向きの180°反転）させ、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、性状が把握できない雑多な一般廃棄物を処理対象にした独自構造の熱分解ガス化改質炉であり、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に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るために、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る。

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ための構造を検討した。

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を検討した。

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。

3.3.2 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。

3.3.3 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。

3.3.4 メンテナンス性

熱分解ガス改質炉は新開発のシステムであり計画どおりに進まないことを想定しておくべきである。

そのような状況でも、定められた実証試験期間内に結果を出すために、早いサイクルでトライ&エラーを繰り返すことが重要になる。

そのため、メンテナンス性を高めるために点検口、分解方法を配慮した構造とした。

3.3.5 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。

3.3.6 組立図

熱分解ガス化改質炉の組立図を図 3-3-1 に示す。

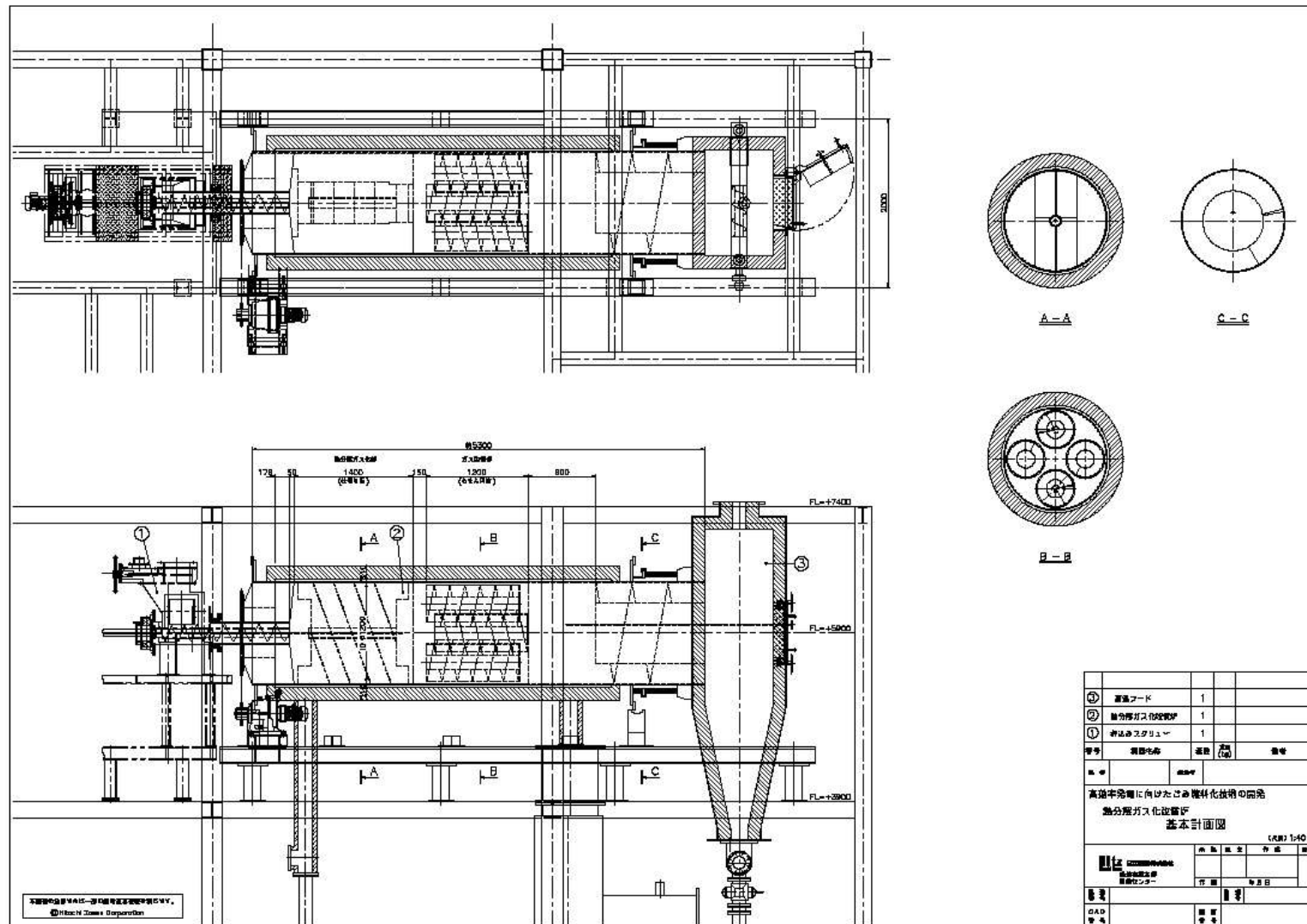


図 3-3-1 熱分解ガス化改質炉 基本組立図

3.4 熱分解ガス化改質炉本体の材質

3.4.1 熱分解ガス化改質炉の運転環境

熱分解ガス化改質炉は、ごみを熱分解ガス化および改質して熱分解ガスを生成する機器であり、部分によっては1,000℃近くにもおよぶ高温の腐食環境下での長期運転を想定している。したがって本検討においては、まずは高温機器部材として一般的に用いられるオーステナイト系ステンレス鋼の SUS310S を含む 4 鋼種を選定し、高温腐食環境下における金属材料の組織安定性と耐食性の評価をそれぞれ行った。

3.4.2 供試鋼種を選定

本検討では以下に述べる 4 種の鋼材を選定した。それぞれの化学成分を表 3-4-1 に示す。

はじめにボイラーの伝熱管など高温機器部材として汎用的に用いられることの多い SUS310S を選定した。

次に類似成分で REM (希土類元素) の添加により耐食性を向上した AH-4 を選定した。AH-4 は日鉄ステンレスの開発材^{3-1),3-2)}であり、ニッケル量は SUS310S より少なく約 11 mass% であるが、セリウムなどの添加により保護性酸化皮膜の密着性向上が図られている。さらに、高温強度向上を目的とした窒素添加による固溶強化とホウ素添加による粒界強化が AH-4 の特徴である。

3 番目に Incoloy 800H を選定した。SUS310S よりニッケル量が多く、アルミニウムとチタンの添加により高温強度に優れた材料である。

4 番目の鋼種として最も高い耐食性の期待できる鋼種として Inconel 625 を選定した。Inconel 625 は Ni-Cr 素地に Mo および (Nb+Ta) を添加した Ni 基合金であり、高強度耐食合金として知られている。

また、SUS310S、AH-4、Incoloy 800H、Inconel 625 のそれぞれの高温強度³⁻³⁾を比較すると、高温引張強さと 10,000 h クリープ破断強さにおいて各候補材の優劣は同様であり、Ni 基合金である Inconel 625 の高温強度が最も優れており、Inconel 625 > Incoloy 800H ≒ AH-4 > SUS310S の順番であることがわかった。

表 3-4-1 選定した鋼材の化学成分例 (単位 : wt%)

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Co	Cu	Al
SUS310S	0.03	0.68	1.0	19	25	0.02	-	-
AH-4	0.07	0.31	0.48	10.95	23	-	-	-
Incoloy 800H	0.08	0.30	0.80	30	20	0.14	0.05	0.27
Inconel 625	0.06	0.20	0.35	60	22	-	-	0.12
	Mo	Nb	Ta	Ti	N	La+Ce	B	Fe
SUS310S	-	-	-	-	-	-	-	bal.
AH-4	-	-	-	-	0.2	0.03	-	bal.
Incoloy 800H	-	-	-	0.24	-	-	-	47
Inconel 625	8.3	3.5	0.01	0.19	-	-	-	4.5

3.4.3 試験方法

1) 高温環境における金属組織安定性の評価

熱分解ガス化改質炉においては 400～900℃での高温下での運転が想定され、各候補材 (SUS310S、AH-4、Incoloy 800H、Inconel 625) の金属組織変化が懸念される。そこで、各候補材の金属組織安定性を評価するため熱処理実験を行った。熱処理温度は、基準材である SUS310S の金属組織変化^{3-4), 3-5)}が特徴的である 600℃と 800℃を選定し、それぞれ 1,000 h の熱処理を付与して時効材とした。

熱処理に伴う金属組織変化を調査するため、断面マイクロ組織観察を行った。試験片断面について、湿式研磨およびバフ研磨の後、10%シュウ酸で電解エッチングを行い、光学顕微鏡を用いて金属組織を観察した。

同時に、基準材である SUS310S の高温長時間加熱による金属組織変化を予測するため、熱力学計算ソフトウェア Thermo-Calc のサブ・ルーティンである析出計算モジュール TC-PRIMA³⁻⁶⁾を用いてシミュレーションを行った。TC-PRIMA は多成分・多相系の合金を対象として任意の熱処理条件下での析出物などの金属組織変化を解析するものであり、平衡状態の計算には Thermo-Calc の熱力学データベース TCFE10 を用いた。また、析出物の核生成などの動力学データベースには MOBFE5 を用いた。

また、金属組織変化シミュレーションの妥当性を評価するため、400～900℃の 50℃ごとに 1,000 時間までの熱処理実験を行い、熱処理試験片の金属組織観察結果とシミュレーション結果を比較した。

2) 高温腐食環境における耐食性の評価

熱分解ガス化改質炉において腐食環境が厳しいと想定される外面側の酸化雰囲気模擬した高温腐食試験を行った。外面側にはごみ成分も含まれるため、表 3-4-2 に示す模擬主灰

を用いた埋没法にて高温腐食試験を行った。腐食試験に供したガスの成分を表 3-4-3 に示す。3.5vol%の酸素を混合していることから酸化雰囲気であり、SO₂ や HCl などの腐食性ガスも混合している。高温腐食試験装置を用いて 500~900℃の 100℃ごとで腐食試験を行った。

高温腐食試験後の試験片については、断面を湿式研磨およびバフ研磨の後に肉厚測定を行い、局部腐食を考慮して耐食性を評価した。また、高温腐食メカニズムを調査するための試験片については、断面を乾式研磨した後、EPMA(電子線マイクロアナライザー)を用いて、腐食スケールと基材の元素マッピングを行った。

表 3-4-2 腐食試験に供した模擬主灰の化学成分 (単位: wt%)

Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca
6.6	0.7	6.0	11	3.0	0.8	3.5	3.0	51
Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Pb
3.3	0.1	0.1	0.4	8.9	0.2	1.1	0.1	0.1

表 3-4-3 腐食試験に供したガスの主な成分

N ₂	O ₂	CO ₂	SO ₂	HCl	H ₂ O
78 Vol%	3.5 Vol%	15 Vol%	8.0 ppm	360 ppm	2.6 Vol%

3.4.4 試験結果および考察

1) 高温環境における金属組織安定性の評価

各候補材(SUS310S、AH-4、Incoloy 800H、Inconel 625)の金属組織安定性を評価するため、600℃×1,000 h と 800℃×1,000 h の熱処理実験を行った。熱処理を行っていない新材を含めた各候補材の断面マイクロ組織観察結果を図 3-4-1 示す。基準材である SUS310S については、600℃×1,000h の熱処理により結晶粒界が明瞭に観察されており、結晶粒界におけるクロム炭化物(Cr₂₃C₆)の析出に起因したと考えられる。一方、SUS310S における 800℃×1,000h の熱処理材では、結晶粒界および粒内に塊状の析出物が多量に見られる。この塊状析出物は σ 相(FeCr)と考えられる。また、AH-4 と Incoloy 800H については、600℃×1,000h と 800℃×1,000h の熱処理を付与しても金属組織変化は軽微であり、結晶粒界でクロム炭化物(Cr₂₃C₆)の析出が見られる程度であり、金属組織安定性は優れていることがわかる。さらに、Ni 基合金である Inconel 625 についても金属組織安定性は優れており、800℃×1,000h の熱処理材で微細な析出物が見られるが、これは、δ 相[Ni₃(Nb, Mo)]³⁻⁷⁾と考えられる。

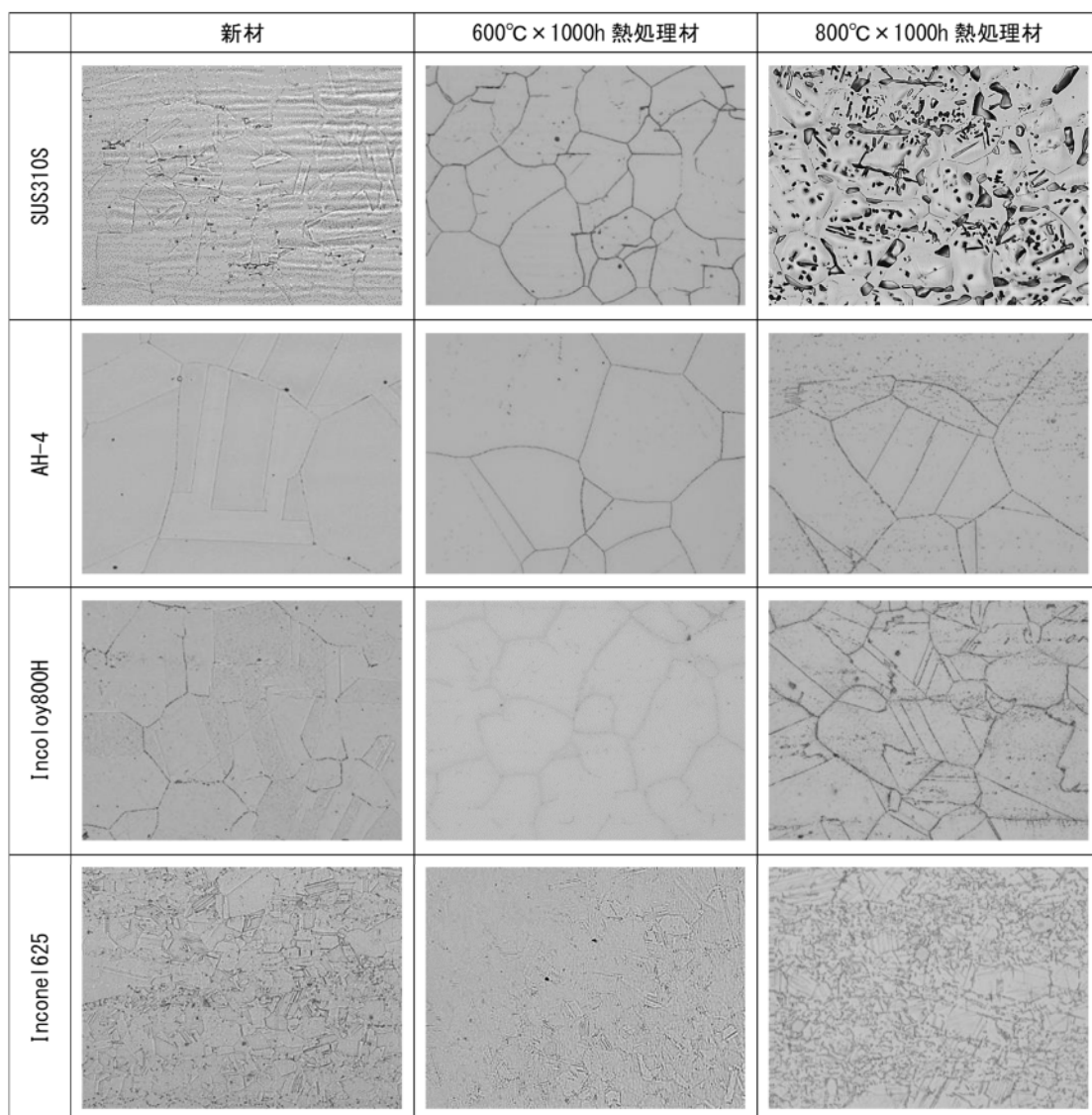


図 3-4-1 各候補材における 600°C と 800°C での熱処理後の金属組織

金属組織安定性に劣る SUS310S の高温長時間加熱による金属組織変化を予測するため、熱力学計算ソフトウェア Thermo-Calc のサブ・ルーティンである析出計算モジュール TC-PRIMA を用いてシミュレーションを行った。その結果、クロム炭化物は約 600°C で最も短時間で析出し、 σ 相は約 800°C において約 100 h で析出するという予測結果であり、シミュレーション結果と実験結果は概ね一致していることがわかった。

2) 高温腐食環境における耐食性の評価

基準材である SUS310S を対象として、熱分解ガス化改質炉外面側(酸化雰囲気)を模擬す

る環境で96時間の高温腐食試験を行った。なお、試験片は、新材および予め各試験温度で1,000 hの熱処理を付与した時効材の二種類とした。図3-4-2は腐食試験後における試験片の外観である。試験温度500℃では腐食スケールの生成は軽微であるが、600℃では表面で凹凸が見られ、厚い腐食スケールが生成していることがわかる。また、試験温度800℃では黒色と茶色の2種類の腐食スケールが見られる。

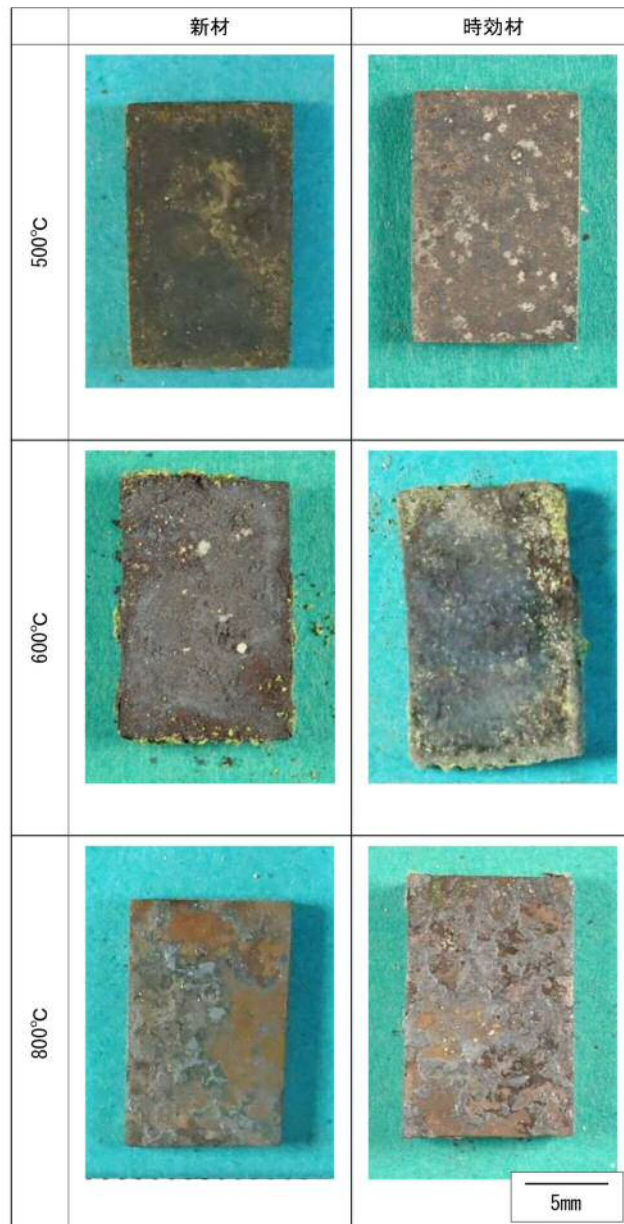


図3-4-2 SUS310Sにおける腐食試験後(96h)の試験片の外観

図 3-4-3 に SUS310S の高温腐食試験結果を示す。新材の腐食速度は 600℃で急激に速くなっており、これは、腐食試験に供した模擬主灰の溶融に起因したものと考えられる。600℃以上の高温においては、腐食速度に大きな差異は認められないが、試験温度 800℃にて腐食速度は最も速くなっていることがわかる。一方、予め各試験温度で 1,000 h の熱処理を付与した時効材については、600℃と 800℃で新材との腐食速度の差異が大きいことがわかる。高温腐食試験前において、600℃時効材ではクロム炭化物が析出した金属組織になっており、800℃時効材では σ 相が析出しており、これらの析出物が耐食性を低下させることを示唆した結果と言える。

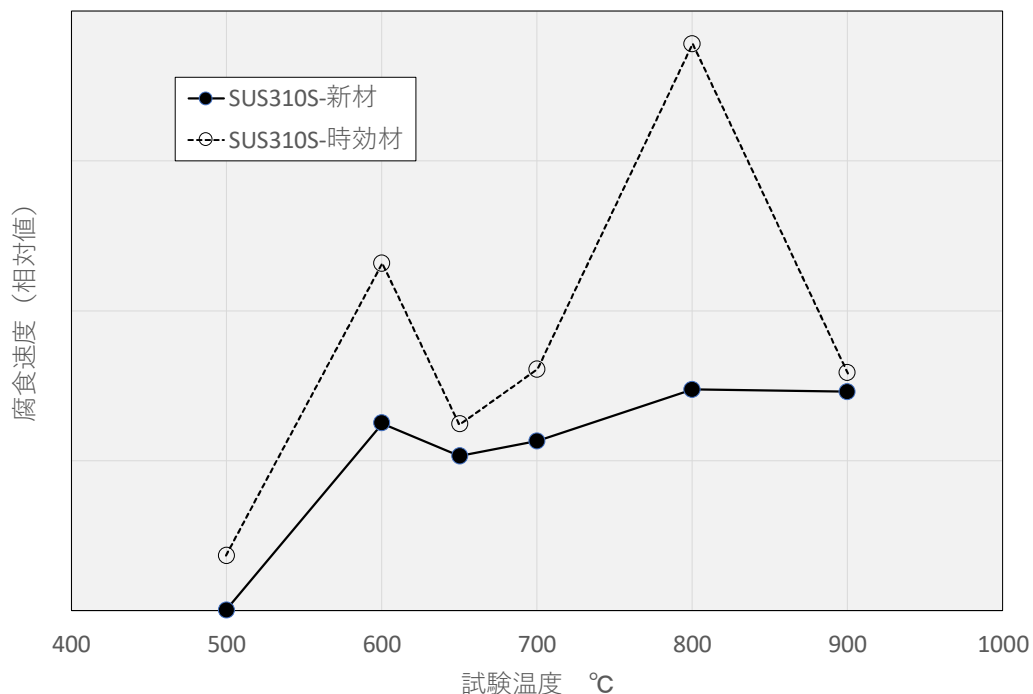


図 3-4-3 SUS310S の高温腐食試験結果[試験時間 : 96 h]

腐食試験温度を 600℃と 800℃として各候補材(SUS310S、AH-4、Incoloy 800H、Inconel 625)の耐食性を比較した結果を図 3-4-4 に示す。耐食性の優劣としては、Inconel 625>AH-4>Incoloy 800H>SUS310S の順番となっており、Ni 基合金である Inconel 625 の耐食性が最も優れている。しかしながら、AH-4 は Ni 量が少ないが、Incoloy 800H よりも良好な耐食性を有しており、新材と時効材における耐食性の差異も小さいことがわかる。これは、AH-4 の組織安定性が優れていることに起因したものと考えられる。

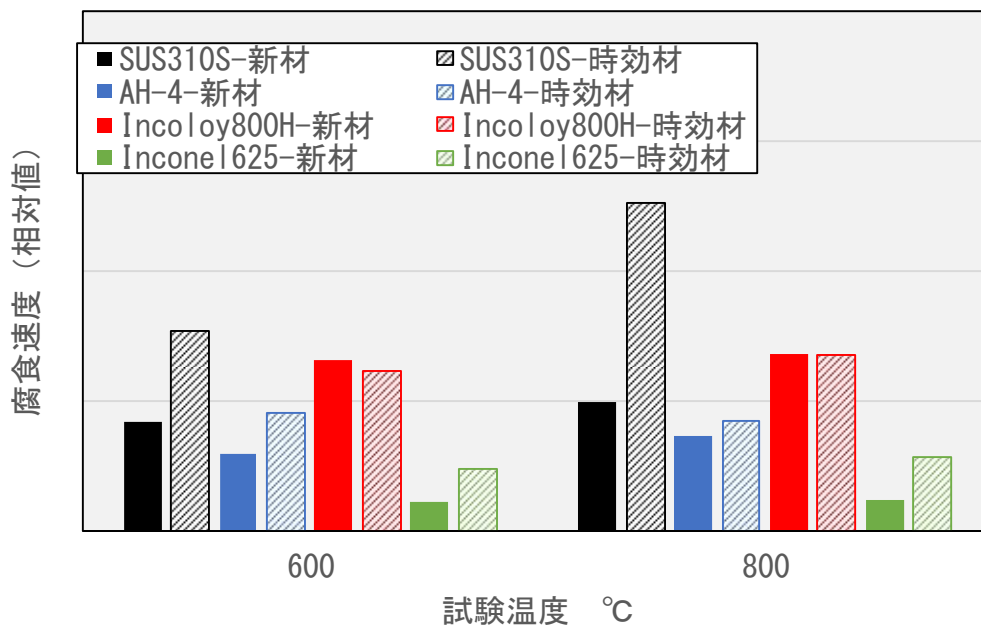


図 3-4-4 各候補材の高温腐食試験結果[試験時間：96 h]

各候補材(SUS310S、AH-4、Incoloy 800H、Inconel 625)を対象として熱分解ガス化改質炉運転に起因した金属組織変化を模擬することを目的に 800°C×1,000 h の時効材を作製し、埋没法による高温腐食試験の減肉量に及ぼす試験時間の影響を調査するため、800°Cの温度条件で 96 h、300 h および 1,000 h の高温腐食試験を行った。なお、800°Cの試験温度を選定したのは、前述のとおり 800°Cが最も腐食減肉が激しい温度と考えられるためである。図 3-4-5 に 1,000h の高温腐食試験後における各候補材の試験片の外観を示す。各候補材の表面では凹凸が認められ、黒色や緑色などの複数の腐食スケールが見られる。また、SUS310S の試験片については、黒色の腐食スケールが剥離したような形態を呈している。また、図 3-4-6 に埋没法による高温腐食試験の減肉量に及ぼす試験時間の影響を調査した結果を示す。各候補材は全て時間経過に伴い減肉量が飽和する傾向があり、時間と減肉量の関係は放物線則になっていることがわかる。これは、100 h 程度の腐食試験により腐食スケールが生成し、そのスケールが腐食に対する保護皮膜の役割を果たすため、時間と減肉量の関係は直線則にならないことを示唆するものと考えられる。



図 3-4-5 各時効材の 800°Cにおける 1,000 h 腐食試験後の試験片の外観

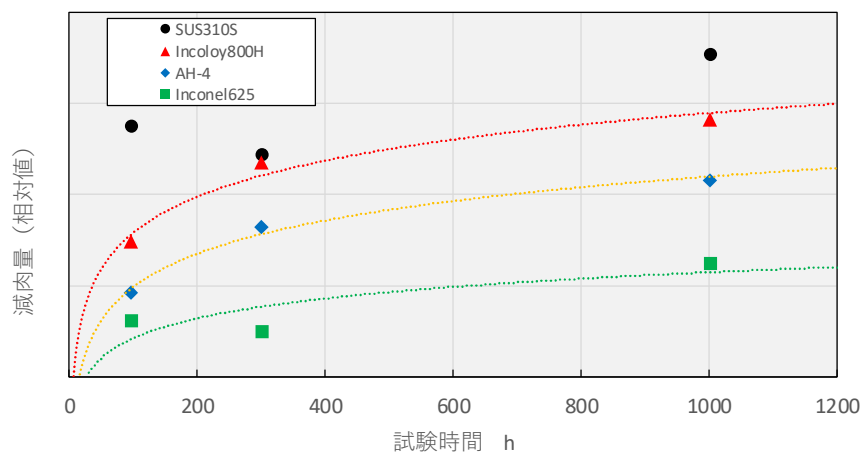


図 3-4-6 埋没法による高温腐食試験の減肉量に及ぼす試験時間の影響

熱分解ガス化改質炉における約 100 kh の実機運転を考慮し、長期間に及ぶ腐食減肉を推定するため、放物線則の関係を有する時間と減肉量を対数軸にして整理したものを図 3-4-7 に示す。なお、時間と減肉量を対数軸にして長期間に及ぶ腐食減肉を概算する方法は、今井ら³⁻⁸⁾の推定方法を参考にした。SUS310S より Ni 量が少ないことに加えて高温強度が高いことで優れたコストメリットを有する AH-4 について検討すると、約 100 kh の実機運転での減肉の挙動が推定された。

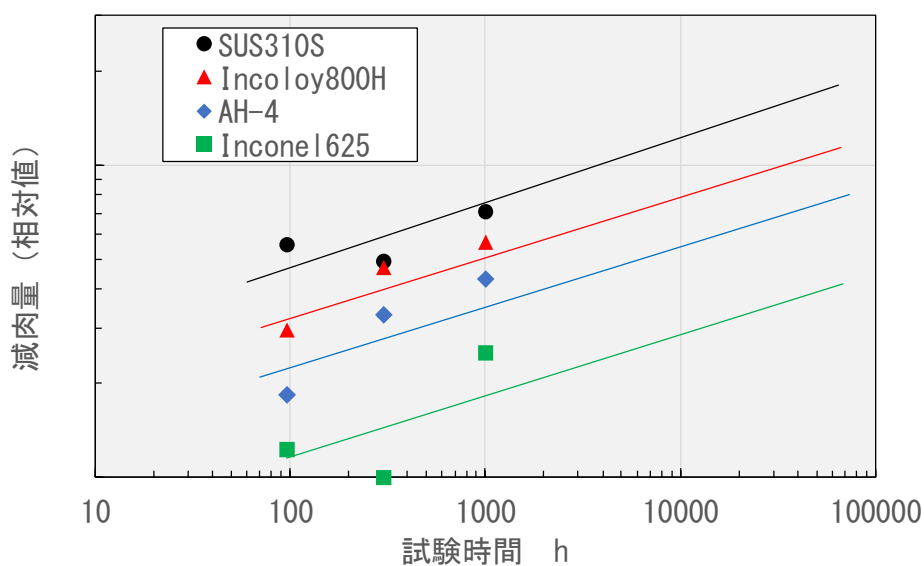


図 3-4-7 高温腐食試験における各候補材の減肉量の推定

熱分解ガス化改質炉外面側(酸化雰囲気)を模擬する腐食環境において、各候補材の耐食性の優劣としては、Inconel 625>AH-4>Incoloy 800H>SUS310S の順番と評価された。各候補材の耐食性の優劣のメカニズムを検討するため、試験片の断面に対し EPMA を用いて元素マッピングを行った。その結果を図 3-4-8~図 3-4-11 に示す。図 3-4-8 の SUS310S 時効材については、表面側で O (酸素) が濃化しており、外側で Fe を主体とした外層スケール、内側で Cr を主体とした内層スケールを形成している。また、SUS310S 時効材の金属内部においては、 σ 相(FeCr)が選択的に腐食していることがわかる。

図 3-4-9 の AH-4 時効材については、外層スケール(Fe 系酸化物)と内層スケール(Cr 系酸化物)に加えて、腐食先端部で Si 系酸化物が生成していることがわかる。AH-4 には希土類元素(Ce と La)が添加されているが、希土類元素は高温酸化環境において内層スケールである Cr 系酸化物中に濃縮し、内層スケールを緻密にして欠陥を減少させて保護性を強化する

との報告³⁻⁹⁾がある。AH-4 は SUS310S よりも優れた耐高温腐食性を有しており、希土類元素添加による内層スケールの保護性強化に起因したものと考えられる。また、腐食先端部における Si 系酸化物については、内層スケールの保護性強化により、それより内側の酸素分圧が低下し、酸素との親和力が高い Si が濃化したものと推察される。

図 3-4-10 の Incoloy 800 h 時効材については、約 30 mass%の Ni を含有しており、外層スケールは Ni 系酸化物であることがわかる。腐食スケール全体としては、Ni 系酸化物、Fe 系酸化物および Cr 系酸化物の 3 層構造で形成されている。

図 3-4-11 の Inconel 625 時効材については、Ni 基合金であることから、腐食スケールは Ni 系酸化物と Cr 系酸化物の 2 層構造になっている。

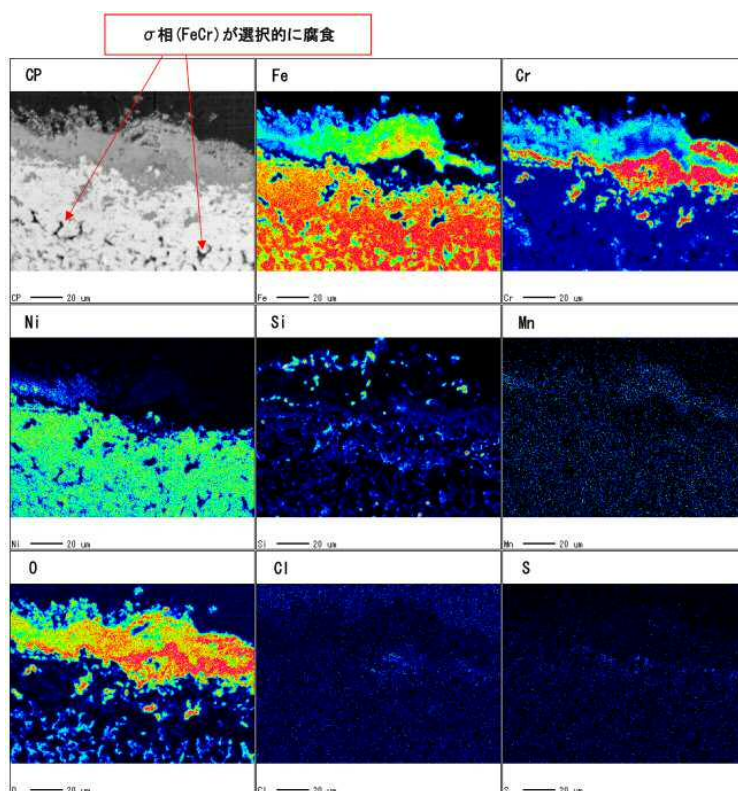


図 3-4-8 高温腐食試験後の SUS310S 時効材における表面近傍の断面元素分布

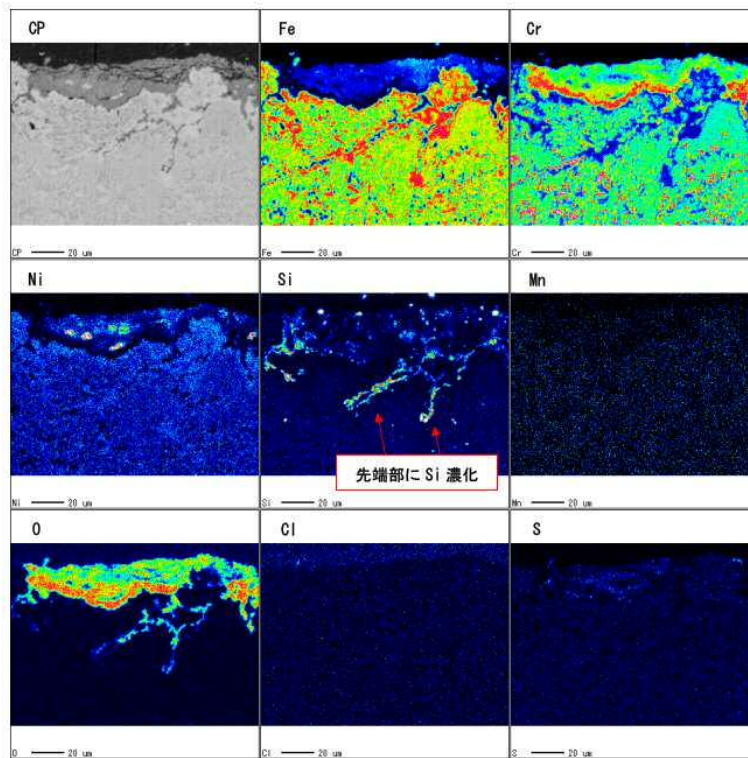


図 3-4-9 高温腐食試験後の AH-4 時効材における表面近傍の断面元素分布

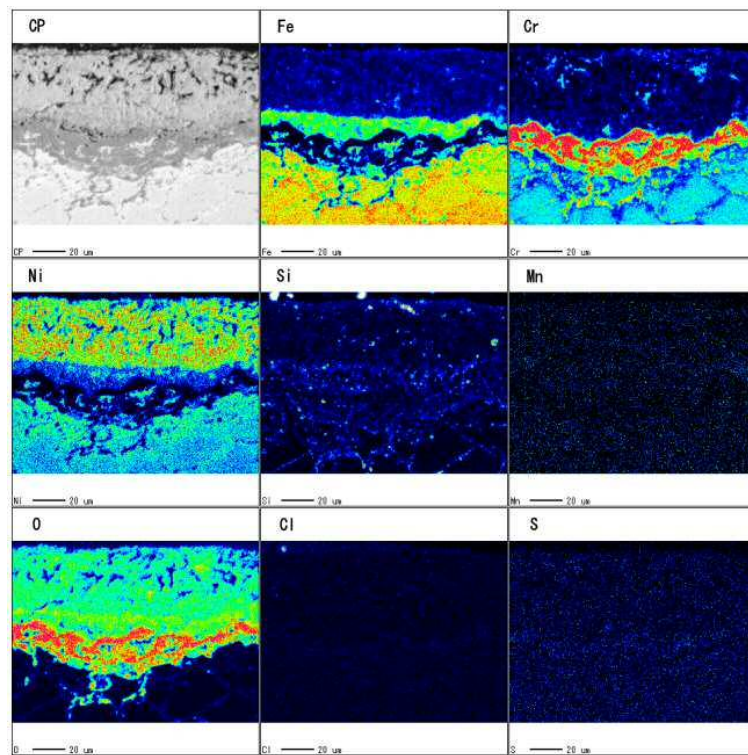


図 3-4-10 高温腐食試験後の Incoloy800H 時効材における表面近傍の断面元素分布

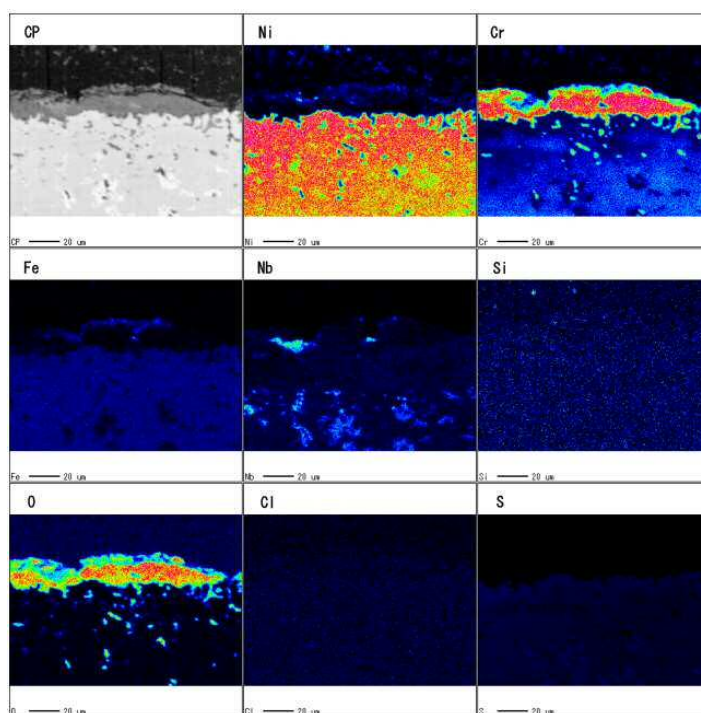


図 3-4-11 高温腐食試験後の Inconel625 時効材における表面近傍の断面元素分布

本項では、熱分解ガス化改質炉における耐熱ステンレス鋼の最適材料選定について検討した。候補材は、オーステナイト系ステンレス鋼の SUS310S を基準材にして、AH-4、Incoloy 800H、Inconel 625 の合計 4 種類とした。得られた知見を以下にまとめる。

- 高温強度の観点より整理すると、Ni 基合金である Inconel 625 の高温強度が最も優れており、Inconel 625 > Incoloy 800H ≒ AH-4 > SUS310S の順番である。
- 800℃の高温長時間の使用環境では、基準材の SUS310S は金属間化合物(σ 相)が析出して金属組織が変化することで耐食性が低下する。一方、AH-4 は金属組織安定性が優れており、800℃の温度域においても σ 相は析出しない。
- 腐食減肉が懸念される酸化雰囲気での耐食性の優劣としては、Inconel 625 > AH-4 > Incoloy 800H > SUS310S の順番である。
- 酸化雰囲気での材料選定指針としては、AH-4 が比較的高い高温強度を有していることに加えて耐食性も良好であることから、コストパフォーマンスに優れた材料と考えられる。
- 還元雰囲気における腐食試験時間は 20h 程度と短時間であり、耐食性の定量的評価には至っていないが、SUS310S の方が AH-4 より優れた耐食性を有する可能性が示唆されている。

3.5 熱分解ガス化改質炉の基本数値

一般廃棄物に適した熱分解ガス化改質炉を開発するにあたり、まずはごみの種類が変わることで熱分解ガス中のガス、タール、チャーの生成比率に与える影響について 3.5.1 で検討した。次に、各ごみ種に適した熱分解の温度を決めるため、3.5.2 でごみの熱分解開始温度を検討した。さらに、上記試験および文献調査において得られた知見を基に、3.5.3 でごみ質が変動しても熱分解ガス化改質炉からの生成物の変動が抑えられる操作条件について推算した。

3.5.1 ごみの種類が熱分解改質生成物に与える影響

1) 実験試料

ごみをその主成分である紙、布、厨芥、木・竹・ワラ、ビニールおよび合成樹脂の 6 種類に大別して、それぞれの試料を準備した。

2) 実験方法

ラボ実験装置の構成を図 3-5-1 に示す。管状炉に石英製反応管を挿入し、その中に非加熱状態になるようにアルミナポートに入れた試料 5g を置いた。管状炉を 800°C に加熱した後、アルミナポートを速やかに加熱部分に押し込み、試料を 60 分間加熱した。なお、実験装置には N₂ 供給部、水蒸気供給部を備えており、N₂ は管状炉内に空気が混入することを防ぐため反応管内に 200 Nml/min で流通させた。また、水蒸気は S/C=1.0 (式 3-1) となるように流通させた。

反応後のタールと水分はグラハム冷却器 2 式および 2-プロパノール (Isopropyl Alcohol: IPA) を入れて氷冷した洗浄ビン 2 式で初期捕集し、その後水分除去用の CaCl₂、タール除去用の円筒ろ紙で回収した。発生ガスは、積算流量計で流量を測定後、テドラバッグで回収し、チャーはアルミナボードに残存したものを回収した。

$$S/C [-] = \frac{\text{水蒸気の流通量 [mol]}}{\text{試料中の炭素の量 [mol]}} \quad (\text{式 3-1})$$

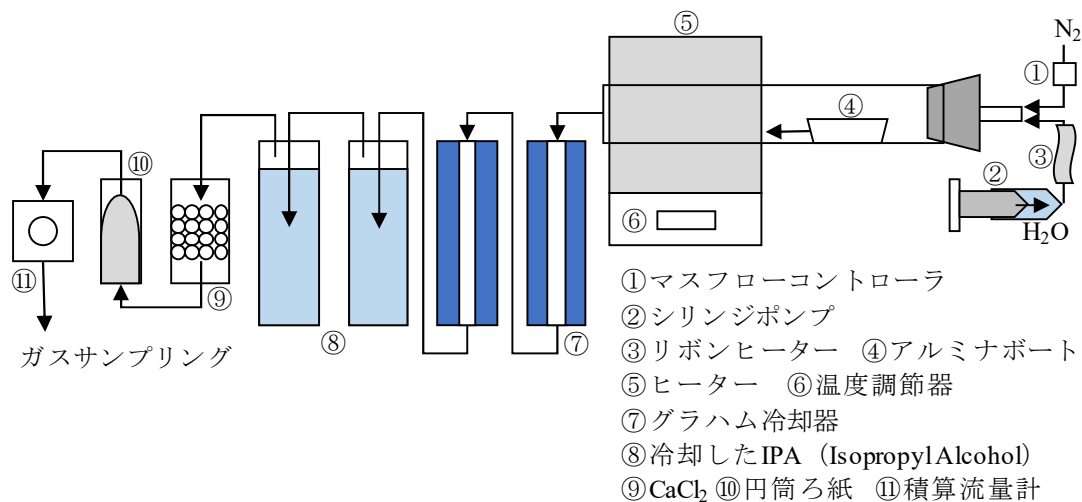


図 3-5-1 実験装置の構成

3) 実験結果および考察

図 3-5-2 に各試料を熱分解改質させた際に発生したガス、チャー、タールの重量割合を示す。ここではタールの生成量は実験に供した試料の重量から生成したガス、チャーの重量を引いた値として生成物の重量比率を算出した。また、N₂ 供給部より流通させた N₂ 量は生成ガスの重量からは除外した。本図より、ビニールおよび合成樹脂についてはガスとチャーの割合が比較的少ない一方で、タール発生量が多くなり、49 %および 61 %を占めていた。これは、ビニールと合成樹脂が酸素の含有率が低いことから、熱分解の際に酸化して燃焼されたタールの量が少なくなったことが一因であると考えられる。

一方、その他の紙、布、厨芥および木・竹・ワラについては多少のばらつきはあるものの、類似した重量割合となることが分かった。

以上の結果から、ごみは紙、布、厨芥および木・竹・ワラの 4 種とビニールおよび合成樹脂の 2 種で大きく 2 つの区分に分類できるものと考えられる。

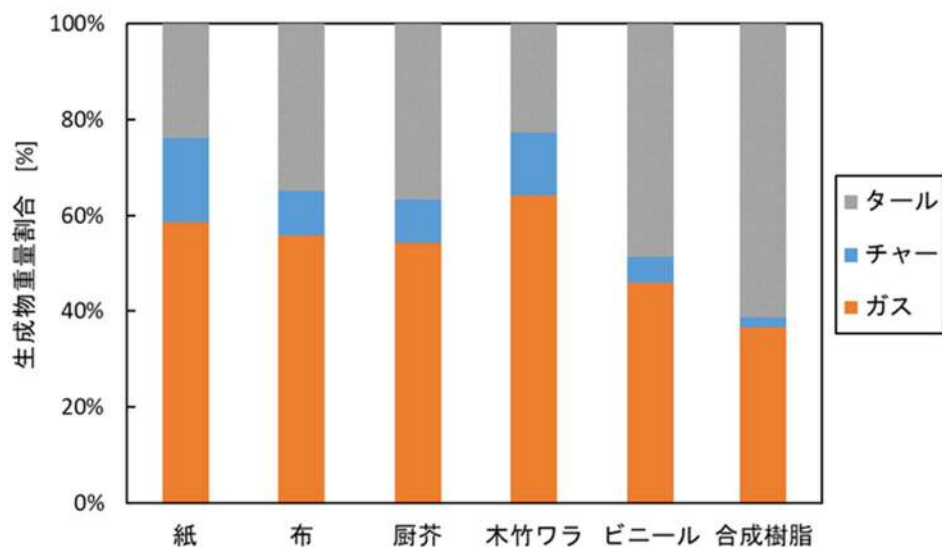


図 3-5-2 ガス、チャー、タールの重量比

3.5.2 廃棄物の熱分解開始温度

1) 実験試料

3.5.1 よりごみを構成する主要成分として、紙・布および合成樹脂を試料とした。

2) 分析方法

SII 製 STA7200 により、熱重量測定 (TG) 分析を実施した。なお、分析は N_2 雰囲気下で行い、室温から $1,000^{\circ}C$ まで $5^{\circ}C/min$ で昇温させた。

3) 分析結果および考察

各試料について TG の分析結果を図 3-5-3 および図 3-5-4 に示す。

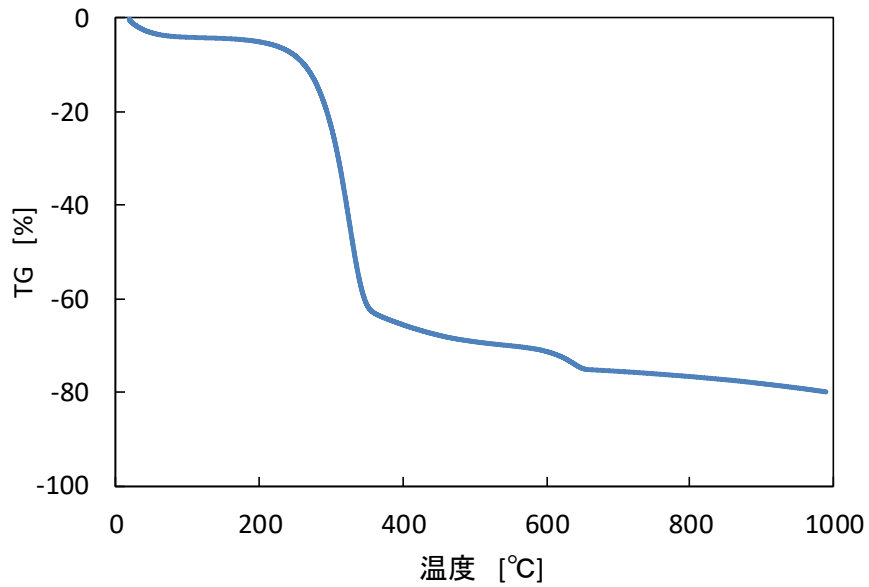


図 3-5-3 紙・布の TG 分析結果

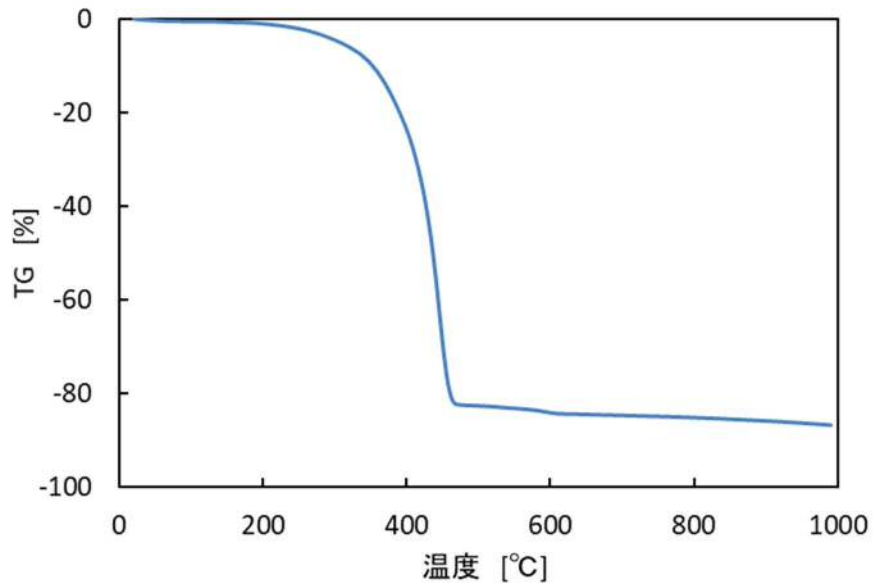


図 3-5-4 合成樹脂の TG 分析結果

図 3-5-3 および図 3-5-4 より、紙・布は約 230°C から、合成樹脂は約 290°C から試料の重量減少が開始しており、紙・布は約 350°C で急激な重量減少が終了し、それ以上の温度ではなだらかな重量減少が続く。また、合成樹脂は約 450°C で急激な重量減少が終了し、それ以上の温度ではほぼ重量は横ばいとなった。

このことから、廃棄物を熱分解する際には 300℃以上の初期温度で加熱を開始する必要があることが分かった。

3.5.3 ごみ質の影響を抑えるための操作方法

1) 熱分解ガス化改質炉の操作方針

一般的なロータリーキルン炉は投入物が炉内に入った後、室温から徐々に昇温される。一方、熱分解の際には投入物の初期昇温速度が速いほど、揮発成分が増加することが知られており^{3-10), 3-11)} 速やかに投入物を昇温することが求められる。開発中の独自構造のロータリーキルン炉では、炉内でチャーなどの固体粒子が循環しているため、投入物がキルンに入ると同時に加熱された固体粒子と接触することで、速やかに昇温されるため、一般的なロータリーキルン炉よりも投入物の昇温速度を速くできる。

また、3.5.2 より、熱分解部の温度については、熱分解開始温度である 300℃以上になるように運転する必要があることに加え、生成するガス、タールおよびチャーの割合は温度の影響が大きく、温度が高いほどタールが減少することから³⁻¹²⁾、熱分解部で安定して 300℃以上の温度を維持する必要がある。一方で熱分解部の初期温度が高くなるほど、間接加熱に用いる熱風の熱交換率(エネルギー利用率)が低くなるため、エネルギーロスが大きくなり、プラント全体のエネルギー効率の低下につながることから、熱分解部の初期温度としては 350℃とすることとした。

次に、改質については、一般的に水蒸気改質は高温になるほど改質反応が進行するため、1000℃程度で行われることが多い³⁻¹²⁾。しかし、熱分解ガス化改質炉は間接加熱方式であり、内部の加熱には熱風発生炉で発生した熱風を用いているが、熱伝導性の観点から金属製とすることがあるため、その腐食や強度も踏まえて改質温度を 800℃とした。

一方で、改質温度を 800℃に下げることによる反応性の低下については、熱分解ガス化改質炉の特徴である、チャーとガスの固気接触によるチャーの触媒効果³⁻¹³⁾を活用することで改質性能を向上させた。

以上より、組成変動の大きいごみを対象とした際も熱分解ガス化温度が 350℃、改質温度が 800℃となるように、温度を維持できるような操作方針とすることとし、以降でその操作方法を検討した。

2) 計算方法

表 3-5-1 にごみの組成を示す。ごみは低質ごみ、基準ごみ、高質ごみの 3 種類の条件とした。低質ごみは水分が多く低位発熱量が低いもの、高質ごみは可燃分が多く低位発熱量が高

いもの、基準ごみはその中間の質とした。

表 3-5-1 ごみの組成

		単位	低質ごみ	基準ごみ	高質ごみ	
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	
	元素組成	C	wt%	18.7	25.9	31.8
		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		12.6	17.0	20.4
低位発熱量		kJ/kg-wet	5,900	9,600	12,700	

熱分解ガス化改質炉へは 20°Cのごみが 83.3 kg/h、水蒸気改質用に 300°Cの水蒸気が 17.1 kg/h 投入されるものとした。熱分解ガス化部でごみはガス、タール、チャーおよび不燃物に分解される。その後、ガス改質部ではこれらがさらに 800°C以上になるものとした。

3.5.4 計算結果

低質ごみ、基準ごみ、高質ごみのそれぞれの計算結果を図 3-5-5～図 3-5-7 に示す。

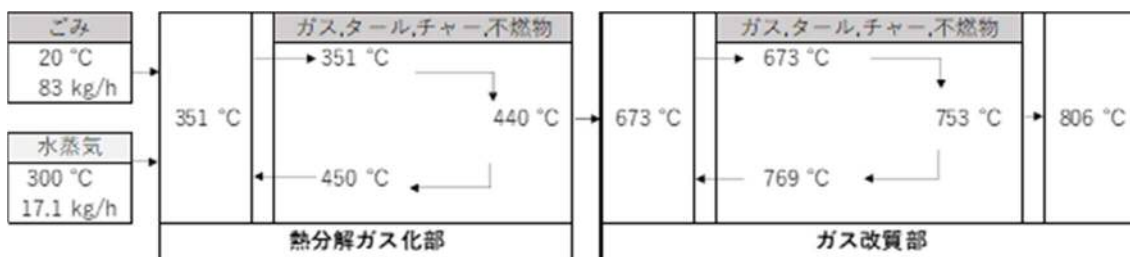


図 3-5-5 低質ごみの計算結果

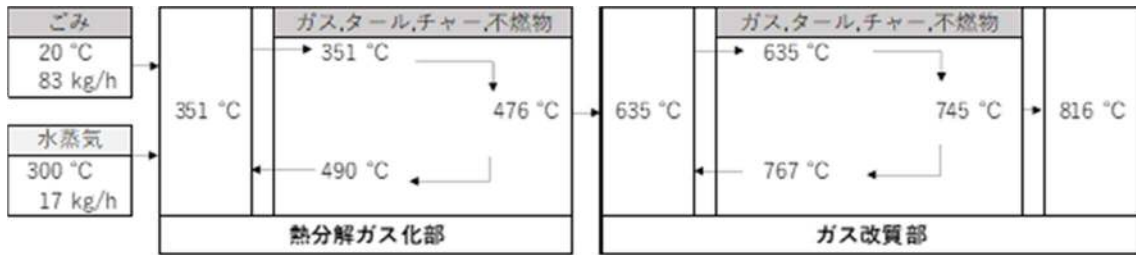


図 3-5-6 基準ごみの計算結果

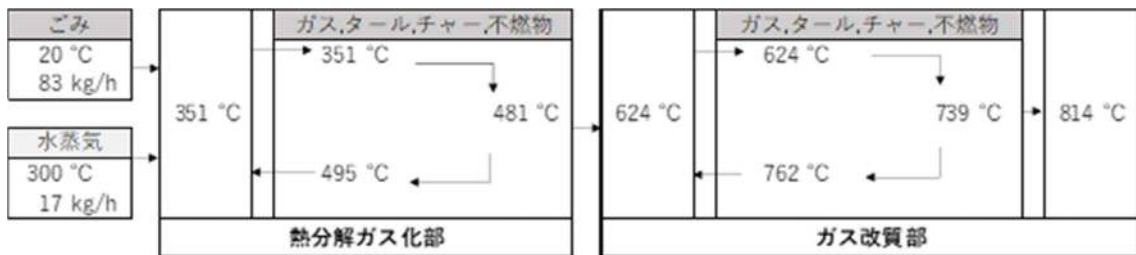


図 3-5-7 高質ごみの計算結果

いずれのごみ質についても、熱分解部と改質部の設定温度を満たす条件で運転できることが分かった。

以上の計算結果から、ごみ質が変動した際でも最適な温度条件で運転を継続するための操作方法を把握できた。

3.6 熱分解ガス化改質炉の形状・構造

3.6.1 循環流動媒体の挙動解析

3.5にて検討のとおり、ごみ質の変動に対応し安定した運転を持続するためには熱分解ガス化炉内の温度保持が重要な要素の一つである。本項では、炉内温度を維持するための炉内の熱移動媒体となる内部循環流動媒体の挙動について、主に熱分解ガス化部を対象とした数値解析により検討した。

DEM解析による解析結果を図3-6-1および図3-6-2に示す。炉の回転運動と熱分解ガス化部の内部構造によって内部循環流動媒体が順に送られて移動している様子が確認することができた。このような手法を確立したことによって、得られたデータを基に周期や移動量を考察し、実証装置の設計に反映するとともに、実証試験における現象やデータの解釈に活用することが可能となった。

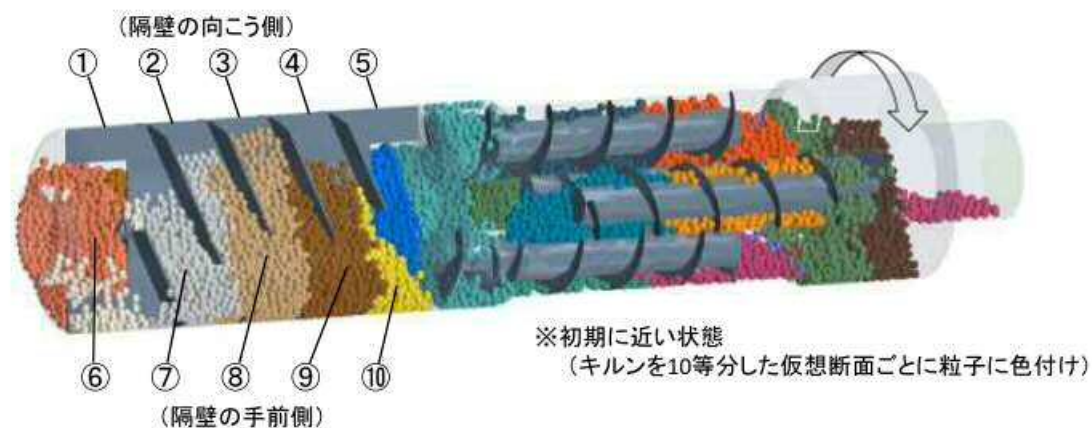


図 3-6-1 熱分解ガス化改質炉内の循環流動媒体の解析モデル

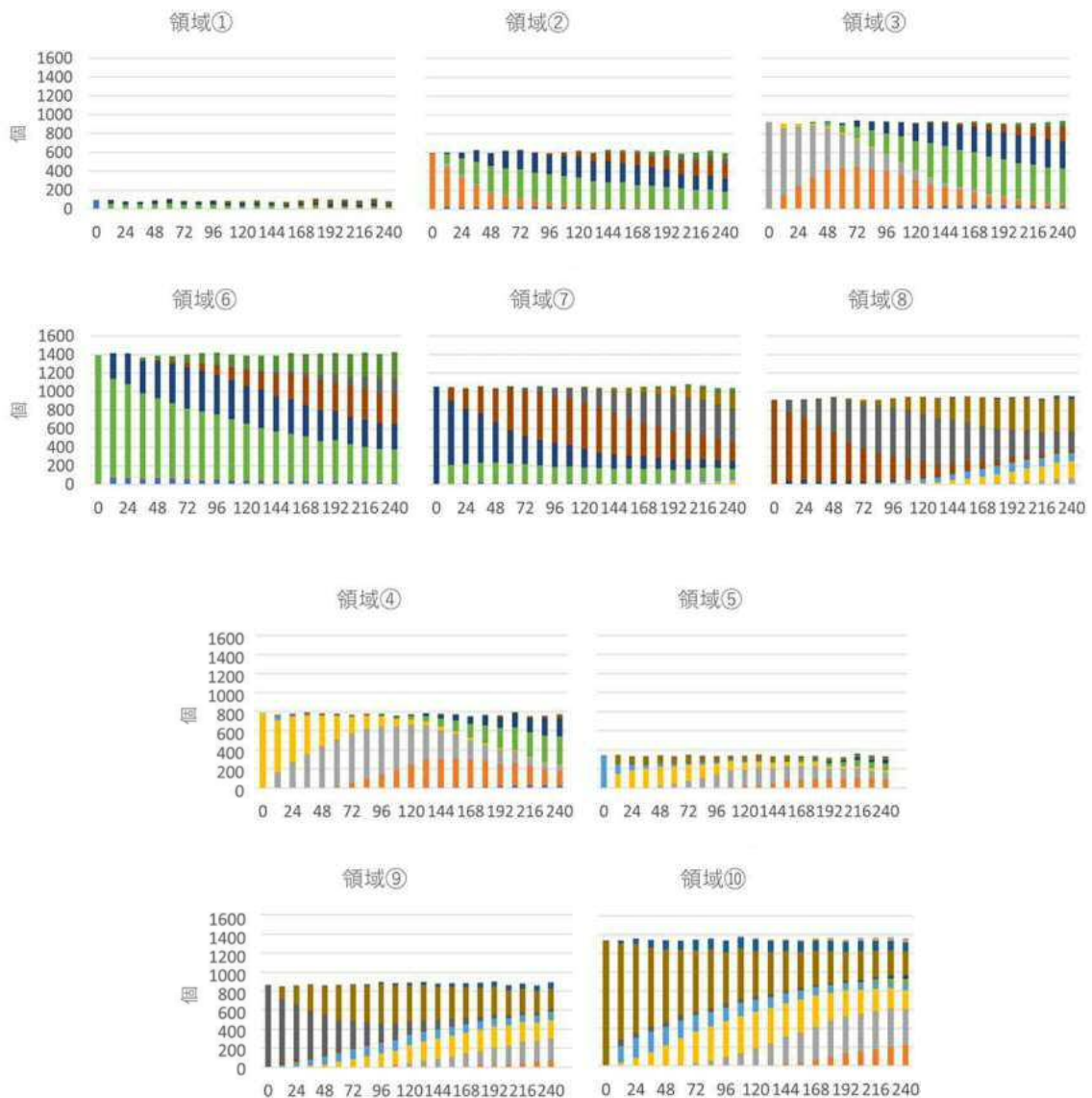


図 3-6-2 熱分解ガス化改質炉内の循環流動媒体の挙動解析結果
(横軸は経過時間をあらわす (単位は任意))

3.6.2 振る舞いの異なる廃棄物への対応

本事業で実施する実証試験は一般廃棄物を対象とするため、前処理として破砕を行うものの個別のごみの大きさは均一ではなく、中にはアスペクト比の高い物体が混入する可能性もある。一方で熱分解ガス化改質炉は、円筒型のロータリーキルンの内部に仕切り板やらせん構造をもつため、熱分解ガス化部においてガス化しにくく、また高温下でも分解しがたい高アスペクト比の固形物による閉塞の恐れが懸念される。

そこで本項の検討では、特に固形物の通路断面が小さくなるガス改質部のらせん構造に

着目し、円筒の断面積を最大限有効に活用することによって閉塞の可能性を抑える構造を考案した。図 3-6-3 にミニモデルを示す。図の左は円筒断面を 4 分割し、それぞれに軸を設け、その周りを折返し階段状の板がとりまく非円筒型のらせん構造である。図の右は円筒断面の中心に軸を持ち、同心円状に内側と外側にらせん構造を設ける構造である。このミニモデルにプラスチック製の粒状試料を投入し回転させることにより、内部で粒子試料が運搬されることを確認した。

以上の検討により、実証試験において現在計画している構造において固形物による内部の閉塞の問題が生じた際の代替構造を 2 案立案した。

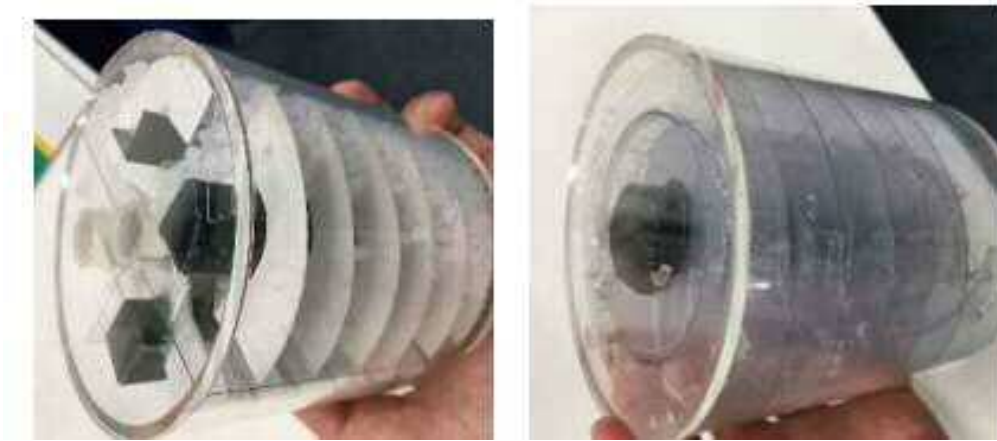


図 3-6-3 内部閉塞を防止するために断面積を有効活用した構造

第4章 ガス精製設備の最適化

本章のガス精製設備の最適化は、2つの項目（4.1 基本設計、4.2 詳細設計）で構成されている。本章では、本事業開始前までに弊社技術研究所に設置したベンチ試験におけるガス精製装置で行った事前検討の状況および今年度実施した業務内容の報告を記載する。

4.1 基本設計

4.1.1 事前検討

熱分解ガス化改質炉で生成される廃棄物由来の熱分解ガスは高温（600℃～800℃）かつ幾分かのタール、煤塵、腐食性ガス（SO_x、HCl、H₂S等）が含まれているために、ガスエンジンや燃料電池において利用するためにはこれらの不純物を許容値以下まで除去する必要がある。そのため、熱分解ガスを必要温度まで急冷させ、かつ熱分解ガス中に含まれる不純物の除去を可能とするガス精製設備の開発が必要となる。実証試験設備における熱分解ガス化改質炉特有の熱分解ガスを適切に処理することが可能なガス精製装置を設計するために必要となるデータを取得する目的として、ベンチ試験を実施した。

1) ベンチ試験におけるガス精製装置について

ベンチ試験のガス精製装置のフローシートを図4-1-1に示す。また、機器構成および各機器の役割を表4-1-1および装置外観写真を図4-1-2に示す。

本試験では、前述の熱分解ガス化改質炉から発生する模擬ごみ（RDF）由来の熱分解ガスをサイクロン式集じん器で粗除塵した実ガスを用いてガス精製装置の性能確認を実施した。

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と接触することにより、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、煤塵および酸性ガスを気液接触により除去する。急冷塔から出た熱分解ガスは吸収塔下部から流入し、塔上部からスプレーノズルで噴霧した循環水と接触することにより、残存する酸性ガス（主にHCl、SO_x、H₂S）を除去する。

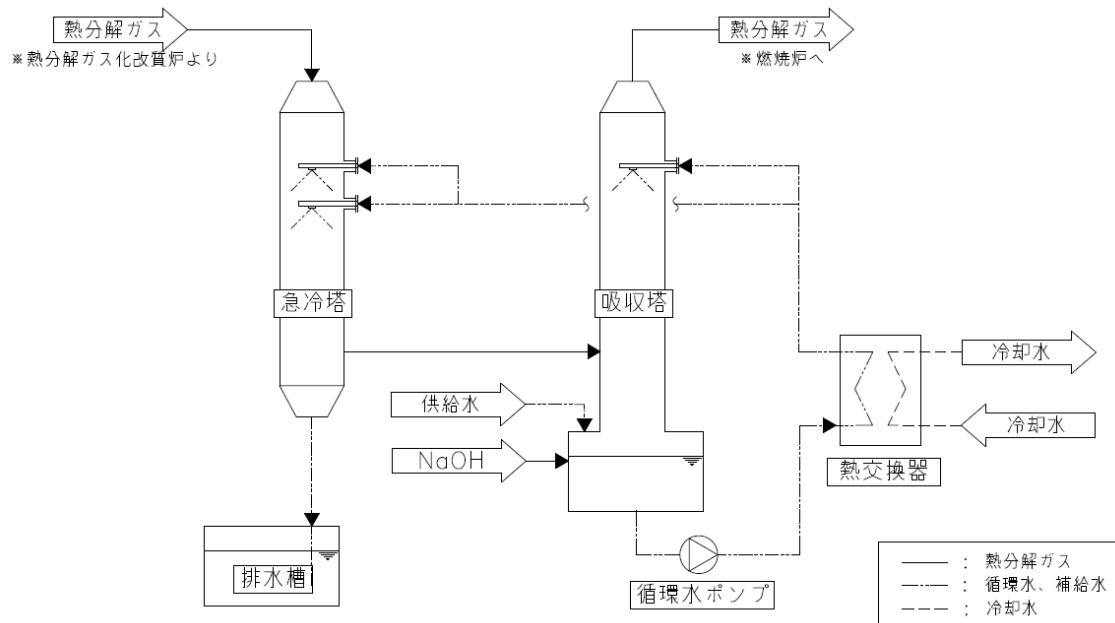


図 4-1-1 ベンチ試験ガス精製装置 フローシート

表 4-1-1 ベンチ試験ガス精製装置 機器構成

No	機器名称	役割
①	急冷塔	高温の熱分解ガスに循環水をスプレーノズルで噴霧することで飽和温度まで急冷するとともに同伴するタール、煤塵を除去
②	吸収塔	急冷塔で大方の不純物を除去した熱分解ガスに循環水をスプレーノズルで噴霧することでガス中に残存する HCl、SO _x 、H ₂ S の酸性ガスを除去
③	循環水ポンプ	急冷塔、吸収塔で噴霧する循環水をスプレーノズルまで圧送するためのポンプ
④	熱交換器	循環水を所定温度まで冷却するための熱交換器
⑤	排水槽	急冷塔におけるタール・煤塵を含有する排水を貯留するための水槽
⑥	薬剤注入装置	循環水が一定の pH 値となるように水酸化ナトリウム水溶液を連続的に注入する



図 4-1-2 ベンチ試験ガス精製装置 外観写真

2) ベンチ試験の方法および結果

(1) ベンチ試験の方法

ベンチ試験では実証試験設備におけるガス精製装置の設計用データ取得を目的としているため、噴霧する循環水量の増減によるガスの冷却性能およびタール除去率の確認、ならびに循環水 pH による不純物の除去率の確認を行った。試験パラメータは、急冷塔で噴霧する循環水量および急冷塔と吸収塔で噴霧する循環水 pH 値とした。急冷塔で噴霧する循環水量はスプレーノズル入口側に設置した流量計および調節弁において、循環水量 (kg/h) / 熱分解ガス流量 (Nm³/h) (以下 L/G) を調整した。また、循環水は pH が制御できるように噴射水ポンプ吐出配管側に薬剤注入装置を用いて、硫酸水溶液もしくは水酸化ナトリウム水溶液を注入して調整した。

(2) ベンチ試験の結果

急冷塔においては噴霧する循環水量の L/G が高いほどタール除去率は高くなる傾向

が得られた。ただし、冷却性能についてはL/Gを変動させても大差はなく、飽和温度まで冷却可能であることを確認した。

吸収塔を含めたガス精製装置における不純物除去率はタールで約 96%、酸性ガスで約 98%となり、熱分解ガス化改質炉で発生した RDF 由来の熱分解ガスを精製するにあたり本プロセスは有効であることを確認した。ただし、不純物成分によっては、発電装置指定の許容値を満たしていないため、更なるスプレー塔または冷却装置が必要であると考えられる。

上述した急冷塔および吸収塔で噴霧する循環水の条件以外にも、種々条件において事前試験を行うことで実証試験設備におけるガス精製装置を設計するためのデータ蓄積を行った。

(3) ベンチ試験結果の評価

- ・急冷塔の噴霧水はL/Gが高いほどタール除去率は高くなる傾向であるが、循環水量が多くなるために排水処理設備の規模が大きくなるといった課題がある。実証試験では実機展開を見据えて、イニシャルコストおよびランニングコストが最適なL/Gを見極める必要があるため、実証試験設備におけるガス精製装置においてもベンチ試験のガス精製装置と同様にL/Gを変更可能なように設計を行う。
- ・ベンチ試験ガス精製装置のプロセスは、模擬ごみ（RDF）由来の熱分解ガスを精製するにあたり有効であることを確認した。ただし、タール等においてはガス精製装置後流側の発電装置を考慮すると更なる低減が求められるため、実証試験設備におけるガス精製装置では急冷塔および吸収塔に加えて更なるスクラバー塔およびタール凝縮のための冷却装置の追加設置を検討する。

4.1.2 フローシート

前項で報告したベンチ試験の結果を踏まえて、一般廃棄物由来の熱分解ガスを適切に処理可能な実証試験設備におけるガス精製装置のプロセスを決定した。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 4-1-3 に示す。

本装置は、実際の一般廃棄物を 3.2 および 3.3 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℃から約 50℃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する。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℃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。

実証試験設備においては、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。

4.1.1 で記述のとおり、ベンチ試験のガス精製装置では酸性ガスに対して十分な除去性能を確認することができたが、タールについては発電装置の許容数値以下まで低減するには更なるスクラバー塔および冷却装置が必要であると判断した。実証試験設備のガス精製装置においては、上述のとおり吸収塔 1 および吸収塔 2 の湿式スクラバー 2 塔式とし、吸収塔 2 から流出する熱分解ガスを更に冷却してタール凝縮を促進させるための間接冷却式熱交換器である減湿コンデンサを追加で設置した。

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℃から約 40℃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。

4.1.3 物質収支

4.1.2 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。

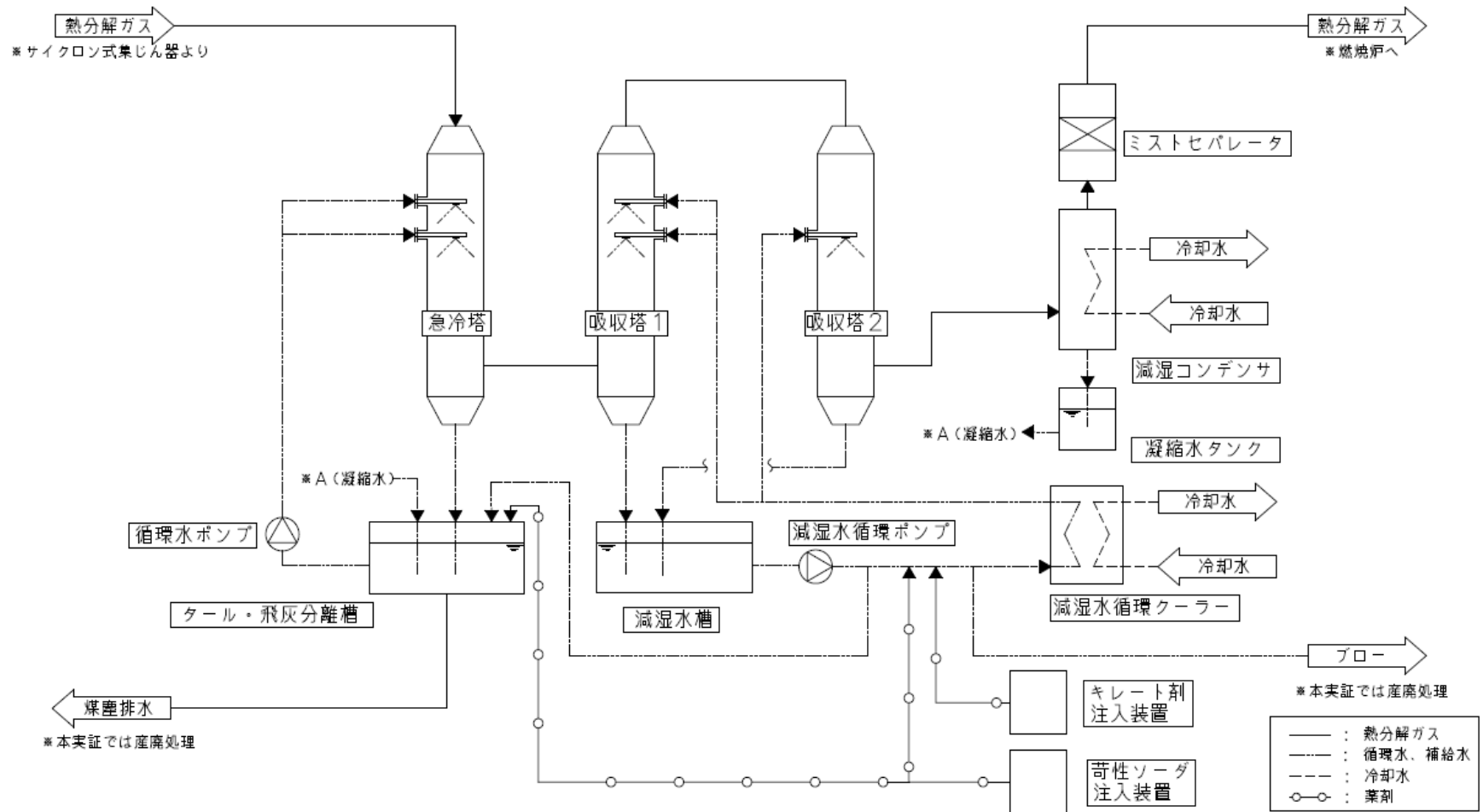


図 4-1-3 実証試験設備ガス精製装置 フローシート

4.2 詳細設計

4.2.1 機器仕様

前項において検討したフローシートおよび物質収支に基づき容量計算を実施し、各機器の形式、寸法および材質を決定した。実証設備におけるガス精製装置の主要機器リストを表4-2-1に示す。

表 4-2-1 ガス精製装置 機器リスト

機器番号	機器名称	形式	寸法・仕様	材質
3-1	急冷塔	スプレーノズル式 冷却塔	φ 300mm x H4150mm	SUS304
3-2	吸収塔 1	スプレーノズル式 冷却塔	φ 300mm x H4310mm	SUS304
3-3	吸収塔 2	スプレーノズル式 冷却塔	φ 300mm x H4310mm	SUS304
3-4	減湿コンデンサ	二重管式 熱交換器	φ 150mm x H3800mm 伝熱面積：2.4 m ²	SUS304/SGP
3-5	ミストセパレータ	デミスター式	φ 300mm x H1200mm	SUS304
3-6	凝縮水タンク	縦型円筒槽	φ 300mm x H600mm	SGP/SS400
3-7	タール・飛灰分離槽	油水分離槽	W1200mm xL2700mm H1200mm	SS400
3-8	沈殿物引抜ポンプ	遠心ポンプ	Q = 1.1 m ³ /h 揚程 = 20 m	FC250/SS400
3-9	噴射水ポンプ	遠心ポンプ	Q = 1.3 m ³ /h 揚程 = 50 m	FC250/SS400
3-10	減湿水槽	角型水槽	W1200mm xL2700mm H1200mm	SS400
3-11	減湿水循環ポンプ	遠心ポンプ	Q = 3.7 m ³ /h 揚程 = 50 m	FC250/SS400
3-12	減湿水循環クーラー	プレート式 熱交換器	伝熱面積：2.2 m ²	SUS316L/SS400
3-13	苛性ソーダ注入装置	薬注ユニット	W550mm x L750mm x H830mm	PE/PVC
3-14	キレート剤注入装置	薬注ユニット	W460mm x L650mm x H510mm	PE/PVC

4.2.2 機器配置図

4.2.1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た。ガス精製装置の機器配置平面図(1階)を図4-2-1に、機器配置平面図(2.5階)を図4-2-2に、装置断面図を図4-2-3に示す。

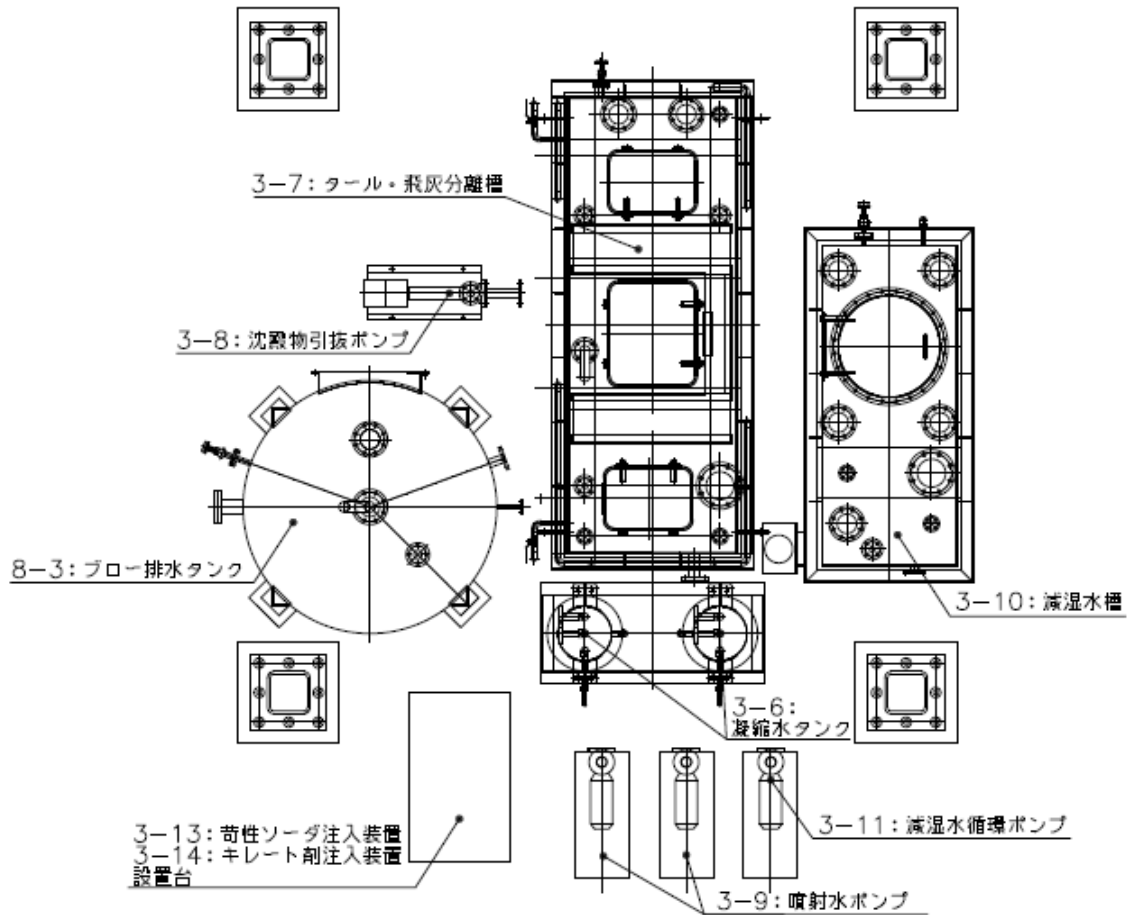


図 4-2-1 実証試験設備ガス精製装置 機器配置図(1階)

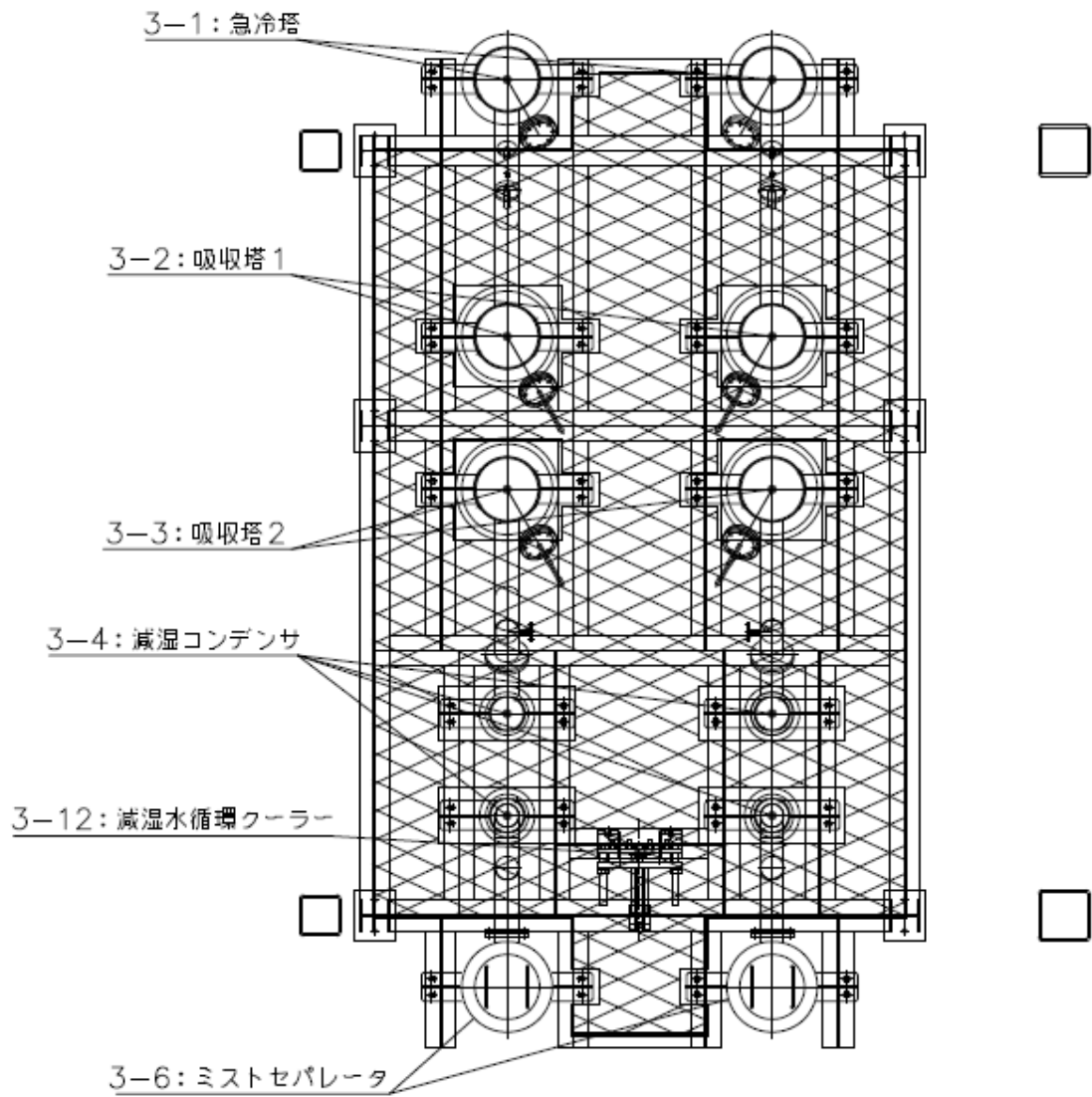


図 4-2-2 実証試験設備ガス精製装置 機器配置図(2.5階)

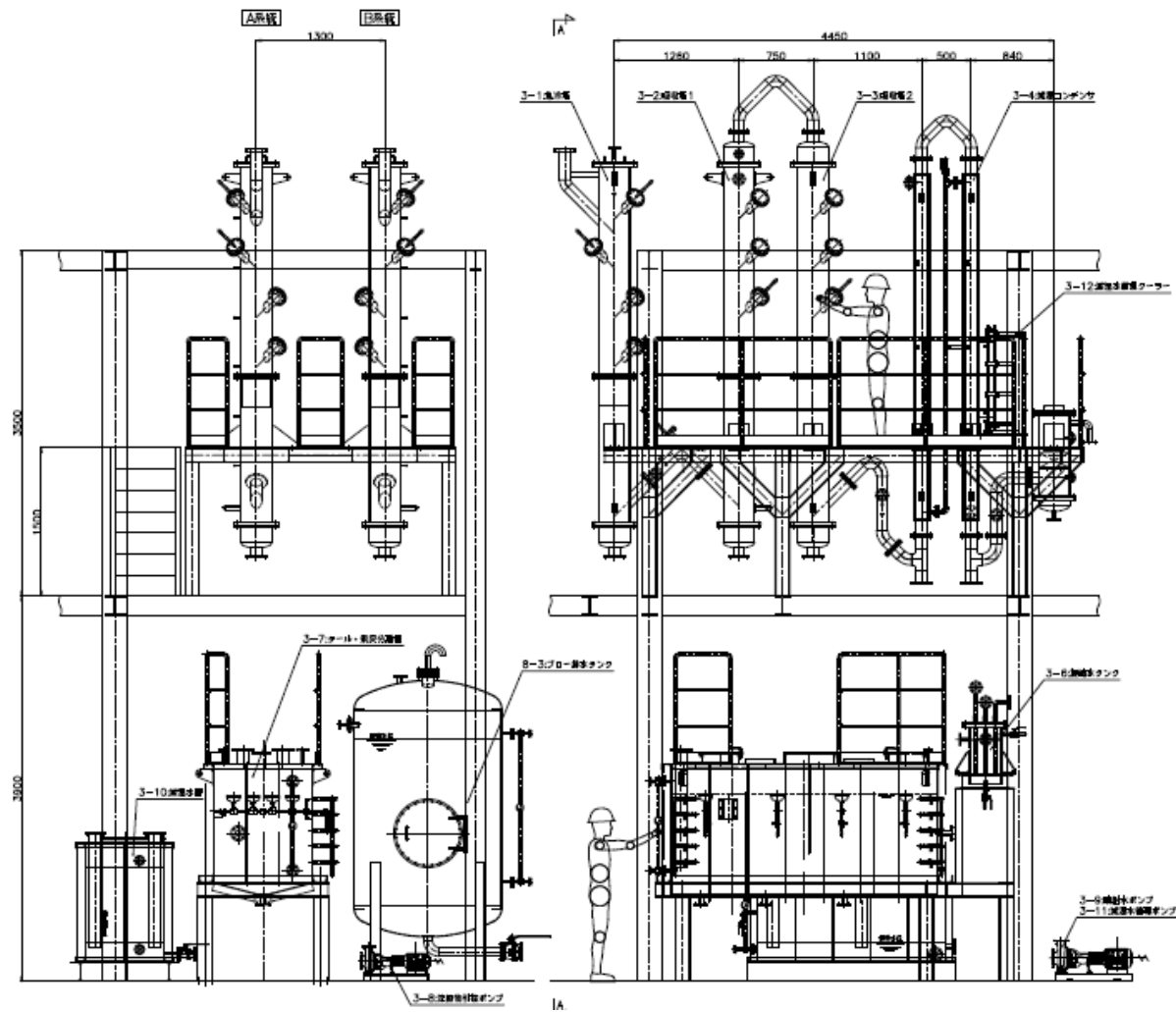


図 4-2-3 実証設備におけるガス精製設備 設備断面図

第5章 システム全体の最適化

本章のシステム全体の最適化では、ベンチ試験装置（0.2t/日規模）を用いて実施した試験や連続運転における知見や一般的なプラントエンジニアリングの知見を活用して、システム全体の最適化を検討して、基本設計、詳細設計に反映した。

5.1 事前検討

5.1.1 ベンチ試験装置における知見

弊社に設けている熱分解ガス化改質システムのベンチ試験装置（表 5-1-1）の運転において得られた知見（トラブル、維持管理、補修方法、運転状況）を表 5-1-2 のとおり取りまとめた。

表 5-1-1 ベンチ試験装置仕様

項目	内容
システム構成	<ul style="list-style-type: none">・熱分解ガス化改質炉・ガス精製装置・燃焼炉・排ガス処理装置
処理量	<ul style="list-style-type: none">・5kg/h (dry) ≒8.3kg/h (wet)≒200kg/日 (wet)
処理対象物	<ul style="list-style-type: none">・木質ペレット・模擬ごみ (RDF)
加熱方式	<ul style="list-style-type: none">・電気ヒーター
運転期間	<ul style="list-style-type: none">・H27.12～R2.3
通算運転時間	<ul style="list-style-type: none">・約 900h

5.1.2 各種プラント運転から想定される問題および対応策

これまでの各種プラント運転から得られた知見や一般的な知見から想定される問題および対応策（トラブル、維持管理、補修方法、運転状況）は表 5-1-3 のとおり。

表 5-1-2 ベンチ試験装置において発生した課題および解決策

No	機器	番号	発生課題	実証設備 解決策		備考
				運転面	装置面	
1	給じん装置	①	・ホッパー内でごみの圧密等によりブリッジが発生	・ホッパーのごみレベルをモニタリングし、ブリッジの兆候があれば二次側のゲートを閉としてホッパー点検口からブリッジを解消する	・ホッパーレベルを制御できるシステムとする ・ホッパーレベルに応じて、上流側コンベアを停止するインターロックを設ける ・手動で除去できるように後流側にゲートを設置する	実証設備設計に反映済
		②	供給フィーダー（スクリーコンベヤ）内部で原料の圧密が発生	・供給フィーダー電動機の電流値をモニタリングし、圧密の兆候がある場合は逆回転、インチング等で解消を図る ・上記対応で解消しない場合は、1-②の対応を行う。	・ごみ供給のスクリーコンベヤは引抜可能な構造とする ・圧密等の検知用に各スクリーコンベヤのモーター電流値を測定する ・逆回転、インチングが可能な制御回路とする	実証設備設計に反映済
2	熱分解ガス化改質炉	①	パッチ試験装置のためにチャー・不燃物等が連続排出できない。(マテリアルバランス確認のためにチャー排出量の測定が必要)	・チャー回収用のペール缶/ドラム缶を運転中に交換する ・発火対策として、外したドラム缶はすぐに蓋をして、温度を確認してからハンドリングする	・チャー貯留槽およびサイクロン式集じん器等で排出、回収されるチャー・不燃物、煤塵量を測定可能なようにペール缶/ドラム缶で受ける構造とする	実証設備設計に反映済
		②	熱分解ガス化改質炉やガス精製装置からのガス漏洩	・装置分解後、立上げ前に都度気密試験を実施する ・消耗品等の交換を徹底 ・立上げ後、ホットボルトリングを実施する ・熱分解ガスの通ガスライン周囲は送風機による換気を行う	・熱分解ガスの通ガスラインは原則フランジ継手等の防塵仕様準拠とする ・各継手箇所近傍にガス検知器を設置する	実証設備設計に反映済
		③	消耗品が連続運転時間に消耗する。(熱伸縮用ベローズ部等の摺動部のグランドパッキング等)	・約1年半の実証運転期間に消耗具合を都度確認する ・使用条件に適した材質、構造を選定すると同時に適切な使用条件をキープする	・摺動部を多点として応力を分散する構造とする ・消耗品を外部からも確認できる構造とする	詳細設計時に反映予定
		④	熱分解ガス化改質炉の性能把握および高温応力部材の長期運転時の強度把握のために各部温度の把握が必要	・各種温度をデータロガーで記録して、熱分解ガス化改質炉の熱特性を把握する	・熱分解ガス化改質炉の「熱分解部」「中央部」「改質部」での表面温度および内部温度を測定するため温度計を設置する	実証設備設計に反映済
		⑤	摺動面の熱分解ガス漏洩対策のパージ気体を不活性ガスにすると熱分解ガスに不活性ガスが混入して生成ガス LHV が低くなる	・水蒸気を不活性ガスに用いることで分離を容易にする ・熱分解ガス化改質炉が安定・安全運転できて、ランニングコストを低減するための最適パージ流量を把握する	・熱分解ガス化改質炉の回転部(本体)と固定部(押込スクリーン、チャー貯留槽)の摺動部に水蒸気パージをする ・パージ水蒸気量が把握するための流量計を設置する。	実証設備設計に反映済
3	サイクロン式集じん器	①	集じん効率の低下(サイクロン集じん器の集じん効率は適用流速が狭い)	・煤塵特性に合った流速を把握して、最適な条件になるように運転する	・集じん効率優先でなく、安定運転優先の設計・選定をする	実証設備設計に反映済
		②	入口・出口配管に煤塵(チャー)が堆積・閉塞する	・圧力損失を計測して状態を把握する ・圧力損失が高くなった場合、誘引ファン出力をアップさせる ・堆積の想定箇所へ水蒸気パージする	・煤塵が堆積・閉塞しにくい構造(斜め配管)とする ・堆積した煤塵を吹き飛ばせる装置(水蒸気パージ)を設ける ・堆積・閉塞状況が判断できるように圧力計を各所に設ける	実証設備設計に反映済
4	ガス精製装置	①	急冷塔の入口ダクトが煤塵、タール等で閉塞する	・ガス流れ方向は並行流とする(対向流の場合、ガス入口部で閉塞し易い) ・壁面のタール、ダストの付着防止のために壁面を水幕で保持する	・急冷塔の熱分解ガス流れは並行流とする ・ダクト入口はスプレーノズルよりも上部とする ・スプレーノズルへの煤塵堆積防止に水蒸気パージを設ける	実証設備設計に反映済
		②	急冷塔・吸収塔出口ガス温度が下がらない	・熱分解ガスの冷却性能は噴射水量およびスプレーノズル段数で調整する	・予備座を設ける ・ポンプ容量等の余裕率を大きめとする	実証設備設計に反映済
		③	急冷塔のスプレーノズルが閉塞する(噴射水は循環利用のため煤塵がスプレーノズルまで同伴する可能性がある)	・スプレーノズル入口部の圧力を計測する ・噴射水の流量を計測する	・噴射水(循環利用)にタール・飛灰分離槽を設ける ・タール飛灰分離槽で循環水に伴った煤塵はストレーナで除去する ・ノズルの閉塞確認のため、圧力計を設ける	実証設備設計に反映済
		④	急冷塔の出口ダクトが煤塵で閉塞する(急冷塔と吸収塔の接続配管が水平により、配管部に煤塵が堆積)	・圧力損失を計測して状態を把握する ・堆積の想定箇所へ噴射水を噴霧する	・ガス精製装置各機器のダクトは水平部を作らずに傾斜配管とする ・閉塞確認用として各部に圧力計を設ける ・堆積による閉塞対策として、水噴霧ラインを設ける	実証設備設計に反映済

表 5-1-3 各種プラント運転から想定される問題および対応策 (1/4)

No	機器	番号	発生が想定される問題	実証設備 対応策		備考
				運転面対策	装置面対策	
1-1	ごみ受入・貯留ヤード	①	一般廃棄物由来の汚水溜まり (臭気・衛生面)	・ 床洗浄を実施する	・ ごみ貯留ヤードに汚水排水溝を設置 ・ 床洗浄水装置を設置	
		②	一般廃棄物由来の臭気	・ 受入廃棄物、破砕後廃棄物を長時間貯留しない ・ 燃焼用空気はごみ貯留ヤードから吸引してごみ貯留ヤードを負圧に保持する	・ 実証設備の燃焼空気を建屋内から吸入 ・ 脱臭装置を設置	
		③	リチウムイオン電池の発火	・ 破砕ごみを長時間貯留しない	・ ごみ貯留ヤード、破砕ごみ貯留ヤード、破砕ごみ供給コンベヤに火災検知器および散水設備を設置	
1-4 1-5	一次破砕機 二次破砕機	①	破砕機の詰まり	・ 不適合は事前に除外する ・ 点検、清掃、復旧作業を行う	・ 自動逆転、ハンチング運転が可能な仕様 ・ 破砕機形状や材質の適正化 ・ 破砕機廻りにアクセスできる構造とする	
		②	破砕機の歯欠損	・ 不適合は事前に除外する ・ 粒形が大きいものは再度破砕する。	・ 長期連続運転時にはカッターの予備を準備	
1-9	給じん装置	①	スクリーコンベヤのごみの噛み込み、圧密等による異常停止	・ 電動機の電流値を計測し、噛込み、圧密の兆候がある場合は逆回転、インチング運転等で解消を図る ・ 破砕ごみ供給コンベアの運転停止 ・ スクリュー逆回転 ・ 点検、清掃、復旧作業を行う	・ 動逆転、ハンチング運転が可能な仕様 ・ 破砕機にスクリーンを設置 ・ チェーン強度、モーターキャパに余裕率を設定 ・ スクリューは引抜可能な構造とする ・ 熱分解ガス化改質炉運転中の給じん装置点検のために下流側に手動ゲートを設置	
		②	ホッパー内部ブリッジ	・ ホッパーのレベルを計測して早めに検出する ・ 点検、清掃、復旧作業を行う	・ ホッパー形状の最適化 ・ ホッパーにハンドホールを設置 ・ 圧密防止装置(攪拌型/振動型)の予備座を設置 ・ 熱分解ガス化改質炉運転中の給じん装置点検のために下流側に手動ゲートを設置	
		③	ホッパー内部のごみ高さの偏り	・ スクリュー逆回転 ・ ホッパー開放により手作業でならす	・ ホッパーにハンドホールを設置	
		④	ホッパー本体/ケーシングの破孔	・ 点検時に各所の厚みを測定して、破孔前に傾向を把握して補修する	・ 摩耗想定箇所のケーシングの板厚を増 ・ 減肉時はパッチ充て溶接 ・ 摩耗防止のケーシング構造とする	詳細設計時に対応する
		⑤	給じん装置への熱分解ガスの逆流	・ 炉内圧力の設定値変更(負圧を強める) ・ N2 ボンベ開放 ・ バイパスラインに切替 ・ 緊急停止 (ごみ供給系統停止、熱風発生炉停止)	・ 防爆ラインの設置 ・ N2 封入ラインの設置 ・ バイパスラインの設置	

表 5-1-3 各種プラント運転から想定される問題および対応策 (2/4)

No	機器	番号	発生が想定される問題	実証設備 対応策		備考
				運転面対策	装置面対策	
2-1	押込スクリー	①	ごみの噛み込み、圧密等による異常停止	<ul style="list-style-type: none"> 電動機の電流値を計測し、噛み込みの兆候がある場合は回転数調整、逆回転、インテング運転等で解消を図る 給じん装置停止 	<ul style="list-style-type: none"> 圧密防止のため、スクリーコンベアのサイズを大きくする チェーン強度、モーターキャバに余裕率を設定 スクリーを引き抜き可能な構造とする 	
		②	スクリー偏心	<ul style="list-style-type: none"> 給じん装置停止 	<ul style="list-style-type: none"> スクリー軸の強度に余裕率を大きめにする ケーシング板厚の余裕率を大きめとする 	
2-2	熱分解ガス化改質炉	①	摺動部からの熱分解ガス漏れ出し	<ul style="list-style-type: none"> バージ水蒸気量、圧力を大きくする クリアランスを適正値に合わせる 消耗品を交換する 炉内圧力の設定値を下げる (自動→手動) ごみ供給量を下げる 押込スクリー停止 緊急停止 	<ul style="list-style-type: none"> 蒸気ボイラは大きめのサイズを選定する 外部からクリアランスや消耗品の摩耗状況が分かる構造とする 誘引ファンは余裕率を大きめとする 押込みスクリーは回転数制御できる仕様にする バイパスラインを設置 	
		②	摺動部からの空気漏れ込み	<ul style="list-style-type: none"> バージ水蒸気量、圧力を大きくする クリアランスを適正値に合わせる 消耗品を交換する 炉内圧力の設定値を上げる (自動→手動) 押込スクリー停止 緊急停止 	<ul style="list-style-type: none"> 蒸気ボイラは大きめのサイズを選定する 外部からクリアランスや消耗品の摩耗状況が分かる構造とする 摺動部シール構造検討 チャー貯留槽に防爆ラインの設置 バイパスラインを設置 	
		③	改質部螺旋円筒閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ごみ供給停止 (押込スクリー停止) キルン逆回転 加熱ガスの供給停止 (送風のみ) 改質用水蒸気の供給停止 緊急停止 	<ul style="list-style-type: none"> 閉塞確認用に改質部前後で圧力計を設置 破砕機にふるい (選別機) を設置 灰分滞留を防ぐため、灰分排出構造を検討 	
		④	キルン回転停止 (モータートリップ)	<ul style="list-style-type: none"> ごみ供給停止 キルン逆回転、インテング運転 加熱ガスの供給停止 (送風のみ) 改質用水蒸気の供給停止 緊急停止 	<ul style="list-style-type: none"> 熱膨張許容のため設計温度は余裕を見る キルン重量増に対応したモーターの選定 キルン重量増に対応したチェーンの選定 熱膨張対策 (ベローズ/差込型) の構造を検討 	
		⑤	チャー抜出不可	<ul style="list-style-type: none"> チャー貯留槽を人力で叩いて詰まりを解消する チャー排出コンベアの逆回転、インテング運転 ごみ供給停止 	<ul style="list-style-type: none"> チャー貯留槽は一定時間分貯留可能なサイズとする チャー貯留槽にレベル計を設置 チャー排出装置をシンプルな構造にする (ベール缶/ドラム缶) 発火対策として、外したドラム缶はすぐに蓋をして、温度を確認してからハンドリングする 	
		⑥	消耗品が連続運転時間中に損耗する。 (熱伸縮用ベローズ部等の摺動部の グランドパッキン等)	<ul style="list-style-type: none"> 約 1 年半の実証運転期間中に損耗具合を都度確認する 使用条件に適した材質、構造を選定すると同時に適切な使用条件をキープする 	<ul style="list-style-type: none"> 摺動部を多点として応力を分散する構造とする 損耗具合を外部からも確認できる構造とする 	

表 5-1-3 各種プラント運転から想定される問題および対応策 (3/4)

No	機器	番号	発生が想定される問題	実証設備 対応策		備考
				運転面対策	装置面対策	
2-6	サイクロン式集じん器	①	補修率低下	<ul style="list-style-type: none"> ごみ供給量を下げる 押込スクリーン停止 バイパスライン切替 改質用水蒸気の供給停止 炉内圧力の設定値を下げる (自動→手動) 	<ul style="list-style-type: none"> バイパスラインを設置 誘引ファンの余裕率を大きめにする サイクロン式集じん器に叩き座を設置 作業スペースを確保する 	
		②	本体破孔	<ul style="list-style-type: none"> 点検時に各所の厚みを測定して、破孔前に傾向を把握して補修する ごみ供給停止 押込スクリーン停止 炉内圧力の設定値を下げる (自動→手動) 緊急停止 	<ul style="list-style-type: none"> 摩耗想定箇所の確認・測定ができるようにする サイクロン本体に点検口を設置 	
3-1	急冷塔	①	入口ノズル(ガス側)閉塞	<ul style="list-style-type: none"> バージ用蒸気噴霧 ごみ供給量減→停止 バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ダクトに水平部を設けない ダクト入口はスプレーノズルよりも上部とする バージ用蒸気噴霧ライン設置 急冷塔の熱分解ガス流れは並行流とする 	
		②	本体閉塞	<ul style="list-style-type: none"> 噴霧水量アップ バージ用蒸気噴霧 ごみ供給量減→停止 バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ダクト入口はスプレーノズルよりも上部とする 壁面のタール、ダストの付着防止のために壁面を水幕で保持する バージ用蒸気噴霧ライン設置 	
		③	噴射水配管閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ストレーナ清掃 バイパスライン切替 ごみ供給量減→停止 	<ul style="list-style-type: none"> ストレーナ設置 バイパスラインの設置 	
		④	出口ノズル(ガス側)閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ダクト内の水噴霧 ごみ供給量減→停止 バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ダクトに水平部を設けない 閉塞確認用として各部に圧力計を設ける 堆積による閉塞対策として、水噴霧ラインを設ける 	
		⑤	ガス冷却性能の低下	<ul style="list-style-type: none"> 水噴霧量アップ 	<ul style="list-style-type: none"> 噴射水ポンプ、ノズルの余裕率を高めにする 	
		⑥	酸性ガス除去性能の未達	<ul style="list-style-type: none"> 苛性ソーダ注入量アップ 	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ注入ライン増設予備座設置 薬注ユニットの余裕率を高めとする 	
3-2 3-3	吸収塔 1 吸収塔 2	①	入口ノズル(ガス側)閉塞	<ul style="list-style-type: none"> バージ用水噴霧 ごみ供給量減→停止 バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> 急冷塔①と同じ対策 	
		②	本体閉塞 (充填部閉塞)	<ul style="list-style-type: none"> 噴霧水量アップ ごみ供給量減→停止 バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> 充填層を設けない 急冷塔②と同じ対策 	

表 5-1-3 各種プラント運転から想定される問題および対応策 (4/4)

No	機器	番号	発生が想定される問題	実証設備 対応策		備考
				運転面対策	装置面対策	
		③	減湿液配管閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ ストレーナ清掃 ・ バイパスライン切替 ・ ごみ供給量減→停止 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 急冷塔③と同じ対策 	
		④	出口ノズル(ガス側)閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ ダクト内の水噴霧 ・ ごみ供給量減→停止 ・ バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 急冷塔④と同じ対策 	
		⑤	ガス冷却性能の未達	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水噴霧量アップ ・ 噴霧水温度を下げる (減湿液循環クーラーへの冷却水供給量増) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 減湿液循環ポンプ、ノズル、クーラーの余裕率を高めにする ・ 冷却塔の余裕率を高めする ・ 減湿液循環クーラーの清掃をしやすくする 	
		⑥	酸性ガス除去性能の未達	<ul style="list-style-type: none"> ・ 苛性ソーダ注入量アップ ・ 水噴霧量アップ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬注ユニットの供給量の余裕率を高めにする ・ 充填剤が追加できる構造とする 	
3-4	減湿コンデンサ	①	機器内部(ガス側)閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ ごみ供給量減→停止 ・ バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ハンドホール/フランジの設置 (清掃容易化) ・ バイパスラインの設置 	
		②	冷却性能の未達	<ul style="list-style-type: none"> ・ ごみ供給量減 ・ 冷却水量増 ・ 冷却水温度を下げる ・ バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器冷却塔、ポンプの余裕率を高めにする ・ ガス側壁面を清掃しやすいように上部はフランジ構造とする 	
3-5	ミストセパレータ	①	内部閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ ごみ供給量減→停止 ・ バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内部清掃が可能な構造とする(上部フランジ構造) ・ 圧力計を設けて閉塞が分かるようにする 	
3-7	タール・飛灰分離槽	①	沈殿物引き抜きラインの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ 逆洗する (沈殿物を拡散させる) ・ 手で詰まりを解消、沈殿物を排出する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予備ノズル・ラインの設置 ・ 水中ポンプを追加する 	
5-1	排ガス誘引送風機	①	能力不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ ごみ供給量減 ・ 改質用水蒸気の供給減 ・ バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 余裕率を高めにする ・ ダクト径を大きめにする ・ 熱分解ガス化改質炉シール部からのガス漏れ用に水蒸気バージケーシングと燃焼炉を接続する逃がし配管を設置 	
		②	故障等による運転停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ ごみ供給停止 ・ 緊急停止 ・ バイパスライン切替 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各ダンパは停電時に開 (フェールセーフ) となるように設計 ・ 熱分解ガス化改質炉シール部からのガス漏れ用に水蒸気バージケーシングと燃焼炉を接続する逃がし配管を設置 	

5.2 基本設計

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設計を示す。

5.2.1 フローシート

5.1 知見の整理および対策立案を踏まえて、本システム全体を安定稼働させるプロセスを決定した。

本実証試験設備におけるフローシートを図 5-2-1～3 に示す。

5.2.2 物質収支

前項で検討したフローシートに基づいて、一般廃棄物を処理した際の各機器・設備の内部状況（温度、圧力、流量等）を決定した。

5.2.3 機器仕様

前項で検討した物質収支に基づいて、各機器の基本設計（容量計算）を実施して、機器仕様を決定した。

本実証試験設備の機器仕様をまとめた機器リストを表 5-2-1 に示す。

5.2.4 機器配置図

前項で検討した機器仕様に基づき、社内概略設計、メーカー見積、これまでの実績値等から各設備・機器の外形図を決定した。

また、各設備・機器の接続、取り回しや使い勝手等を考慮して、機器レイアウトを決定した。

本実証試験設備の機器配置図を図 5-2-4～7 に示す。

5.2.5 土建設計

5.2.3 機器仕様で検討した各機器概算重量と 5.2.4 検討した機器配置図に基づき、実証試験設備を支える建築構造物の基本設計を実施した。

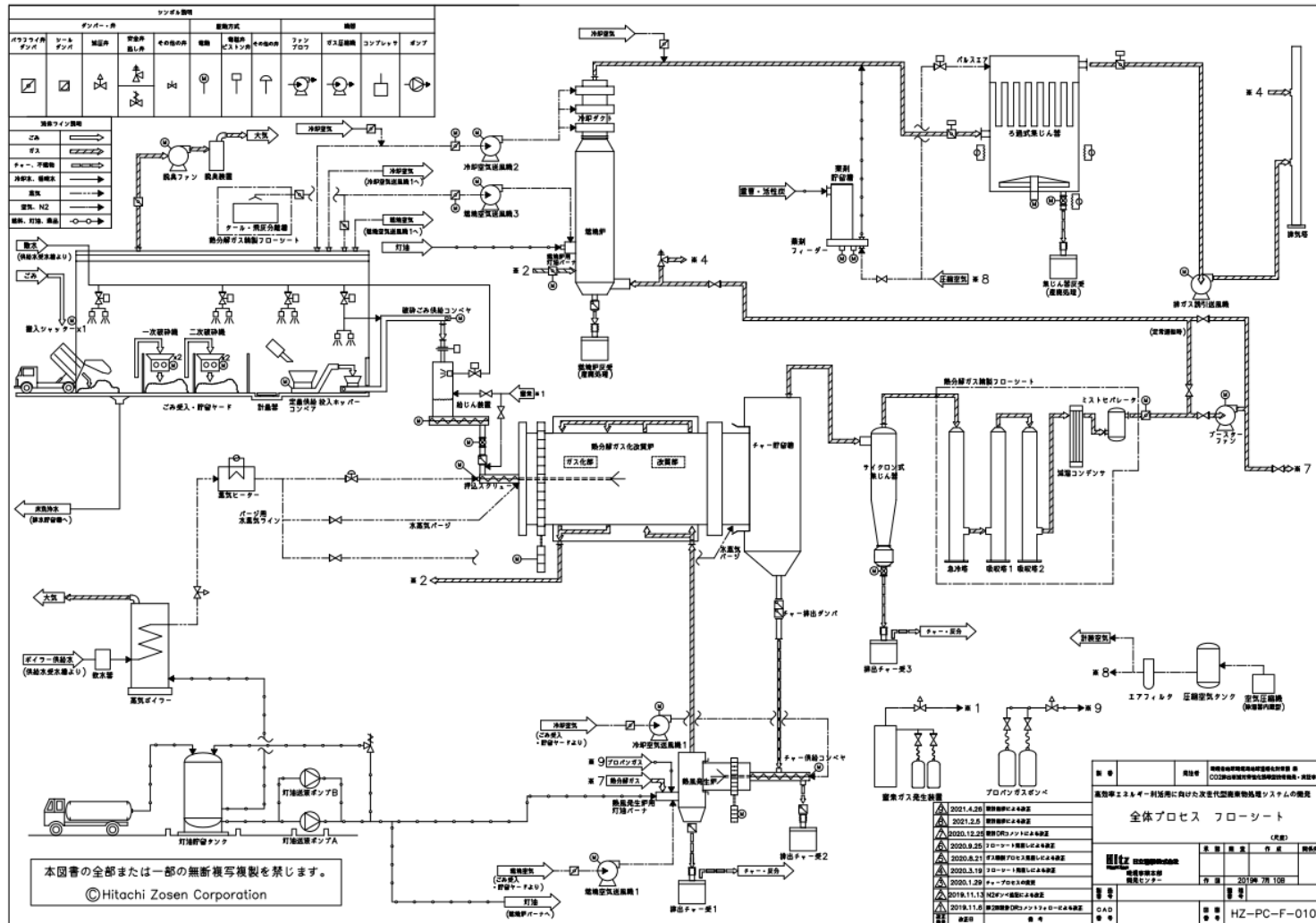


図 5-2-1 全体プロセスフローシート

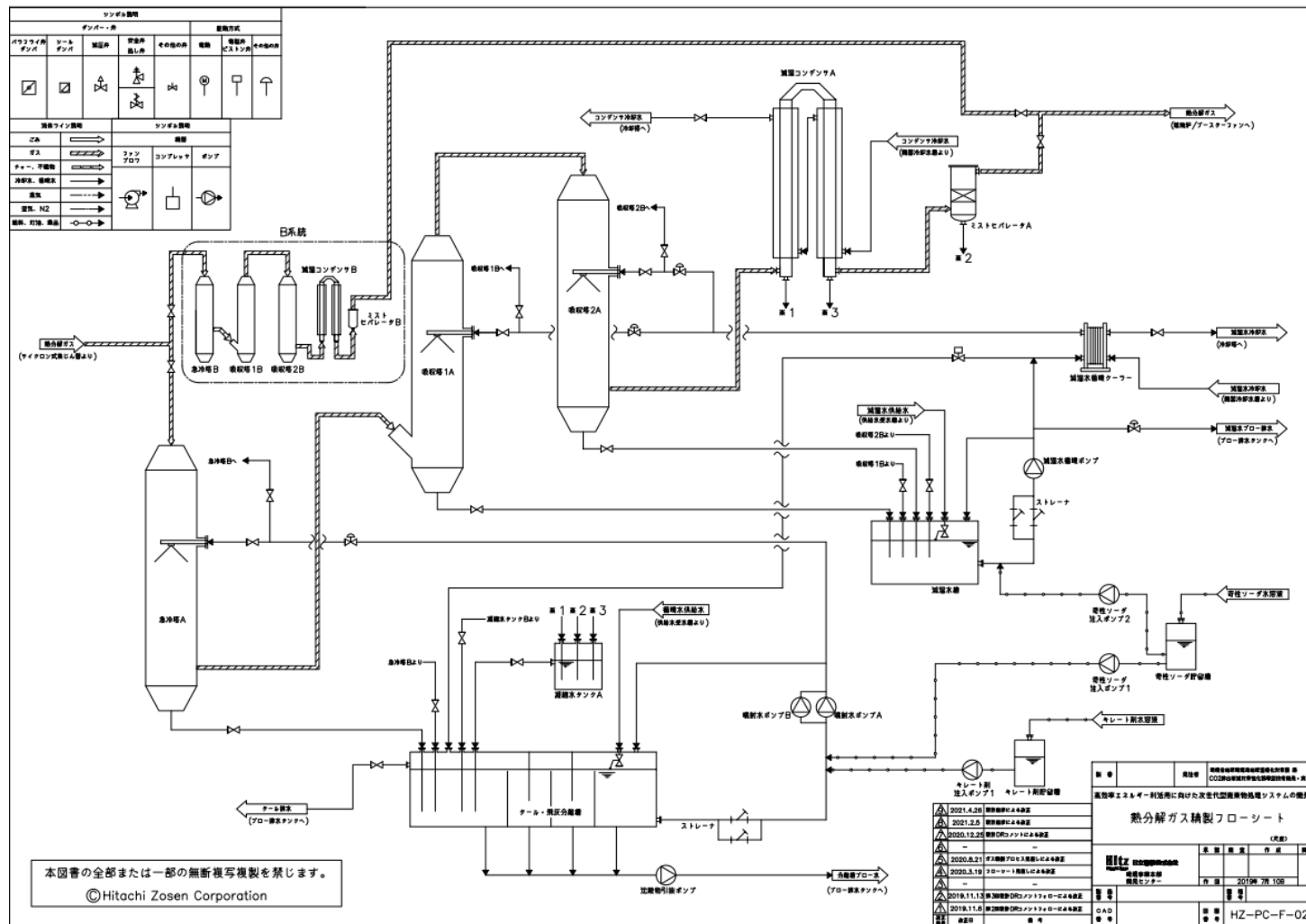


図 5-2-2 熱分解ガス精製フローシート

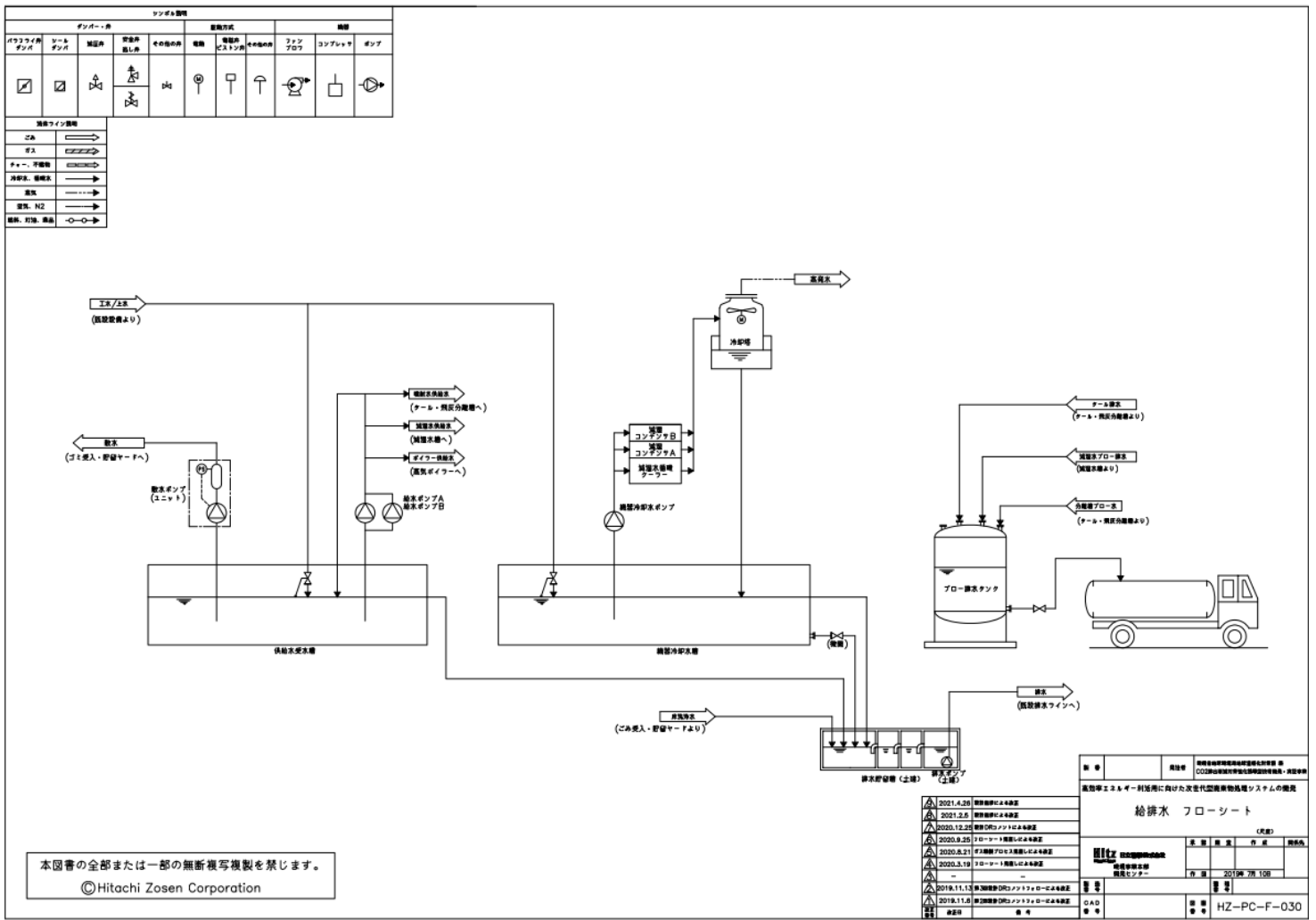


図 5-2-3 給排水フローシート

表 5-2-1 機器リスト (1/5)

機器番号	機器名称	基数		型式	仕様、サイズ	主要材質	設計条件(2 ton / day)		
		常用	予備				※設計温度、設計流量は低質、基準、高質ごみ設計時の最大温度、最大流量を示す	取扱流体	設計温度
1. 受入れ・供給設備									
1-1	ごみ受入・貯留ヤード	1	-	鉄骨ALC造	床面積積: 135m ² 建屋高さ: 7.8m	外壁: RC, ALC	ごみ	20℃	83 kg/h
1-2	フォークリフト	1	-	フォークリフト (バケット付0.5m ³)	バッテリー式	-	ごみ	20℃	83 kg/h
1-3	脱臭装置	1	-	活性炭吸着塔	処理流量: 1070 m ³ /h サイズ: □1000 x 1800mmH	本体: SS400	ごみ由来臭気	20℃	1070 Nm ³ /h
1-3-2	脱臭ファン	1	-	送風機	1300 Nm ³ /h x 2.04 kPa (21.7 Nm ³ /min x 2.04kPa)	ケーシング: SS400 羽根車: SS400 シャフト: S45C ※メーカー標準可	ごみ由来臭気	20℃	1070 Nm ³ /h
1-4	一次破砕機	1	-	二軸破砕機(電動式)	処理量(Max): 1000 kg/h	本体: 炭素鋼 床台: 炭素鋼 カッター: 特殊鋼	ごみ	20℃	1000 kg/h
1-5	二次破砕機	1	-	二軸破砕機(電動式)	処理量(Max): 1000 kg/h	本体: 炭素鋼 床台: 炭素鋼 カッター: 特殊鋼	ごみ	20℃	1000 kg/h
1-6	計量器	1	-	台秤	フォークリフト積載仕様 サイズ: □2000mm x 270mm ひょう量: 5000 kg、容量: 2kg	載台: 炭素鋼 台枠: 炭素鋼 ロードセル: アルミ合金	-	-	-
1-7-1	投入ホッパー	1	-	ホッパー	有効 2.0m ³	本体: SS400	ごみ	20℃	83 kg/h
1-7-2	定量供給コンベヤ	1	-	エプロンコンベヤ	輸送量: 1.2 t/h	-	ごみ	20℃	1200 kg/h
1-8	破砕ごみ供給コンベヤ	1	-	重直密閉式ベルトコンベヤ	輸送量: 1.2 t/h	ケーシング: SS400	ごみ	20℃	1200 kg/h
1-9	給じん装置	1	-	ホッパー付 二軸スクリュウコンベヤ	ホッパー容量: 0.47m ³ 搬送能力: 83 kg/h	ケーシング: SS400 スクリュウ: 鋼 スクリュウ軸: STPG370	ごみ	20℃	83 kg/h
1-10	ロータリーバルブ	1	-	ロータリーバルブ	□300 x 400H 搬送能力: 83 kg/h	ケーシング: SUS304 r1F&L: SUS304 シャフト: S45C ※メーカー標準可	ごみ	20℃	83 kg/h
1-11	スライドゲート	1	-	手動スライドゲート	□300	HOLD	ごみ	20℃	-
2. 熱分解ガス化設備									
2-1	押込スクリュウ	1	-	一軸スクリュウコンベヤ	ケーシング: 250A x 2830L スクリュウ: 250φ 軸径: 100A	ケーシング: SUS304 スクリュウ軸: SUS304	ごみ	20℃ / 400℃	83 kg/h
2-2	熱分解ガス化改質炉	1	-	横型内部循環流動方式キルン炉 (開閉加熱型)	キルン: φ1200mm x 5000mmL JKT: φ1920 x 3700L(断熱材込)	キルン内面・内部構造物: SUS310S キルンJKT外筒: SS400+断熱材	ごみ	熱分解炉: 400℃ 改質炉: 800℃	83 kg/h
2-3	チャー貯留槽	1	-	箱型	容量: 9.6m ³ (有効: 0.2m ³) (1500 x 1900 x 4000H)	SS400/SUS304+キヤスタール	チャー、不燃物	800℃	15.0 kg/h
2-4	チャー排出ダンパ	1	-	ダブルダンパ	搬送能力: 20kg/h サイズ: □200 x 900H	SUS304	チャー、不燃物	800℃	15.0 kg/h
2-5	排出チャー受1	1	-	特殊金属タンク	容量: 200 L	SS400 + 耐火材	チャー、不燃物	800℃	15.0 kg/h
2-6	サイクロン式集じん器	1	-	サイクロン式 (チャージャー+RV付)	φ400mm x 960mmH	SUS310S/SUS304	熱分解ガス (チャー、不燃物)	800℃	ガス: 97 Nm ³ /h 煤塵: 1.5 kg/h
2-6	排出チャー受2	1	-	汎用金属タンク (ドラム缶)	容量: 200 L	SS400/SUS	不燃物	750℃	1.5 kg/h
2-6-1	熱風発生炉	1	-	横型回転式熱風発生炉 (ロータリーキルン炉)	熱風流量: 400~700 Nm ³ /h 1800W x 3200L x 2450H	本体: SS400+キヤスタール	排ガス	1000℃	647 kg/h (= 505 Nm ³ /h)
2-6-2	チャー供給コンベヤ	1	-	一軸スクリュウコンベヤ	搬送能力: 20kg/h ケーシング: 250A x 1000L スクリュウ: 250φ	ケーシング: SUS304 スクリュウ: SUS304/SUS310S	ごみ	800℃	20 kg/h
2-10	燃焼空気送風機1	1	-	片吸込型送風機	20 m ³ /min x 4.0 kPa	ケーシング: SS400 羽根車: SS400 シャフト: S45C ※メーカー標準可	空気	20℃	358 kg/h (= 278 Nm ³ /h)
2-11	冷却空気送風機1	1	-	片吸込型送風機	20 m ³ /min x 4.0 kPa	ケーシング: SS400 羽根車: SS400 シャフト: S45C ※メーカー標準可	空気	20℃	209 kg/h (= 269 Nm ³ /h)
2-12	排出チャー受3	1	-	汎用金属タンク (ドラム缶)	容量: 200 L	SS400/SUS	不燃物	750℃	- kg/h
2-13	排出チャー受4	1	-	汎用金属タンク (ドラム缶)	容量: 200 L	SS400/SUS	不燃物	750℃	- kg/h
2-14	スライドゲート	4	-	手動スライドゲート	HOLD	HOLD	チャー、不燃物	600~1000℃	- kg/h
2-15	排出チャー受用伸縮棒手	4	-	伸縮棒手	HOLD	HOLD	チャー、不燃物	600~1000℃	- kg/h

表 5-2-1 機器リスト (2/5)

機器番号	機器名称	基数		型式	仕様、サイズ	主要材質	設計条件(2 ton / day) ※設計温度、設計流量は低質、基準、高質ごみ 設計時の最大温度、最大流量を示す		
		常用	予備				取扱流体	設計温度	設計流量
3.熱分解ガス精製設備									
3-1	急冷塔	2	-	スプレー式 直接冷却	φ300 x 4000L	本体: SUS304 ノズル: SUS304	高温側: 熱分解ガス 低温側: 噴霧水	高温側: 80℃ / 90℃ 低温側: 10℃ / 40℃	ガス: 97 Nm ³ /h 噴霧水: 283 kg/h (943 kg/h)
3-2	吸収塔1	2	-	スプレー式 直接冷却	φ300 x 4200L	シエル: SUS304 ノズル: SUS304	高温側: 熱分解ガス 低温側: 調整水	高温側: 60℃ / 80℃ 低温側: 40℃ / 60℃	ガス: 124 Nm ³ /h 調整水: 1952 kg/h
3-3	吸収塔2	2	-	スプレー式 直接冷却	φ300 x 4200L	シエル: SUS304 ノズル: SUS304	高温側: 熱分解ガス 低温側: 調整水	高温側: 60℃ / 10℃ 低温側: 40℃ / 60℃	ガス: 111 Nm ³ /h 冷却水: 413 kg/h
3-4	減湿コンデンサ	2	-	二重管式熱交換器	交換熱量: 8.4 kW 伝熱面積: 2.4m ² φ150 x 3500L x 2列	内筒: SUS304 外筒: SUS304	高温側: 熱分解ガス 低温側: 冷却水	高温側: 70℃ / 50℃ 低温側: 30℃ / 37℃	高温側: 85 Nm ³ /h 低温側: 1829 kg/h
3-5	ミストセパレーター	2	-	デミスター付 縦型円筒	サイズ: ID 300mm x 600mm	シエル: SUS304 デミスター: SUS304	熱分解ガス	55 ℃	70 Nm ³ /h
3-6	凝縮水タンク	2	-	縦型タンク	有効 30L (φ300 x 900L)	SS400	凝縮水	55 ℃	12 kg/h
3-7	タール・飛不燃物分離槽	1	-	箱型油水分離槽	有効 2.1 m ³ (W1000 x L2350 x H1200)	SS400	タール・煤塵・ チャー 混合水	90 ℃	L/G=3 : 283 kg/h L/G=10: 943 kg/h
3-8	沈殿物引込ポンプ	1	-	汚泥ポンプ	1.1 m ³ /h x 0.2MPa	ケーシング: FC280 インペラ: FC280 シャフト: S45C ※メーカー標準可	タール・煤塵・ チャー 混合水	70℃	32 kg/h
3-9	噴射水ポンプ	2	-	遠心ポンプ (渦巻ポンプ)	1.3 m ³ /h x 0.5 MPa (0.02 m ³ /min x 0.5 MPa)	ケーシング: FC280 インペラ: FC280 シャフト: S45C ※メーカー標準可	噴霧水	70 ℃	L/G=3 : 283 kg/h L/G=10: 943 kg/h
3-10	減湿水槽	1	-	箱型槽	有効 1.5 m ³ (W600 x L1600 x H1200)	炭素鋼 / FRP (材質未決定)	減湿水	60 ℃	1851 kg/h (= 1.851 m ³ /h)
3-11	減湿水循環ポンプ	1	-	遠心ポンプ (渦巻ポンプ)	3.7 m ³ /h x 0.5 MPa (0.06 m ³ /min x 0.5 MPa)	ケーシング: FC280 インペラ: FC280 シャフト: S45C ※メーカー標準可	減湿水	60 ℃	1813 kg/h (= 1.813 m ³ /h)
3-12	減湿水循環クーラー	1	-	プレート式熱交換器	交換熱量: 43kW 伝熱面積: 0.61 m ²	プレート: SUS316 ガスケット: EPDM	高温側: 減湿水 低温側: 冷却水	高温側: 80℃ / 40℃ 低温側: 32℃ / 37℃	1791 kg/h (= 1.791 m ³ /h)
3-13	苛性ソーダ注入装置	1	-	ユニット (pH調整付、ポンプ2台付)	容量: 120 t	メーカー決定	苛性ソーダ (NaOH10%)	20 ℃	12L/h (NaOH10%時)
3-14	キレート剤注入装置	1	-	ユニット (ポンプ1台)	容量: 30 t	メーカー決定	キレート剤	20 ℃	0.4L/h (液体キレート10%時)
3-15	ガス精製設備ステージ	1	-	-	W2700 x L4500 x H2000	SS400	-	-	-
4.燃焼排ガス処理設備									
4-1-1	燃焼炉	1	-	縦型燃焼炉	□1700 x 1400 x 4300L	SS400+断熱キャスタブル内 張	可燃ガス/排ガス	55℃/850℃	80 kg/h (=97 Nm ³ /h)
4-1-2	冷却ダクト	1	-	冷却ダクト	φ 600 x 3000L	SS400	空気/排ガス	冷却空気: 20℃ 排ガス: 850℃	冷却空気: 1700 Nm ³ /h 排ガス: 480 Nm ³ /h
4-1-3	燃焼炉用灯油バーナー	1	-	灯油バーナー (制御盤付)	HOLD	メーカー標準	可燃ガス/灯油	20℃/850℃	14 kg/h
4-1-4	燃焼炉点検ステージ	1	-	-	HOLD	SS400	-	-	-
4-2	燃焼空気送風機3	1	-	送風機	480 m ³ /h x 4.0 kPa	ケーシング: SS480 羽根車: SS480 シャフト: S45C ※メーカー標準可	空気	20 ℃	389 kg/h (=302 Nm ³ /h)
4-3	冷却空気送風機2	1	-	送風機	5700 m ³ /h x 3.0 kPa	ケーシング: SS480 羽根車: SS480 シャフト: S45C ※メーカー標準可	空気	20 ℃	5700 Nm ³ /h
4-4	燃焼炉灰受	1	-	特殊金属タンク	容量: 200 L	SS400 + 耐火材	不燃物	500℃~850℃	0 kg/h
4-5	ろ過式集じん器	1	-	バグフィルター式 (ロータリスクレーパー付)	W2200 x L2450 x H9400	ケーシング: SS400 リチーナ: 造船メッキ ろ材: PTFE	排ガス	160℃	排ガス: 9,004 kg/h (=5,921 Nm ³ /h) 煤塵: 0.7g/Nm ³
4-6	集じん器灰受	1	-	汎用金属タンク (ドラム缶)	容量: 200 L	SS400/SUS	煤塵+薬剤	160℃	4 kg/h
4-7	薬剤貯留槽	1	-	縦型タンク	有効容量: 0.3m ³	SS400	重曹+活性炭	20℃	4 kg/h
4-8	薬剤フィーダー	1	-	サークルフィーダー	最大吐出量: 4 kg/h	SS400	重曹+活性炭	20℃	4 kg/h
4-9	灰筒破コンテナ	4	-	汎用金属タンク (ドラム缶)	容量: 200L	S.S.	不燃物	30℃	57.2kg/h
4-9	スライドゲート	1	-	手動スライドゲート	HOLD	HOLD	不燃物	600~850℃	- kg/h
4-10	灰受用伸縮棒平	2	-	伸縮棒平	HOLD	HOLD	チャー、不燃物	600~1000℃	- kg/h

表 5-2-1 機器リスト (3/5)

機器番号	機器名称	基数		型式	仕様、サイズ	主要材質	設計条件(2 ton / day) ※設計温度、設計流量は気質、基準、高質ごみ 設計時の最大温度、最大流量を示す		
		常用	予備				取扱流体	設計温度	設計流量
5. 送風設備									
5-1	排ガス誘引送風機	1	-	送風機	7960 Nm ³ /h x 9.87 kPa (132 Nm ³ /min x 9.87 kPa)	ケーシング:SS480 羽根車:SS480 シャフト:S45C ※メーカー標準品	排ガス	155℃	排ガス:7960 Nm ³ /h 煤塵:0.01g/Nm ³
5-2	風道	1式	-	-	配管仕様書参照	配管仕様書参照	空気	20℃	-
5-3	ガス配管	1式	-	-	配管仕様書参照	配管仕様書参照	熱分解ガス	20~800℃	-
5-4-1	煙道	1式	-	-	配管仕様書参照	配管仕様書参照	排ガス	160℃	-
5-4-2	煙道用伸縮継手	1式	-	-	配管仕様書参照	配管仕様書参照	排ガス	160℃	-
5-5	排気塔	1	-	円筒式	500A、5000L	SUS304	排ガス	150℃	排ガス:3,800 kg/h (=4,892 Nm ³ /h)
5-6	ガスコンプレッサー	1	-	ダイヤフラム式圧縮機 (防爆タイプ)	11 Nm ³ /h x 0.5 MPa	ユニット	熱分解ガス	55℃	10.02 kg/h (= 11.9 Nm ³ /h)
5-7	ガス貯留タンク	1	-	堅型ガスタンク	有効 1.3 m ³ (φ1000 x 2140 L)	炭素鋼	熱分解ガス	55℃	10.02 kg/h (= 11.9 Nm ³ /h)
5-8	ブースターファン	1	-	ブロワ (防爆仕様)	105 Nm ³ /h x 34.3 kPa (1.8 Nm ³ /min x 34.3 kPa)	ケーシング:SS480 羽根車:SS480 シャフト:S45C ※メーカー標準品	熱分解ガス	55℃	熱分解ガス:64 kg/h (=70 Nm ³ /h)
6. 電気・計装設備									
6-1	電気設備	1式	-						
6-1-1	高圧変電盤	1	-	-	W900 x D1800 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-2	高圧変圧器	1	-	-	W1560 x D1600 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-3	過相コンデンサ盤	1	-	-	W900 x D1800 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-4	400V主幹盤	1	-	-	W1200 x D1800 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-5	200V主幹盤	1	-	-	W1200 x D1800 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-6	100V主幹盤	1	-	-	W1200 x D1800 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-7	中央動力盤	1	-	-	W900 x D550 x H2350	メーカー標準	-	-	-
6-1-8	建築配電盤	1	-	-	HOLD	メーカー標準	-	-	-
6-1-9	給水設備制御盤	1	-	-	HOLD	メーカー標準	-	-	-
6-1-10	プラント照明	1式	-	-	HOLD	HOLD	-	-	-
6-2	計装設備	1式	-						
6-2-1	計装盤	1基	-	-	-	メーカー標準	-	-	-
6-2-2	排ガス分析計(S成分)	1基	-	対象: NO _x , SO ₂ , CO, CO ₂ , O ₂ 非分散型赤外線吸収、静電圧力式	W1800 x D800 x H1800	メーカー標準	-	-	-
6-2-3	排ガス分析計(HClレーザ式)	1基	-	対象: HCl レーザ変長非分散方式	W500 x D200 x H500	メーカー標準	-	-	-
6-2-4	ガス分析計(H ₂)	1式	-	対象: H ₂ 熱伝導方式分析計	W500 x D700 x H1500	メーカー標準	-	-	-
6-2-5	ガス分析計(CH ₄)	1式	-	対象: CH ₄ 非分散型赤外線吸収法ガス分析計	W260 x D420 x H452	メーカー標準	-	-	-
6-2-6	ガス分析計(CO)	1式	-	対象: CO 非分散型赤外線吸収法ガス分析計	W260 x D420 x H452	メーカー標準	-	-	-
6-2-7	前処理装置	2台	-	前処理装置	W305 x D462 x H513	メーカー標準	-	-	-
6-2-8	ITV装置	1式	-	カメラ	-	メーカー標準	-	-	-

表 5-2-1 機器リスト (4/5)

機器番号	機器名称	基数		型式	仕様、サイズ	主要材質	設計条件(2 ton / day) ※設計温度、設計流量は低質、基準、高質ごみ 設計時の最大温度、最大流量を示す		
		常用	予備				取扱流体	設計温度	設計流量
6-2-9	火災検知器	1式	-	火災検知器	-	メーカー標準	-	-	-
6-2-10	ガス検知器	1式	-	ポータブルガス検知器	-	メーカー標準	-	-	-
6-2-11	ピトー管	1式	-	-	計器リスト参照	計器リスト参照	-	計器リスト参照	計器リスト参照
6-2-12	流量計	1式	-	-	計器リスト参照	計器リスト参照	-	計器リスト参照	計器リスト参照
6-2-13	温度計	1式	-	-	計器リスト参照	計器リスト参照	-	計器リスト参照	計器リスト参照
6-2-14	レベル計	1式	-	-	計器リスト参照	計器リスト参照	-	計器リスト参照	計器リスト参照
6-2-15	伝送器	1式	-	-	計器リスト参照	計器リスト参照	-	計器リスト参照	計器リスト参照
6-2-16	調節弁	1式	-	-	計器リスト参照	計器リスト参照	-	計器リスト参照	計器リスト参照
6-3	ガスエンジン	1	-	ガスエンジン	定格発電出力:約10kW	ユニット	熱分解ガス	55℃	10.02 kg/h (= 11.0 Nm ³ /h)
6-4	発電機	1	-	発電機	定格発電出力:約10kW	メーカー決定	-	-	-
7.その他設備									
7-1	灯油貯留タンク	1	-	貯留タンク	容量:0.943 m ³ (30925 x 2300L)	タンク:SS400 防油堤:アルミ/SS400	灯油	20℃	28.0 kg/h (= 0.034 m ³ /h)
7-2	灯油送液ポンプ	1	1	ギアポンプ (防塵仕様)	0.06 m ³ /h x 0.8 MPa	ケーシング:FC280 ギヤ:FC280 シャフト:540 ※メーカー標準可	灯油	20℃	28.0 kg/h (= 0.034 m ³ /h)
7-3-1	蒸気ボイラー	1	-	灯油炊小型貫流ボイラー	蒸気量:140~160 kg/h 蒸気温度:160℃(90.69MPa)	メーカー標準	水蒸気	160℃	17 kg/h (= 0.20 m ³ /h)
7-3-2	軟水器	1	1	全自動軟水装置	標準処理水量:0.2 m ³ /h以上	メーカー標準	工水/上水	20℃	17 kg/h (= 0.20 m ³ /h)
7-4	蒸気ヒーター	1	-	電気式加熱器	交換熱量:1.6 kWh	メーカー標準	水蒸気	160℃/300℃	17 kg/h (= 21 m ³ /h)
7-5	空圧圧縮機	1	-	オイルフリースクリーム型 空冷 防塵防内蔵	吐き出し量:1.8 m ³ /min 吐出圧力:0.7MPa	メーカー標準	圧縮空気	20℃	-
7-6	圧縮空気タンク	1	-	貯留タンク	有効容量:0.8m ³	本体:SS400	圧縮空気	20℃	-
7-7	エアフィルタ	1	-	エアフィルタ	処理量:1.8 m ³ /min	メーカー標準	圧縮空気	20℃	-
7-8	窒素ガス発生装置	1	-	小型コンプレッサ内蔵 PSA	N ₂ 発生量:13.2 m ³ /h 吐出圧力:0.5MPa	メーカー標準	窒素	20℃	-
7-9	配管	1式	-	給排水、蒸気、灯油、等の配管 (ガス配管以外)	配管仕様書参照	配管仕様書参照	配管仕様書参照	配管仕様書参照	配管仕様書参照
7-10	プラント架橋	1式	-	-	機器配置図参照	メーカー標準	-	-	-
7-11	点検歩廊	1式	-	-	機器配置図参照	メーカー標準	-	-	-
7-13	メンテナンス用ホイスト	1式	-	-	-	-	-	-	-
7-14	チェーンブロック	1式	-	-	-	-	-	-	-
7-15	現場事務所	1式	-	仮設ハウス(2階建)	-	-	-	-	-
7-16	工具ツール	1式	-	-	-	-	-	-	-
7-17	作業台	1式	-	アルミ作業台	-	-	-	-	-
7-18	プロパンガスボンベ	1式	-	プロパンガスボンベ	118L	-	-	-	-
7-19	メタンガスボンベ	1式	-	メタンガスボンベ	47L	-	-	-	-

表 5-2-1 機器リスト (5/5)

機器番号	機器名称	基数		型式	仕様、サイズ	主要材質	設計条件(2 ton / day) ※設計温度、設計流量は低質、基準、高質ごみ 設計時の最大温度、最大流量を示す		
		常用	予備				取扱流体	設計温度	設計流量
8.給水・排水設備									
8-1	供給水受水槽	1	-	箱型槽	容量: 2.2 m ³	FRP	工水/上水	20 °C	101 kg/h (=0.1 m ³ /h)
8-2	機器冷却水槽	1	-	箱型槽	容量: 6m ³	FRP	冷却水	32 °C	10,430 kg/h (=10.43 m ³ /h)
8-3	ブロー排水タンク	1	-	縦型タンク/ 箱型槽	容量: 2.9 m ³ 鋼製: φ 1300 x H2300 FRP: 1000 x 1500 x H2000	炭素鋼 / FRP (材質未決定)	ール、チャー混合	65 °C	117 kg/h (= 0.12 m ³ /h)
8-4	冷却塔	1	-	開方式冷却塔	φ 1150mm x 1840 mm 処理能力: 14 m ³ /h (=226 l/min)	メーカー標準	冷却水	37 °C / 32 °C	10,430 kg/h (=10.43 m ³ /h)
8-5	機器冷却水ポンプ	1	-	遠心ポンプ (渦巻ポンプ)	20.9 m ³ /h x 0.2 MPa (0.35 m ³ /min x 0.2 MPa)	ケーシング: FC200 インペラ: FC200 シャフト: S45C ※メーカー標準可	冷却水	32°C	10,430 kg/h (=10.43 m ³ /h)
8-6	給水ポンプ	1	1	遠心ポンプ (渦巻ポンプ)	0.7 m ³ /h x 0.4 MPa (0.012 m ³ /min x 0.4 MPa)	ケーシング: FC200 インペラ: FC200 シャフト: S45C ※メーカー標準可	工水/上水	20 °C	303 kg/h (= 0.303 m ³ /h)
8-7	散水ポンプ	1	-	ユニットポンプ	13.2 m ³ /h x 0.46 MPa (0.22 m ³ /min x 0.46 MPa)	ケーシング: FC200 インペラ: FC200 シャフト: S45C ※メーカー標準可	工水/上水	20°C	13,200 kg/h (= 13.2 m ³ /h)
8-8	排水ポンプ	1	-	水中うず巻ポンプ	5.0 m ³ /h x 0.2 MPa (80 L/min x 0.2MPa)	VCT ※メーカー標準	機器冷却ブロー 水/ 床洗浄水	30°C	5000 kg/h (= 5 m ³ /h)
8-9	排水貯留槽	1	-	油水分離槽	HOLD	コンクリート	-	-	-

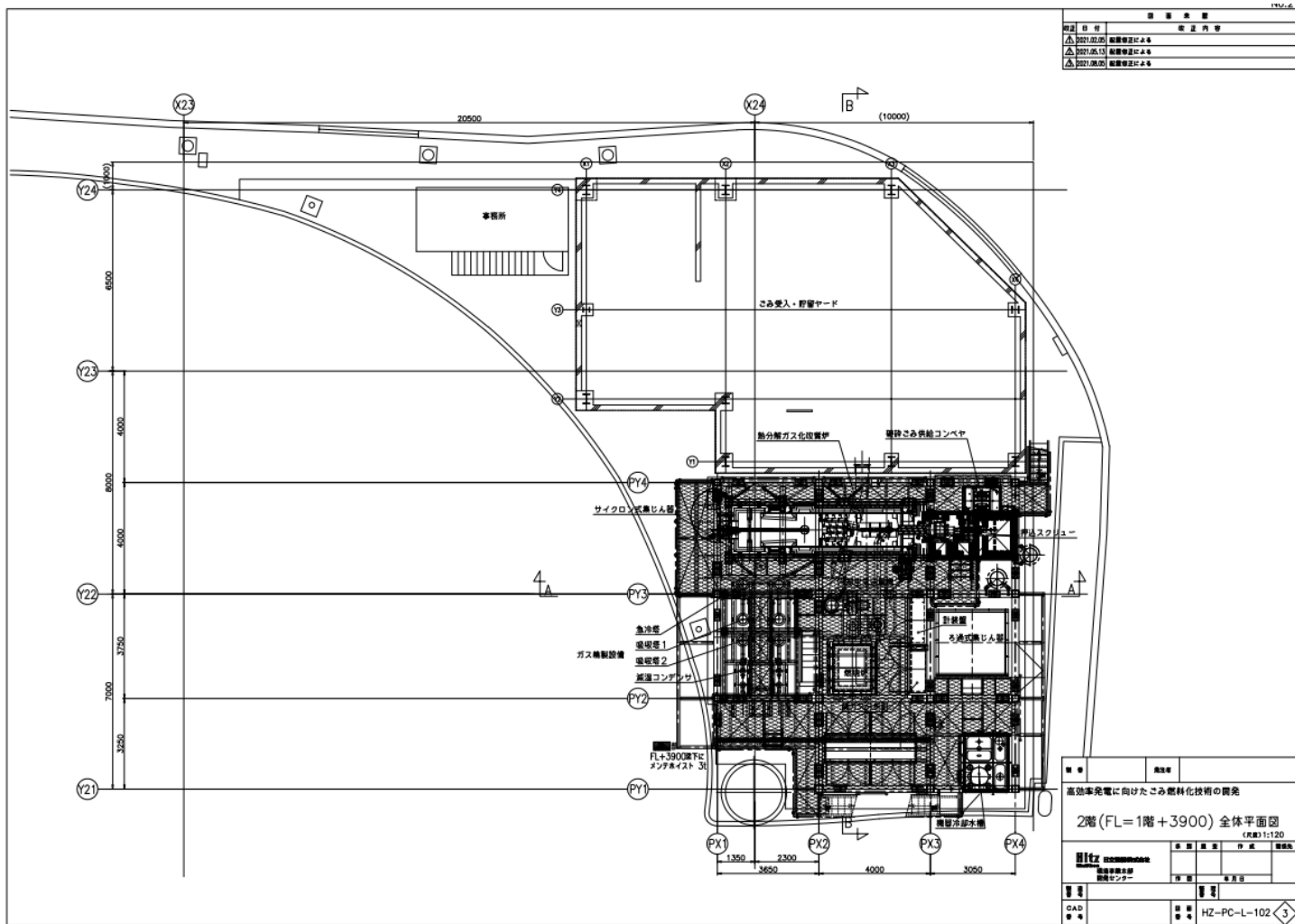


図 5-2-5 2F 全体平面図

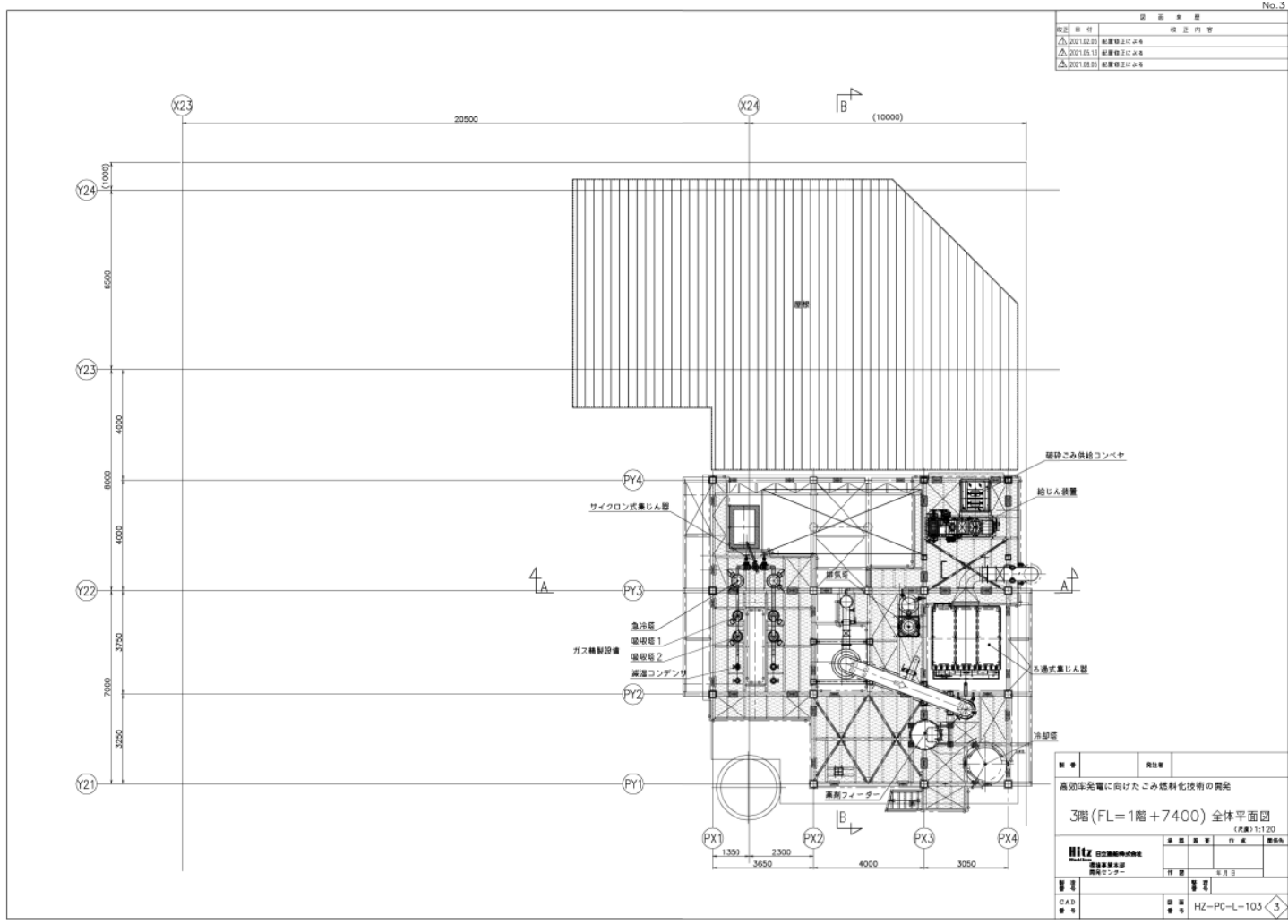
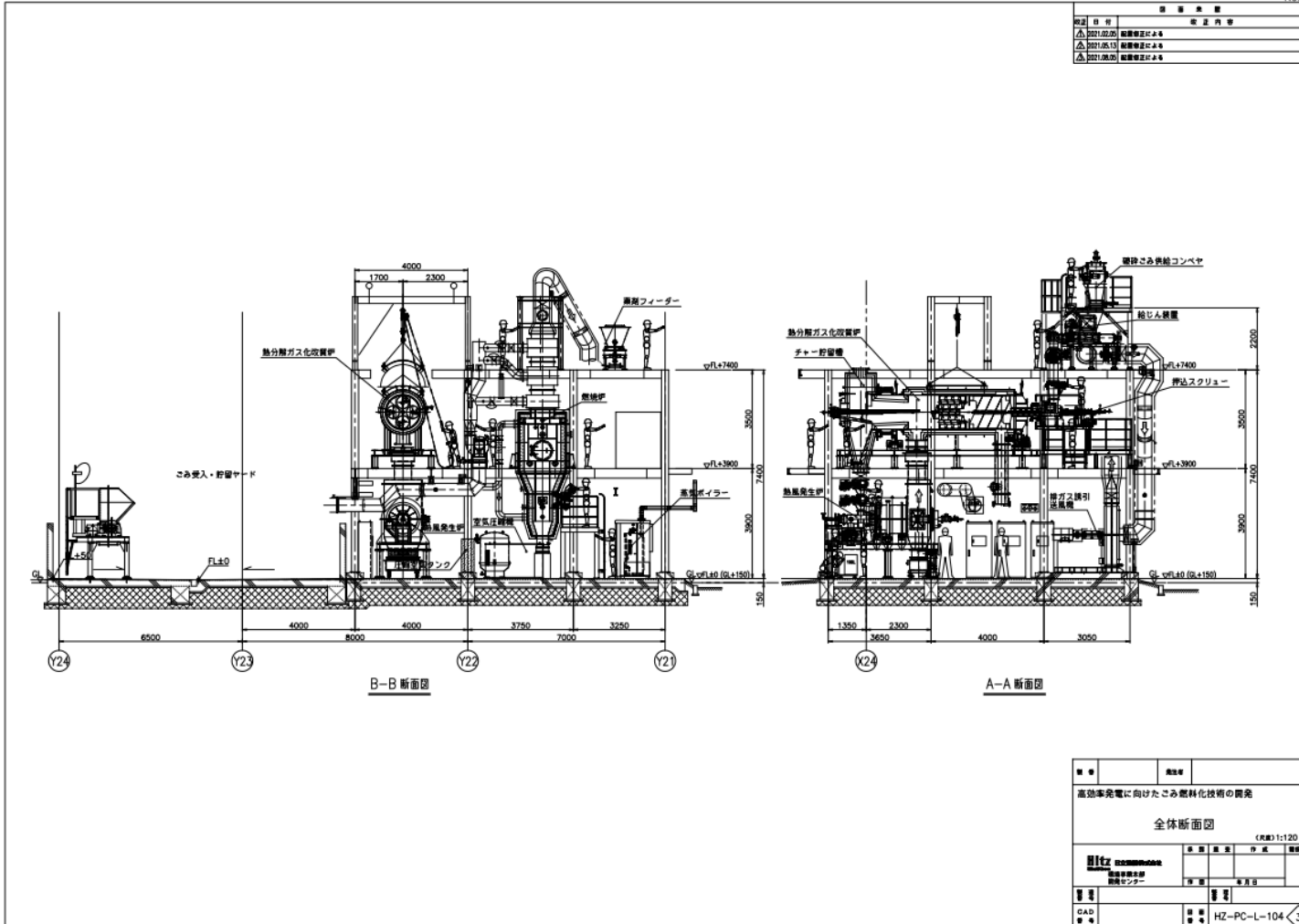


図 5-2-6 3F 全体平面図

設計	日付	内容
△	2017.02.02	設備修正による
△	2017.05.13	設備修正による
△	2017.08.02	設備修正による



図名	図号
高効率発電に向けたごみ燃料化技術の開発	
全体断面図	
（尺数）1:120	
作成	作成
校核	校核
承認	承認
GAD	HZ-PC-L-104

図 5-2-7 全体断面図

5.3 詳細設計

5.2 基本設計に基づきシステム全体の詳細設計を行った。

5.3.1 各機器の選定・発注

5.2.3 項で決定した機器仕様、5.2.4 項機器配置図で決定した機器レイアウト等に基づき、詳細仕様を検討して、製作メーカーを選定・発注するための注文仕様書を作成した。

注文仕様書をこれまでの取引実績等を勘案しながら複数社に送付して、見積を依頼した。

見積書は原則として2社以上から入手することでコストダウンに努めた。

メーカーから入手した見積書、技術資料等から技術評価を行って、本システムに適したメーカーを選定した。各機器の発注・納期管理リストを表 5-3-1 に示す。

5.3.2 配管系統図

5.2.1 項で決定したフローシート、5.2.2 項で決定した物質収支、5.3.1 項で決定した各機器（メーカー決定）から内部流体の種類、温度、流量、流速、圧力、運転方法、メンテナンス、操作性等を検討した。

その検討内容から、各部の配管の口径・肉厚、材質、各種配管部品等を決定して、配管系統図を作成した。

5.3.3 配管装置図

5.3.1 項で決定した各機器、5.3.2 項で決定した配管系統図、5.2.4 項で決定した機器配置図に基づき運転特性、メンテナンス、操作性等を検討して、配管装置図を作成した。

5.3.4 電気制御機器の設計・選定・発注

5.3.1 項で決定した各機器から必要な電力を算出して、受配電盤の仕様を検討して注文仕様書を作成した。

また、各機器の運転制御特性（連続・間欠運転、正逆回転、回転数制御等）を検討して、それに応じた動力制御盤の仕様を決定し、注文仕様書を作成、見積を依頼した。

メーカーから入手した見積書、技術資料等から技術評価を行って、本システムに適したメーカーを選定した。

5.3.5 計装品の選定・発注

5.3.2 項で決定した配管系統図、5.3.3 項で決定した配管装置図等に基づき、各種計装品

(温度計、圧力計等の計器類、圧力調整弁、流量調整弁等のコントロールダンパー等)の詳細仕様を検討して、メーカーを選定・発注するための注文仕様書を作成し、見積を依頼した。

メーカーから入手した見積書、技術資料等から技術評価を行って、本システムに適したメーカーを選定した。

5.3.6 点検歩廊敷設図

5.3.3項で決定した配管装置図、5.2.4項で決定した機器配置図に基づき点検歩廊敷設図を作成した。

5.3.7 土建詳細設計・土工工事の実施

5.2.5項で決定した土建基本設計に基づき、土工工事施工会社を選定・発注するための注文仕様書を作成した。

注文仕様書を複数社に送付して、見積を依頼した。

各社から入手した見積書、技術資料とこれまでの実績等を検討して、本実証試験建設に適した会社を選定した。

契約した土工工事施工会社において詳細設計を実施した。土間伏図を図 5-3-1、基礎伏図を図 5-3-2 および工事範囲図を図 5-3-3 に示す。

また、R3 年度からの機械設備据付のために、R2 年度内に土工工事（基礎工事）を実施した。

表 5-3-1 発注・納期管理リスト (1/5)

機器番号	機器名称	基数		注文仕様書 発行	技術評価 発行	注文書(発注) 発行	工事中図面 発行
		常用	予備				
1. 受入れ・供給設備							
1-1	ごみ受入・貯留ヤード	1	-	土壌業者	土壌業者	土壌業者	土壌業者
1-2	フォークリフト	1	-	リース品	リース品	リース品	リース品
1-3	脱臭装置	1	-	2020/11/9	2020/11/17	2020/11/30	2021/1/27
1-3-2	脱臭ファン	1	-	2020/12/25	2021/4/14	2021/5/14	2021/9/3
1-4	一次破砕機	1	-	2020/10/13	2020/11/10	2020/11/30	2021/3/30
1-5	二次破砕機	1	-	2020/10/13	2020/11/10	2020/11/30	2021/3/30
1-6	計量器	1	-	2020/11/24	2020/12/24	2021/1/15	2021/4/1
1-7-1	投入ホッパー	1	-	2020/12/16	2021/4/16	2021/5/20	
1-7-2	定量供給コンベヤ	1	-	2020/12/16	2021/4/16	2021/5/20	
1-8	破砕ごみ供給コンベヤ	1	-	2021/1/29	2021/4/16	2021/5/20	
1-9	給じん装置	1	-	2021/3/16	2021/4/22	2021/5/20	2021/8/2
1-10	給じん用ロータリーバルブ	1	-	2021/3/18	2021/5/18	2021/6/14	2021/9/3
1-11	給じん装置下スライドゲート	1	-	2021/3/18	2021/5/18	2021/6/14	2021/9/3
2. 熱分解ガス化設備							
2-1	押込スクルー	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-2	熱分解ガス化改質炉	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-3	チャー貯留槽	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-4	チャー排出ダンパ	1	-	2021/3/18	2021/5/18	2021/6/14	
2-5	排出チャー受1	1	-				
2-6	サイクロン式集じん器	1	-	2021/2/17	2021/7/5	2021/7/13	
2-8	排出チャー受2	1	-				
2-9-1	熱風発生炉	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-9-2	チャー供給コンベヤ	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-10	燃焼空気送風機1	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-11	冷却空気送風機1	1	-	2020/10/29	2021/2/19	2021/3/12	
2-12	排出チャー受3	1	-				
2-13	排出チャー受4	1	-				
2-14	チャー供給コンベヤ下スライドゲート	1	-	2021/3/18	2021/5/18	2021/6/14	2021/9/3
2-15	排出チャー受用伸縮継手	4	-				
3. 熱分解ガス精製設備							
3-1	急冷塔	2	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-2	吸収塔1	2	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28

表 5-3-1 発注・納期管理リスト (2/5)

機器番号	機器名称	基数		注文仕様書 発行	技術評価 発行	注文書(発注) 発行	工事中図面 発行
		常用	予備				
3-3	吸収塔2	2	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-4	減湿コンデンサ	2	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-5	ミストセパレータ	2	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-6	凝縮水タンク	2	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-7	タール・飛灰分離槽	1	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-8	沈殿物引抜ポンプ	1	-	2020/12/25	2021/5/13	2021/6/4	2021/8/18
3-9	噴射水ポンプ	2	-	2020/12/25	2021/5/13	2021/6/4	2021/8/18
3-10	減湿水槽	1	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
3-11	減湿水循環ポンプ	1	-	2020/12/25	2021/5/13	2021/6/4	2021/8/18
3-12	減湿水循環クーラー	1	-	2021/3/24	2021/5/18	2021/5/26	2021/7/20
3-13	苛性ソーダ注入装置	1	-	2021/1/22	2021/6/10		
3-14	キレート剤注入装置	1	-	2021/1/22	2021/6/10		
3-15	ガス精製設備ステージ	1	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28
4. 燃焼排ガス処理設備							
4-1-1	燃焼炉	1	-	2021/2/19	2021/4/12	2021/5/10	2021/8/20
4-1-2	冷却ダクト	1	-	2021/5/7	2021/7/8	2021/7/26	2021/6/22
4-1-3	燃焼炉用灯油バーナ	1	-	2021/3/18	2021/5/11	2021/5/14	2021/8/2
4-1-4	燃焼炉点検ステージ	1	-	2021/2/19	2021/4/12	2021/5/10	2021/8/20
4-2	燃焼空気送風機2	1	-	2020/12/25	2021/4/14	2021/5/14	2021/9/3
4-3	冷却空気送風機2	1	-	2020/12/25	2021/4/14	2021/5/14	2021/9/3
4-4	燃焼炉灰受	1	-				
4-5	ろ過式集じん器	1	-	2020/10/27	2020/11/17	2020/11/24	2021/7/19
4-6	集じん器灰受	1	-				
4-7	薬剤貯留槽	1	-	2021/1/21	2021/4/8	2021/5/28	
4-8	薬剤フィーダー	1	-	2021/1/21	2021/4/8	2021/5/28	
4-10	灰受用伸縮継手	2	-				
5. 通風設備							
5-1	排ガス誘引送風機	1	-	2020/12/25	2021/4/14	2021/5/14	2021/9/3
5-2-1	風道	1式	-	2021/5/7	2021/7/8	2021/7/26	2021/6/22
5-2-2	風道用伸縮継手	5台	-	2021/5/25	2021/7/2	2021/7/30	2021/8/24
5-2-3	風道用ダンパ	4台	-	2021/5/25	2021/6/9	2021/6/11	2021/8/24
5-3	ガス配管	1式	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/28

表 5-3-1 発注・納期管理リスト (3/5)

機器番号	機器名称	基数		注文仕様書 発行	技術評価 発行	注文書(発注) 発行	工事も図面 発行
		常用	予備				
5-4-1	煙道	1式	-	2021/5/7	2021/7/8	2021/7/26	2021/6/22
5-4-2	煙道用伸縮継手	6台	-	2021/5/25	2021/7/2	2021/7/30	2021/8/24
5-4-3	煙道用ダンパ	-	-	2021/5/25	2021/6/9	2021/6/11	2021/8/24
5-5	排気塔	1	-	2021/5/7	2021/7/8	2021/7/26	2021/6/22
5-6	ガスコンプレッサー	1	-	未定	未定	未定	未定
5-7	ガス貯留タンク	1	-	未定	未定	未定	未定
5-8	ブースターファン	1	-	2021/3/18			
6. 電気・計装設備							
6-1	電気設備	-	-	-		-	-
6-1-1	高圧受電盤	1	-	2021/2/9	2021/3/15	2021/3/18	2021/5/26
6-1-2	高圧変圧器	1	-	2021/2/9	2021/3/15	2021/3/18	2021/5/26
6-1-3	進相コンデンサ盤	1	-	2021/2/9	2021/3/15	2021/3/18	2021/5/26
6-1-4	400V主幹盤	1	-	2021/2/9	2021/3/15	2021/3/18	2021/5/26
6-1-5	200V主幹盤	1	-	2021/2/9	2021/3/15	2021/3/18	2021/5/26
6-1-6	100V主幹盤	1	-	2021/2/9	2021/3/15	2021/3/18	2021/5/26
6-1-7-1	400Vプラント動力盤	1	-	2021/2/18	2021/5/14	2021/6/7	
6-1-7-2	200Vプラント動力盤	1	-	2021/2/18	2021/5/14	2021/6/7	
6-1-7-3	400V回転数制御盤	1	-	2021/2/18	2021/5/14	2021/6/7	
6-1-8	建築配電盤	1	-	土建業者	土建業者	土建業者	土建業者
6-1-9	放水設備制御盤	1	-	2021/3/24	2021/4/19	2021/6/9	
6-1-10	プラント照明	1式	-	土建業者	土建業者	土建業者	土建業者
6-2	計装設備	-	-	-		-	-
6-2-1	計装盤	1基	-	2021/3/23	2021/4/16	2021/7/2	
6-2-2	排ガス分析計	1基	-	2021/4/5	2021/6/1	2021/7/5	
6-2-3	排ガス分析計(HCIレーザー式)	1基	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/5/27	
6-2-4	ガス分析計(H2)	1式	-	-		-	-
6-2-5	ガス分析計(CH4)	1式	-	-		-	-
6-2-6	ガス分析計(O2)	1式	-	-		-	-
6-2-7	前処理装置	2台	-	-		-	-
6-2-8	ITV装置	1式	-	2021/3/23	2021/4/16	2021/5/28	
6-2-9	火炎検知器	6台	-	2021/3/24	2021/4/16	2021/6/3	
6-2-10	ガス検知器	1式	-				

表 5-3-1 発注・納期管理リスト (4/5)

機器番号	機器名称	基数		注文仕様書 発行	技術評価 発行	注文書(発注) 発行	工事用図面 発行
		常用	予備				
6-2-11	ビトー管	4台	-	2021/4/5	2021/5/12	2021/6/4	
6-2-12-1	現場計器(流量)		-	2021/4/5	2021/6/2	2021/6/30	
6-2-12-2	面積式流量計		-	2021/4/5	2021/8/1	2021/8/19	
6-2-12-4	電磁流量計	1台	-	2021/4/15	2021/5/13	2021/6/18	
6-2-12-5	熱式流量計	2台	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/6/18	
6-2-13-1	温度計	24台	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/5/31	
6-2-13-2	圧力計	台	-	2021/4/5	2021/6/2	2021/7/2	
6-2-14-1	レベル計	8台	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/5/31	
6-2-14-2	高温対応レベル計	2台	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/6/3	
6-2-15	伝送器	16台	-	2021/4/5	2021/5/12	2021/5/25	
6-2-16-1	調節弁(ボール弁)	7台	-	2021/4/5	2021/4/28	2021/4/28	
6-2-16-2	調整弁(一般弁)	4台	-	2021/4/5	2021/4/28	2021/5/17	
6-2-17	コントロールダンパ	4台	-	2021/4/28	2021/5/13	2021/5/18	
6-2-18	電気式導電率計	1台	-	2021/4/26	2021/5/21	2021/6/21	
6-2-19	気象観測計	1台	-	2021/6/2	2021/6/8	2021/6/29	
6-3	ガスエンジン	1	-	未定	未定	未定	未定
6-4	発電機	1	-	未定	未定	未定	未定
7. その他設備							
7-1	灯油貯留タンク	1	-	2020/12/10	2021/5/21	2021/6/1	2021/7/5
7-2	灯油送液ポンプ	1	1	2021/1/6	2021/5/14	2021/5/26	
7-2-2	灯油送液ポンプ防油堤	1	-	2021/6/4	2021/6/18	2021/6/30	2021/7/20
7-3-1	蒸気ボイラー	1	-	2020/10/28	2021/6/10	2021/6/18	2021/8/6
7-3-2	軟水器	1	1	2020/10/28	2021/6/10	2021/6/18	2021/8/6
7-4	蒸気ヒーター	1	-	2021/5/20	2021/6/18	2021/6/25	
7-5	空気圧縮機	1	-	2020/12/23	2021/4/6	2021/4/16	2021/8/18
7-6	圧縮空気タンク	1	-	2020/12/23	2021/4/6	2021/4/16	2021/8/18
7-7	エアフィルタ	1	-	2020/12/23	2021/4/6	2021/4/16	2021/8/18
7-8	窒素ガス発生装置	1	-				
7-9	配管材料	1式	-	工事業者	工事業者	工事業者	工事業者
7-10-1	プラント架構	1式	-	2021/3/26	2021/4/13	2021/4/28	2021/8/17
7-11	点検手順	1式	-	2021/3/26	2021/4/13	2021/4/28	2021/8/17
7-13	メンテナンス用ホイスト	1式	-				

表 5-3-1 発注・納期管理リスト (5/5)

機器番号	機器名称	基数		注文仕様書 発行	技術評価 発行	注文書(発注) 発行	工事中図面 発行
		常用	予備				
7-14	チェーンブロック	1式	-				
8. 給水・排水設備							
8-1	供給水受水槽	1	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/5/25	2021/7/20
8-2	機器冷却水槽	1	-	2021/4/5	2021/5/13	2021/5/25	2021/7/20
8-3	ブロー排水タンク	1	-	2021/3/19	2021/4/19	2021/4/27	2021/7/29
8-4	冷却塔	1	-	2021/4/2	2021/5/20	2021/6/1	2021/7/5
8-5	機器冷却水ポンプ	1	-	2020/12/25	2021/5/13	2021/6/4	2021/8/18
8-6	給水ポンプ	1	1	2020/12/25	2021/5/13	2021/6/4	2021/8/18
8-7	散水ポンプ	1	-	2020/12/25	2021/5/14	2021/5/26	
8-8	排水ポンプ	1	-	土建業者	土建業者	土建業者	土建業者
8-9	排水貯留槽	1	-	土建業者	土建業者	土建業者	土建業者

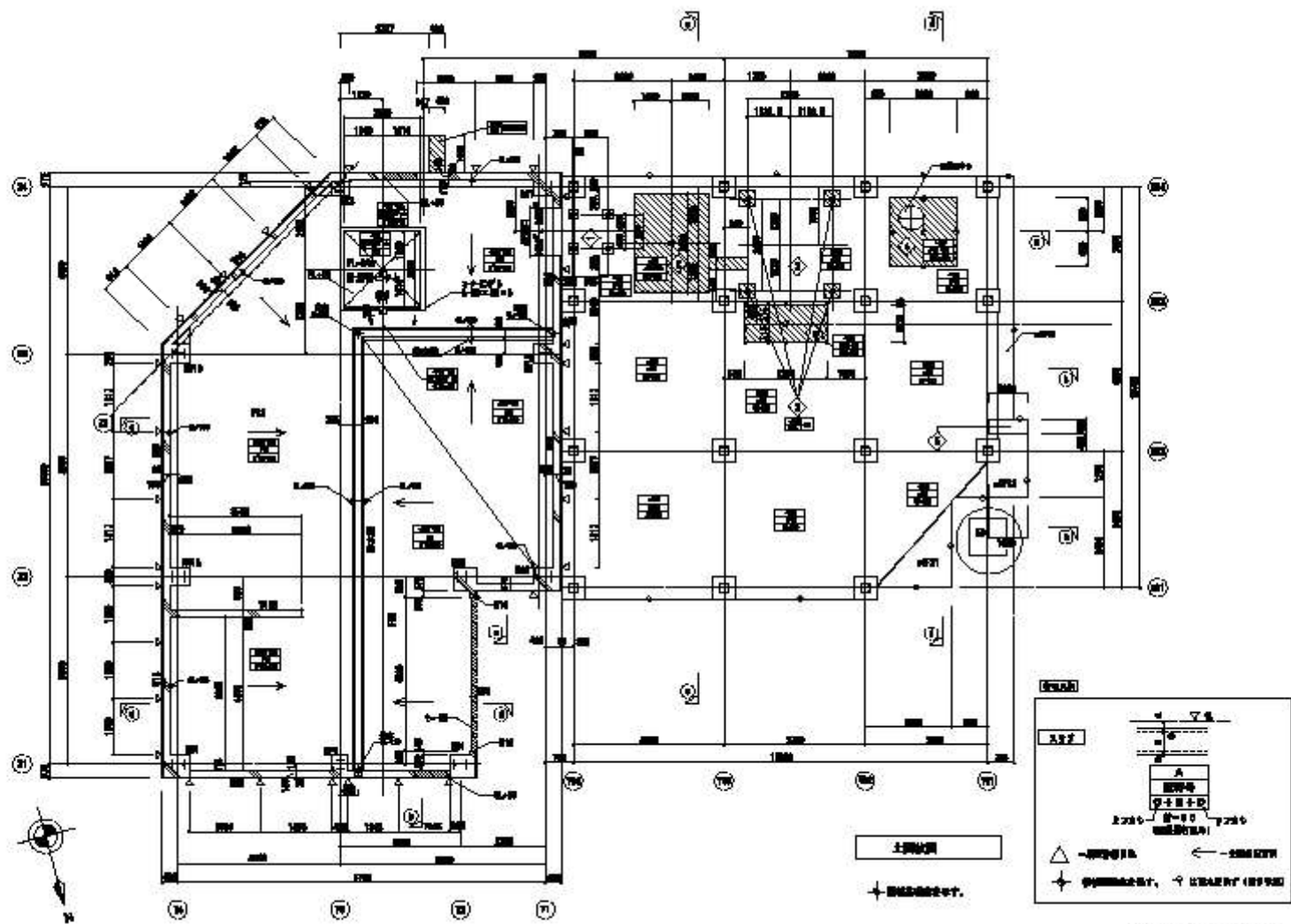


图 5-3-1 土建詳細設計（土間伏図）

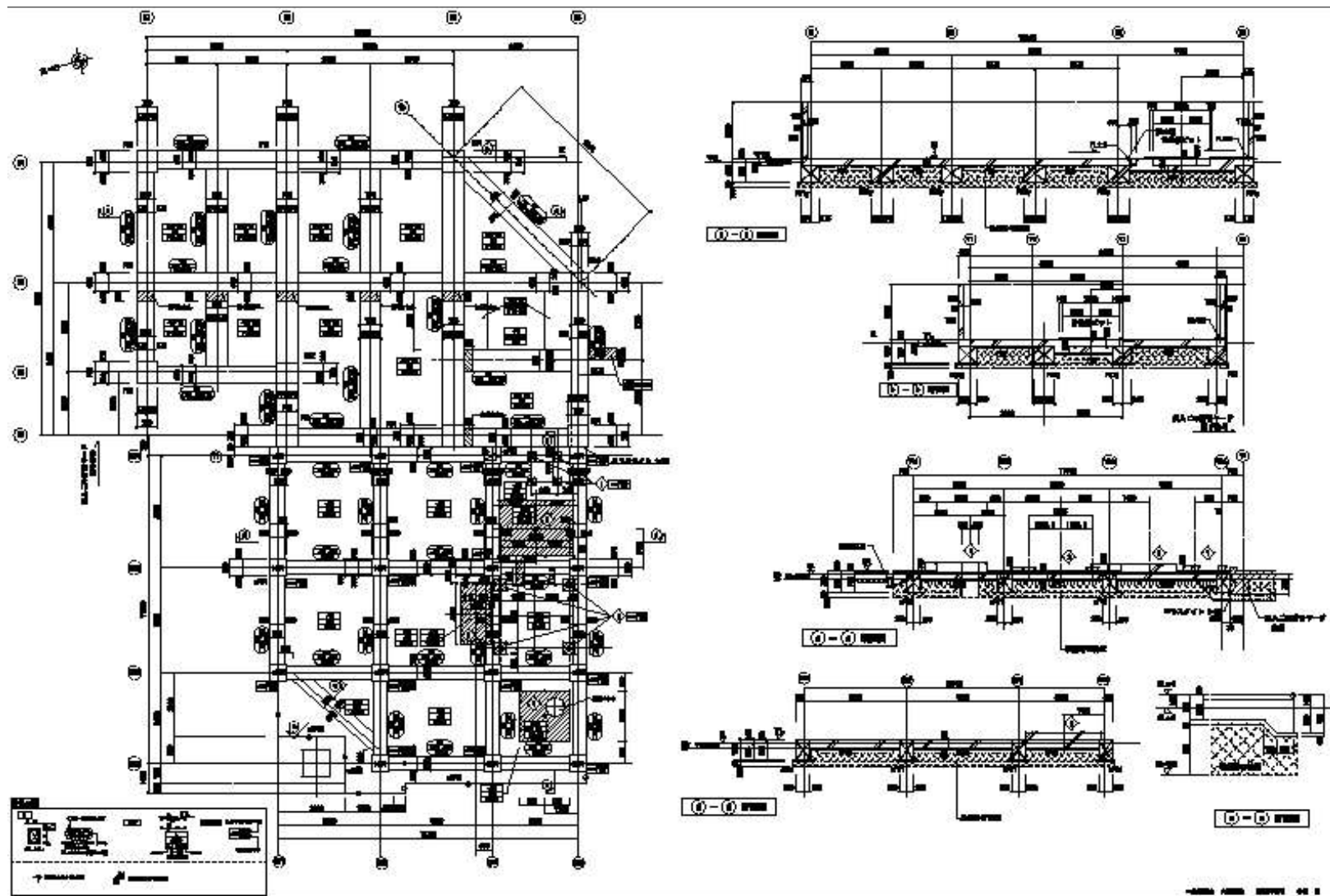
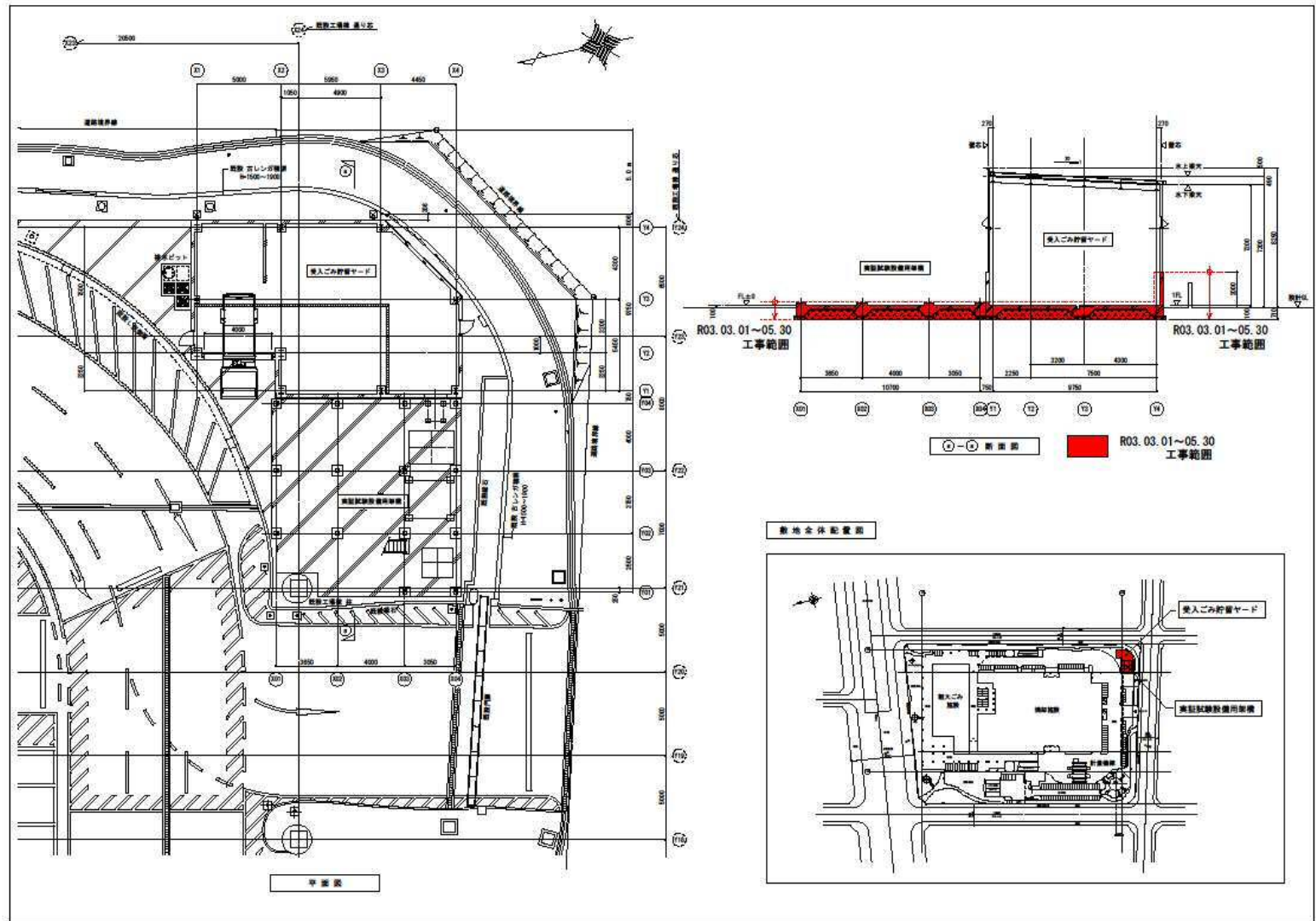


图 5-3-2 土建详细设计 (基础伏图)



5.4 実証試験設備に対する安全性評価(HAZOP)の実施

基本設計および詳細設計を実施した実証試験設備に対して必要な安全対策を講じることが目的として、プラント設備における安全性評価の一つとして知られている HAZOP (Hazard Operability Studies) を実施した。

5.4.1 安全性評価の手法

新規に開発された化学プラントや産業プラントの安全性評価として、(1)チェックリスト、(2)相対的危険度評価、(3)予備的危険性評価、(4)What-If、(5)What-if/チェックリスト、(6)HAZOP、(7)故障モード影響解析、(8)フォルトツリー解析、(9)イベントツリー解析、(10)原因結果解析、(11)作業安全解析/誤操作解析、等が知られている。上記で挙げた安全性評価は、用途や適用分野などそれぞれ異なっているため、評価対象となる設備の特性や実施段階に応じて評価方法を選定する必要がある。本実証設備においては、潜在危険性の特定および安全対策の確認評価を主たる目的としていることから、新規プラントに対して国内で一般的に適用されている HAZOP を選定した⁵⁻¹⁾。手法の一覧を表 5-4-1 に示す。

表 5-4-1 安全性評価 手法一覧

主な安全性評価手法	適用目的 潜在危険性・危険源の特定	設備・結果 事象の危険 度ランク	既存安全 対策の 確認・評価	システムの 弱点解析	故障・緊急 事象・事故 の頻度解析	備考
(1) チェックリスト (CL)	○		○			主要な危険性項目ごとに潜在危険性の把握、必要な対策の有無および適切さを質問形式により確認
(2) 相対的危険度評価 (RR)		○	○			主要な危険性項目に点数を割り当て、その合計点によって危険度ランクを決定
(3) 予備的危険性評価 (PHA)	○	○	○			立地特性、危険物性、その他の主要危険性項目について、おおまかな潜在危険性を把握
(4) What-If (WI)	○	○	○			故障、誤操作、外乱等のWhat-If質問を創出し、それらから起こる危険事象を特定
(5) What-If/チェックリスト (WI/CL)	○	○	○			チェックリストとの併用によりWhat-If質問の抜け落ちを補完し、それらから起こる危険事象を特定
(6) HAZOP	○	○	○			HAZOPガイドワードによりプロセス異常(ずれ)を網羅的に設定し、それらの原因と最終危険事象を特定
(7) 故障モード影響(重大性)解析 (FME(C)A)	○	○	○		○	計機器の故障モードを設定し、それらから起こるシステム機能への影響、危険事象を特定
(8) フォルトツリー解析 (FTA)			○	○	○	望ましくない危険事象を想定し、その発生過程(因果関係)、基本要因を演繹的に特定
(9) イベントツリー解析 (ETA)			○	○	○	望ましくない危険事象を初期事象として想定し、その進展過程(災害拡大)、最終結果事象を帰納的に特定
(10) 原因結果解析 (CCA)			○	○	○	FTAとETAを組み合わせて、望ましくない危険事象の基本要因と最終結果事象を特定
(11) 作業安全解析/誤操作解析 (JSA/HRA)	○	○	○			ヒューマンファクターに焦点をあてたタスク分析により、誤操作の発生要因を特定

CL: Checklist
 PHA: Preliminary Hazard Analysis
 FME(C)A: Failure Modes and Effects (Criticality) Analysis
 ETA: Event Tree Analysis
 JSA/HRA: Job Safety Analysis / Human Reliability Analysis

RR: Relative Ranking
 HAZOP: Hazard and Operability Studies
 HAZOP: Hazard and Operability Studies
 HAZOP: Hazard and Operability Studies

5.4.2 HAZOP について

HAZOP とは、ハザード操作性解析(Hazard and Operability Study)のことであり、「流量」、「圧力」、「温度」、「液面」、「組成」、「分離」、「反応」の7つのパラメータに対して、「No(な

し)」、「Reverse(逆転)」、「More/Less(増加/減少)」、「As Well As/ A part Of(過多/不足)」等のガイドワードをもとに設計および運転の観点からの異常状態、すなわち「ずれ」を想定し、原因の特定および影響の考察を行うことで、新規で開発されたプラントにおけるプロセスの潜在危険性の特定を行うことを目的としている。図 5-4-1 に HAZOP の検討フローを示す。⁵⁻²⁾



図 5-4-1 HAZOP の検討フロー

また、それぞれの「ずれ」に対して想定される影響のリスクを表 5-4-2 のリスクマトリックスにもとづいて評価することで、プラントをより安全に運転する上で必要最低限の安全対策が講じられているか確認することも可能である。

表 5-4-2 リスクマトリックス

リスク レベル	可能性					
	1	2	3	4	5	
重大性	1	低	低	低	低	低
	2	低	低	低	中	中
	3	低	低	中	中	高
	4	低	中	中	高	高
	5	中	中	高	高	高

5.4.3 HAZOPの実施および結果

前項で設計した実証試験設備のシステム全体において、各設備（廃棄物供給設備、熱分解ガス化設備、熱分解ガス精製設備、燃焼排ガス処理設備、給排水設備）および各配管系統（灯油配管、蒸気配管、その他配管）のそれぞれに対してHAZOPを実施した。なお、本実証試験設備においてHAZOPを実施するにあたり、以下のルールを原則とした。

- a) ずれの発生原因として「機器の故障」「誤操作」「外乱」などについて検討する
- b) ずれの原因を洗い出す範囲は設備内に絞り込むことを基本とする
- c) 停電、地震等の天災事象や、ガス拡散、火災・爆発といった事故事象は検討しない
- d) 2か所同時に発生する事例は検討しない
- e) 手動弁の誤操作は検討しない
- f) 配管もしくは機器からのリークは検討しない
- f-例外) 熱分解ガス化改質炉についてのシール部は空気漏れ込みが発生する可能性があるために考慮する

それぞれの設備においてHAZOPを実施した結果（ワークシート）を表5-4-4～表5-4-11に示す。なお、それぞれの設備と表の対照表は表5-4-3に示す。

表 5-4-3 設備名称と表の対照表

設備名称	本書で対象となる表
廃棄物供給設備	表 5-4-4
熱分解ガス化設備	表 5-4-5
熱分解ガス精製設備	表 5-4-6
燃焼排ガス処理設備	表 5-4-7
給排水設備	表 5-4-8
灯油配管系統	表 5-4-9
蒸気配管系統	表 5-4-10
その他配管系統	表 5-4-11

表 5-4-4 廃棄物供給設備 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		廃棄物供給設備				
設計意図、設計条件		指定粒度以下に破碎した廃棄物 2t/日 (83 kg/h) を安定かつ連続的に熱分解ガス化改質炉に供給する				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	定量供給コンベヤ ホップのブリッジ	・破碎ごみの供給量低下	L	・ホップに監視用カメラを設置 ・定量供給コンベヤに点検口を設置	○
		定量供給コンベヤ/破碎ごみ供給 コンベヤの故障	・破碎ごみの供給停止 ・熱分解ガス流量の減少	L	・給じん装置ホップにバフファを設ける ・給じん装置ホップにレベル計を設置、警報(L)発砲により異常を早期検知可とする ・熱分解ガスラインに流量計を設置	○
		給じん装置スクレーコンベヤ/ローリ- バルブ噛み込みによる停止	・破碎ごみの供給停止	M	・機械保護のためのショックリレーを設置 ・電動機電流値を中央盤に表示させ、噛み込みによる異常を早期検知可とする ・解消用にインチング運転が可能な仕様とする ・各機器異常時に上流側コンベヤが起動しないようにインターロックを設定する	○
圧力	上昇	N. A.	-	-	-	-
	低下	散水ポンプの故障	・散水配管内部圧力の低下	L	・散水ポンプ吐出側圧力計の設置 ・散水ノズル手前側圧力計の設置	○
温度	上昇	給じん装置ホップでの発火、ガ ス逆流	・ホップ内部の温度が上昇	M	・ホップ内部に温度計を設置 ・警報(H)により異常を早期検知可とする ・消火用散水ノズルを給じんホップに設置する	○
	低下	給じん装置ホップ用散水自動 弁の誤作動	・ホップ内部の温度が低下	L	・散水自動弁前後に手動バルブを設置して遮断可能な構造とする	○
組成/粘度	組成変化	一般ごみ由来	・機器の故障、閉塞 ・破碎ごみの供給不可	L	・前処理として破碎機を設置して下流側搬送可能サイズ以下に破碎する ・破碎ごみ貯留エリアを設けて手動攪拌することで破碎ごみを均質化する	○
反応	停止/上昇	N. A.	-	-	-	-
攪拌	停止/増加	N. A.	-	-	-	-
レベル	上昇	給じん装置スクレーコンベ ヤの故障/空運転	・破碎ごみの供給不可 ・ホップ内ごみレベルの上昇	L	・給じん装置ホップにレベル計を設置し、レベル異常を早期検知できるようにする。	○
	低下	定量供給コンベヤの故障	・破碎ごみの供給不可 ・ホップ内ごみレベルの降下	L	・給じん装置ホップにレベル計を設置し、レベル異常を早期検知できるようにする。	○

表 5-4-5 熱分解ガス化設備 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		熱分解ガス化設備				
設計意図、設計条件		熱風発生炉で生成した加熱ガス(1000℃)により間接加熱された熱分解ガス化改質炉(400℃~800℃)において破碎ごみを熱分解ガス化および改質を行い、高温の水素リッチな熱分解ガス(800℃)を得る				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	押込スクリュウ噛み込みによる停止/故障	<ul style="list-style-type: none"> 破碎ごみの供給停止 熱分解ガスの流量減少 	L	<ul style="list-style-type: none"> 機械保護のためのショックリレーを設置する 電動機電流値を中央盤に表示させ、噛み込みによる異常を早期検知可とする スクリュウコンベヤ停止時に上流側コンベヤが稼働しないようにインターロックを設定する ガス精製出口に熱分解ガス流量計を設置 	○
		タール・煤塵による配管閉塞	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガスの流れ停止 	M	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガス上流側に安全装置を設置 配管閉塞対策用バイパス配管を設置 ガス精製出口に熱分解ガス流量計を設置 	○
		チャー排出ダンパ噛み込みによる停止/故障	<ul style="list-style-type: none"> 熱風発生炉へのチャー供給停止 熱分解ガス化改質炉のチャー排出停止 	L	<ul style="list-style-type: none"> チャー排出ダンパのリミットスイッチに一定時間触れない場合は、ダンパ異常として警報発砲するように設定 チャー排出ダンパ前後に点検口を設置 熱風発生炉は灯油専焼でも性能を満足できる仕様とする 	○
	増加	熱分解ガス化改質炉での空気漏れ込み	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガスの流量増加 	M	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガス化改質炉回転シール部は過熱水蒸気ページをして空気漏れ込みが発生しない構造とする 	○
	異経路流れ	タール・煤塵による配管閉塞/煤塵・飛灰による熱分解ガス化改質炉外部ジャケットの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガス化改質炉で発生した熱分解ガスが熱風発生炉側へ流入 	M	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガス化改質炉~熱風発生炉間のチャーシュートにダブルダンパ(チャー排出ダンパ)を設置 圧力計を設置 	○
圧力	上昇	タール・煤塵による配管閉塞	<ul style="list-style-type: none"> チャー貯留槽内部圧力の上昇 サイクロン式集じん器出口圧力の上昇 	M	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガス上流側に安全装置を設置 配管閉塞対策用バイパス配管を設置 ガス精製出口に熱分解ガス流量計を設置 	○
	低下/負圧	加熱ガス制御ダンパの故障/異常開	<ul style="list-style-type: none"> 熱風発生炉内部の圧力低下(熱分解ガス異経路侵入) 	L	<ul style="list-style-type: none"> 圧力計を設置 チャー排出ダンパの緊急閉が可能な仕様とする 	○
温度	上昇	熱分解ガス化改質炉回転シール部からの空気漏れ込み	<ul style="list-style-type: none"> チャー貯留槽内部温度の上昇 	M	<ul style="list-style-type: none"> 温度計を設置する 配管閉塞対策用バイパス配管を設置 	○
反応	減少	煤塵・飛灰による熱分解ガス化改質炉外部ジャケットの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解ガスの発生量減 チャー排出量増 	L	<ul style="list-style-type: none"> ガス精製出口に熱分解ガス流量計を設置 チャー排出ダンパで排出量測定可能なようにサンプリング用点検口を設置 	○

表 5-4-6 熱分解ガス精製設備 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		熱分解ガス精製設備				
設計意図、設計条件		熱分解ガス化改質炉で発生した一般廃棄物由来の熱分解ガス(800℃)を約 50℃まで減温させるとともに、熱分解ガス中に含まれる有害成分を発電装置許容値以下まで除去する				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	タール、煤塵による配管、機器の閉塞	・熱分解ガスの流量低下	M	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス精製出口に流量計を設置する ・熱分解ガスの通ガスラインは2系統設置する ・煤塵堆積対策として接続配管は傾斜配管とする ・閉塞箇所を特定可能なように圧力計を配管、機器各所に設置する ・ガス精製設備手前配管上に燃焼炉へのバイパスラインを設置する 	○
	増加	循環水流量調節弁の動作不良、故障	・急冷塔、吸収塔 1、吸収塔 2 の循環水流量の増加	L	<ul style="list-style-type: none"> ・噴射水ポンプ吐出側および減湿水循環ポンプ吐出側に流量計を設置する ・各計装弁に対してバイパスラインを設置する ・急冷塔ガス出口配管の温度計、吸収塔 2 ガス出口配管の温度計を設置する 	○
	逆流	噴射水ポンプ、減湿水循環ポンプの吐出側逆止弁の動作不良	・噴射水および減湿水の逆流	M	<ul style="list-style-type: none"> ・配管内流体が逆流した場合に備えてタール・飛灰分離槽、減湿水槽の容量に余裕を見込む ・機械保護のためポンプ吸込側にストレーナを設置する 	○
圧力	上昇	循環水流量調節弁の故障閉	・ポンプ吐出側圧力の上昇	L	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ吐出側に圧力計(PG)を設置する ・流量調節弁故障時に手動開できるようにバイパス弁を設置する 	○
温度	上昇	タール、煤塵によるスプレーノズル閉塞	・急冷塔、吸収塔 1、吸収塔 2 ガス出口配管の温度上昇	M	<ul style="list-style-type: none"> ・各温度計に警報(H)を設定して、異常な温度上昇を早期検知可能な仕様とする ・スプレーノズルの閉塞を感知できるように各スプレーノズル上流側に圧力計を設置する ・循環水流量測定用に流量計を設置する 	○
レベル	上昇	沈殿物引抜ポンプの故障、配管閉塞	・タール・飛灰分離槽の水位上昇	L	<ul style="list-style-type: none"> ・配管内部の清掃が可能なようにタール・飛灰分離槽の沈殿物引抜ラインの集合管はヘッダー管とする ・沈殿物引抜ポンプ吐出側に圧力計を設置する ・液面計を設置する ・オーバーフローラインを設置する 	○

表 5-4-7 燃焼排ガス処理設備 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		燃焼排ガス処理設備				
設計意図、設計条件		燃焼炉において熱分解ガス(約 50°C)を燃焼処理して発生した排ガス(850°C以上)を減温するとともに排ガス中に含まれる有害成分を大気放出基準値以下まで除去する				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	タール・煤塵・飛灰による配管閉塞	・熱分解ガス化改質炉加熱ガスの流れ停止	M	・熱分解ガス化改質炉加熱ガス出口に流量計を設置する ・熱風発生炉の緊急立ち下げが可能な仕様とする	○
		冷却空気送風機 2 の故障	・冷却ダクト用冷却空気の流量減、流れ停止	L	・冷却空気送風機 2 吸込側に流量計を設置する ・冷却空気送風機 2 吐出側に圧力計を設置する ・冷却ダクト出口排ガス温度計を設置する ・冷却ダクト出口排ガス温度計に警報(H)を設置することで、冷却ダクト性能未達、送風機故障、ダンパ故障等の異常を早期検知可能な仕様とする ・冷却空気送風機 2 故障時の燃焼排ガス冷却用に冷却ダクト出口煙道に冷却空気吸込口(手動弁)を設置する	○
		薬剤供給ラインの閉塞	・薬剤含有空気の流量減、流れ停止	L	・配管材質を硬質塩化ビニルホースとすることで、内部流体の目視、振動での閉塞物除去が可能な仕様とする	○
圧力	上昇	煙道閉塞	・燃焼炉内部圧力上昇 ・煙道各所圧力上昇	L	・燃焼炉内部および煙道各所に圧力計を設置し、閉塞箇所を特定できるようにする ・排ガス誘引送風機の能力に余裕を見込む	○
		パルスの電動弁故障	・ろ過式集じん器の差圧上昇	L	・パルスラインを 12 列それぞれわけすることで電動弁も 12 個とし、パルス不可のリスクを低減する ・差圧計を設置し、かつ警報(HH)を発報することでパルス異常を早期検知できるようにする	○
温度	上昇	灯油調節弁の故障/異常開	・燃焼炉内部温度の上昇	L	・燃焼炉内部の温度計を設置する ・燃焼炉内部温度計に警報(H)を設定し、温度の異常上昇に早期検知可能なようにする ・燃焼空気送風機 2 および冷却空気送風機 2 の能力に余裕を見込む	○
		冷却空気送風機 2 の故障	・冷却ダクト出口排ガス温度の上昇	L	・流量-停止/減少-冷却空気送風機 2 の故障と同様の対策とする	○

表 5-4-8 給排水設備 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		給排水設備				
設計意図、設計条件		実証試験設備に必要な用水を既設舞洲工場から受排水するための設備、機器冷却水を供給するための設備、プロセス排水を貯留するための設備、から構成される				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	機器冷却水ポンプ/給水ポンプの故障	<ul style="list-style-type: none"> 機器冷却水の流れ停止(冷却水損失) 供給水の流れ停止(供給水の損失) 	L	<ul style="list-style-type: none"> 各ポンプ吐出配管側に圧力計を設置する 機器冷却水濃縮によるスケール析出防止のため、機器冷却水槽にブローラインを設置する 給水ポンプは2系列とする 	○
		機器冷却水槽/供給水受水槽の水枯れ	<ul style="list-style-type: none"> 機器冷却水の流れ停止(冷却水損失) 供給水の流れ停止(供給水の損失) 	M	<ul style="list-style-type: none"> 各水槽にレベル計を設置する。また、目視確認用として液面計を設置する 各水槽レベル計に警報(L)を設定し、水枯れおよびポンプ故障を未然に防止する ポンプ機械保護のため水槽レベルL時はインターロックを設定する 	○
圧力	降下	各ポンプの故障	ポンプ吐出圧力の低下	L	流量-停止/減少-機器冷却水ポンプ/給水ポンプの故障と同様の対策とする	○
温度	上昇	冷却塔ファンの故障/異常	機器冷却水温度の上昇	L	<ul style="list-style-type: none"> 機器冷却水槽に温度計を設置する 機器冷却水温度計に警報(H)を設定し、冷却塔ファンの故障、それ以外の異常について早期検知できるような仕様とする 冷却塔ファンの故障時には、中央制御に故障を発報するような仕様とする 	○
組成	組成変化	N. A.	-	-	-	-
反応	停止/異常反応	N. A.	-	-	-	-
攪拌	停止/増加	N. A.	-	-	-	-
レベル	降下	機器冷却水槽/供給水受水槽のボールタップ故障/異常閉	<ul style="list-style-type: none"> 機器冷却水槽のレベル降下(冷却水損失) 供給水受水槽のレベル降下(供給水の損失) 	M	<ul style="list-style-type: none"> 各水槽にレベル計を設置する。また、目視確認用として液面計を設置する 各水槽レベル計に警報(L)を設定し、水枯れおよびポンプ故障を未然に防止する ボールタップ動作不良での給水不可時対策のため、バイパスラインを設置して手動で給水可能とする 	○

表 5-4-9 灯油配管系統 HAZOP ワークシート（実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋）

設備／配管系統名称		灯油配管系統				
設計意図、設計条件		風発生炉灯油バーナー、燃烧炉灯油バーナー、蒸気ボイラーに灯油を供給する				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	灯油送液ポンプの故障	・ 燃烧炉用灯油バーナー/熱風発生炉用灯油バーナーへの灯油供給停止（灯油損失）	L	・ 油送液ポンプ吐出側に圧力計を設置する ・ 灯油送液ポンプは2系統設置する ※自動交互運転はせずに、手動で切り替え	○
		燃油調節ユニットのバルブ故障/異常閉	・ 燃烧炉用灯油バーナー/熱風発生炉用灯油バーナーへの灯油供給停止（灯油損失）/流量減	L	・ 油送液ポンプ吐出側に圧力計を設置する ・ 燃油調節ユニットに流量計を設置する ・ 燃烧炉用灯油バーナー側に失火検知器を設置し、失火時に早期検知できるようにする ・ 灯油送液ポンプはギヤポンプとしているため、逃がし弁を吐出側に設置する ・ 灯油送液ポンプ吐出側の設計圧力は逃がし弁設定圧以上とする	○
圧力	上昇	燃油調節ユニットのバルブ故障/異常閉	・ 灯油送液ポンプ吐出側の圧力上昇	L	・ 油送液ポンプ吐出側に圧力計を設置する ・ 灯油送液ポンプはギヤポンプとしているため、逃がし弁を吐出側に設置する ・ 灯油送液ポンプ吐出側の設計圧力は逃がし弁設定圧以上とする	○
	低下	N. A.	-	-	-	-
温度	上昇	燃油調節ユニットのコントロールバルブ故障/異常閉	・ 燃烧炉内部温度/熱風発生炉内部温度の上昇	L	・ 燃油調節ユニットに流量計を設置する ・ 燃烧炉内部/熱風発生炉内部に温度計を設置し、警報(H)を設定することで灯油バーナーの異常燃焼を早期検知できるようにする	○
	低下	燃油調節ユニットのコントロールバルブ故障/異常閉	・ 燃烧炉内部温度/熱風発生炉内部温度の低下	L	・ 流量-停止/減少-燃油調節ユニットのバルブ故障/異常閉と同様の対策とする	○
組成	組成変化	N. A.	-	-	-	-
反応	停止/異常反応	N. A.	-	-	-	-
攪拌	停止/増加	N. A.	-	-	-	-
レベル	上昇	N. A.	-	-	-	-
	降下	想定流量よりも灯油消費量が增大	・ 灯油貯留タンクのレベル降下	L	・ 灯油貯留タンクにレベル計を設置し、警報設定することで、レベル降下の早期検知可能な仕様とする	○

表 5-4-10 蒸気配管系統 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		蒸気配管系統				
設計意図、設計条件		熱分解ガス化改質炉に必要な過熱蒸気(300℃、0.1MPa~0.2MPa)を灯油焚貫流ボイラーおよび蒸気ヒーターを用いて生成し、熱分解ガス化改質炉に供給する。				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	蒸気ボイラーの故障	・蒸気流れの停止 (蒸気供給不可)	L	・蒸気ボイラー蒸気出口側に圧力計を設置することで、蒸気発生の有無を確認できるようにする ・故障時には蒸気ボイラーから信号出力し、蒸気ボイラー異常に早期検知できるようにする ・蒸気ラインに N2 バージラインを追加して、蒸気供給不可の際にキルン水蒸気バージを窒素に置換できるようにする (※蒸気ヘッダー管の予備座から吹き込む、その場合、蒸気ボイラーの元弁と各ラインのバルブをチェックする)	○
		蒸気流量調節弁の故障/異常閉	・蒸気流れの停止 (蒸気供給不可)	L	・蒸気ボイラー蒸気出口側に圧力計を設置することで、蒸気発生の有無を確認できるようにする ・下流側締切による圧力上昇に伴う配管保護のため蒸気ボイラー出口に安全弁を設置する	○
		配管内部のドレンによる閉塞	・蒸気流れの停止 (蒸気供給不可)	L	・各所スチームトラップを設置し、落ち込み部にドレンが溜まらないようにする ・蒸気配管は基本傾斜配管とし、ドレンがスチームトラップ側に流れるように考慮する	○
		軟水器の陽イオン交換樹脂再生	・供給水の停止 (給水不可)	L	・軟水器は2系統設置して、陽イオン交換樹脂の再生時に運転切替できるようにする	○
圧力	上昇	蒸気流量調節弁の故障/異常閉	・蒸気ボイラー蒸気出口側圧力の上昇	L	・流量-停止/減少-蒸気流量調節弁の故障/異常閉と同様の対策とする	○
	低下	蒸気ボイラーの故障	・蒸気ボイラー蒸気出口側圧力の低下	L	・流量-停止/減少-蒸気ボイラーの故障と同様の対策とする	○
温度	上昇	蒸気流量調節弁の故障/異常閉	・蒸気ヒーターのヒーター温度の上昇 ・蒸気ヒーター出口温度の上昇	L	・蒸気ヒーター出口に温度計を設置する。また、蒸気ヒーター出口温度を一定する制御仕様とする。 ・蒸気ヒーターのヒーター温度計を設置し、警報(H)により異常昇温を早期検知可能なようにする ・機械保護のためヒーター温度が一定以上とならないようにヒーターの ON/OFF 制御を行う	○

表 5-4-11 その他配管系統 HAZOP ワークシート (実際の HAZOP ワークシートからの一部抜粋)

設備/配管系統名称		その他配管系統				
設計意図、設計条件		圧縮空気・計装空気配管(0.7MPa、20℃)、脱臭装置配管(0.1MPa、20℃)				
パラメータ	ずれ	考えられる原因	起こり得る事象	リスク評価	実証試験設備での対策	反映結果
流量	停止/減少	空気圧縮機の故障/異常	・圧縮空気の停止(計装空気、プラント空気供給停止)	L	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮空気タンクおよび出口配管に圧力計を設置する ・計装空気配管の圧力スイッチに警報(L)を設定することで、空気圧縮機の故障/異常を早期に検知可能とする ・空気圧縮機から故障/異常の信号出力を行い、中央制御室で状態監視することにより異常/故障を早期検知できるようにする ・圧縮空気喪失時に最低限計装空気として必要な空気量を貯留できるだけの圧縮空気タンクを設置する 	○
	増加	N. A.	-	-	-	-
	逆流	脱臭ファン吸込側手動ダンパ開	・脱臭装置の逆流	L	・プラント稼働中はヤード内が負圧になることから、脱臭ファン手前ダンパは閉とする	○
圧力	上昇	空気圧縮機の故障/異常	・圧縮空気タンクの圧力上昇	L	<ul style="list-style-type: none"> ・圧力計を設置する ・空気圧縮機本体に圧力スイッチを内蔵することで、仕様以上の圧力にならない仕様とする ・圧縮空気タンクに安全弁を設置する 	○
		脱臭装置内部活性炭の閉塞	・脱臭装置の差圧上昇	L	<ul style="list-style-type: none"> ・脱臭装置本体に差圧計を設置する ・脱臭装置に点検口を設けて内部確認できるようにする 	○
	低下	空気圧縮機の故障/異常	・圧縮空気の圧力低下(計装空気、プラント空気供給停止)		・流量-停止/減少-空気圧縮機の故障/異常と同様の対策とする	○
温度	上昇/低下	N. A.	-	-	-	-
組成	組成変化	N. A.	-	-	-	-
反応	停止/増加	N. A.	-	-	-	-
攪拌	停止/増加	N. A.	-	-	-	-
レベル	上昇/低下	N. A.	-	-	-	-

5.5 各種届出

本実証試験設備は高温で廃棄物を熱分解処理するシステムであるために、消防関係や環境関係等の届出が必要となる。

また、ごみ貯留ヤードは臭気対策として屋根を設けた密閉構造としたために、建築物として建築確認申請が必要となる。

これらのように本実証事業を実施するために必要な届出については、所轄省庁に相談して届出の要否を調査・検討し、届出が必要なものは書類を作成して届出を実施した。

調査、相談した届出を表 5-5-1 に示す。

表 5-5-1 各種届出 調査表 (1/5)

No.	法律名称	届出書類	届出先	要否	要否理由
1	建築確認申請	・確認申請書（建築物）等	大阪市都市計画局 建築指導部 建築確認課	○	<p><建築物></p> <ul style="list-style-type: none"> ・都市計画区域内：<u>すべての建築物の新築、増築、改築、移転</u> ・都市計画区域外：2F以上のもの、延べ面積が200m²以上を超えるもの <p><工作物></p> <ul style="list-style-type: none"> ・6mを超える煙突、8mを超える高架水槽、サイロ、等の貯蔵施設 <p>→ごみ貯留ヤードと煙突が該当するため必要</p>
2-1	ダイオキシン類対策特別措置法（大気基準適用施設）	・特定施設設置届出書 ・工場又は事業場の平面図 ・特定施設の構造概要図 ・発生ガスの処理施設の構造概要図	大阪市環境局 環境管理部 環境管理課	○	<p>法施行令別表第1に定める施設</p> <p>項5) 廃棄物焼却炉：火格子面積0.5m²以上、又は焼却能力50kg/h以上</p> <p>→処理量が上回るため必要 (83.3kg/h)</p>
2-2	ダイオキシン類対策特別措置法（水質基準対象施設）	・特定施設設置届出書 ・工場又は事業場の平面図 ・特定施設の構造概要図 ・汚水等の処理の方法	大阪市環境局 環境管理部 環境管理課	○	<p>実証設備の排ガス処理水は産廃処理のために自然界には放出されませんが、トラブル等により放出される可能性がゼロではないために対応状況について届出をするように指示があるため</p>
3	大気汚染防止法	・ばい煙発生施設設置届出書等	大阪市環境局 環境管理部 環境管理課	×	<p>法施行令別表第1に定めるばい煙発生施設</p> <p>項13) 廃棄物焼却炉：火格子2m²以上、焼却能力200kg/h以上</p> <p>→処理量が下回るため不要</p>
4	大気汚染防止法（水銀大気排出規制）	・水銀排出施設設置届出書等	大阪市環境局 環境管理部 環境管理課	×	<p>法施行令別表第3-3に定める水銀排出施設</p> <p>項8) 廃棄物焼却炉：火格子2m²以上、焼却能力200kg/h以上</p> <p>→処理量が下回るため不要 (83.3kg/h)</p>

表 5-5-1 各種届出 調査表 (2/5)

No.	法律名称	届出書類	届出先	要否	要否理由
5	(大気汚染防止法) 大阪府生活環境の保全等に関する条例(ばい煙)	<ul style="list-style-type: none"> ・ばい煙発生施設設置届出書 ・届出施設の構造 ・届出施設の使用又は管理の方法 ・ばい煙等の処理の方法 		×	条例施行規則別表第3の1に定めるばいじんに係る届出施設 項24) 廃棄物焼却炉: 火格子1㎡以上2㎡未満、又は焼却能力100kg/h以上200kg/h未満 →処理量が下回るため不要(83.3kg/h)
6	(大気汚染防止法) 大阪府生活環境の保全等に関する条例(有害物質)	<ul style="list-style-type: none"> ・届出施設設置届出書 ・別紙1-1)届出施設の構造 ・別紙1-2)届出施設の使用又は管理の方法 ・別紙1-3)ばい煙等の処理の方法 ・工場又は事業場の平面図 ・付近の見取図 ・届出施設の構造概要図 		×	条例施行規則別表第3の2に定める有害物質に係る届出施設 項10ハ) 廃棄物焼却炉: 焼却能力50kg/h以上 →今回は実証設備であること、通常のごみ焼却炉では届出不要なことから、本実証での届出は不要
7	騒音規制法	<ul style="list-style-type: none"> ・特定(届出)施設使用届出書 ・工場又は事業場の付近の見取図 	大阪市環境局 環境管理部 環境管理課	○	下記機器の定格出力により必要 ・空気圧縮機: 7.5kW以上(騒法ニ/振法二) ・送風機: 7.5kW以上(騒法ニ) →実証設備では出力が上回るため必要 (排ガス誘引送風機: 55kW、圧縮機: 22kW)
8	振動規制法	<ul style="list-style-type: none"> ・工場又は事業場の敷地内の建物等の配置図 ・施設の設置場所を記載した工場又は事業場の平面図 ・施設の構造概要図 			
9	水質汚濁防止法	<ul style="list-style-type: none"> ・特定施設(有害物質貯蔵指定施設)設置届出等 	大阪市建設局 下水道部 施設管理課	×	<ul style="list-style-type: none"> ・新たに特定施設(廃棄物焼却施設)を設置する場合に必要 →廃掃法(8条1項)で定めるもの(処理規模200kg/h以上) →廃掃法施工令(12条2)で定めるもの(PCB分解施設等) ・汚水の処理方法を変更した場合に必要 →実証設備ではどちらも該当しないため不要

表 5-5-1 各種届出 調査表 (3/5)

No.	法律名称	届出書類	届出先	要否	要否理由
10	労働安全衛生法 (第一種圧力容器設置届出)	・第一種圧力容器設置届 ・第一種圧力容器明細書	労働基準監督 署長 西野田労働基 準監督署	×	・蒸気その他の熱媒を受け入れ、又は蒸気を発生させて固体又は液体を加熱する容器で、容器内の圧力が大気圧を超えるもの ・容器内における化学反応、原子核反応その他の反応によって蒸気が発生する容器で、容器内の圧力が大気圧を超えるもの → <u>実証設備では該当する機器が存在しないため不要</u> <u>(ガスホルダ、圧縮空気タンクは第二種圧力容器だが届出は不要)</u> ※「 <u>第二種圧力容器明細書</u> 」の保管が必要
11	労働安全衛生法 ((小型) ボイラー設置届出)	・ (小型) ボイラー設置報告書		×	・ボイラー (伝熱面積<30m ² の貫流ボイラー) ・小型ボイラー (ゲージ圧<1MPa、伝熱面積<10m ² の貫流ボイラー) ・簡易ボイラー (ゲージ圧<1MPa、伝熱面積<5m ² の貫流ボイラー) → <u>実証設備では簡易ボイラに該当するため不要</u> <u>(ゲージ圧: 0.73MPa、伝熱面積 2.6m²の貫流ボイラー)</u> ※ <u>消防に届出</u>
12	労働安全衛生法 (特定化学物質・機械等設置届出)	・特定化学物質・機械等設置届出書		×	・特定化学物質 {アンモニア、一酸化炭素、塩化水素、二酸化硫黄、等} を (>1wt%) 含有する製剤その他の物を製造/取扱う設備を設置する場合 → <u>焼却炉は該当しないため不要</u>
13	労働安全衛生法 (機械等設置届 (足場))	・様式第 20 号 (機械等設置届) ・工程表 ・平面図、立面図等		×	・足場の高さ 10m 以上で組立から解体までが 60 日以上の場合に必要 →該当する足場設置はないため不要 (工事業者確認) ※ <u>工事施工業者より届出</u>

表 5-5-1 各種届出 調査表 (4/5)

No.	法律名称	届出書類	届出先	要否	要否理由
14	消防法・大阪市 火災予防条例 (火を使用する 設備等の設置届 出(変電設 備))	<ul style="list-style-type: none"> ・変電設備設置届出書 ・付近見取図、機器配置 図 ・機器外形図、機器仕様 書 ・単線結線図 ・標識図 	所轄消防署長 此花消防署本 署	○	<ul style="list-style-type: none"> ・火を使用する設備等のうち火災危険の大きい設備を設置する場合必要 第 57 条(8) 高压又は特別高压の変電設備 (50kW 以上) →<u>高压受配電盤 (500kVA)</u> が該当するため必要
15	消防法・大阪市 火災予防条例 (火を使用する 設備等の設置届 出(炉ボイ ラ))	<ul style="list-style-type: none"> ・炉・ボイラー等設置届 出書 ・付近見取図、機器配置 図 ・機器外形図 ・機器仕様書 		○	<ul style="list-style-type: none"> ・火を使用する設備等のうち火災危険の大きい設備を設置する場合必要 第 57 条(2) 多量の可燃性ガス又は蒸気を発生する炉 → 熱分解ガス化改質炉 (3) 前号に掲げるもののほか、据付面積 2 m²以上の炉 → 熱風発生炉・燃焼炉 (4) ボイラー又は入力 70 kW を超える給湯湯沸設備 → 蒸気ボイラ →<u>上記が該当するため必要</u>
16	消防法・大阪市 火災予防条例 (少量危険物届 出)	<ul style="list-style-type: none"> ・少量危険物貯蔵・取扱 設置届出書 ・付近見取図、敷地内配 置図 ・建築物の構造図 ・配管図 ・設備図 ・電気配線図 		○	<ul style="list-style-type: none"> ・灯油の貯留量 200L 以上 1000L 未満の場合必要 (指定数量 0.2 倍以上 1.0 倍未満) →<u>実証設備では貯蔵量 943.2L のため必要</u>
17	消防法・火災予 防条例 (火を使用する 設備等の設置届 出(蓄電設 備))	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄電設備設置届出書 ・付近見取図、機器配置 図 ・機器外形図 ・機器仕様書 		×	<ul style="list-style-type: none"> ・火を使用する設備等のうち火災危険の大きい設備を設置する場合必要 第 57 条(10) 蓄電池設備 (4800Ah 以上) →該当する能力の蓄電池無し
18	消防法 (防火対象物使 用開始届出)	<ul style="list-style-type: none"> ・防火対象物使用開始届 出書 		○	<ul style="list-style-type: none"> ・消防法令別表第 1 に掲げる施設を設置使用する場合に必要 →<u>実証設備ではごみ貯留ヤードが該当するため必要</u>
19	消防法 (消防用設備等 設置届出)	<ul style="list-style-type: none"> ・消防用設備等設置届出 書 		○	<ul style="list-style-type: none"> 防火対象物の関係者が、消防用設備の設置に係る工事を完了際に必要 →<u>防火対象物として、ごみ貯留ヤードを届出するため必要</u>

表 5-5-1 各種届出 調査表 (5/5)

No.	法律名称	届出書類	届出先	要否	要否理由
20	電気事業法 (工事計画届出)	<ul style="list-style-type: none"> ・工事計画届出書 ・工事計画 ・工程表 ・図面等 	中部近畿産業保安監督部 近畿支部電力安全課	×	<p>・自家用工作物で受電電圧1万ボルト以上(10kV)の需要設備の設置する場合に必要 →<u>高圧受配電(6.6kV)であることから不要</u> <u>舞洲工場の特高受電の遮断器改造でもないため変更届も不要(工場内で高圧を分岐している扱い)</u></p> <p>○自家用工作物の範囲 ・600Vを超える電圧で受電(400V以下で受電は「一般電気工作物」扱い) ・次の自家用発電設備(非常用含む)を有する (二)内燃力を原動力とする火力発電設備であって出力10kW以上のもの</p>
21	電気事業法 (電気主任技術者選任)	<ul style="list-style-type: none"> ・主任技術者選任届出書 ・主任技術者免状の写し ・主任技術者の所属確認書類 		×	<p>上記同様、新設および改造のどちらも該当しないため不要 電気主任は舞洲工場の担当が管轄していただく。 ただし舞洲工場と実証設備の責任分担を明確にするため、体制表を作成し舞洲工場へ提出する。</p>
22	電気事業法 (保安規定届出)	<ul style="list-style-type: none"> ・保安規定届出書 ・保安規定条文等 		×	同上
23	ガス事業法 (準用事業開始届出)	<ul style="list-style-type: none"> ・準用事業開始届出書等 	中部近畿産業保安監督部 近畿支部	△	<p>・ガス事業以外のガスを供給する事業 ・自ら製造したガスを使用する事業 →<u>現時点では非該当のため不要</u></p>
24	ガス事業法 (ガスホルダー設置届)	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスホルダー設置届出書等 		△	<p>・ガス性能能力が300m³/d以上の設備を有する事業者(9が適用される場合必要) →<u>現時点では非該当のため不要</u></p>
25	ガス事業法 (ガス主任技術者選任)	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス主任技術者選任届出書等 		△	<p>・ガス性能能力が300m³/d以上の設備を有する事業者(9が適用される場合必要) →<u>現時点では非該当のため不要</u></p>

第6章 技術開発検討会の開催

技術開発検討会を下記要領で開催した。

- ・ 会議名 : 令和2年度技術開発検討会
- ・ 日時 : 令和2年1月20日(水) 15:00～17:00
- ・ 形式 : オンライン会議 (Microsoft Teams)
- ・ 出席者
 - 委員 : 国際環境研究協会 藤沼 PO、村木 PO、森下 PO、
工学院大学 工学部 小林教授
 - オブザーバー : 環境省環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課
田中課長補佐、村上様
 - 実施者 : 日立造船株式会社 環境事業本部 開発センター
近藤、平間、原田、杉村、水関
 - 実施協力者 : 大阪市 環境局 環境施策部 環境施策課 田中課長代理
大阪広域環境施設組合 施設管理課 豊島課長代理
- ・ 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 6-1-1 のとおりである。

表 6-1-1 技術開発検討会の議事録 (1/5)

項目 番号	発言者	打合内容
1		開会
	日立造船	R 2 年度の技術開発検討会を開会した。
2		出席者紹介
	日立造船	技術開発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		R 2 年度 検討状況のご説明
	日立造船	R 2 年 1 2 月時点の検討状況を説明した。
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、下線 : アクション)
		【実証設備について】
	委員	Q : 舞洲工場の実証設備は独立した設備を新たに製作・建設する計画なのか。
	日立造船	A : その通り。
	委員	Q : 実証試験ではごみ貯留場所は平場で行う計画であるため床洗浄水が発生しているが、実機ではごみピットを設置する計画なのか。
	日立造船	A : 実証試験では場所、コスト、運転等の総合的判断から平場でのごみ貯留としている。実機はごみピットを設置する計画である。
	委員	Q : 熱分解ガス化改質システムの耐用年数はどの程度なのか。
	日立造船	A : 従来のごみ処理場の耐用年数は約 3 0 年であるため、本システムも同程度の耐用年数は求められる。ただし、ストーカ炉でも火格子等は消耗品扱いであるため、本システムの一部は消耗品扱いになると想定している。
	委員	Q : 熱分解ガス化改質炉の仕様 (材質、板厚、等) についても耐用年数を考慮して設計するつもりなのか。
	日立造船	A : その通り。

表 6-1-1 技術開発検討会の議事録 (2/5)

項目 番号	発言者	打合内容
	委員 日立造船	<p>Q: 実証試験終了後に当該設備は廃棄する予定か。実証運転を通じて有用なプラントであることが証明できれば、他事業に転用する予定はないのか。</p> <p>A: 委託事業のため、実証完了後は廃棄する予定である。また、大阪市および大阪広域環境施設組合との協定書にも原状復旧することで締結している。</p>
	委員	C: 大阪広域環境施設組合には、建屋が倉庫として使えるのであれば建屋だけの払下げも検討して欲しい。
	実施協力者	A: 払下げ金額にもよるが検討は行う。
	委員	C: 財産処分の規定にもよるが、払下げの前例がないわけではない。ただ、難しいと聞いている。事業室に確認する。
【プロセス全体について】		
	委員	Q: 熱分解ガス化改質炉に供給する過熱水蒸気の燃料に灯油を選定しているが、重油にしない理由はあるのか。
	委員	A: 燃料としての灯油に深い意図は無い。実機では熱分解ガス化改質炉の間接加熱ガス等の余熱を利用した排熱回収ボイラーで過熱水蒸気を発生させる計画である。
	委員	C: 排熱回収時のエネルギー収支も併せて検討すること。
	委員	Q: 本システムの導入コスト目標は建設費が従来比同等、運転費が従来比 50%減としているが、実証完了後に競合となり得るシステムはあるのか。
	委員	A: 目標どおりの数値が達成できれば、競合するシステムはないと考えている。ただし、他社が社外発表せずに開発を進めているケースもある。本システムの導入可否は自治体の方針もあるためニーズに合致したシステムにしていく必要がある。
	委員	Q: 省人・省力化を図るとあるが、処理規模 20t/日の運転員人数はどの程度なのか。
	委員	A: 実証段階において各種センサーを取り付けて省人化が可能な制御方法を確認し、従来のごみ処理施設と同程度(運転員 4~5 人/班)を目標としている。
	委員	Q: 熱分解ガス化改質炉から排出されるチャーの熱量が加熱ガスの必要熱量以下の場合には灯油を併用する計画であるが、想定よりチャーの熱量が多い場合には、加熱ガスの温度制御はどのようにするのか。加熱ガスの温度制御のために排ガスを混ぜることも検討してはどうか。
	委員	A: 現在の検討からは、チャー熱源では必要熱量以下となるため排ガス再循環等は検討していない。実ごみの性状等により異なるバランスになったことを想定して、対応できる構造とする。
	委員	Q: 本システムにおける最終的な熱灼減量値はどの程度なのか。
	委員	A: 熱風発生炉出口で 3%以下(通常の焼却炉と同水準)とする計画である。実証試験設備で発生する不燃分は産廃処理する計画である。

表 6-1-1 技術開発検討会の議事録 (3/5)

項目番号	発言者	打合内容
	委員 日立造船	Q: 熱風発生炉から排出される不燃分はストーカ炉で排出される不燃分の性状と同程度なのか。 A: 不燃分の性状はストーカ炉と同程度と考えている。
	委員	【熱分解ガス化改質炉について】
	委員 日立造船	Q: チャーが最適なバランスで熱分解ガス化改質炉から排出されるような滞留時間を検討しているのか。 チャー排出量は熱分解ガス化改質炉内部におけるチャー滞留時間によって決まるため、構造に反映することは可能と思われる。 A: 大量のチャーが熱分解ガス化改質炉内で長時間循環しているため、滞留時間を把握できないのが現状である。チャー排出量は出口堰の寸法を変更することである程度の制御は可能と思われるので、数値解析を活用して検討したい。
	委員 日立造船	Q: 熱分解部のみ DEM 解析を行い内部粒子の挙動確認を行っているが、改質部は確認する予定はないのか。 A: ごみの種類や質、運転条件がタール生成に及ぼす影響の検討を優先しているために熱分解部の DEM 解析を優先して行っている。改質部については今後実施する予定である。
	委員 日立造船	Q: 改質部断面積を有効に活用する構造を検討しているが、最終的にどの構造で進めていくのか。 A: ミニモデルを作成しているが詳細な検討は行えていないため、現時点では螺旋 4 本で進める計画である。
	委員 日立造船	Q: 熱分解ガス化改質炉の材料選定として AH-4 および SUS310S の多層で製作するのか、また熱応力や熱伝導性に問題はないのか。 A: 熱伸びや熱伝導性等の詳細な検討はできていないが、構造については主材料への肉盛溶接で検討している。構造計算やご指摘の点については今後検討していく予定である。
	委員 日立造船	Q: 還元雰囲気では硫化水素やアンモニアが大量に発生すると思われるが、SUS310S の耐食性に問題はないのか。 A: 問題ないと考えているが、実証試験装置内に試験片を入れて曝露試験を実施する計画である。
	委員	【実証試験の運転について】
	委員 日立造船	Q: 実証試験開始時の運転時間はどの程度で計画しているのか。 A: 実証試験開始後の 2～3 ヶ月は約 5 時間/日の試験運転を行う計画である。
	委員 日立造船	Q: 2t/日炉の場合、定常状態になるまでに時間がかかると思われる。また、そのような状況で実証試験後半の 90 日連続運転につなげるのは難しいのではないのか。 A: 実証運転初期の運転時間は約 5 時間/日としてプラントが安全・安定して稼働する調整を行う計画である。徐々に運転時間を伸ばしながら運転データを蓄積するとともに課題を解決して実証試験後半の 90 日連続運転を実施する計画である。

表 6-1-1 技術開発検討会の議事録 (4/5)

項目 番号	発言者	打合内容
	委員	Q: HAZOP は安全にプラント稼働するために必要であるが、どの程度の人数、時間をかけて実施するのか。
	日立造船	A: 実証設備の設計に係る人員を集めて、4~5 時間程度 (約半日) で行う予定である。
	委員	Q: 工程表によると、90 日連続運転 (炉単体) 後に 90 日連続運転 (発電込み) を実施するとのことであるがどのような運転を想定しているのか。
	日立造船	A: ガスエンジン発電の実証試験は弊社開発費による計画であり、正式決定ではない。
	委員	Q: 実証運転には 2t/日のごみが必要になるが、大阪市および大阪広域環境施設組合からパッカー車 1 台分のごみを提供してもらうのか。
	日立造船	A: 大阪市および大阪広域環境施設組合とは実証期間中にパッカー車一台分のごみを提供してもらう方向で調整している。処理量が少ない実証初期は、余剰ごみを舞洲工場に返却する計画である。
	委員	Q: 実証設備の運転およびメンテナンスは日立造船で行うのか。
	日立造船	A: 日立造船の開発メンバーが中心となり、不足分は外注運転員で実証試験設備の保守、運転を行う計画である。
【供給ごみについて】		
	委員	Q: 実証試験ではごみ中に含まれる不適物を手選別で除去する必要があるのか。
	日立造船	A: 一次破砕機、二次破砕機でごみを適正な粒度まで破砕する計画であるが、明らかに破砕できない大型・金属ごみ等は破砕機等の熱分解ガス化改質炉投入前に除去することになる。
	委員	Q: 本実証試験では低質ごみ、基準ごみ、高質ごみをどの程度カバーできるのか。
	日立造船	A: 大阪市内で収集されるごみについては概ねカバーできると考えている。
	委員	Q: 実ごみの性状が偏っている可能性もあるので、模擬ごみによる実証試験を検討すること。
	日立造船	A: 検討する。
	委員	C: 容リプラを分別している自治体が今後多くなることが想定されるため、容リプラを分別することを想定した実証試験を行うこと。
	日立造船	また、敢えてアルミホイルやアルミ缶を混ぜた状態でも実験をすること。
	日立造船	A: 拝承。性状の異なるごみ質も想定して実験を行う。
	委員	Q: 容リプラにはアルミラミネートが含まれるため、詰まりの原因となり得る。アルミラミネートの有無による影響を検討した方がいいのではないか。
	日立造船	A: 実証試験の検討課題とする。

表 6-1-1 技術開発検討会の議事録 (5/5)

項目 番号	発言者	打合内容
	委員 日立造船 委員 日立造船 ワザハ	<p>【その他】</p> <p>C: 事業化ロードマップの詳細検討も並行して進めていき、仕様書をブラッシュアップしていくこと。</p> <p>A: 拝承</p> <p>Q: COVID-19 による工程の影響はあるか。</p> <p>A: 影響はある。COVID-19 による影響は中間評価の資料としても提出済みである。</p> <p>C: COVID-19 影響による次年度繰り越しについては、現在申請している。</p>
5		P0、環境省担当官 ご講評
	委員 委員 委員 ワザハ ワザハ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 来年度からの実証試験を楽しみにしている。 ・ 成果報告書の目次が出来た段階で見せてほしい。 ・ どのような事業化されるのかが一番の関心。事業化についても具体的な検討を進めてほしい。 ・ 実証試験が成功し、本システムが普及して国内の CO₂ 排出削減につながることを期待している。 ・ 省内でもキルンの設備が動かなくなるトラブルが多いとの意見がある。そこは日立造船としても十分に検討しているため、問題ないと思うが今後の実証ではしっかり取り組んで頂きたい。 ・ グリーン戦略会議において、今後のごみ質の変化（プラ低下、生ごみ増）に対応できるエネルギー回収技術が求められている。今回の技術には期待している。 ・ 実証設備の財産処分や払下げについては、日立造船が実証設備を使用して行いたい事業などあれば事前に確認すること。
6		連絡事項
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 議事録は速やかに作成のうえ、出席者に送付すること。 ・ R2 年度の技術開発検討会は本会で完了とする。
7		閉会挨拶
	日立造船	R2 年度の技術開発検討会を閉会した。

第7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2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 7-1 に今年度の成果を示す。

表 7-1 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)	<ul style="list-style-type: none"> • ごみ質の情報や熱分解および改質の反応式を基に、各種反応温度、熱量等を設定し、熱分解ガス化改質炉内の温度分布、熱移動状況を計算し基本設計を行った。熱分解ガス化改質炉の仕様を決定した。 • 熱分解ガス化改質炉のシール構造、煤塵分離方法、内部状況の確認方法、断熱材の施工方法、製造方法、分割方法について検討し、熱伸びや強度計算を実施し、詳細設計を行った。 • 熱分解ガス化改質炉の材質について、文献調査等から 4 種の候補材を選出し、高温腐食環境下における金属組織の変化や耐食性を、ラボ試験とシミュレーションを活用して検討し候補材を選定した。 • ラボ試験によりごみの熱分解挙動を調査し、文献調査により改質反応の温度を設定した。それらの結果を基に、低質、基準、高質の各ごみ質の条件下での熱分解ガス化改質炉内の温度分布を計算し、ごみ質が変動してもタール生成量を低減可能な操作条件について検討した。 • 熱分解ガス化改質炉内の循環流動媒体の粒子の挙動を数値解析により可視化するとともに、想定される内部閉塞に対応するための構造をミニモデル作成により立案し、振る舞いの異なる一般廃棄物に対応するための形状、構造を検討した。
ガス精製装置の最適化 (第 4 章)	<ul style="list-style-type: none"> • 熱分解ガス化改質システムでは、生成される廃棄物由来の高温かつ他種の夾雑物や不純物を含有する熱分解ガスを、ガスエンジンや燃料電池において発電利用するために冷却および精製する必要がある。 • ベンチ試験により、ガスに対する冷却水量や、循環水の pH 等について検討し、タールや HCl、SO_x などの物質の除去効果を評価した。

表 7-1 今年度業務の成果 (2/2)

<p>ガス精製装置の最適化 (第 4 章) (前頁からの続き)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ベンチ試験の結果を踏まえ、一般廃棄物由来の熱分解ガスを適切に処理可能な実証試験設備におけるガス精製装置のプロセスを急冷塔と 2 本の吸収塔とすることに決定し実証設備の基本設計および詳細設計を完了した。
<p>システム全体の最適化 (第 5 章)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前検討では、ベンチ試験装置における知見から想定される問題および解決策を立案した。 ・前項知見を、フローシート、物質収支、機器仕様、機器配置、土建設計に活かし、基本設計を完了した。 ・前項基本設計を基に、配管系統、配管配置、電気制御機器、点検歩廊等の詳細設計を完了した。 ・本システムで想定される維持管理、補修方法、安全運転対策の検討として、廃棄物供給設備、熱分解ガス化設備、ガス精製設備、燃焼排ガス処理設備、給排水設備、灯油配管設備、蒸気配管設備、その他配管系統を対象とした安全性評価 (HAZOP) を実施し、本システムへの適用を検討した。 ・各機器の手配を進め、土工事を実施した。

対外発表等の実績

- ・近畿経済産業局「阪神・瀬戸内ネットワーク 連携支援機関プロジェクト検討会」（令和2年10月13日）
- ・関西広域連合エネルギー検討会「関西水素サプライチェーン構想実現プラットフォームキックオフ会議」（令和3年2月9日）
参考 URL：<https://www.kouiki-kansai.jp/koikirengo/jisijimu/enagykento/index.html>
- ・大阪府，大阪市，堺市「第10回 H2Osaka ビジョン推進会議」（令和3年3月30日）
参考 URL：<https://www.pref.osaka.lg.jp/energy/h2osakav/index.html>

参考文献

- 1-1) たとえば, 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)
- 3-1) 西山ほか, “耐熱用オーステナイト系ステンレス鋼「NAR-AH-4」の開発”, 住友金属技報, Vol. 49, No. 4, pp. 50-56 (1997)
- 3-2) 山本ほか, “耐熱用オーステナイトステンレス鋼”, 新日鉄住金技報, Vol. 396, pp. 99-105 (2013)
- 3-3) 三菱マテリアル株式会社, “耐熱合金データ集”, カタログ No. 270 (1992. 5)
- 3-4) 熊田ほか, “25Cr-20Ni 耐熱鋼の相変化について”, 日本金属学会誌, Vol. 34 No. 7, pp. 706-711 (1970)
- 3-5) CORALIE PARRENS, et al., “Isothermal and Cyclic Aging of 310S Austenitic Stainless Steel”, METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A, Vol. 48A, pp. 2834-2843 (2017)
- 3-6) Thermo-Calc Software: <https://thermocalc.com/products/add-on-modules/precipitation-module-tc-prisma/>, (2021. 3. 22 アクセス)
- 3-7) 特殊材料溶接研究委員会, “スーパーアロイの溶接”, 産報出版, P23 (2010)
- 3-8) 今井ほか, “廃棄物熱分解ガス化改質システム模擬環境中における耐熱金属の高温腐食挙動”, 材料と環境, Vol. 54 No. 5, pp. 225-230 (2005)
- 3-9) 庄司ほか, “19Cr-13Ni-3Si 鋼の高温酸化におよぼす希土類元素添加の影響”, 鉄と鋼, Vol. 66 No. 9, pp. 1333-1342 (1980)
- 3-10) 長谷川ほか, “木質バイオマスの迅速熱分解における収率, チャー組成の予測”, 日本エネルギー学会誌, Vol. 84, pp. 46-52 (2005)
- 3-11) 岩崎ほか, “生成チャー収率におよぼすバイオマス種および流動層乾留条件の影響”, 化学工学論文集, Vol. 40, pp. 65-71 (2014)
- 3-12) 福本ほか, “高温水蒸気を用いたタール改質反応における基礎的研究”, 日本エネルギー学会大会講演要旨集, Vol. 13, pp. 208-209 (2004)
- 3-13) CHAIWAT ほか, “バイオマス熱分解揮発生成物の炭化物による二次的分解の促進”, 化学工学会研究発表講演要旨集, Vol. 74, p. 499 (2009)
- 5-1) 松岡, “プラントの安全性評価/第 1 回 安全性評価の概要”, 防災システム, 第 29 巻, 第 2 号, p. 15 (2006)

5-2) HAZOP&プラント安全促進会, http://www.hazop.jp/hazop_basic.html (2021.9 アクセス)