

平成 25 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務

ミャンマー国グレーターヤンゴン首都圏における
循環型社会形成支援および廃棄物発電事業の実施可能性調査

報 告 書

平成 26 年 3 月

JFE エンジニアリング株式会社

日本工営株式会社

株式会社コーエイ総合研究所

目 次

第1章	調査概要.....	1-1
1.1	調査の背景と目的.....	1-1
1.2	調査内容.....	1-1
1.2.1	プラント価格調査.....	1-1
1.2.2	事業化・資金調達に係る検討.....	1-2
1.2.3	事業性評価、実現可能性、事業計画案の見直し.....	1-2
1.2.4	実現可能性を改善するための行政施策に係る意見交換、及び提案.....	1-2
1.2.5	関係者合同ワークショップ.....	1-2
1.3	調査体制.....	1-2
1.4	調査行程.....	1-3
第2章	対象地域における現状調査.....	2-1
2.1	廃棄物焼却発電プラントおよび焼却灰処分場事業の検討.....	2-1
2.2	廃棄物焼却発電プラントの建設・運営コストの調査.....	2-1
2.2.1	ごみ量、ごみ質の設定.....	2-1
2.2.2	プラント建設コストの調査.....	2-6
2.2.3	プラント運営コストの調査.....	2-32
2.3	焼却灰処分場の建設・運営コストの調査.....	2-39
2.3.1	設計条件の整理.....	2-39
2.3.2	処分場形状.....	2-42
2.3.3	施設の概略設計.....	2-45
2.3.4	浸出水処理施設の設計.....	2-54
2.3.5	施工計画.....	2-59
2.3.6	運営・維持管理.....	2-59
2.3.7	事業費の検討.....	2-62
2.4	事業費まとめ.....	2-67
第3章	事業化・資金調達の検討.....	3-1
3.1	資金調達.....	3-1
3.1.1	事業費100%を公的借入に依存するケース.....	3-1
3.1.2	官民連携(PPP)のケース.....	3-2
3.2	事業化分析.....	3-4
3.2.1	事業実施方式.....	3-4
3.2.2	資金調達.....	3-5
3.2.3	財務分析キャッシュフロー上の条件.....	3-6
3.2.4	事業収入.....	3-6
3.2.5	財務分析結果.....	3-7

第4章	実施スケジュールと実施体制	4-1
4.1	実施スケジュール	4-1
4.2	収入事業としての基盤確立	4-2
4.3	二国間クレジット制度(JCM)の準備作業	4-3
4.4	資金調達の検討	4-5
4.5	PPP-BOT方式で実施する場合	4-6
4.6	直営(ODA)方式の場合	4-9
第5章	実現可能性を改善する行政施策の提案	5-1
5.1	ミャンマー国レベルの行政施策	5-1
5.1.1	環境保全対策の推進	5-1
5.1.2	地方自治体への財政支援策の推進	5-2
5.1.3	再生可能エネルギー支援政策	5-3
5.2	ヤンゴン市レベルの行政施策	5-4
5.2.1	ごみ処理手数料(T/F)の改定・増額	5-4
5.2.2	ごみ処理手数料(T/F)徴収率の向上	5-5
5.2.3	分別品目	5-5
5.2.4	3R及び廃棄物処理施設建設に対する社会的受容を向上させるための啓蒙活動	5-6
第6章	関係者合同ワークショップ	6-1
6.1	概要	6-1
6.2	主な報告内容	6-1
6.2.1	本調査報告(事業者)	6-1
6.2.2	日本の廃棄物処理技術(日本環境衛生センター)	6-1
6.2.3	東京都廃棄物マネジメント(東京都環境公社)	6-2
6.2.4	日本国環境政策枠組み(環境省)	6-2
6.3	質疑	6-2

表 目 次

表 1.4-1	調査工程.....	1-4
表 2.2-1	ごみ質設定.....	2-2
表 2.2-2	焼却炉形式概要.....	2-3
表 2.2-3	焼却炉形式比較.....	2-5
表 2.2-4	本調査で採用する排出基準.....	2-6
表 2.2-5	WTE プラント建設に係るイニシャルコスト.....	2-32
表 2.2-6	運営人員体制.....	2-34
表 2.2-7	用役一覧.....	2-36
表 2.2-8	主要機器の耐用年数.....	2-37
表 2.2-9	運転費用.....	2-38
表 2.2-10	電力収支.....	2-38
表 2.3-1	処分場の設計埋立容量の算定.....	2-40
表 2.3-2	3 区画及び 5 区画の比較.....	2-42
表 2.3-3	浸出水の水質と放流先の排水水質基準.....	2-55
表 2.3-4	計画流入水量、日処理量の算定.....	2-56
表 2.3-5	調整槽容量の計算結果.....	2-56
表 2.3-6	浸出水の水質と放流先の排水水質基準.....	2-57
表 2.3-7	本事業における処理プロセスのチェック結果.....	2-58
表 2.3-8	浸出水処理施設の規模.....	2-58
表 2.3-9	維持管理に係る人員体制.....	2-60
表 2.3-10	モニタリング項目一覧（参考）.....	2-61
表 2.3-11	数量総括表（本体土木）.....	2-63
表 2.3-12	重機購入費.....	2-64
表 2.3-13	維持管理に係る人件費（年間）.....	2-65
表 2.3-14	その他維持管理費.....	2-65
表 2.3-15	ランニングコスト（埋立開始～埋立終了後）.....	2-66
表 2.4-1	事業費まとめ.....	2-67
表 3.1-1	新規円借款の調達条件.....	3-1
表 3.1-2	PSIF の融資条件.....	3-3
表 3.2-1	PPP-BOT 方式における資金調達.....	3-5
表 3.2-2	直営方式における資金調達.....	3-5
表 3.2-3	YCDC/PCCD 収支状況（過去 3 カ年）.....	3-6
表 3.2-4	PPP-BOT 方式.....	3-8
表 3.2-5	直営方式.....	3-8
表 4.2-1	ごみ処理手数料一覧.....	4-2
表 4.4-1	資金源融資期間毎の条件.....	4-5
表 5.1-1	所得階層別 FIT・RPS 導入国・州内訳.....	5-4

表 5.2-1	ヤンゴン市の清掃手数料体系.....	5-4
表 5.2-2	ヤンゴン市のごみ分別区分.....	5-6
表 6.1-1	合同ワークショップ概要.....	6-1

図 目次

図 1.3-1	共同事業実施主体の構成と役割分担.....	1-3
図 2.1-1	事業範囲.....	2-1
図 2.2-1	ごみ焼却炉方式.....	2-2
図 2.2-2	焼却炉概略フロー.....	2-6
図 2.2-3	飛灰処理設備の概略フロー.....	2-7
図 2.2-4	施設全体概略フロー.....	2-8
図 2.2-5	全体プロセスフローシート.....	2-9
図 2.2-6	蒸気系統プロセスフローシート.....	2-10
図 2.2-7	排ガス処理設備プロセスフローシート.....	2-11
図 2.2-8	飛灰処理設備プロセスフローシート.....	2-12
図 2.2-9	給水設備プロセスフローシート.....	2-13
図 2.2-10	排水処理設備プロセスフローシート.....	2-14
図 2.2-11	助燃設備プロセスフローシート.....	2-15
図 2.2-12	無触媒脱硝設備プロセスフローシート.....	2-16
図 2.2-13	物質収支（ごみ、空気、排ガス、灰）.....	2-17
図 2.2-14	物質収支（蒸気、2 炉 800t/d 処理時）.....	2-18
図 2.2-15	全体敷地計画図.....	2-19
図 2.2-16	機器配置図（縦断面図）.....	2-20
図 2.2-17	機器配置図（タービン・コンデンサ縦断面図）.....	2-21
図 2.2-18	機器配置図（平面図 1 階）.....	2-22
図 2.2-19	機器配置図（平面図 3 階）.....	2-23
図 2.2-20	全体工事工程.....	2-24
図 2.2-21	運転計画.....	2-33
図 2.2-22	運営体制.....	2-35
図 2.2-23	維持管理計画.....	2-37
図 2.3-1	準好気性埋立構造の概念図.....	2-39
図 2.3-2	Kaba-aye 気象観測所の位置.....	2-40
図 2.3-3	Kaba-aye 気象観測所における月平均の最高・最低気温.....	2-41
図 2.3-4	Kaba-aye 気象観測所における平均月蒸発量.....	2-41
図 2.3-5	Kaba-aye 気象観測所における平均月降雨量.....	2-42
図 2.3-6	処分場計画図（埋立区画 3 区画）.....	2-43
図 2.3-7	処分場計画図（埋立区画 5 区画）.....	2-44
図 2.3-8	造成工（埋立地） 平面図、断面図.....	2-46
図 2.3-9	造成工（道路部） 断面図.....	2-47
図 2.3-10	遮水工 構造図.....	2-48
図 2.3-11	浸出水集排水施設 構造図.....	2-49
図 2.3-12	地下水集排水施設 構造図.....	2-50

図 2.3-13	雨水集排水施設の分類及び概念図.....	2-50
図 2.3-14	雨水集排水施設 構造図.....	2-51
図 2.3-15	本処分場の平面配置図.....	2-53
図 2.3-16	処理能力、調整槽容量の検討フロー.....	2-55
図 2.3-17	基本の浸出水処理フロー.....	2-57
図 2.3-18	浸出水処理フロー.....	2-57
図 2.3-19	施工計画.....	2-59
図 3.1-1	JCM 適用における資金の流れ.....	3-4
図 4.1-1	本事業実施に向けた工程案.....	4-1
図 4.3-1	JCM 制度確立に至るロードマップ.....	4-3
図 4.5-1	PPP-BOT 方式による実施体制.....	4-8
図 5.1-1	我が国の排ガス対策の変遷.....	5-1
図 5.1-2	廃棄物処理施設のイニシャルコストに対する地方財政支援.....	5-3
図 5.1-3	地方交付税のしくみ.....	5-3
図 6.1-1	合同ワークショップの状況.....	6-3

第2章 対象地域における現状調査

2.1 廃棄物焼却発電プラントおよび焼却灰処分場事業の検討

ヤンゴン市にて保有運営する最終処分場に搬入される一般廃棄物を対象に、廃棄物焼却発電プラントの事業を検討するにあたり、プラントから発生する焼却主灰・飛灰は、環境に与える影響が大きく、適切な処理が必要となることから、焼却灰処分場も合わせて事業の検討範囲とした。事業期間は 25 年間とした。ただし、最終処分場については、閉鎖までの期間も合わせて検討対象とした。

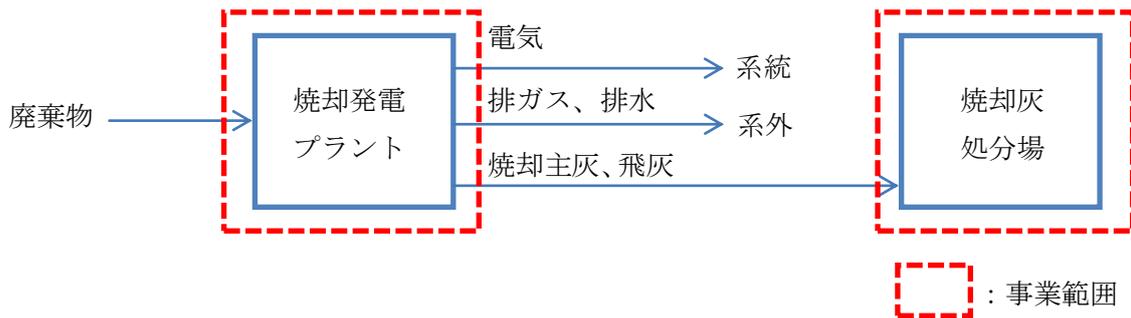


図 2.1-1 事業範囲

2.2 廃棄物焼却発電プラントの建設・運営コストの調査

2.2.1 ごみ量、ごみ質の設定

(1) ごみ量の設定

ヤンゴン市では、現在の推計ごみ発生量は1,690t/日、2011年度のごみ収集量は1,550t/日であり、今後も増加していくと予想される。現状市内には2か所の最終処分場があり、市内のタウンシップを4地区に分割し、東/南地区からのごみはHtaweChaung 処分場へ、北/西地区からのごみはHtein Bin 処分場にそれぞれ搬入されている。HtaweChaung 処分場には約 600t/d、一方 Htein Bin 処分場には約 850t/d の搬入量がある。

初年度の調査では Htein Bin 処分場のごみを対象に実現可能性調査を行った。ヤンゴン市は同時に廃棄物中間処理施設を計画中であり、その計画においては、Htein Bin 処分場では処分場から発生するメタンガス回収発電、HtaweChaung 処分場では焼却発電としていることから、今年度の調査においては、HtaweChaung 処分場に搬入される一般廃棄物を対象とする。

また、Thilawa Special Economic Zone(SEZ)の産業廃棄物を混焼する意向があることから、産業廃棄物量の搬入量を 100t/d と設定した。さらに将来の経済発展に伴うごみの増加分(100t/d)を考慮し、対象のごみ量を合計 800t/d と設定した。

(2) ごみ質の設定

初年度の調査で実施したごみ質調査結果に加え、Thilawa SEZ の産業廃棄物のごみ質を考慮し下記表のとおりごみ質を設定した。なお、Thilawa SEZ は現在開発段階にあり、産業廃棄物のごみ質は計測不可能なことから、調査実施企業の他プラント実績より想定した。

表 2.2-1 ごみ質設定

ごみ質	発熱量	水分(%)	可燃分(%)	灰分(%)
高質	1,800 kcal/kg	56.5	32.8	10.7
基準	1,500 kcal/kg	60.7	30.2	9.2
低質	1,050 kcal/kg	64.1	25.5	10.4

(3) 焼却炉方式の検討

都市ごみ焼却炉の方式として大きく分けて、焼却炉およびガス化熔融炉がある。焼却炉、ガス化熔融炉の代表的な形式を下図に示す。

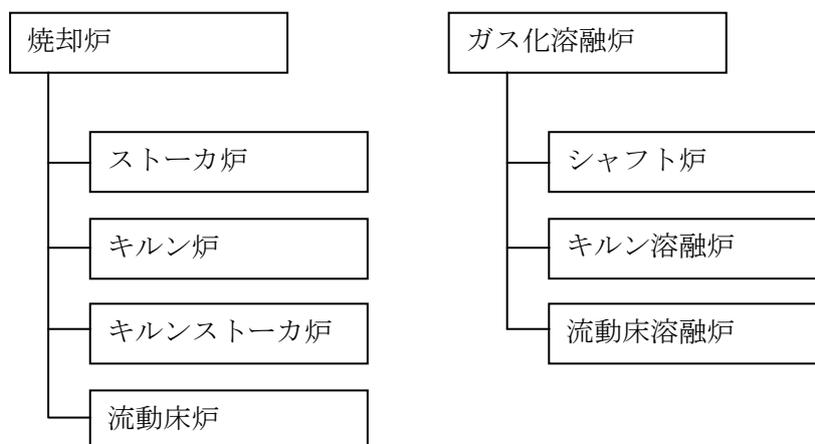


図 2.2-1 ごみ焼却炉方式

ガス化熔融炉は焼却主灰の発生がなく、灰最終処分場の確保が少なくすむこと、また熔融スラグおよびメタルが有効利用可能であるという利点があるが、「ミ」国における導入は時期尚早と考え、検討対象は焼却炉とした。

各焼却炉形式の概要を表に示し、比較を行った。

表 2.2-2 焼却炉形式概要

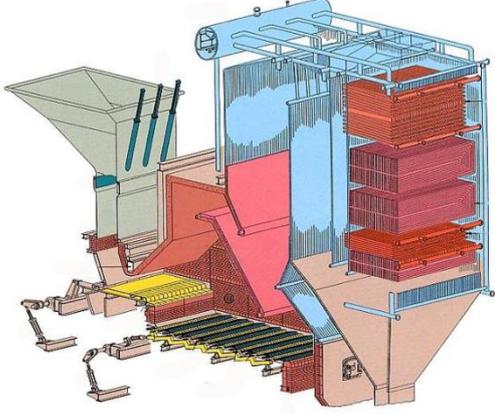
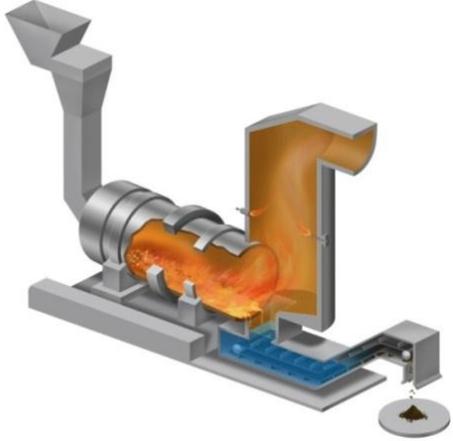
形式	ストーカ炉	キルン炉
構造		
概要	<p>ごみは可動するストーカ（火格子）上でゆっくり移動しながら、ストーカ下部から吹き込まれる燃焼空気により、乾燥・燃焼・後燃焼の3段階を経て焼却が行われ、焼却灰として排出される。ごみ中の不燃物及び灰分の大部分は、ストーカ終端から排出されるが、灰分の一部は燃焼ガス中に飛散し、集塵機にて飛灰として捕集される。</p>	<p>キルンは円筒形をしており、内部に機械的なものはなく単純な構造をしている。その円筒はゆっくりと回転し、投入されたごみは回転によって持ち上げられ、崩れ落ちることで攪拌されて空気と混合し焼却される。焼却灰は円筒の端部から排出され、排ガスは二次燃焼炉で完全燃焼させる。灰の一部は排ガスとともに抜き出され、排ガス処理設備で捕集される。キルン内部温度の調整により熔融も可能である。</p>

表 2.2-3 焼却炉形式比較

	ストーカ炉	キルン炉	キルンストーカ炉	流動床炉
廃棄物種類	一般ごみ(家庭ごみ)や産業廃棄物の焼却に多くの実績がある。	廃プラスチックなどの高カロリーごみや、やや大形(一斗缶など)もそのまま焼却可能である。	廃プラスチック、オイルスラッジなどの高カロリーごみや大形のごみもそのまま焼却可能である。	特にスラッジの焼却に適する。ごみは概ね50mm以下程度に破碎する必要がある。
最終生成物	主灰 飛灰	主灰 飛灰	主灰 飛灰	不燃物 飛灰
利点	多種のごみ焼却に対応できる。大形化も容易である。建設、運転実績が多く技術的に完成されている。	多種のごみ焼却に対応できる。特に高カロリーのごみに適しASR(自動車シュレッダダスト)の処理も可能である。実績も多い。	多種のごみ焼却に対応できる。キルンとストーカの機能を兼ねそろえており、他品種のごみに対応できる。	特にスラッジの焼却に適する。起動停止も容易で短時間に行える。実績も多い。
欠点	高カロリー(3,000kcal/kg以上)ごみには不向きである。	炉本体からの放熱ロスが大きい。大型化には限界があり、概ね350トン/日程度が最大である。	大形炉の実績がない	ごみは破碎する必要がある。大形炉の実績がない。
建設費*	100	105	110	110
運営費*	100	110	110	115
発電量*	100	90	95	100

*ストーカ炉を100とした場合の係数

これらの方式の中から、以下の理由でストーカ炉を選定し、プラントの設計、コスト試算を実施することとした。

- ・本調査の対象廃棄物である一般廃棄物に対して、ストーカ炉は納入実績が多く、技術的に成熟している。
- ・さまざまな形状や大きさのごみを取り扱うのに適している。
- ・本調査では1炉あたりの容量を400トン/日となり、規模的にストーカ炉が適している。

2.2.2 プラント建設コストの調査

(1) 設計方針

今回の調査ではプラント規模や維持管理の容易性、安定稼働性を考慮し、炉形式はストーカ炉を採用する。また、安定的な廃棄物処理を実現すると同時に、廃棄物焼却によるエネルギーを有効利用する目的として、廃熱回収ボイラおよび蒸気タービンによる廃棄物発電を実施する方針とする。

施設の概略フローは下図の通りとなる。

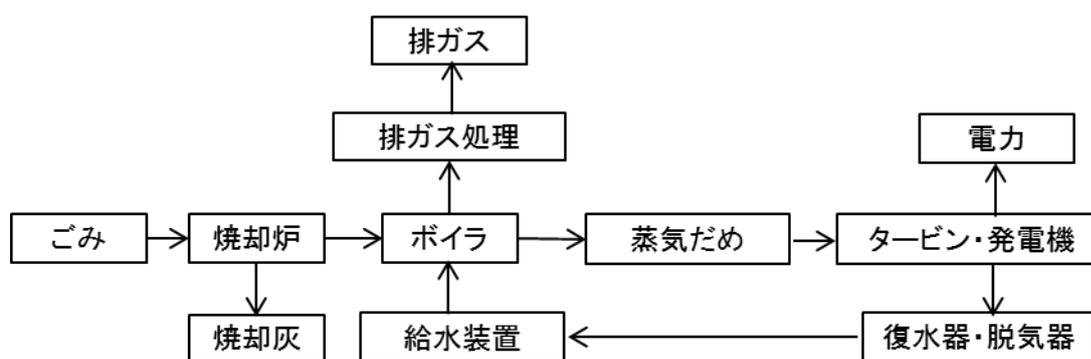


図 2.2-2 焼却炉概略フロー

(2) 設計条件の整理

ごみ質、ごみ量の設定は 2.2.1 にて記載する。

1) 排ガス排出基準

「ミ」国では環境保護法において基本的な方針が定められているものの、環境社会影響調査に関する具体的な制度や手続きは未整備である。今回のプラント建設費及びプラント運営費の調査では、「ミ」国の社会経済上の実態も考慮し、同じ東南アジア地域の排ガス規制値としてマレーシア国で計画されている値を参考とする。

表 2.2-4 本調査で採用する排出基準

項目	規制値(O ₂ 11%)	日本基準換算値
SO ₂	50mg/Nm ³	15.7ppm O ₂ 12%換算
NO _x	200mg/Nm ³	87.7ppm O ₂ 12%換算 as NO ₂
HCl	40mg/Nm ³	22.2ppm O ₂ 12%換算
HF	1mg/Nm ³	
DXNs	0.1ngTEQ/Nm ³	
Dust	100mg/Nm ³	

2) 飛灰処理設備

上記排ガス基準と同様に飛灰の溶出基準についても同国での法令は未整備であるが、周辺環境

への負荷低減という本施設の設置方針から鑑みて、今後法整備がなされ日本と同等の基準が制定されると仮定し、飛灰の重金属安定化設備を設置することとする。設備の概略フローを下図に示す。

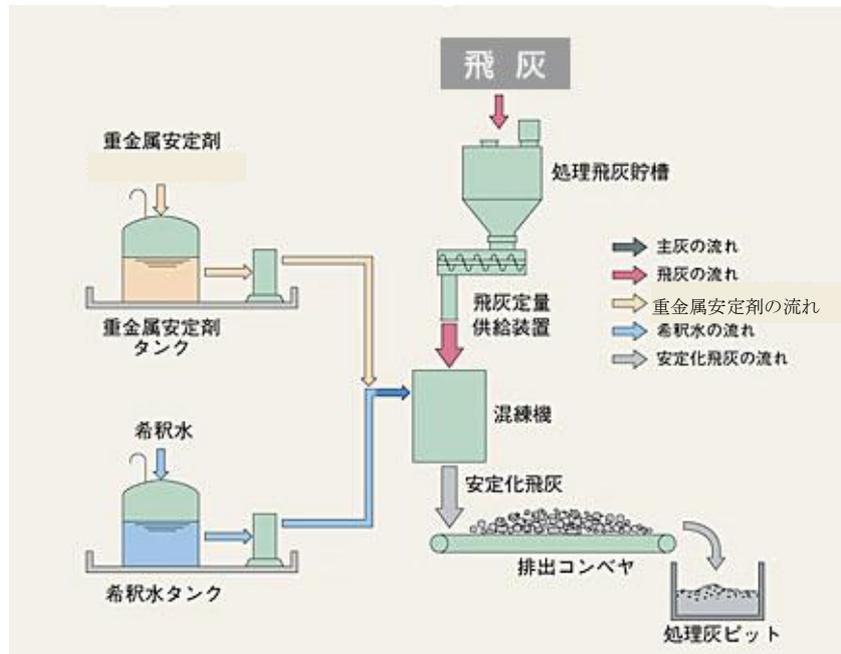


図 2.2-3 飛灰処理設備の概略フロー

(3) プラントの設計

1) 施設概要

本プラントは主にゴミ受入供給設備、焼却炉設備、排ガス熱回収設備（ボイラ）、排ガス処理設備、余熱利用設備（蒸気発電）及び灰出し設備などにより構成される。焼却炉から排ガス処理設備までの概略システムフローを図 2.2-4 に示す。

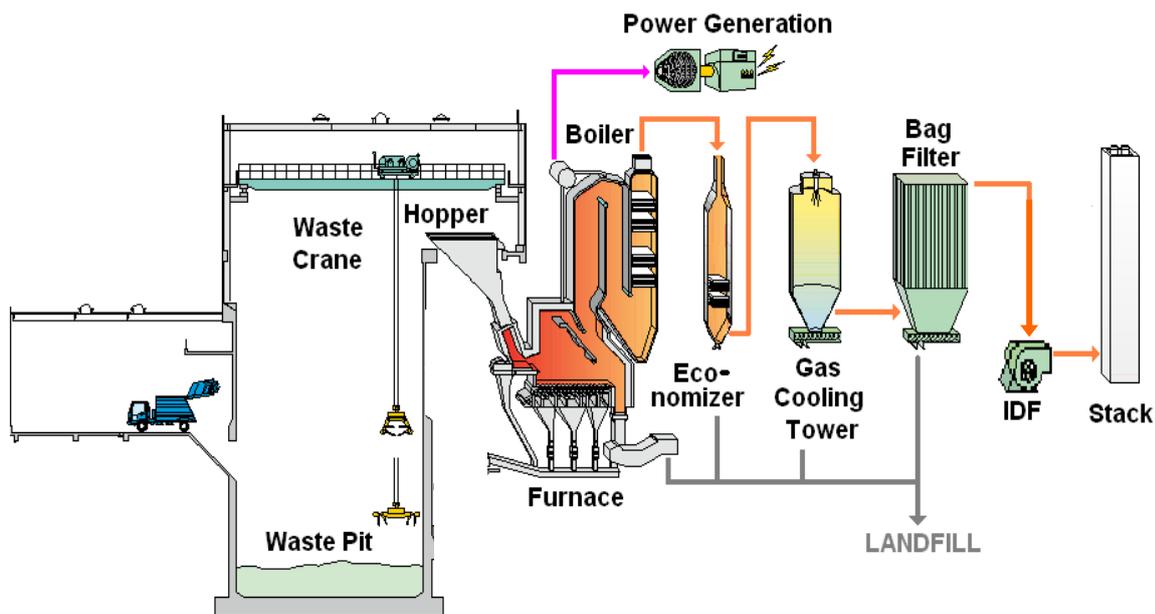


図 2.2-4 施設全体概略フロー

ごみ受入供給はピット&クレーンにより行われ、炉・ボイラ以降は減温塔+乾式排ガス処理+バグフィルタと言うもっとも一般的な排ガス処理設備としている。

詳細フローシートを図 2.2-5～図 2.2-12 に示す。

設備概要

受入供給設備：ピット&クレーン方式

焼却設備：全連続式ストーカ炉

熱回収設備：自然循環型廃熱ボイラ、空冷蒸気復水器

排ガス処理設備：減温塔、乾式有害ガス除去設備、バグフィルタ

給水設備：上水道使用

排水処理設備：有機系処理、無機系処理設備

熱利用設備：蒸気タービン、タービン発電機

灰処理設備：湿式主灰排出設備、飛灰重金属安定化設備

2) 物質収支

前述の設計条件、設備概要、設備フローに基づいて設計した物質収支を、図 2.2-13～図 2.2-14 に示す。

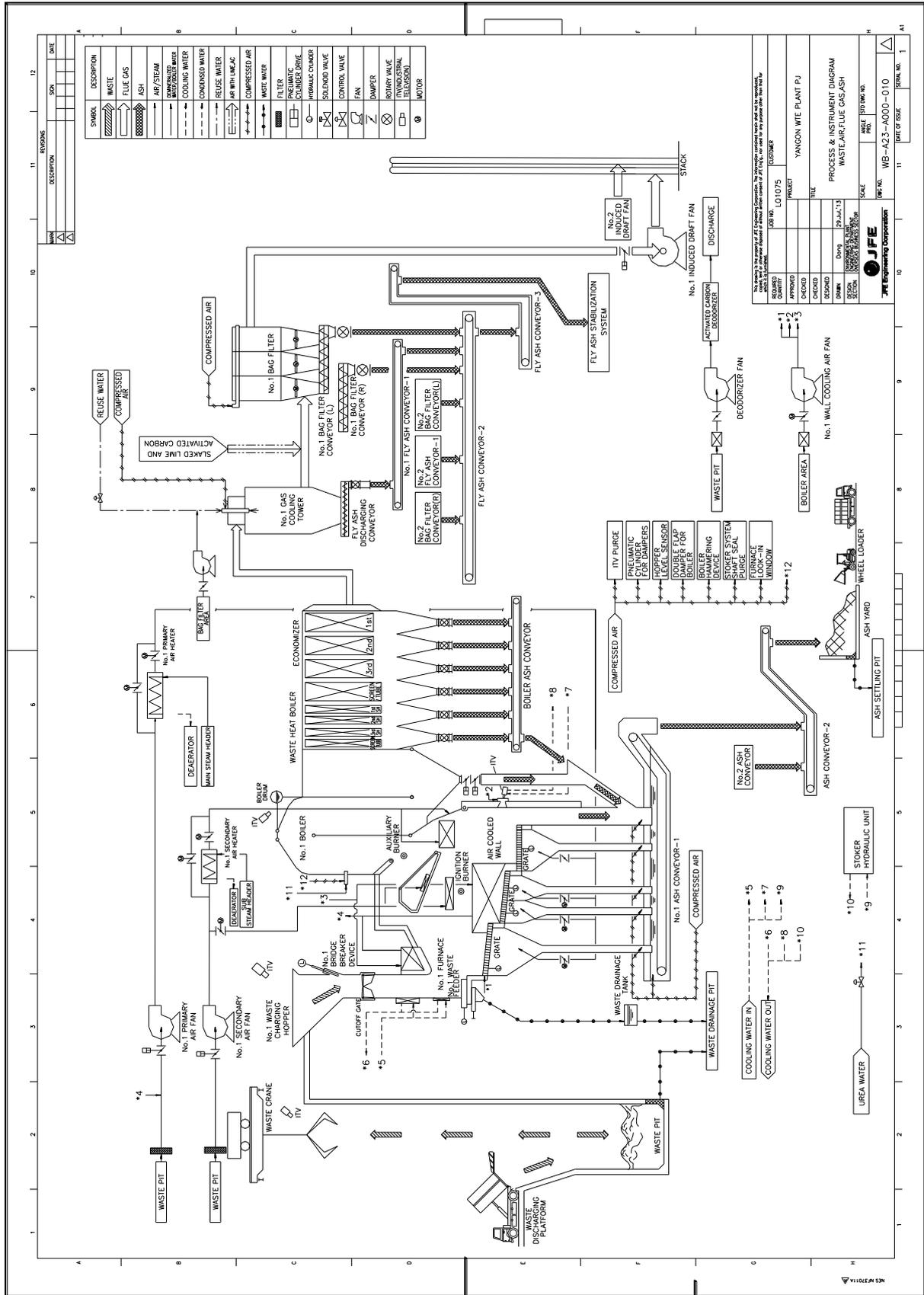


図 2.2-5 全体プロセスフローシート

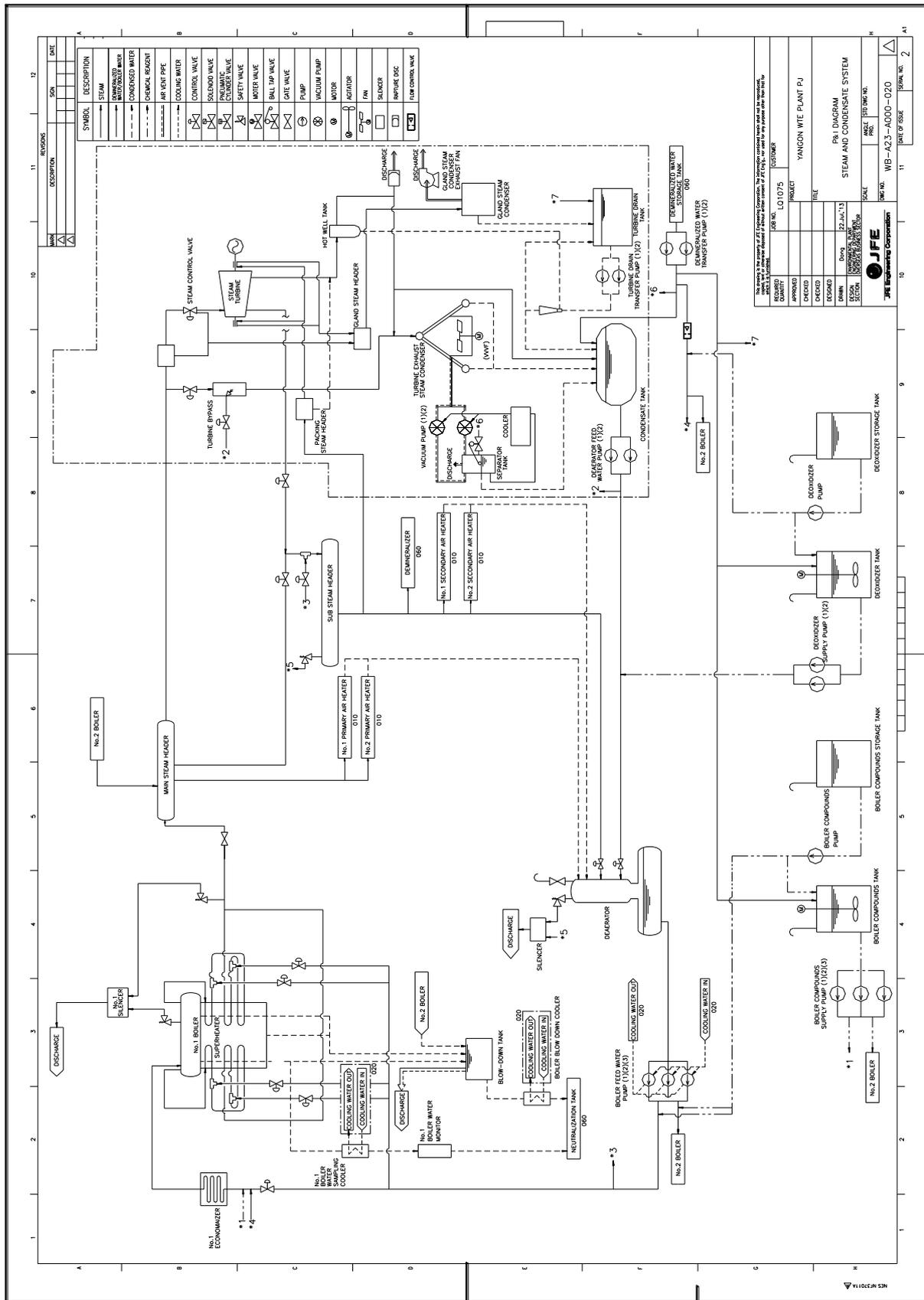


図 2.2-6 蒸気システムプロセスフローシート

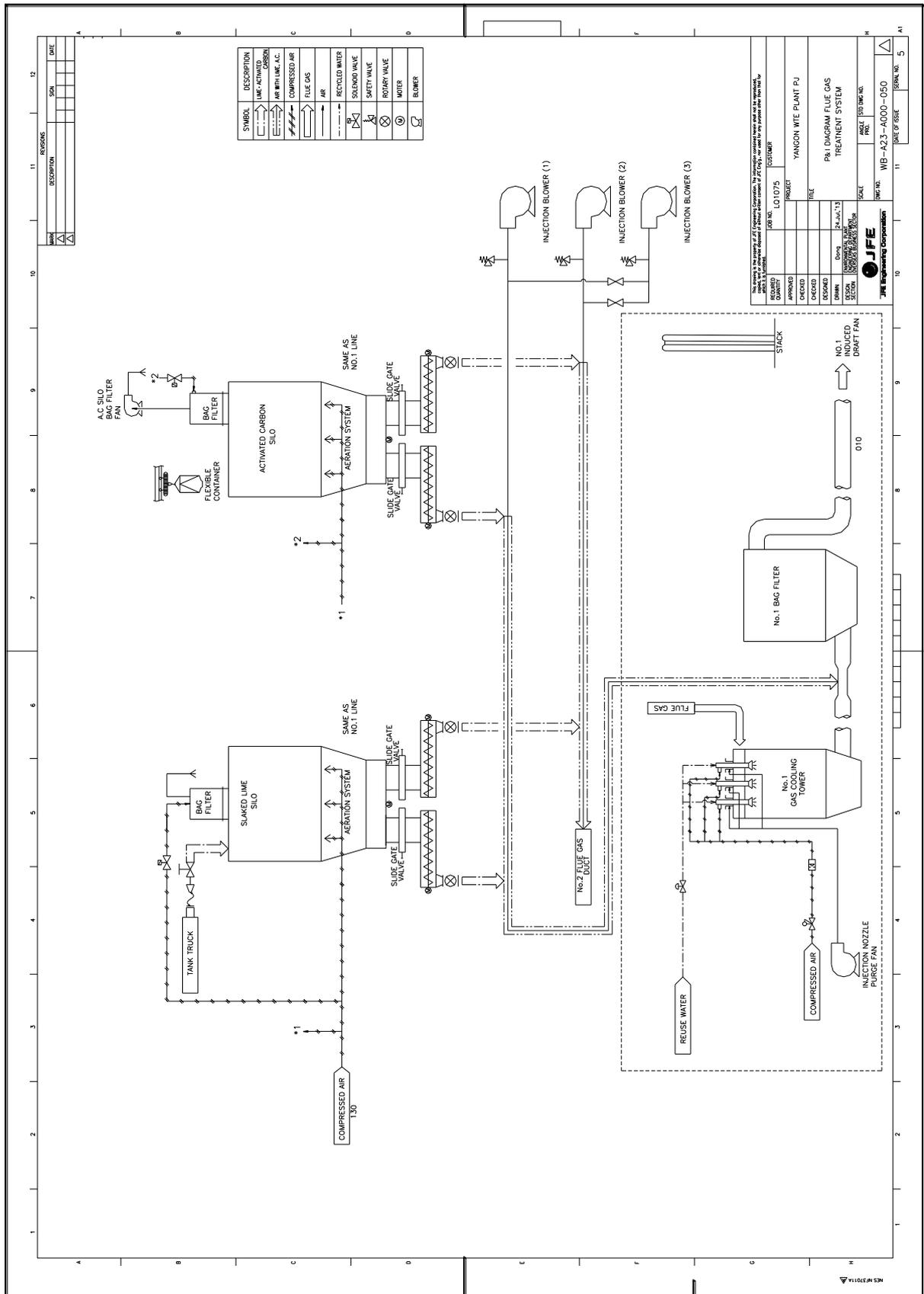


図 2.2-7 排ガス処理設備プロセスフローシート

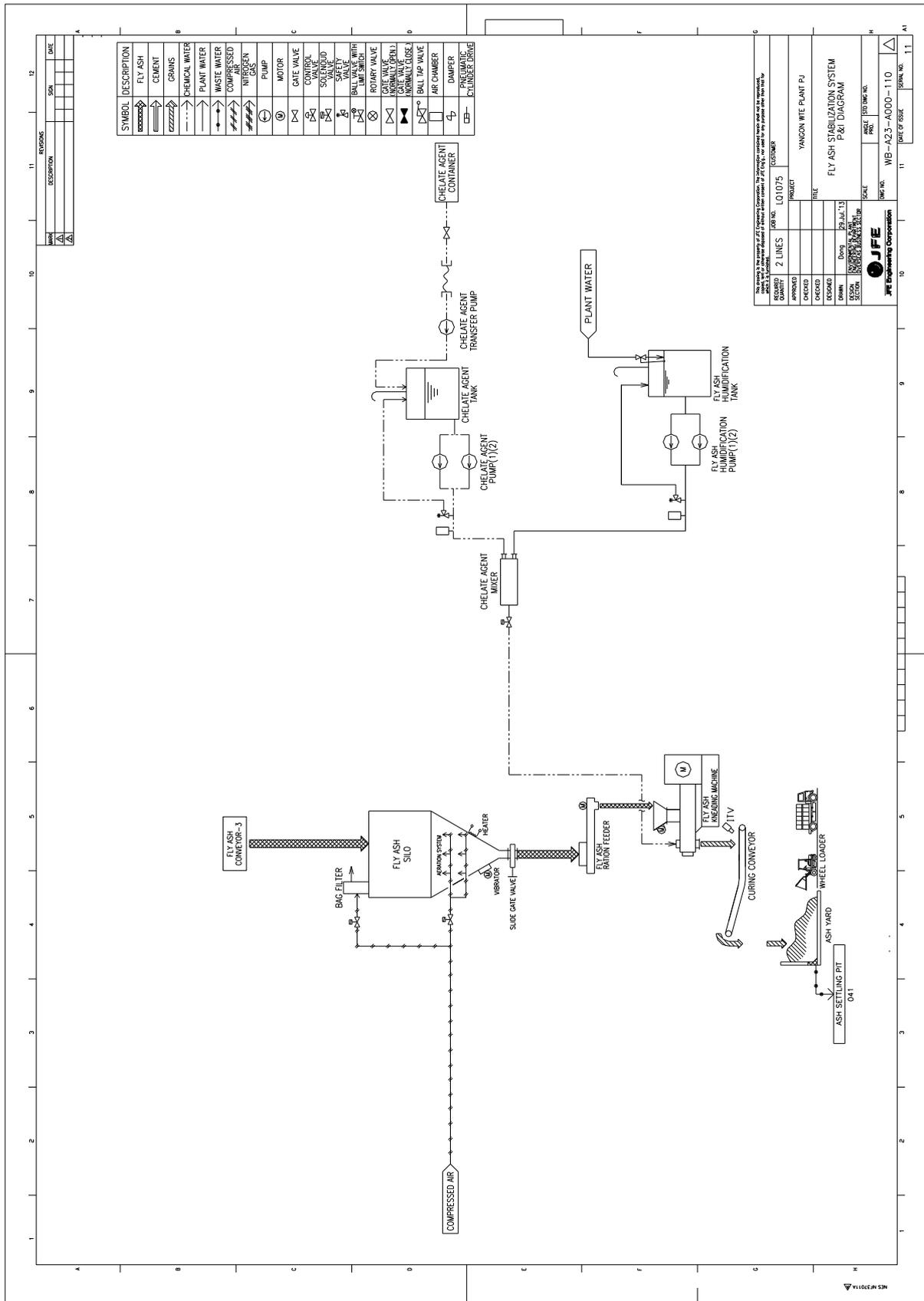


図 2.2-8 飛灰処理設備プロセスフローシート

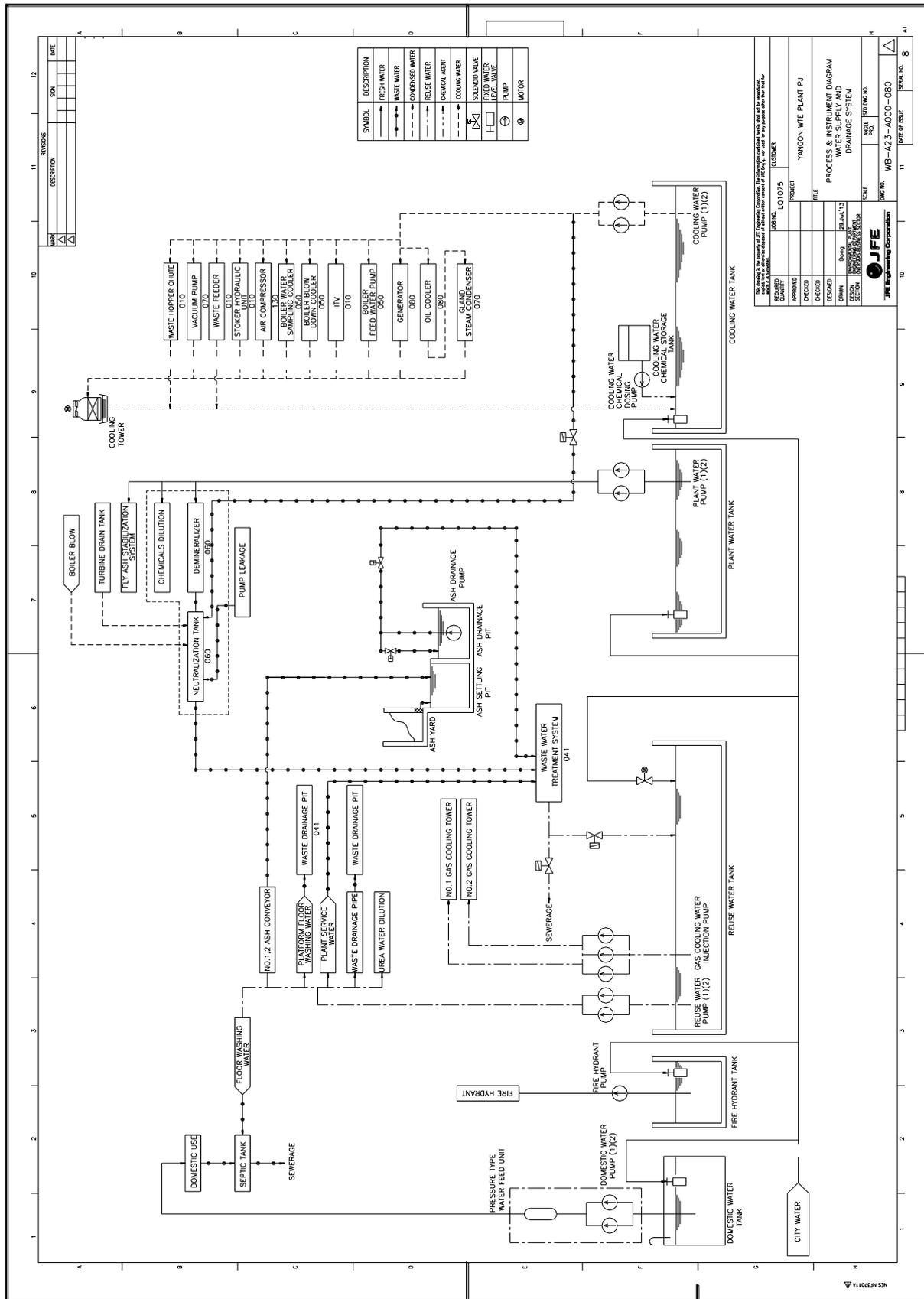


図 2.2-9 給水設備プロセスフローシート

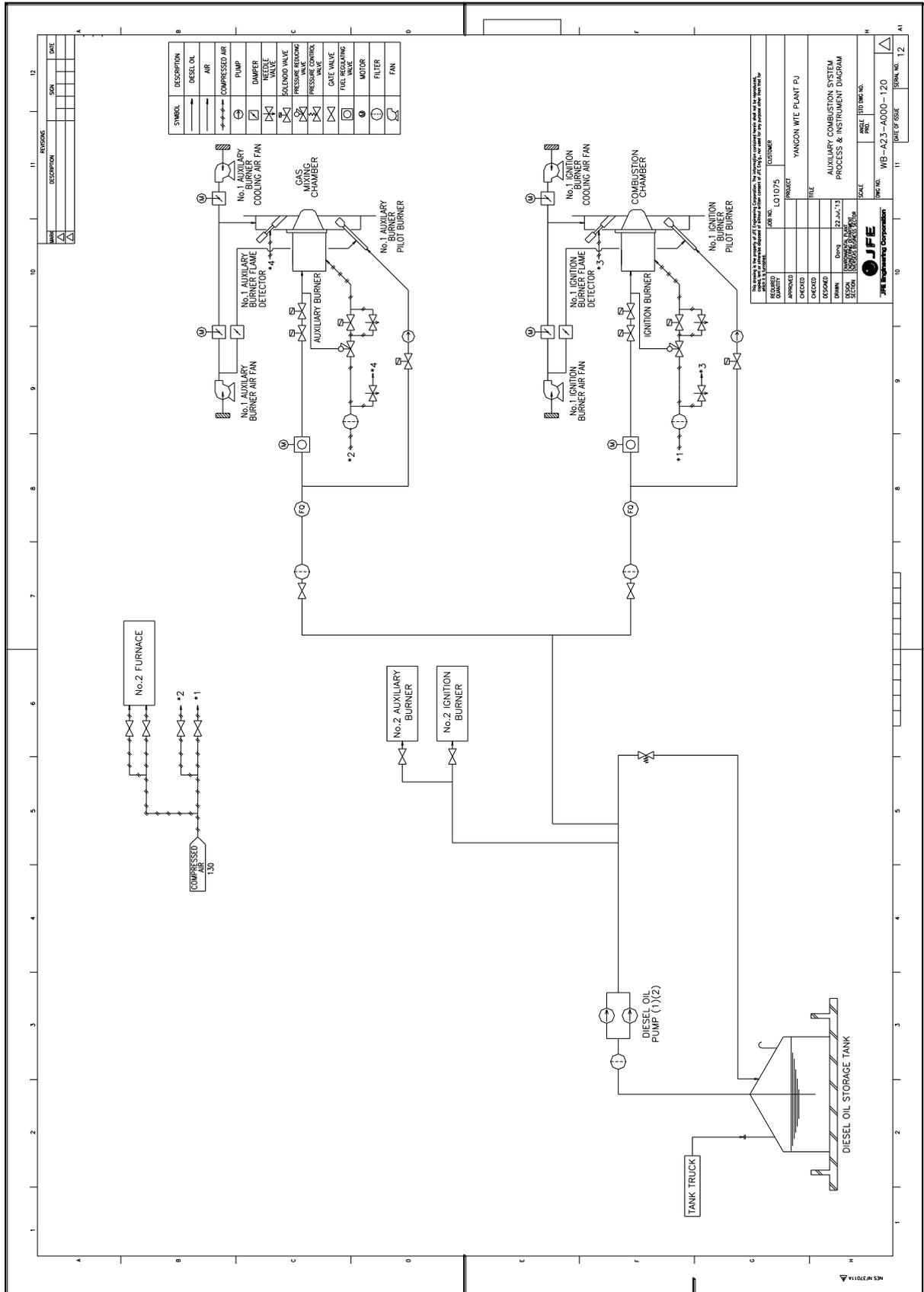


図 2.2-11 助燃設備プロセスフローシート

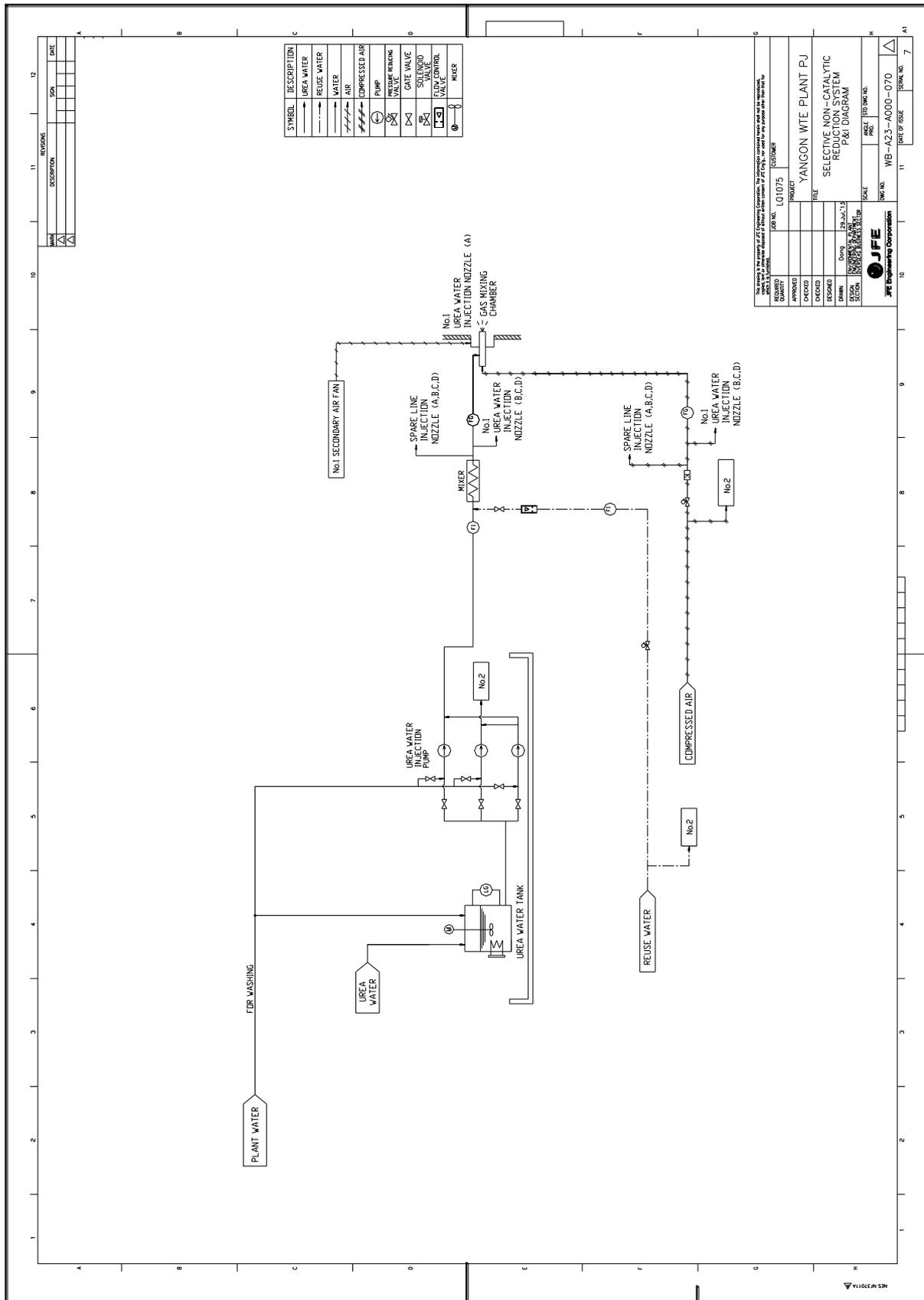
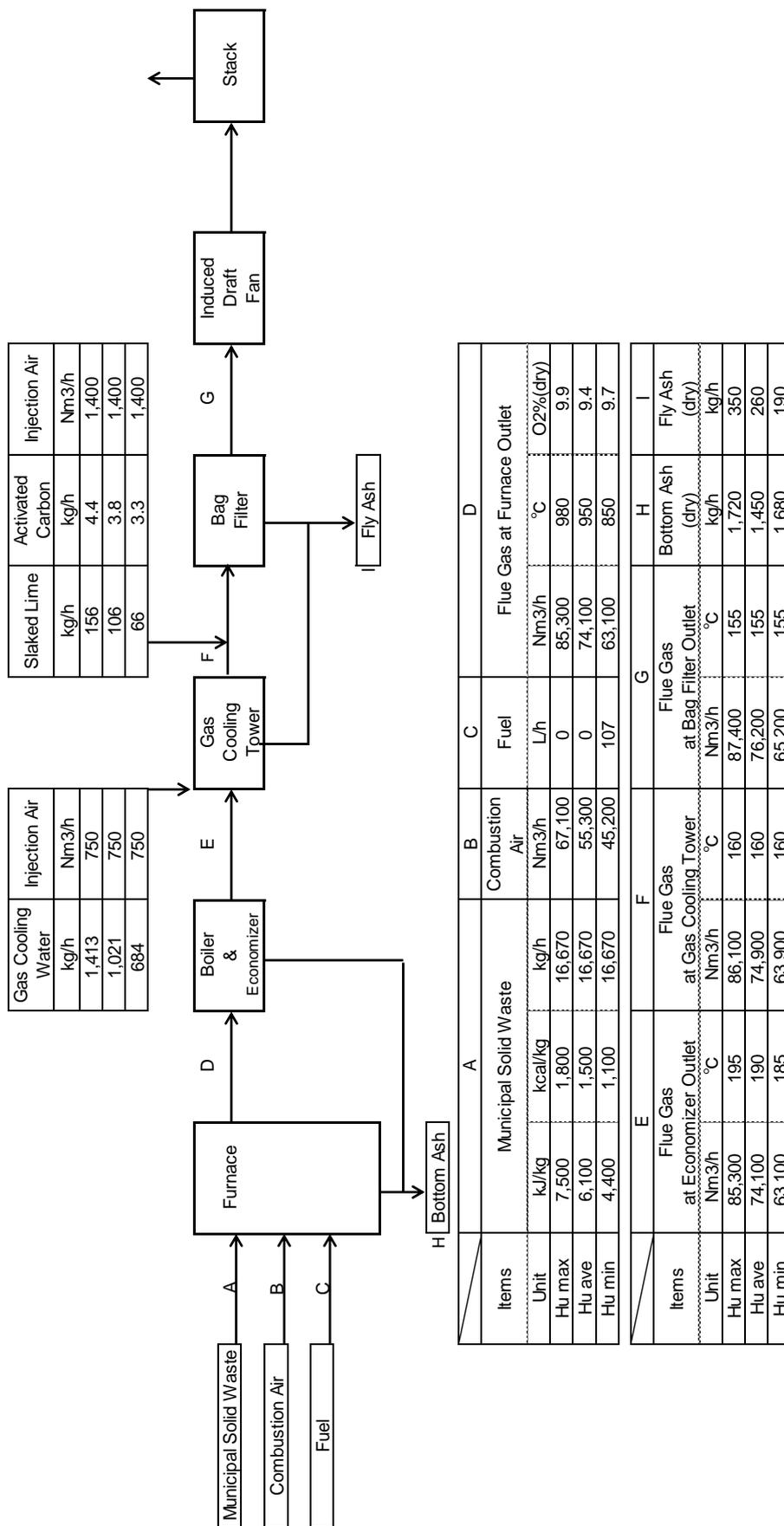


図 2.2-12 無触媒脱硝設備プロセスフローシート



A		B		C		D	
Municipal Solid Waste		Combustion Air		Fuel		Flue Gas at Furnace Outlet	
Unit	kJ/kg	Nm ³ /h	Nm ³ /h	L/h	Nm ³ /h	°C	O ₂ %(dry)
Hu max	7,500	16,670	67,100	0	85,300	980	9.9
Hu ave	6,100	16,670	55,300	0	74,100	950	9.4
Hu min	4,400	1,100	45,200	107	63,100	850	9.7

E		F		G		H		I	
Flue Gas at Economizer Outlet		Flue Gas at Gas Cooling Tower		Flue Gas at Bag Filter Outlet		Bottom Ash (dry)		Fly Ash (dry)	
Unit	Nm ³ /h	°C	Nm ³ /h	°C	Nm ³ /h	°C	kg/h	kg/h	kg/h
Hu max	85,300	195	86,100	160	87,400	155	1,720	350	260
Hu ave	74,100	190	74,900	160	76,200	155	1,450	260	190
Hu min	63,100	185	63,900	160	65,200	155	1,680	190	190

図 2.2-13 物質収支 (ごみ、空気、排ガス、灰)

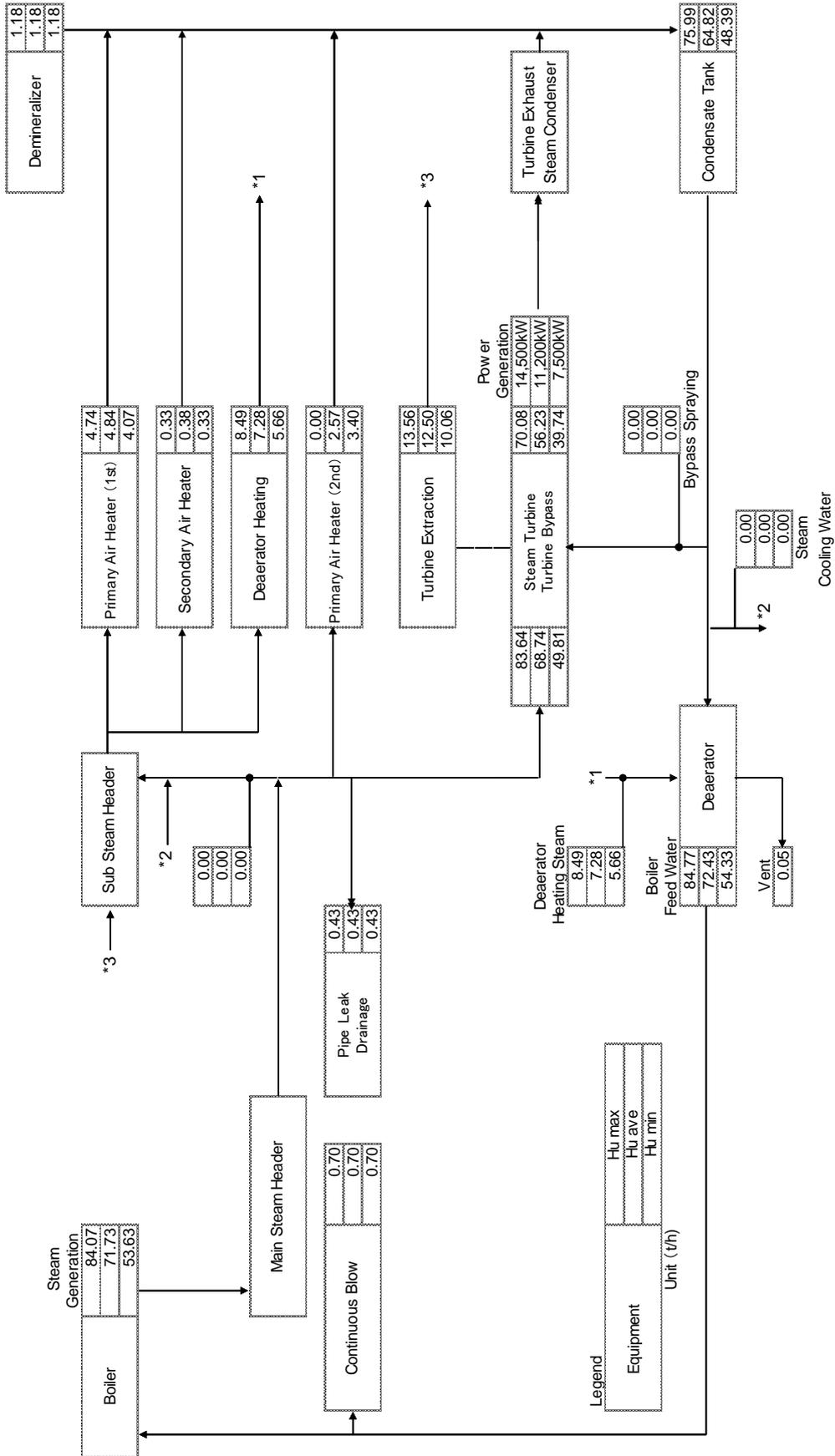


图 2.2-14 物质收支 (蒸汽、2 炉 800t/d 处理时)

3) 配置計画

本 FS では建設計画地までは想定されていない。配置計画に当っては、運営面での維持管理の容易性、車両動線の効率化を考慮した全体配置とすると共に、最小限の建屋とすることで、事業採算性を重視した計画としている。敷地配置図を図 2.2-15 に、各設備配置図を図 2.2-16～図 2.2-19 に示す。

配置概要

- ① ごみ受入れはランプウェイ方式とし、ごみピット掘削量を削減することで建設費低減を図る。
- ② ごみピットはごみ処理量の 3 日以上を貯留可能な容量とする。
- ③ 主灰、飛灰はヤード貯留、ローダ排出とし、クレーンなどの設備費低減を図る。
- ④ 周囲環境との隔離が必要なごみ受入エリア（プラットホームおよびごみピット）以外は建屋を設けない屋外方式とし建設費の低減を図る。

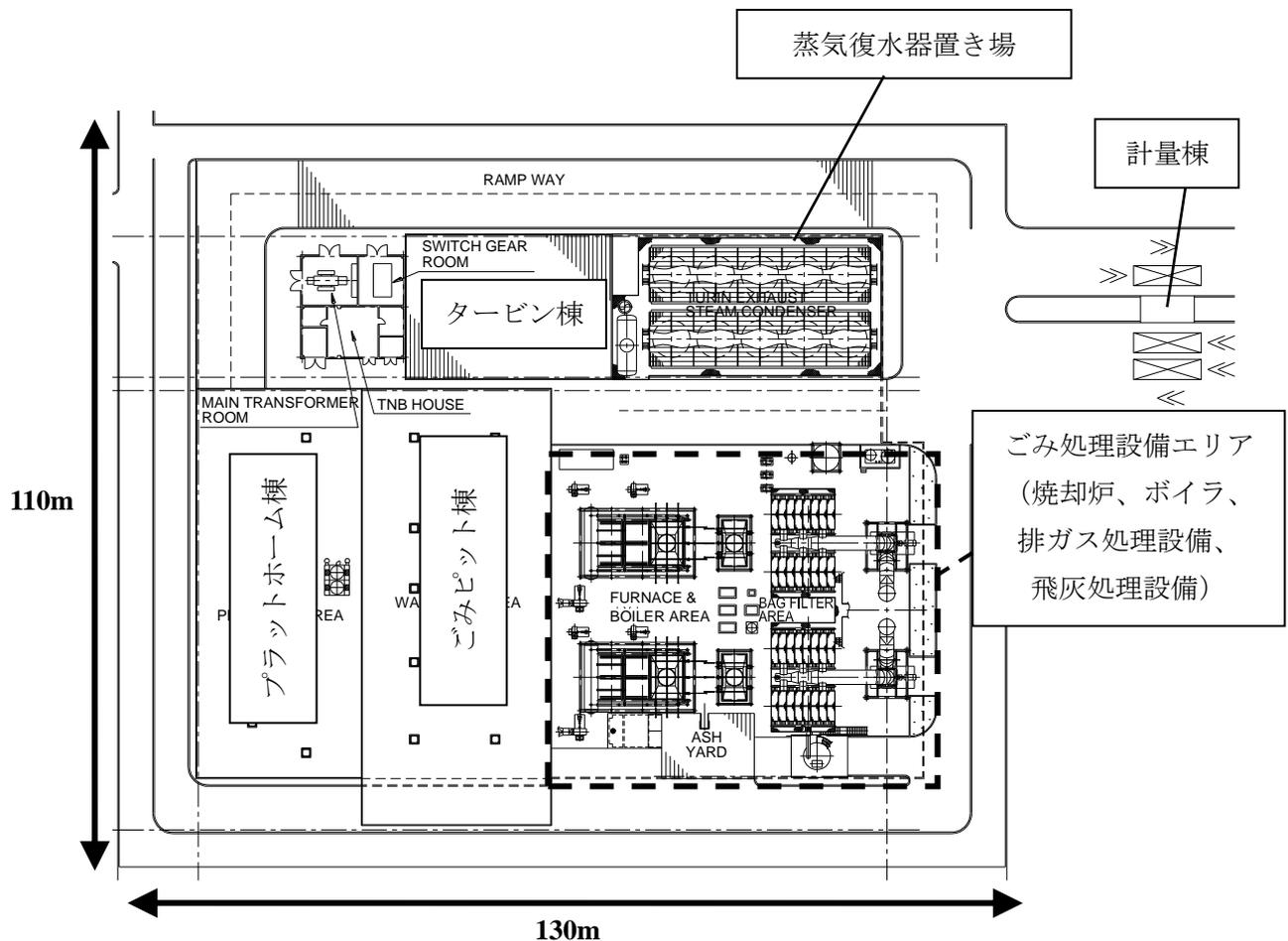


図 2.2-15 全体敷地計画図

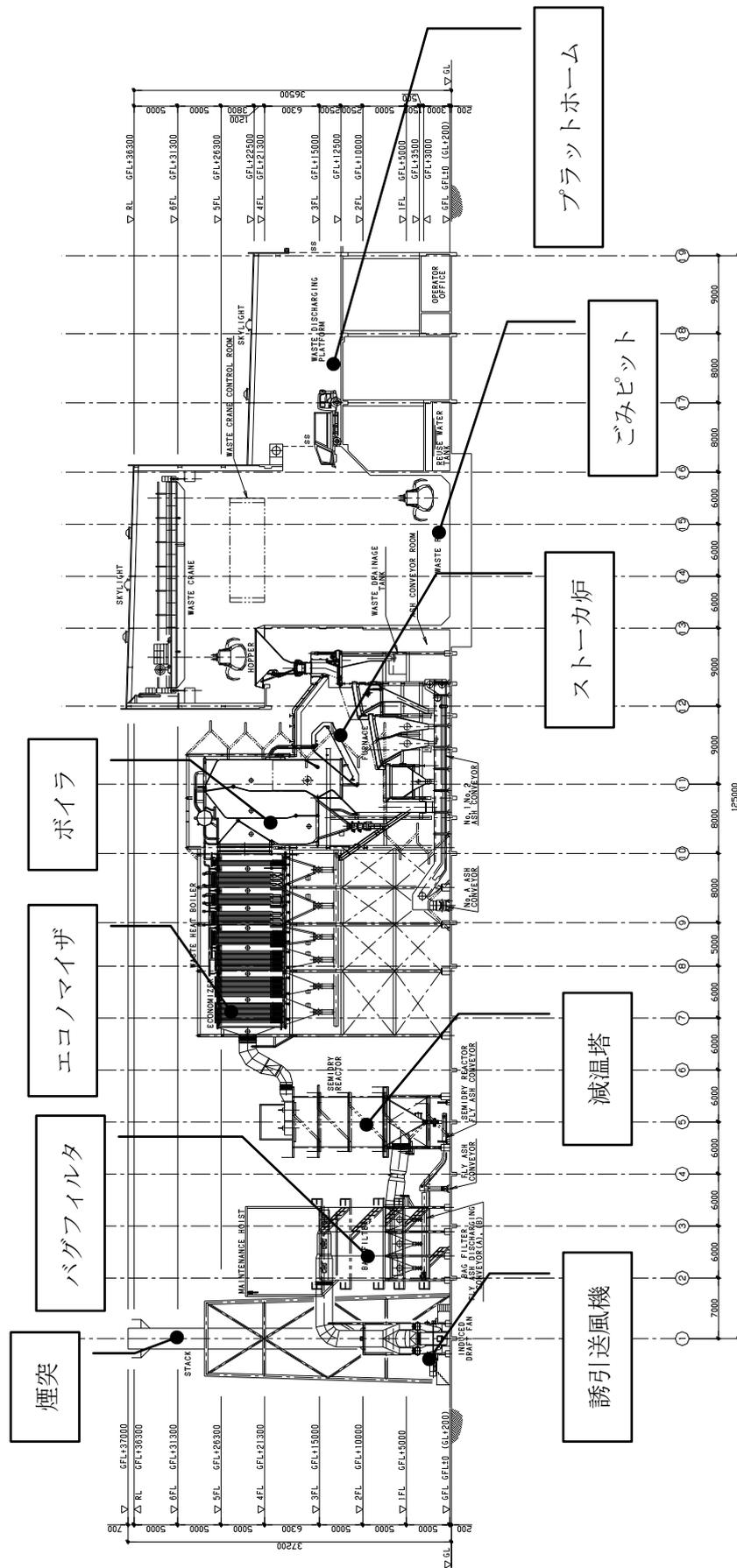


図 2.2-16 機器配置図 (縦断面図)

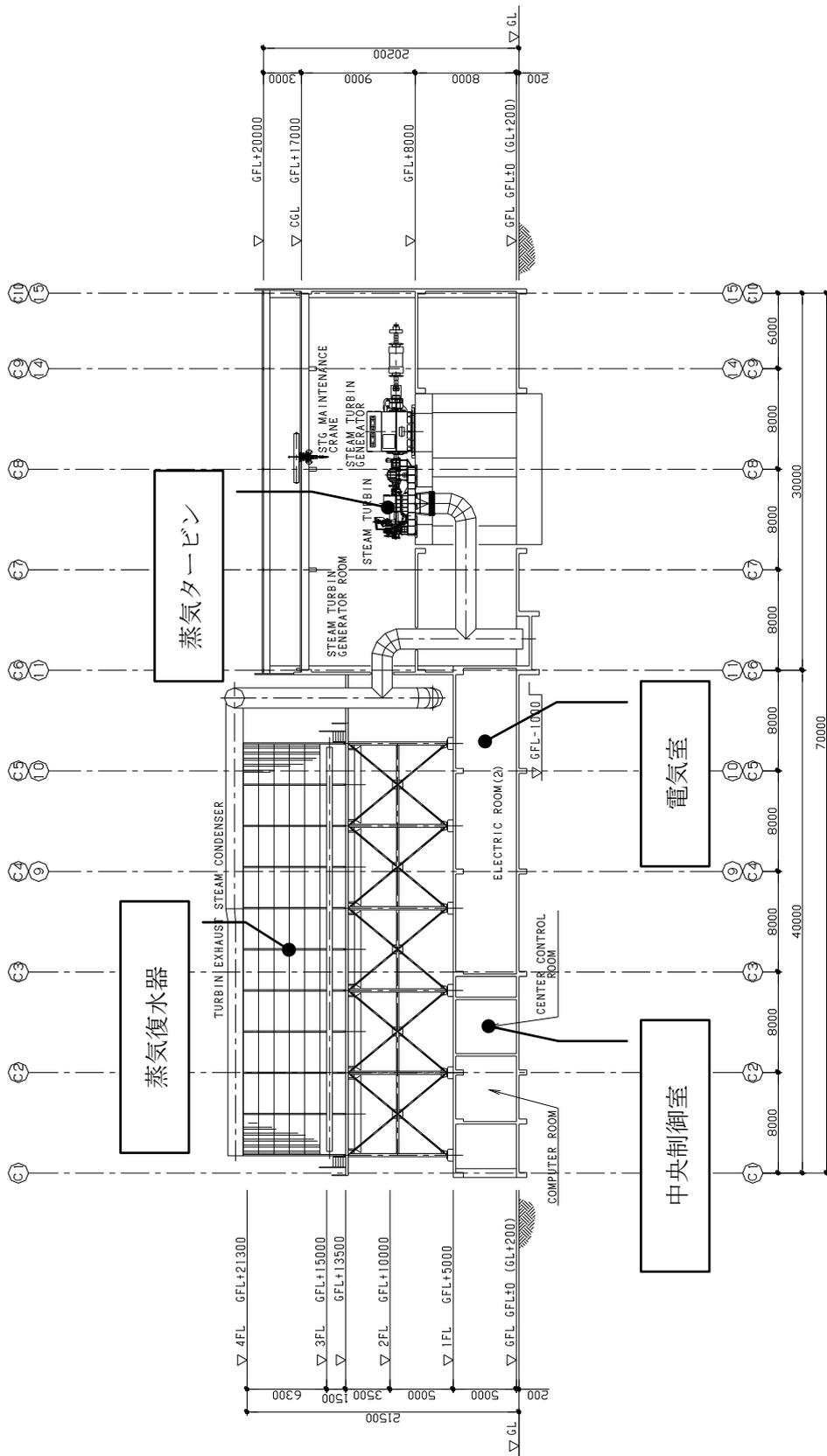


図 2.2-17 機器配置図 (タービン・コンデンサ縦断面図)

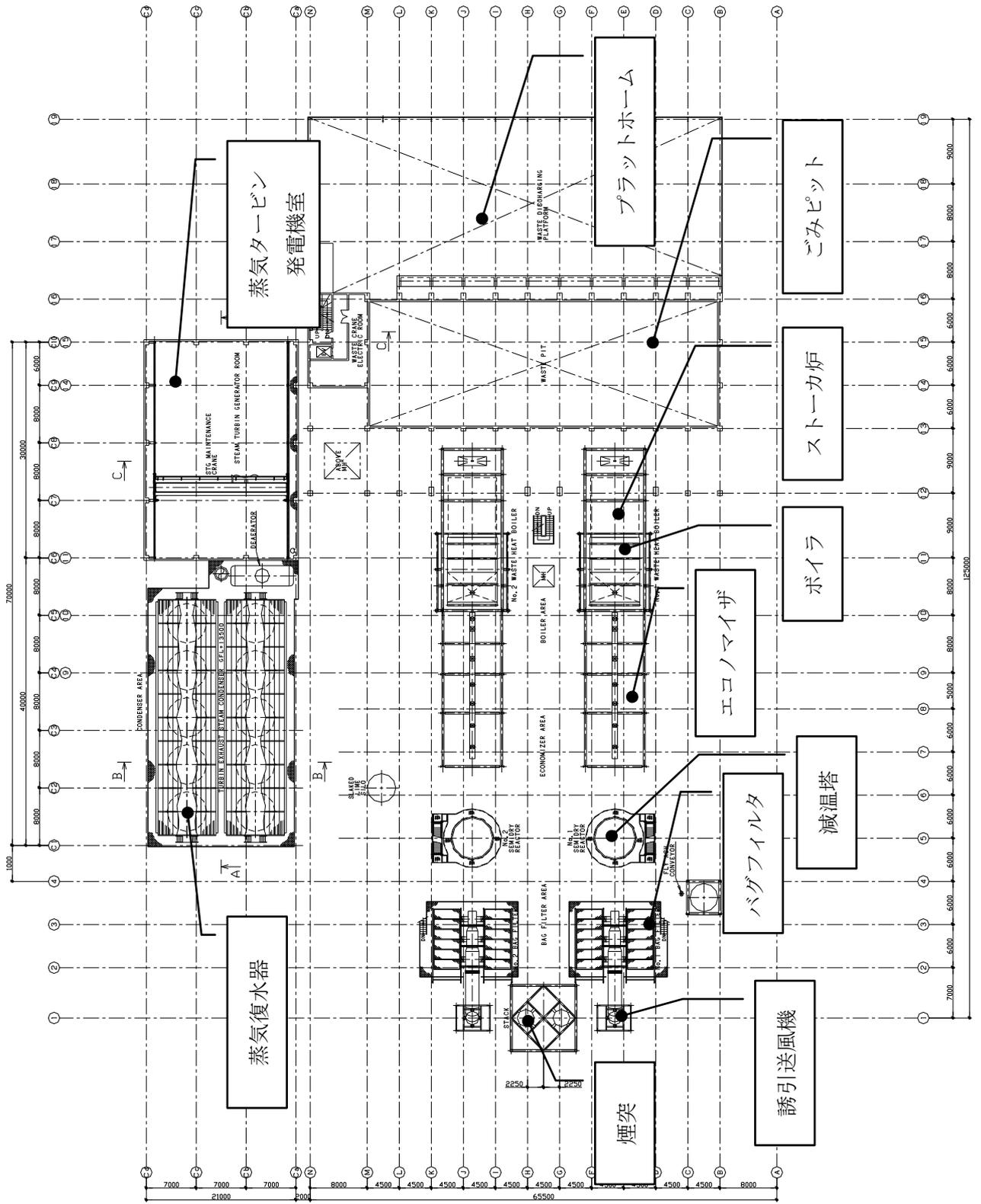


図 2.2-19 機器配置図 (平面図 3階)

4) 全体工事工程

工事計画および建設費算出のために想定した全体工事工程は下図の通りである。ただし、工事工程に影響を与える以下のような要因については考慮していない。

- ・当該国の施設建設に係る許認可に要する設計期間変動
- ・当該国での客先による図面および図書承諾に要する設計期間変動
- ・最新の法令、規格、基準の適用に関する設計期間変動
- ・地形および地盤情報による土工工事期間変動
- ・不可抗力的事由による遅延リスク

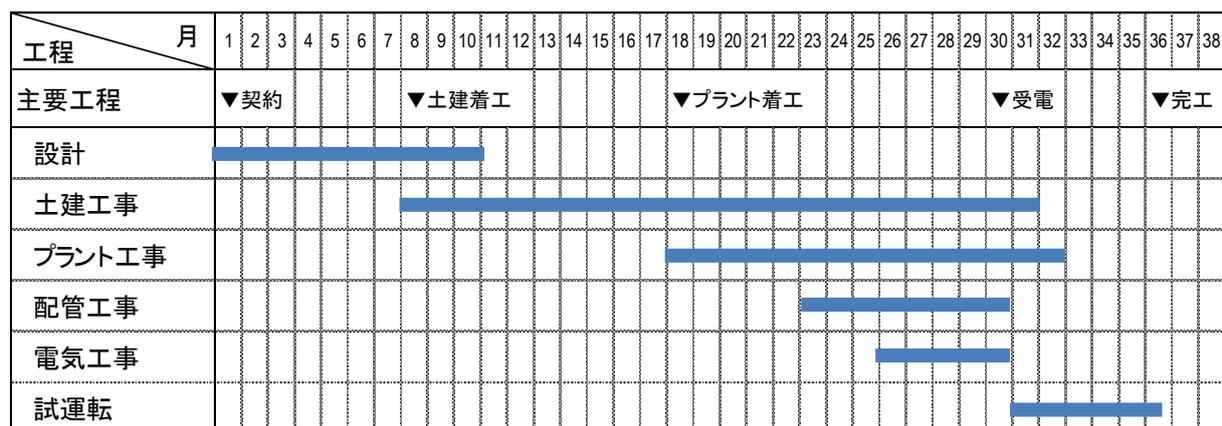


図 2.2-20 全体工事工程

5) 主要機器の働きと仕様

・受入供給設備

場内に搬入された廃棄物は計量機で計量後ごみピットに貯留される。一般ごみはコンポスト設備で選別され、残渣がごみピットに搬入される。ごみピットは搬入ごみを一旦貯留し、搬入ごみ量の変動、焼却量の変動に対応するための施設で、数日のごみ量の貯留スペースを確保している。ごみピットに貯留されたごみは、クレーンにて十分攪拌、均一化し、所定量をごみホッパに投入する。

計量器	方式	ロードセル式
	数量	3台(入口2台 出口1台)
ごみピット	構造	コンクリート構造
	容量	10,600 m ³
ごみクレーン	方式	天井クレーン半自動方式
	数量	2基
	切取容量	9.6m ³
	スパン	26m
	揚程	22.9m
	定格荷重	2.9t

・焼却炉設備

① ごみ投入ホッパ・シュート

ごみ投入ホッパは、投入されたごみがブリッジすることのない広いバケット受口を有する3面垂直形で、十分なシール高さを持つシュートとの組合せにより吹き抜け等の発生がなく、炉内へ円滑にごみを供給できる形式とする。

ごみ投入ホッパ	方式	鋼板溶接構造
	数量	2基
	付属品	ホッパゲート ブリッジ解除装置 超音波レベル計

② 給じん装置

ホッパから投入されたごみを炉内へ効率的かつ円滑に供給するために給じん装置を設ける。油圧駆動水平プッシャー式である。

給じん装置	方式	油圧プッシャー方式
	数量	2基
	能力	16.7t/h

③ 燃焼装置(燃焼ストーカ)

燃焼装置は可動火格子と固定火格子で構成される。火格子の形式はJFEハイパー火格子(水平往復上下動型)で、火格子内部に冷却フィンを持ち、燃焼空気による冷却効果が高い。火格子下部は乾燥、燃焼用空気を供給するため数区画に分けられ、空気供給量をそれぞれ個別に調節する。この風量の調節は自動燃焼制御または遠隔操作にて行われる。

燃焼装置	方式	油圧シリンダ駆動方式
	数量	2基
	能力	16.7t/h

④ 焼却炉本体

本計画の焼却炉は中間天井を有するJFE の二回流式ストーカ炉を採用する。二回流式ストーカ炉は幅広いごみ質に対応でき、産業廃棄物と都市ごみが混合した状態で焼却処理される場合に最適である。主燃焼室はボイラ水冷壁構造で、排ガス熱利用の最大化を図る。炉内側はすべて高耐熱度を有する耐火物で内張りされ、クレンカ付着が発生しやすい個所は、空冷壁構造とする。レンガ積構造の内側に冷却空気を流すことにより、炉壁の空冷化を行う。空冷壁から出た空気の一部は燃焼空気として利用する。中間天井の設置により、排ガスは主煙道と副煙道に分かれ、再び二次燃焼室で合流し、排ガスの乱流混合作用で完全燃焼を促進し、ダイオキシン類とNOx を抑制する。

焼却炉	方式	JFEハイパーストーカ炉(2回流炉)
	数量	2基
	能力	16.7t/h

助燃設備	方式	軽油バーナー
	数量	2基/炉
	能力	800L/h、1300L/h

・熱回収設備

ボイラはごみの燃焼排ガスを冷却するとともに、収熱した熱量を蒸気にかえて廃熱を有効に利用することを目的として設ける。形式は単胴自然循環式コーナチューブ形ボイラを使用し、燃焼排ガスは輻射伝熱部及び対流伝熱部を通過して行く過程で冷却される。

ボイラドラムには脱気器にて加熱、脱気された高温水が給水され、ボイラの缶水は自然循環により降水管を降下して、分配管に入り加熱管により加熱され比重差で上昇し、再びドラムに戻り気水が分離される。

ボイラドラム出口からの高圧の飽和蒸気は、過熱器で加熱され、蒸気だめを通して余熱利用される。

ボイラ壁面に付着するダスト等を振動により除去出来るハンマリング装置を設置する。通常は1日3～5回のサイクルで作動させ、ボイラ下部で捕集されたダストはダストコンベヤを経て主灰シュートに導かれる。

ボイラ	方式	自然循環型テールエンドボイラ
	数量	2基
	能力	42.0t/h
	蒸気条件	4.0MPa、400℃（運転時）
	排ガス条件	83,500Nm ³ /h（高質ごみ時） エコノマイザ出口 195℃（高質ごみ時）
	付属品	ハンマリング式灰除去装置 2式

脱気器	方式	加圧スプレー式
	数量	1基
	能力	92t/h
	使用圧力	0.17MPa
	給水温度	130℃

ボイラ給水ポンプ	方式	遠心多段タービン型
	数量	3基
	圧力	5.5MPa
	吐出量	52t/h

・排ガス処理設備

本設備はボイラ出口の排ガス温度を水噴霧にて降音する減音塔と、焼却炉から発生する燃焼排ガス中の飛灰及び噴霧薬剤の反応生成物を排ガス中から除去するバグフィルタとから成る。バグフィルタのダスト払い落とし方式はパルスジェットとし、ろ布に付着したダストは圧縮空気を噴射ノズルから一定時間ごとに噴射して払い落とす。払い落とされた集じん灰は下部のホップに落とされ、集じん器下コンベアにより排出される。

減温塔	方式	水噴霧式
	数量	2基
	滞留時間	5秒
	出口温度	160℃
バグフィルタ	方式	パルスジェットろ過式集じん器
	数量	2基
	ダスト量	入口4.2g/Nm ³ ／出口0.09g/Nm ³ （酸素濃度12%換算値）
	ろ過速度	0.8m/min
	ろ布	ガラス繊維二重織
有害ガス除去装置		
消石灰供給装置	方式	自動切出し量調節式
	数量	1基
	貯留容量	80m ³
	供給能力	385kg/h/炉
活性炭供給装置	方式	自動切出し量調節式
	数量	1基
	貯留容量	10m ³
	供給能力	8.8kg/h/炉
供給ブロワ	方式	ルーツブロワ
	数量	3基
無触媒脱硝システム	方式	尿素噴霧式
	数量	1式

・余熱利用設備

ごみ焼却時に発生する熱は蒸気として回収し、復水タービンと発電機で発電する。蒸気タービンは、ご

み焼却プラントにおける変動する蒸気条件の特異性に十分留意し、最新の技術による、効率よく、安全性の高いものとする。

タービン抽気を利用し、脱気器・空気予熱器などに利用することで、プラント全体の熱効率を向上させる。

蒸気復水器は多量の冷却水確保のための立地条件という制約が無い空冷式を採用する。

発電設備

蒸気タービン	方式	抽気復水タービン
	数量	1基
	定格出力	14,500kW
	主蒸気圧力	3.8MPa
	主蒸気温度	395℃
	抽気圧力	1.2MPa
	抽気温度	192℃

潤滑油装置

主油ポンプ	方式	強制循環式
	数量	1基
補助油ポンプ	方式	電動自動起動式
	数量	1基
非常用油ポンプ	方式	直流モータ式
	数量	1基

タービンバイパス	方式	減圧および注水減温型
	数量	1基
	蒸気量	70.4t/h
	圧力	3.8MPa
	温度	395℃

低圧蒸気復水器	方式	強制空冷フィンチューブ式
	数量	1基
	蒸気量	最高85t/h／常用71t/h
	蒸気圧力	最高60.8kPa／常用22.5kPa
	復水温度	最高80.9℃／常用62.7℃

・灰出し設備

焼却炉内で完全燃料された灰およびボイラで補修された灰は、主灰シュートより水封の灰コンベヤに

投入されて消火加湿された後、灰ヤードに搬送する。

減温塔、バグフィルタにて捕集された飛灰は、飛灰サイロにて一時貯留後、コンベヤにて混練機に供給し、重金属安定化剤と水を入れて薬剤処理を行う。加湿・安定化された飛灰はコンベヤにて飛灰ヤードに搬送する。

主灰・飛灰は本事業にて合わせて整備を行う最終処分場にて埋立処理される。

No1灰コンベヤ	方式	水封スクレーパ式
	数量	2基
	能力	6t/h
No2灰コンベヤ	方式	スクレーパ式
	数量	1基
	能力	12t/h
主灰ヤード	構造	コンクリート構造
	容量	351m ³ (3日分以上)
飛灰コンベヤ	方式	スクレーパ式
	数量	6基
	能力	0.5～2.1t/h
飛灰安定化装置	方式	二軸スクリーウ混練式
	数量	1式
	能力	1.4t/h
	付属	重金属安定化剤供給装置 養生コンベヤ
飛灰ヤード	構造	コンクリート構造
	容量	324 m ³ (3日分以上)

・通風設備

① 燃焼用空気

燃焼用空気はごみピット内の臭気対策を考慮し、ごみピット内から吸引する。この空気取入口のフィルタは点検・清掃が容易に行える位置に設け、取外しが簡単にできる構造とする。

フィルタを通過した空気は風道内を経て、押込送風機にて蒸気式空気予熱器に送られてここで所定の温度まで加熱する。

その後、燃焼用空気として焼却炉の各ストーカ下ホッパ内に圧送され、各火格子下への空気量はダンパにて調節される。

炉内のごみの燃焼を安定的に継続させるためには、ごみ質の変動に応じて燃焼空気温度を調節する必要がある。このため空気予熱器への蒸気流量を自動調節することで適切な燃焼用空気温度に設定し、ごみの燃焼を促進させる。

② 二次空気

ごみの低位発熱量が高くなると、炉内温度が上昇して、適正な温度を保てなくなる。そのため炉内温度を低下させ、炉内を適正な温度まで冷却する目的で、炉の両側面より冷却空気を吹き込む。この冷却用空気は、炉室内空気を二次送風機で吸引し、送気する。

自動燃焼制御装置によりダンパ開度を自動調節し、炉内への冷却空気風量をコントロールする。

また、炉壁冷却用空気も二次送風機より、焼却炉空冷壁及び投入ホッパ下キャスト受金物（ノーズ部）や火格子のシール金物の冷却用として送気する。冷却後の空気は押込送風機により送気され、燃焼用空気として活用することで熱損失の防止を図る。

燃焼用空気送風機	方式	ターボファン
	数量	1基/炉
	能力	54,400 Nm ³ /h

二次空気送風機	方式	ターボファン
	数量	1基/炉
	能力	37,500 Nm ³ /h

燃焼用空気加熱機	方式	フィンチューブ
	数量	1基/炉
	能力	12,500 MJ/h

二次空気加熱機	方式	フィンチューブ
	数量	1基/炉
	能力	540 MJ/h

・給排水設備

① プラント用水

プラント用水には、上水、プラント排水処理再利用水を使用する。上水はプラント用水受水槽に受入れる。上水はプラント陽水ポンプで集じん灰処理装置、薬品希釈水、建築設備、純水装置、消火栓設備、機器冷却水に供給される。機器冷却水は、機器冷却水槽に一時貯留した後、冷却水揚水ポンプにより各冷却系統にて機器を冷却後、冷却水冷却塔へ送られ、十分冷却された後に機器冷却水槽に戻される。

プラント排水処理再利用水は、純水廃液やボイラブロー水等を排水処理装置で再使用可能な水質まで処理した後、再利用水受水槽に集められる。再利用水は再利用水揚水ポンプで散水用水、プラントホーム洗浄水、場内床洗浄水、灰搬出車両タイヤ洗浄装置等に供給される。プラント排水処理再利用水の利用により、上水の使用量を削減させる。

② ごみ汚水

ごみピットにて発生したごみ汚水は、ごみピット壁下部に設けられたごみピット汚水槽に貯留される。貯留された汚水は、水中ポンプにて、配管途中に設けられたごみ汚水ろ過器にてろ過処理され、ろ液貯留槽へ揚水される。

ろ過器にてろ過除去されたろ過物はごみピットへ排出される。

ろ液貯留槽に貯留されたごみ汚水は、ろ液噴霧ポンプにて炉内へ噴霧する。ろ液噴霧器は圧縮空気を霧化流体として使用する二流体ノズルを用い、ごみ燃焼の排ガスによって高温蒸発酸化処理する。

③ プラント排水

純水装置排水、ボイラブロー水、ポンプリーク水、プラント雑用排水、場内床洗浄水などのプラント排水は、スクリーンろ過、沈殿槽、油水分離、砂ろ過の処理を経て再利用水として一部場内利用する。

(4) プラント価格調査

1) 資機材費調査

調査の結果、「ミ」国内での主要資機材の調達は困難であることが判明したため、日本および第三国調達を行う計画にて価格調査を実施した。価格低減を重視し、最大限中国・韓国・東南アジアなどの第三国からの調達することとしたが、火格子・バーナ・油圧装置・電気計装機器などの主要設備や、その他第三国で品質の確保が確認できなかった機器については日本からの調達で価格調査を実施した。

輸送費については施設建設場所をヤンゴン市郊外に想定し、各資機材の想定原産国からの輸送費用も調査した。

2) 工事費調査

建設コストの縮減には現地調達を増やすことが有効と考えられる一方、長期の運転期間に耐えうるプラントの品質を確保するため、「ミ」国のエンジニアリング会社のヒアリング・実績工場視察により各社の評価を行った。

調査日時:2013年9月5日～9日

評価対象:現地で有力なエンジニアリング・建設事業者であり、セメント工場や日系工場の建設実績のある3社を対象とした。

評価内容:実績工場の現地調査及びヒアリング等より機器購入、加工外注、土建工事、電気工事、配管工事、保温工事、据え付け工事の実施可能性を評価。

(ア)A社

- ・自社で機械・電気・配管工事が可能で、セメント工場の工事实績あり。土木工事は関連会社に外注
- ・加工、工事のための詳細設計は実績がなく、メインコントラクターによる詳細設計が必要となる
- ・機械品、電気品の購入実績はなし

(イ)B 社

- ・自社で機械・電気・配管・土木建築工事が可能
- ・加工工場は保有していない
- ・政府系天然ガス発電所の建設の実績が2件あり
- ・ホテル、病院などの設備工事の実績が多く、日系企業からの工事請負の実績あり
- ・電気工事が得意な会社であり、工事図面の作成から実施可能

(ウ)C 社

- ・自社加工工場を保有しているが、実績が乏しい。
- ・自社で機械・電気・配管・土木建築工事が可能
- ・セメント工場やガラス工場の実績が多数で、大規模ボイラ据付実績もあり
- ・機械品、電気品の購入実績はなし

今回の現地調査にて、C 社施工のセメント工場の視察評価を実施

竣工:2002 年

プラント規模:500t/d セメント工場

工期:2001 年から2 年間の現地工事

スコープ:C社のスコープは建設工事であり、エンジニアリング+調達+SVは中国メーカ、購入品はすべて中国メーカから支給された。

C社実績工場現場調査および見積内容より、WTEプラントの土工工事・機械据付工事はC社にて実施可能と判断するが、WTEプラントの経験はないため、日本でWTEプラント建設に慣れた業者が日本人および第3国スタッフを使用し、指導することを前提に工事費の見積を行った。

3) プラント価格まとめ

「ミ」国で実施したベンダー調査などをもとに、WTEプラント建設に係るイニシャルコストを算出した。

表 2.2-5 WTEプラント建設に係るイニシャルコスト

項目	金額(百万円)
土建・機電工事費	3,940
機器材料費	3,730
設計・管理費	3,270
一般管理費	1,360
合計	12,300

2.2.3 プラント運営コストの調査

(1) 運転計画

プラントの長期稼働を実現するために必要なメンテナンス期間の確保を考慮し、下記表の通りの運転

計画を設定した。なお、ごみピットが大幅に大きくなり経済性が悪化するのを防ぐため、各炉のメンテナンス中等、搬入量が処理可能量を上回る分は、ヤンゴン市内の他の埋立処理上にてごみを受け入れが可能であるという前提とする。

図 2.2-21 に運転計画を示す。

各炉は年間 300 日稼動とし、2 回の停止期間を設け、必要なメンテナンスを実施する。年 1 回 7 日間の全炉停止期間を設け、共通設備のメンテナンスを実施する。

これより設備の年間稼動日数は 358 日で、ごみ処理量は 292,000 トン/年となる。

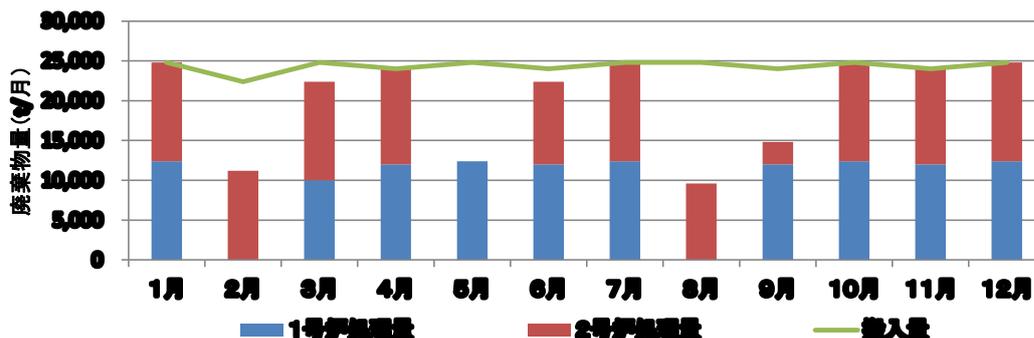


図 2.2-21 運転計画

(2) 適用法規

本プラントの運営・管理にあたり、以下のような関連諸法規の遵守が必要である。ただし、「ミ」国に該当する法規が存在しない場合は、必要に応じて日本等の他国の法規を参考にする。

- ・ 廃棄物処理に係る法令・条例
- ・ 労働条件、労働環境に係る法令・条例
- ・ 環境法他、大気・騒音・振動・水質汚濁等の環境保全に係る法令・条例

(3) 運転費調査

1) 人件費

長期の事業運営にあたり、構成員との間で責任体制を確立した組織を構築し安定した運営を行う。焼却発電プラントはボイラ、タービンを保有し、特殊な技能も要するため、適切な技術を有する人材の配置が必要である。プラントの運営は現地雇用の職員が実施するが、運営開始前に十分な知識があることを前提とする。必要に応じて、他国での実地研修や、運営後の教育を実施する。

本プラントは 24 時間連続運転であり、運転班は 1 日 24 時間勤務の 3 班体制とする。上記条件に基づく焼却発電プラントの運営に係る人員を表 2.2-6 に、体制を図 2.2-22 に示す。

表 2.2-6 運営人員体制

役 職	人数	作業内容
施設管理者	1名	施設全体の管理業務 安全管理
運転管理者	1名	プラント運転管理業務
ボイラー・タービン主任技術者	1名	発電設備保安監督 技術責任者
電気主任技術者	1名	電気保安技術責任者
経理主任	1名	施設経理業務
プラント運転員	5名×4班	プラント運転業務
クレーン運転員	2名×4班	ごみクレーン運転業務
メンテナンス担当	6名	プラントメンテナンス業務
灰搬送車両運転者	2名	焼却灰搬送
計量およびプラットフォーム監視者	3名	ごみ計量業務、プラットフォーム監視業務
一般事務員	2名	一般事務業務
合 計	46名	-

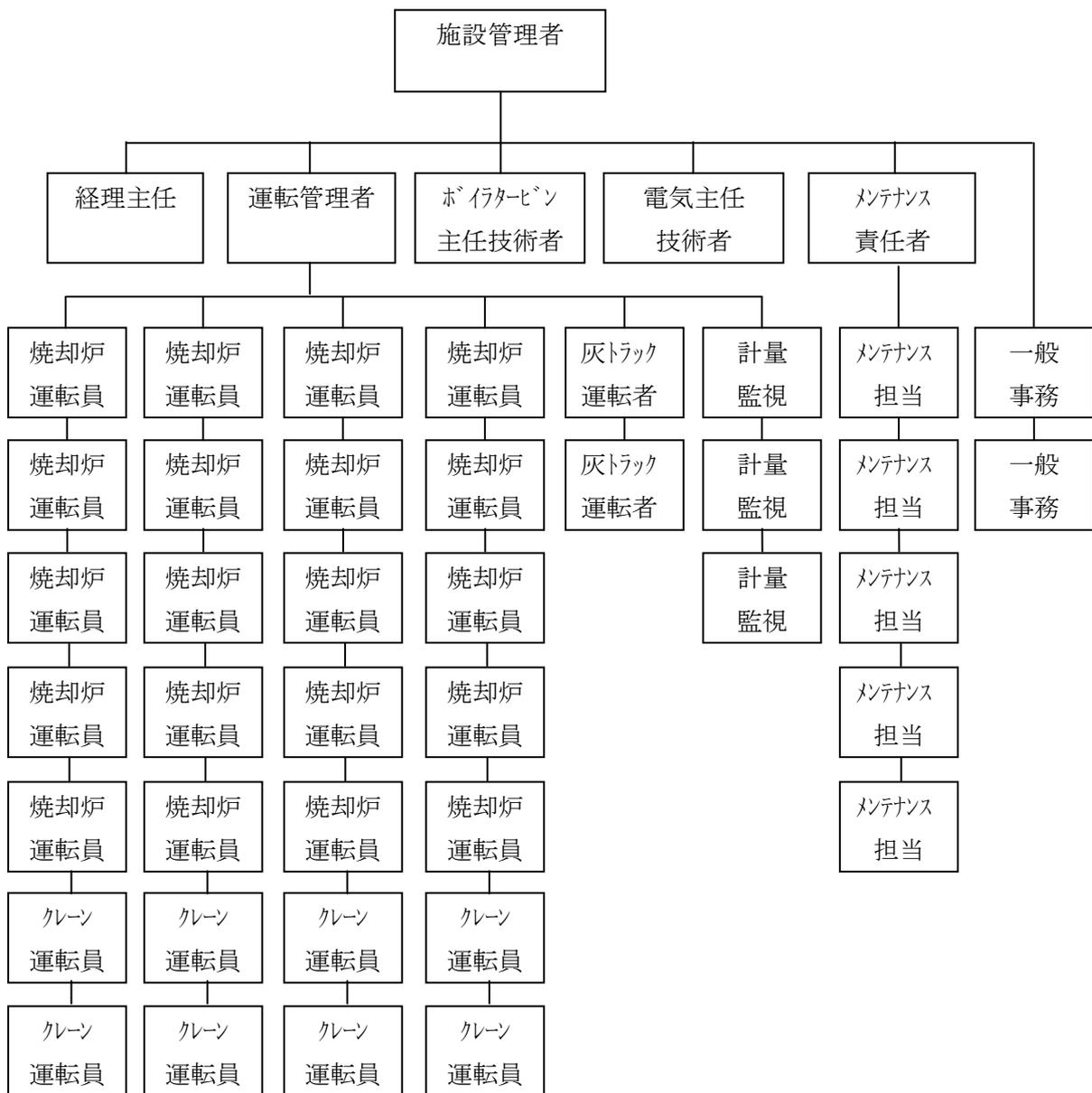


図 2.2-22 運営体制

2) 用役

焼却発電プラント運営において必要な用役の数量を、運転計画を元に算出した。各用役の使用量は基準ごみ時のものとし、基本的には「ミ」国内での調達となるが、一部特殊品については中国など第3国からの輸入を考慮する。

表 2.2-7 用役一覧

項目	
水道	上水
	下水
燃料	軽油
ボイラ用薬剤	清缶剤
	脱酸剤
純水装置	塩酸
	苛性ソーダ
	亜硫酸ソーダ
	陽イオン交換樹脂
	陰イオン交換樹脂
排ガス処理	活性炭
	消石灰
排水処理	塩酸
	苛性ソーダ
	凝集剤
	凝集助剤
飛灰処理	重金属安定剤
油脂類	油圧作動油
	潤滑油
	グリース
	タービン油

3) 維持管理

本事業は 25 年間の長期間の事業であり、ライフサイクルコストの低減のために、適切な設備メンテナンスが必須となる。

予防保全的な観点から、年次定期点検および計画的な部品交換、機器の更新を前提とする。主要機器の耐用年数を表 2.2-8 に示す。25 年間の継続事業と支出の平均化を考慮したメンテナンス計画を策定した。

表 2.2-8 主要機器の耐用年数

設備・機器名	耐用年数 (年)	備考
槽類	20	
送風機・ブロワ	20	
スクレーパコンベヤ	12	適宜摩耗部品交換
スクリュコンベヤ	15	適宜摩耗部補修
焼却炉	30	摩耗部品（火格子など）の一部交換および耐火物補修を年次ごとに実施
ボイラ	25	適宜キャスト等の補修を実施
ボイラ過熱器	25	
バグフィルタ	20	ろ布は適宜交換
蒸気タービン発電設備	20	
ごみクレーン	15	ワイヤロープ、バケット爪
ごみバケット	10	
受変電設備	20	
動力制御設備	20	

メンテ費用
(千円/年)

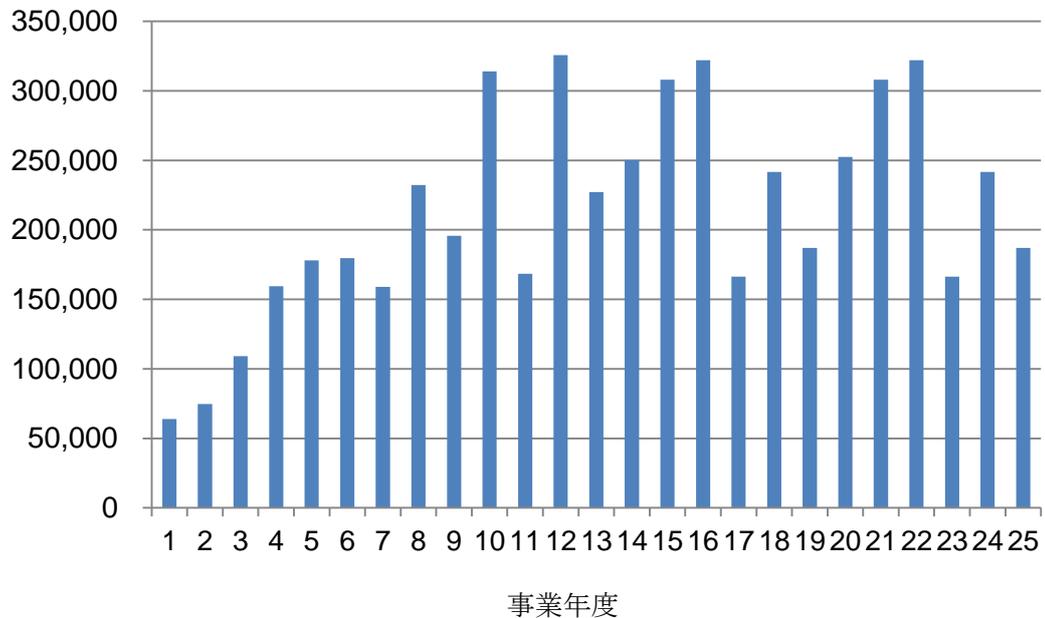


図 2.2-23 維持管理計画

(4) 運転費用

以上から事業期間中の運転費用を算出した。

表 2.2-9 運転費用

項目	費用 (百万円)
人件費	625
用役費	2,200
メンテナンス費	5,340
合計	8,165

(5) 発電収入

本事業において、発電収入は事業収入の柱となる。熱回収設備は 4.0MPa、400℃の高温高压ボイラ、発電設備は抽気復水タービンとし、熱回収効率を向上させる計画としている。これは日本国内においても建設費を含めた事業性を向上させる仕様として、近年一般的な仕様となっている。

以下に本事業計画における電力収支表を示す。

表 2.2-10 電力収支

項目	単位	1 炉運転時	2 炉運転時	年間合計
年間運転日数	日/年	116	242	358
発電電力	MWh	5.1	11.2	—
消費電力	MWh	1.76	3.0	—
売電電力	MWh	3.34	8.2	—
	MWh/年	9,299	47,626	56,925