

システム技術開発調査研究
14-R-16

地域環境共生地中式廃棄物ガス化熔融 機械システムの実用化に関する調査研究

報 告 書

一 要 旨 一

平成 15 年 3 月

財 団 法 人 機 械 シ ス テ ム 振 興 協 会
委 託 先 財団法人 エンジニアリング振興協会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請にこたえるため、財団法人 機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとに、機械システムの開発等に関する補助事業、新機械システム普及促進補助事業等を実施しております。

特に、システム開発に関する事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 放送大学 教授 中島尚正 氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究事業を民間の調査機関等の協力を得て実施しております。

この「地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの実用化に関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人 エンジニアリング振興協会に委託して実施した調査研究の成果であります。

今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成 15 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

近年わが国社会は、20 世紀後半の高度経済成長期から 21 世紀に入り、大量廃棄型社会から循環型社会への変革期を迎えています。しかしながらわが国の社会資本整備は、他の先進国に比べ立ち遅れているのが実状であります。社会資本の整備は国民一人ひとりの日常生活を支える重要なファクターであり、受益者優先の新しい基盤整備が必要とされています。このような背景の中、わが国におけるごみ処理問題は日常生活の基本であり、重要な課題のひとつです。また近年の地球環境問題への関心の高まりから、様々な環境問題への取り組みが行われていますが、ごみの焼却時に出るダイオキシン類に対する国の規制強化により、ごみ処理施設自体への機能要件も変化しつつあります。

一方、実際に設置されるごみ処理施設は、立地される周辺地域住民から、臭気・騒音・ごみ収集車による交通渋滞等の要因により、地域に対する迷惑施設としてのイメージがあり、新規の立地を阻害している原因になっています。

このような様々な観点から、清掃工場を取り巻く環境は大変厳しいものとなっている反面、一方では国民生活の基本であるごみ処理問題は、その解決がますます急務とされています。そのため、わが国では行政的・技術的あるいは地球環境的な幅広い観点から、清掃工場の円滑、かつ適正な整備を図るための抜本的かつ恒久的な対策が望まれています。

また限られた土地の有効活用を考えると、地下の利用が有効な方法の一つとして脚光を浴びています。社会資本整備の一環をなす諸施設の地中化は、地上の有効活用、環境の保護、並びに地震等による災害に対する安全性の高揚等、これからの有るべき公共施設の提供に資することが可能となるため、都市形成に向けた有効な手段の一つとして近年期待が高まっています。1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震において、大規模な地震にもかかわらず、地下構造物の被害状況が地上構造に比較して軽微であったことから、地下構造物の耐震性からみた優位性が立証されています。

本書は、都市後背地にある丘陵・山間部の地中を利用し、地域環境共生を実現する地中式ガス化溶融機械システムに関する調査研究を行った結果であります。また同時に今後の清掃行政の動向を配慮し、新しいごみ処理技術についても言及するものです。

本調査研究の成果が、今後の清掃事業の一助となることを切望する次第であります。

平成 15 年 3 月

財団法人 エンジニアリング振興協会

目 次

序

はじめに

1. 調査研究の目的	1
2. 調査研究の実施体制	2
3. 調査研究成果の要約	6
3-1. 機械システムの実用化に関する研究	6
3-1-1. 機械システムの概要と特徴	6
3-1-2. 機械システムの最適化解析	21
3-1-3. 機器据付・メンテナンス・機器入替え方法	27
3-1-4. 遊休・メンテナンス空間の合理化	29
3-2. 地中構造に関する研究	31
3-2-1. 地中配置構造	31
3-2-2. 地中構造の換気システム	37
3-3. 地中構造における防災システムの研究	42
3-3-1. 必要とされる防災システムの基本理念	42
3-3-2. 予想される火災性状	42
3-3-3. 防火区画	43
3-3-4. 防排煙計画	43
3-3-5. 避難計画	43
3-3-6. 必要とされる防災設備	44
3-3-7. 火災時の防災対応行動と消防活動	46
4. まとめ	47
5. 調査研究の今後の課題及び展開	48

1. 調査研究の目的

近年の循環型社会に向けて一般廃棄物の中間処理施設、すなわち清掃工場の機械システムは、ダイオキシン対策等、国の規制強化に基づき、より効率的で安定した技術の確立が望まれている。さらに廃棄物を都市のエネルギー源として、近年ガス化溶融炉に代表される機械システムの推進が進められているところであるが、この動向は平成 14 年 11 月末までに実施されたダイオキシンの恒久対策に伴う機械システムの状況と相まって、ますます現実問題としてクローズアップされている。さらに近年ではゼロエミッション対応の一環として、エネルギー・トータルシステムの観点からも、排ガス処理と熱負荷の効率的な循環システムのニーズが高まっている。

一方、清掃事業の広域化に向けて、今後はごみの搬送を含めた自治体間の共生と調整が図られた計画の推進が望まれている。すなわち、近年では新たな清掃工場の立地に向けて、土地の有効利用や自然との共生といった周辺環境を配慮し、かつ複数の周辺自治体から各々アクセス可能な立地条件と施設構造が必要とされている。

これらの実現方法として、清掃工場を都市近郊あるいは自治体間の境界等の丘陵地帯、並びに周辺山間部の地下に設置することが、有効な手段として注目されている。

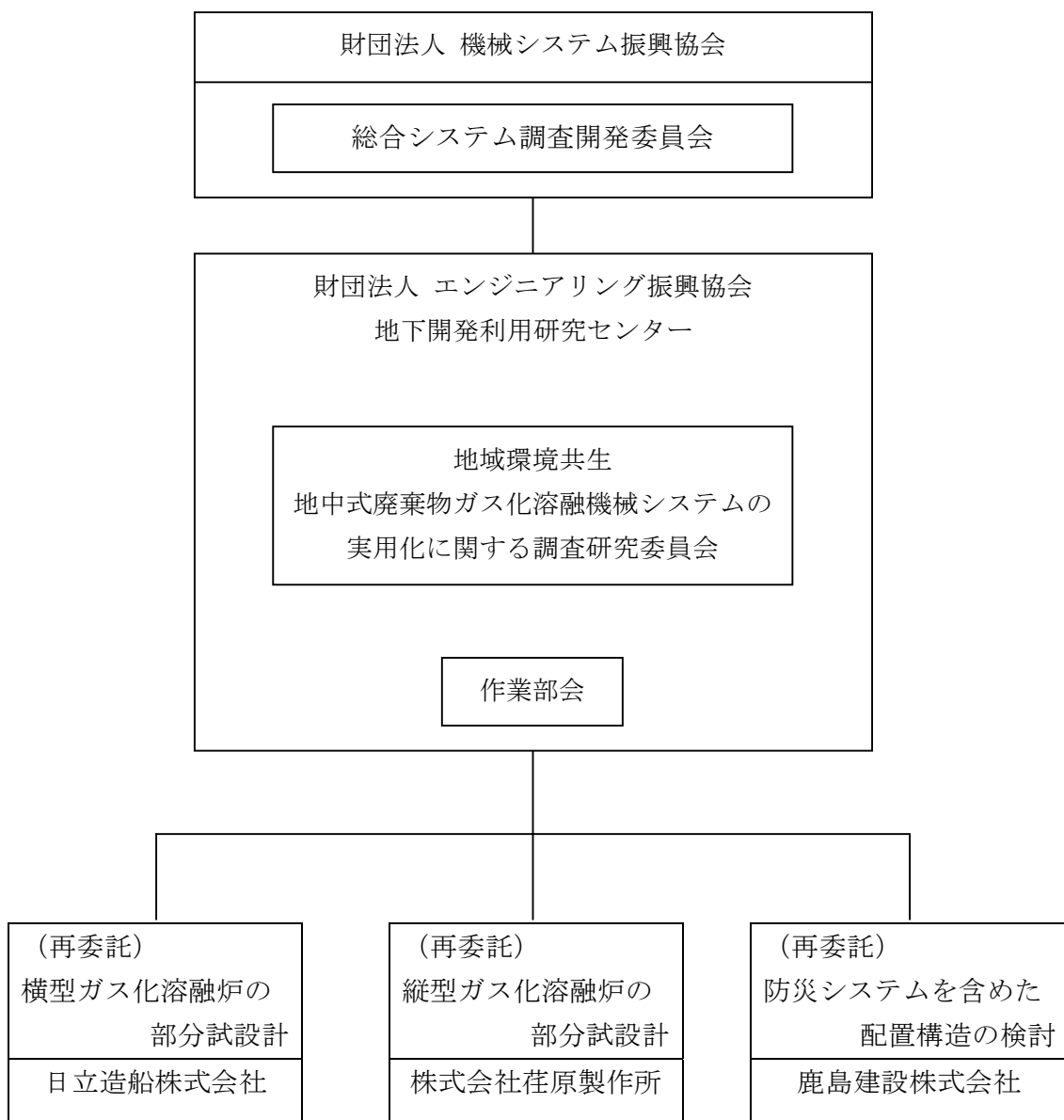
本調査研究は、上記の課題の解消方法として、都市間の相互境界に立地する山岳地中式清掃工場に向けたガス化溶融機械システムの基本構造について実施し、従来にない地中環境下におけるガス化溶融炉等、新たな機械設備を配列した環境共生型、かつ都市型広域化処理機械システムの実現を目指すものである。

この調査研究結果を踏まえ、循環型社会にマッチし、かつ地域環境共生型で、新たな立地に際して問題となるアクセスを優先し、かつ自治体間の境界エリアを含めた周辺との共存が実現できるシステムが構築可能となる。すなわち、技術立国としてのわが国の今後に向けて、さらにはエネルギー・地球環境上、世界の先導的役割を担うわが国にとって、クリアすべき緊急の技術課題の一環とした技術検証が得られることが可能となる。

2. 調査研究の実施体制

本調査研究は、財団法人機械システム振興協会の中に設けられた「総合システム調査開発委員会」の指導のもと、委託先の財団法人エンジニアリング振興協会において実施された。

また、財団法人エンジニアリング振興協会の中に「地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶解機械システムの実用化に関する調査研究委員会」を設置し、調査研究を実施するために、その下部組織として、目的に合致した作業部会を設けた。本調査研究の実施体制を下図に示す。



本調査研究の実施体制

総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 教養学部 教授	中島尚正
委員	政策研究大学院大学 政策研究科 教授	藤正巖
委員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣田薫
委員	東京大学大学院 工学系研究科 助教授	藤岡健彦
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば東事業所 管理監	野崎武敏
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば中央第2事業所 管理監	太田公廣

**地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの実用化に関する調査研究
委員会名簿**

(順不同・敬称略)

委員長	平山 直道	東京都立大学名誉教授
オブザーバ	佐々木琢宏	環境省 大臣官房 廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課 技術専門官
オブザーバ	佐藤 文隆	総務省 消防庁 特殊災害室 課長補佐
オブザーバ	大嶋 文彦	総務省 消防庁 特殊災害室 原子力災害係長
オブザーバ	内田 滋	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課 課長補佐
オブザーバ	荒木 茂長	経済産業省 製造産業局 国際プラント推進室 プラント貿易企画係長
委員	小川紀一郎	財団法人エネルギー総合工学研究所 エネルギー技術情報センター長
委員	藤吉 秀昭	財団法人日本環境衛生センター 環境工学部長
委員	西形 國夫	東日本旅客鉄道株式会社 東京支社 総務部 安全対策室 防災室長
委員	平本 努	株式会社荏原製作所 エンジニアリング事業本部 環境プラント統括エンジニアリング室 副部長
委員	姥貝 眞信	能美防災株式会社 営業本部 営業技術部長
委員	掛田 健二	日立造船株式会社 環境・プラント事業本部 技師長
委員	中川 幹雄	鹿島建設株式会社 土木技術本部 技術部 部長
委員	藤村 久夫	鹿島建設株式会社 土木技術本部 技術部 部長
事務局	佐藤 輝夫	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 研究主幹

**地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの実用化に関する調査研究
作業部会名簿**

(順不同・敬称略)

	宮川 彰彦	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 研究理事
	佐藤 輝夫	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 研究主幹
	城所 敏郎	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 研究主幹
	藤井 信宏	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 主任研究員
	宮本 聖仁	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 研究員
協力員	川畑順一郎	株式会社荏原製作所 エンジニアリング事業本部 環境プラント事業統括 プラント設計室
協力員	井上 隆太	能美防災株式会社 技術開発本部 技術部 係長
協力員	飯阪 正俊	日立造船株式会社 環境・プラント事業本部 システム本部 第1開発部
協力員	稲生 道裕	鹿島建設株式会社 技術研究所 土木技術研究部 主管研究員
協力員	田辺 寛明	鹿島建設株式会社 土木設計本部 設計技術部 担当部長
協力員	高橋 祐治	鹿島建設株式会社 土木設計本部 設計技術部 次長
協力員	塩原 光仁	鹿島建設株式会社 建築設計エンジニアリング本部 設備設計グループ チーフエンジニア
協力員	金子 千秋	鹿島建設株式会社 エンジニアリング本部 エネルギー施設グループ 次長

3. 調査研究成果の要約

3-1. 機械システムの実用化に関する研究

3-1-1. 機械システムの概要と特徴

(1) ガス化熔融機械システムの選定

本調査研究においては、ガス化熔融機械システムのうち、地中式ごみ処理施設として極めて重要な安全面の観点と、環境施設としての環境負荷低減の観点から、いずれにおいても優位性のある流動床式ガス化熔融機械システムを採用した。

キルン式については、熱分解ドラムでのごみの滞留時間は約1時間程度と長くなるため、熱分解ドラム内でのごみの保有量が多く、緊急停止時も未燃ガスが継続して長時間にわたって発生する可能性がある。したがって、安全面では、熱分解時間が短くごみの保有量が少なくなる流動床式が有利と言える。また、キルン式では流動床式と比較してシステムの設置面積を多く要するとの判断から今回は採用しないこととした。

シャフト式については、地上式での実績は多いがコークス、石灰石といった二酸化炭素の発生源となる化石資源を多く消費し、またその結果として排ガス量も多くなる。そのため、環境負荷の低減の観点からは、コークスや石灰石を使用しない流動床式が有利といえる。また、シャフト式はキルン式と同様に、設置面積も多く要するとの判断から今回は採用しないこととした。

また、最近採用例がみられるガス化改質方式については、炉内でのごみの滞留時間が非常に長いことから、キルン式と同様に、緊急停止時における課題が残っているようである。また、助燃として化石燃料である天然ガスを多く使用することから、環境負荷低減の観点からは不利と言える。さらに、改質ガス中には一酸化炭素を多量に含んでいることから、万一の事態を考慮した場合、安全面にも十分な信頼性があると言えないため、今回は採用しないこととした。

(2) 流動床式ガス化溶融機械システムの特徴

流動床式ガス化溶融機械システムは、流動床ガス化炉、旋回溶融炉から構成されている。図 3.1.1-1 にその概念図を示し、それぞれの特徴について図 3.1.1-2 に示す。

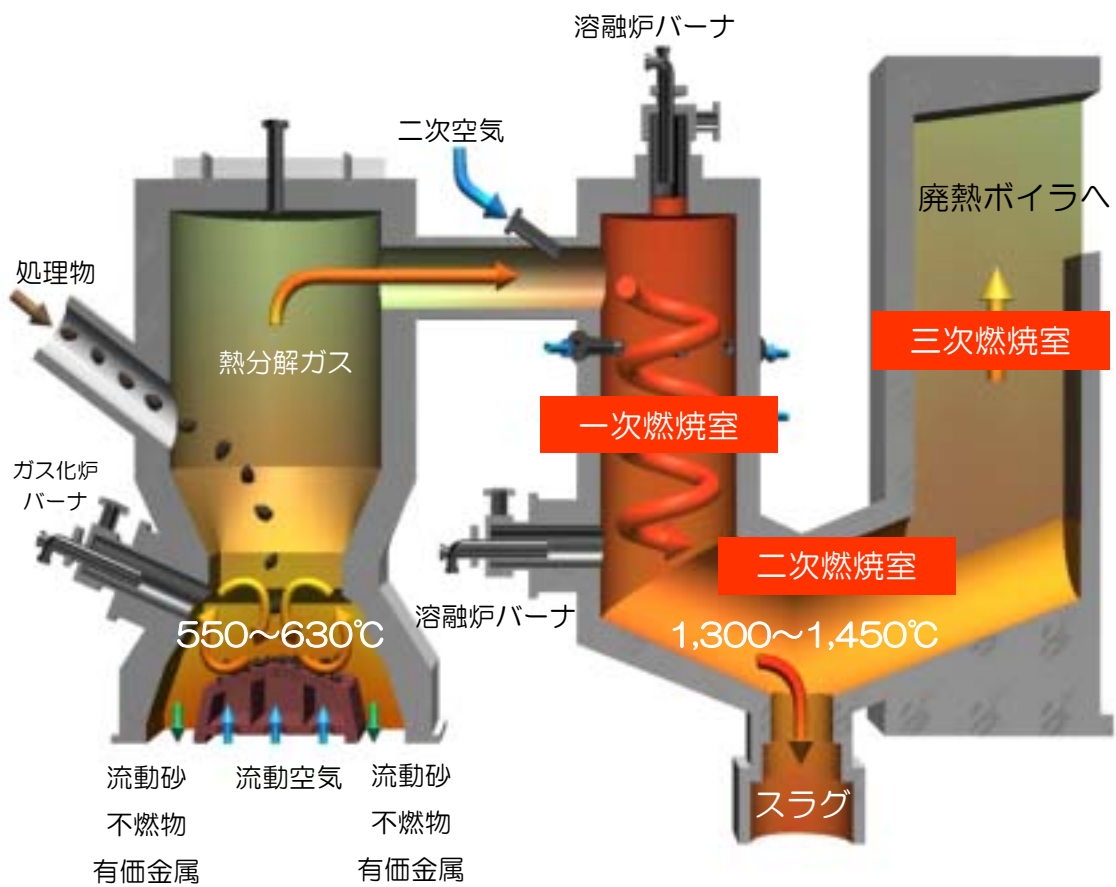


図 3.1.1-1 流動床式ガス化溶融機械システム概念図

流動床式ガス化炉

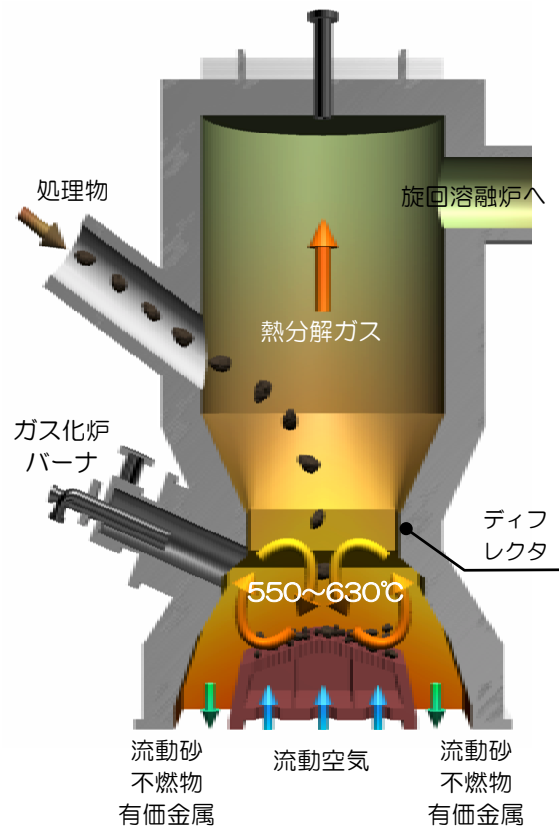
旋回流型流動床ガス化炉は、次の三つの要素により、炉内に機械的移動部を有しないで、流動媒体である砂が、両側から強力に炉中央に向う旋回流を形成する。

- ① 流動空気的作用
- ② ディフレクタ的作用
- ③ 空気分散ノズルの作用

■ 旋回流型流動床の効果 ■

- ① 破壊効果により大型のごみが処理可能
- ② 炉内均一負荷によるガス化燃焼の安定
- ③ 不燃物の排出性の良さによる運転の安定

ーガス化炉の安定運転を実現ー



旋回溶融炉

炉内温度が高温となり、発生したダイオキシン類をほぼ完全に分解します。また前駆体物質の分解により再合成を防止する。

ダイオキシンの排出量が極めて少ない

溶融炉内のガスの旋回効果により、溶融炉一次室がサイクロンの役目を果たし、飛灰が炉壁に捕集されやすい。

スラグ化率が高く、飛灰量が少ない

■ スラグ排出は連続自動少量出滓 ■

- 人手による危険な作業なし
- 水蒸気爆発の危険性なし

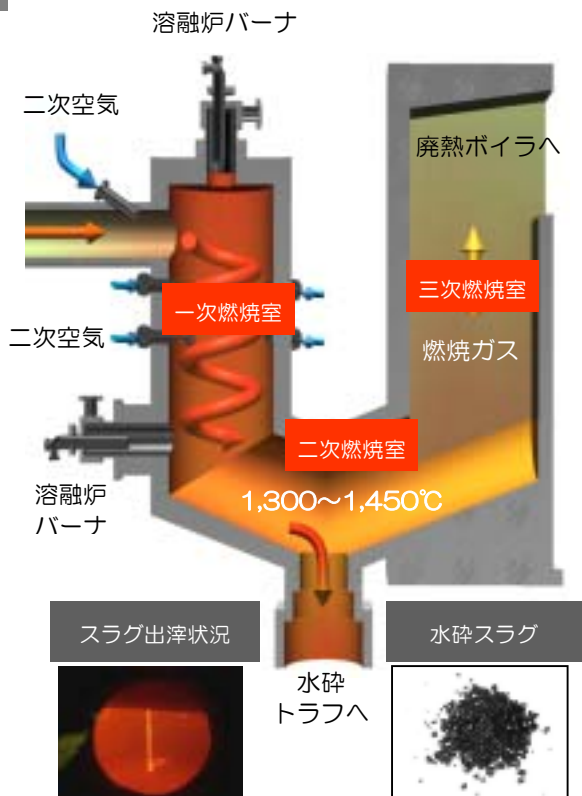


図 3. 1. 1-2 流動床式ガス化炉及び旋回溶融炉

(3) 横型（横坑式）ガス化溶融機械システムの概要

1)概 要

地中式清掃工場の横型（横坑式）ガス化溶融機械システムでは、その特性を考慮して地上での稼動実績ならびに安全性の高さから、流動床式ガス化溶融炉を採用した。

排ガス処理システムとしては、図 3.1.1-3 に示すとおり、流動床式ガス化溶融炉で最も実績のある乾式二段バグフィルタ方式を採用した。

横型（横坑式）ガス化溶融施設の機器配置に関しては、図 3.1.1-4 に示すように、ガス化溶融炉本体及び排ガス処理設備を、地質（岩盤）の構造安定上、横坑径の2倍以上離れた3本の横坑の中に、それぞれの処理能力が100t/24h 炉（合計処理能力300t/24h）となるよう設備を配置している。

また、ガス化溶融炉本体及び排ガス処理設備の本坑とは別に、ごみの受入設備、スラグ等有価物の搬出設備、発電設備、各諸室を一体とした横坑を別途配置している。

基本的には従来の地上型の清掃工場の機能を変えず、そのまま地中に設備を配置していることが横型（横坑式）ガス化溶融施設の特徴と言える。

さらに、地中化に際して、地中空間の施工性や工費・工期に配慮して、可能な限り小さい空洞となるよう施設配置を工夫した。

横型（横坑式）ガス化溶融機械システムの基本と条件を表 3.1.1-1 に示す。

表 3.1.1-1 横型（横坑式）ガス化溶融機械システムの基本与条件

型 式	横型（横坑式）
処理能力	300 t/24h ※ダイオキシン対策に係る厚生省（現・環境省）広域化通達に基づく
炉数	100 t/24h炉×3炉 全連続式
対象ごみ質 低位発熱量	12,560 kJ/kg（3,000 kcal/kg）
運転方式	3炉3系列で構成し、保守点検時は1炉を止めて2炉2系列にて運転
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
燃焼（溶融）設備	流動床式ガス化溶融方式
スラグ冷却方式	水冷方式
燃焼ガス冷却方式	廃熱ボイラ＋減温塔
飛灰搬出方式	バンカ貯留
飛灰処理設備	薬剤による重金属安定化处理
排ガス処理設備	ろ過式集じん器＋乾式有害ガス除去装置＋触媒式脱硝装置
給水設備	地下水＋上水
排水処理設備 ごみ汚水 プラント排水 生活系排水	炉内噴霧酸化処理 生物処理＋凝集沈殿池＋砂ろ過処理 合併浄化槽処理
余熱利用設備	発電・熱利用
通風設備	平衡通風式
電気設備	高圧受電
ごみピット容量	7,500 m ³ （5日分）
ごみ見掛比重	0.2 t/m ³
公害規制値 排出ガス基準 ばいじん 硫黄酸化物 塩化水素 窒素酸化物 ダイオキシン類 粉じん濃度基準 飛灰排出基準 排水排出基準	 0.01 g/m ³ N以下（O ₂ 12%換算） 20 ppm以下（O ₂ 12%換算） 50 ppm以下（O ₂ 12%換算） 100 ppm以下（O ₂ 12%換算） 0.1ng-TEQ/m ³ N以下（O ₂ 12%換算） 排気口出口 0.01 g/m ³ N以下 3 ng-TEQ/g以下 10 pg/l以下

2)機械システム配置の特徴

図 3.1.1-4～5 に横型（横坑式）ガス化熔融機械システムの配置を示す。

ガス化熔融設備の全体システムは、基本的に通常の地上式と同様であるが、下記の点に特徴がある。

①ガス化熔融炉本体と排ガス処理設備を収める横坑は、地質（岩盤）の構造安定上、横坑径の2倍以上（約 40m）離している。また、ガス化熔融炉本体と排ガス処理設備を収める横坑とごみの受入設備、スラグ等有価物の搬出設備、発電設備、各諸室を一体とした横坑との距離は約 30m 離している。

このため、ガス化熔融炉へのごみ供給は、ごみ搬送コンベアを介して行われる。

②積出のための各貯留ホoppaは、通常の地上式では、ごみ処理のシステム上、施設の下部（フロアーレベル）に設置される。しかし地中式横型（横坑式）ガス化熔融機械システムでは、ガス化熔融炉を収めている横坑の高さを抑えるため、通常的位置に設けず、ごみの搬入車両の搬出入口に合わせてごみの受入設備、発電設備、各諸室を一体としたプラットホーム部に設置している。

③本システムでは基本的に全ての機器は地下設置とするが、維持管理上の観点から中央制御室とそれに付随する各諸室、放散熱量が多く換気を必要とする高圧蒸気復水器、タービン排気復水器などの熱交換器、及び外部とつながりが深い受変電機室や発電機室はプラットホーム部の地上部近くに設置している。

④ガス化熔融炉本体と排ガス処理設備を収める各横坑とごみの受入設備、スラグ等有価物の搬出設備、発電設備、各諸室を一体とした横坑とは、B3FL、B4FL、B7FL でつながっている。また、ガス化熔融炉本体と排ガス処理設備を収める3本の横坑についても、B3FL、B7FL、B9FL でつながっており、各空洞間の人の往来を可能としている。

⑤ガス化熔融炉本体と排ガス処理設備を収める各横坑内には、機器設置最上階である B3FL から機器設置最下階である B9FL までエレベータを設置している。同様に階段を各坑2箇所設置し、通常の機器点検、オーバーホール、緊急時の避難及び消防隊の進入口として使用可能としている。また、地上からの進上路として、各諸室を一体とした横坑に2箇所の階段を設置し、さらにガス化熔融炉本体と排ガス処理設備を収める各横坑を結ぶ見学者ルートに直接進出可能な縦坑を設け、エレベータ及び階段を設置している。階段及びエレベータホールは、各階とも防火壁により仕切られ、火災時に一次避難所として避難可能な配置としている。

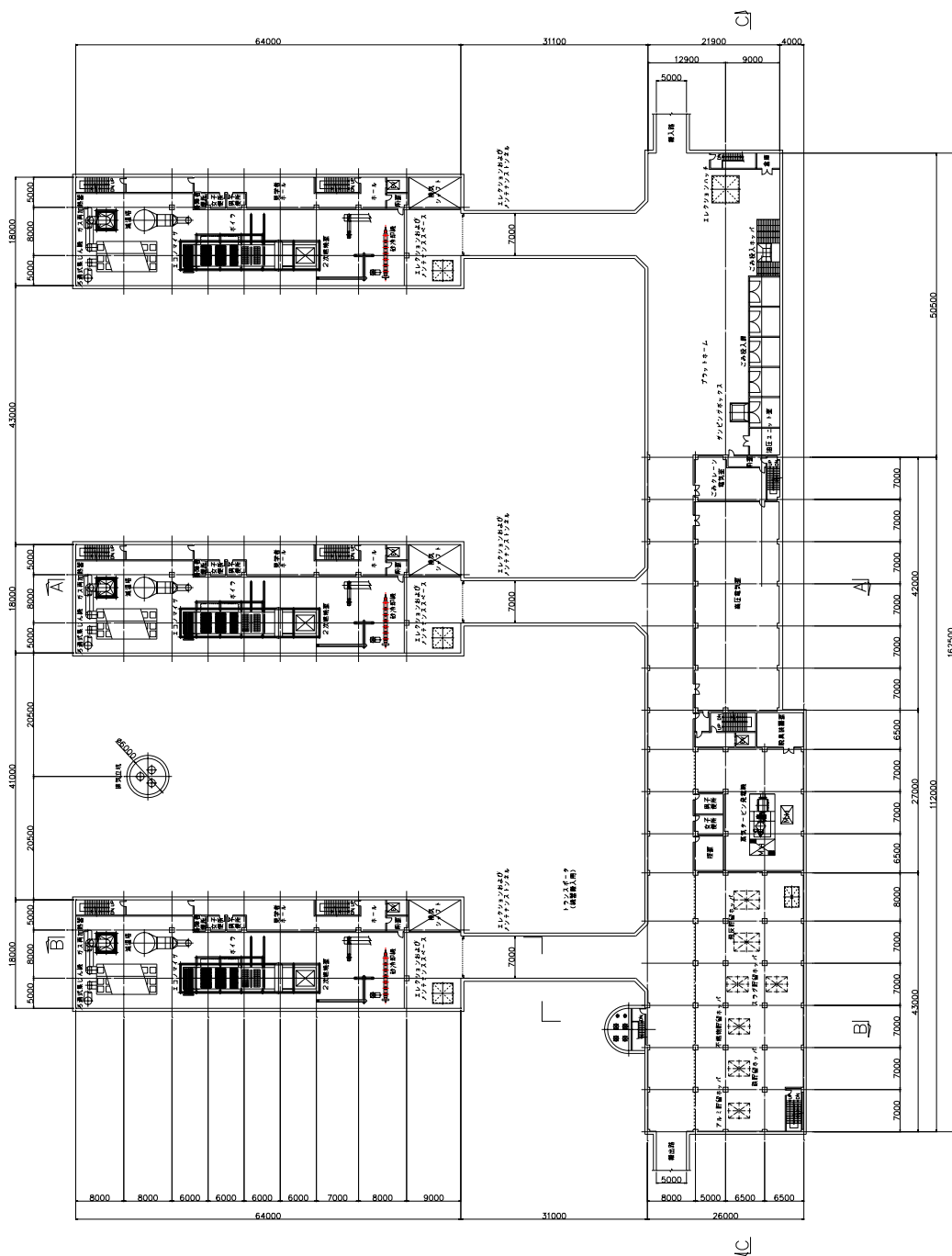


図 3.1.1-4 横型（横坑式）ガス化溶融機械システム B4FL 機器配置平面図

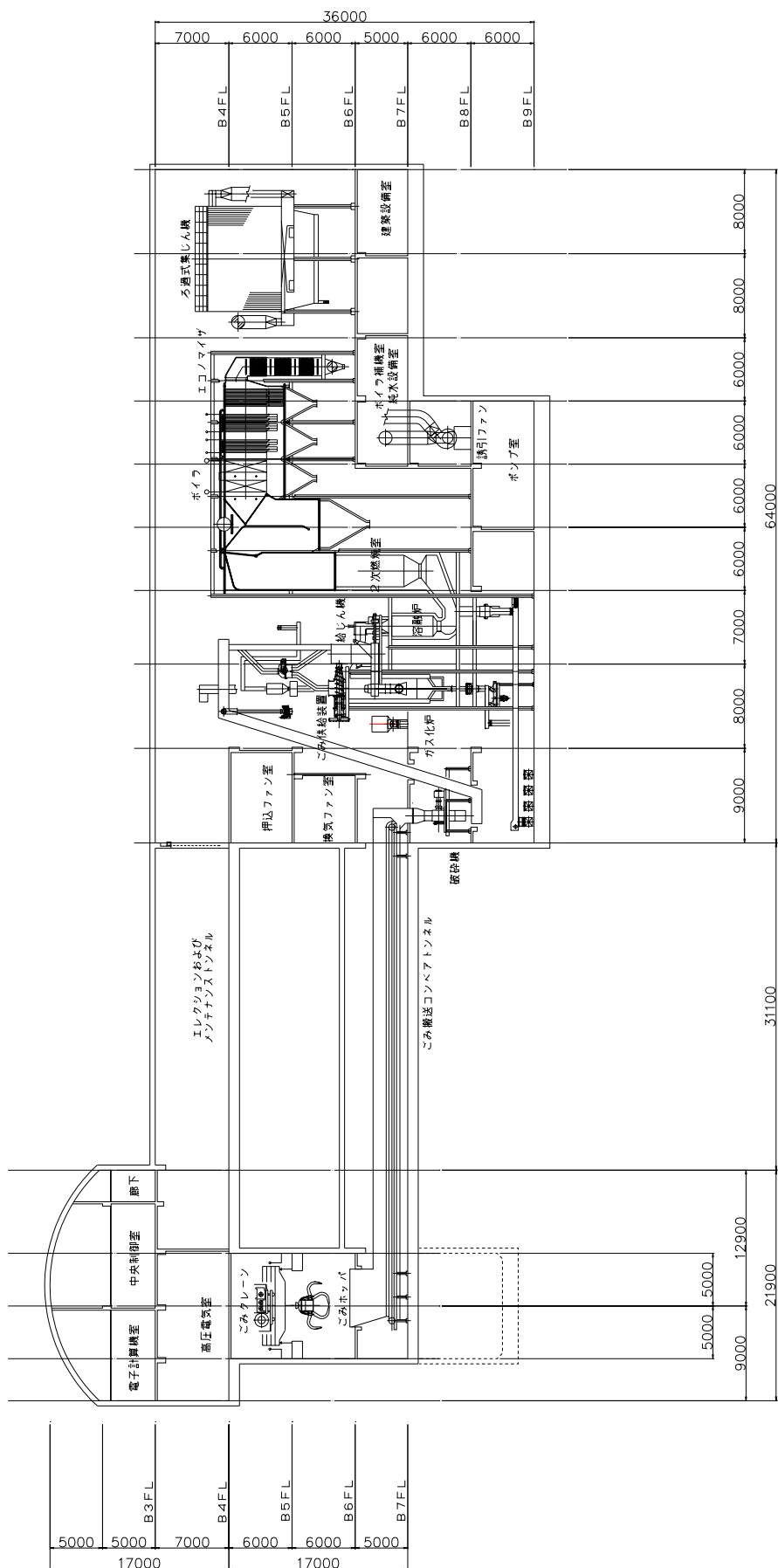


図 3.1.1-5 横型（横坑式）ガス化溶融機械システム 機器配置断面図（A-A）

(4) 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの概要

1)概 要

従来の地上建屋式清掃工場では、ガス化炉・溶融炉・ボイラ及びその後段のガス冷却、排ガス処理設備は同じ高さのレベルに直線的に平面配列しているため、すべてを収容するための設置面積を必要としていた。

一方、縦型（立坑式）ガス化溶融システムでは、ボイラより後段のガス冷却（減温塔）、排ガス処理設備（集じん器、触媒反応塔）を垂直方向に配置することにより、必要敷地面積の大幅な低減を図ることができると同時に、地上部に露出する面積も最小とすることが可能となる。縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの処理フローを図 3.1.1-6 に示す。

縦型流動床式ガス化溶融施設は、図 3.1.1-7 に示すように、地表から開削したスペースである開削部と、開削部からさらに下方に掘削した立坑部 2 本により構成される。

3 炉構成の施設では、立坑間の離隔距離の関係から横型と比較して広範囲な設置エリアを必要とする場合が多いことから、設置可能な立地条件が限定されがちであるため、2 炉構成とすることが有利である。このため本縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの研究では 150t/24h 炉×2 炉構成とした。

また、地中化に際しては、地中空間の施工性や工費・工期に配慮して、可能な限り小さい空洞となるよう施設配置を工夫した。

縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの基本与条件を表 3.1.1-2 に示す。

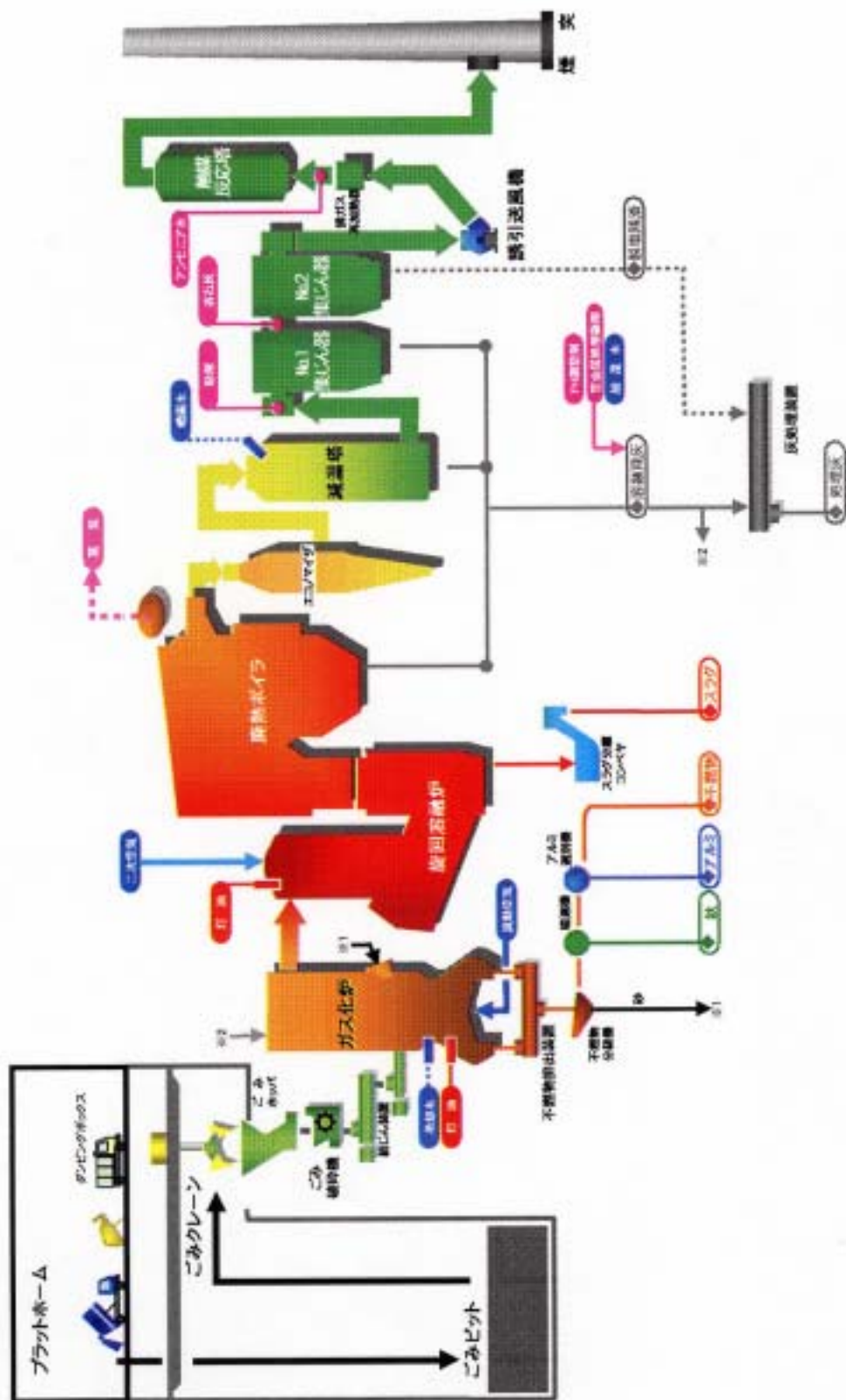


図 3.1.1-6 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム処理フロー

表 3.1.1-2 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの基本と条件

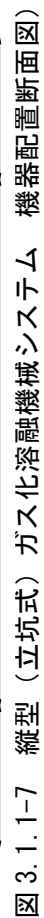
型 式	縦型（立坑式）
処理能力	300 t/24h ※ダイオキシン対策に係る厚生省（現・環境省）広域化通達に基づく
炉数	150 t/24h炉×2炉 全連続式
対象ごみ質 低位発熱量	12,560 kJ/kg （3,000 kcal/kg）
運転方式	2炉2系列で構成し、保守点検時は1炉を止めて1炉1系列にて運転
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
燃焼（溶融）設備	流動床式ガス化溶融方式
スラグ冷却方式	水冷方式
燃焼ガス冷却方式	廃熱ボイラ＋減温塔
飛灰搬出方式	バンカ貯留
飛灰処理設備	薬剤による重金属安定化处理
排ガス処理設備	ろ過式集じん器＋乾式有害ガス除去装置＋触媒式脱硝塔
給水設備	地下水＋上水
排水処理設備 ごみ污水 プラント排水 生活系排水	炉内噴霧酸化処理 生物処理＋凝集沈殿池＋砂ろ過処理 合併浄化槽処理
余熱利用設備	発電・熱利用
通風設備	平衡通風式
電気設備	特別高圧受電
ごみピット容量	7,500 m ³ （5日分）
ごみ見掛比重	0.2 t/m ³
公害規制値	
排出ガス基準 ばいじん 硫黄酸化物 塩化水素 窒素酸化物 ダイオキシン類	0.01 g/m ³ N以下（O ₂ 12%換算） 20 ppm以下（O ₂ 12%換算） 50 ppm以下（O ₂ 12%換算） 100 ppm以下（O ₂ 12%換算） 0.1ng-TEQ/m ³ N以下（O ₂ 12%換算）
粉じん濃度基準	排気口出口 0.01 g/m ³ N以下
飛灰排出基準	3 ng-TEQ/g以下
排水排出基準	10 pg/l以下

2)機械システム配置の特徴

図 3.1.1-7～8 に縦型（立坑式）ガス化熔融機械システムの配置を示す。

ガス化熔融設備の機械システム構成は、基本的に通常の地上式と同様であるが、下記の点に特徴がある。

- ①プラットホームをごみピットの直上に設置することにより地上部の必要設置面積を減少させるとともに、ごみ投入扉を2方向に分離して配置することにより左右方向の距離を短縮し、立坑間の必要離隔距離を満足できる範囲で空洞の大きさをコンパクトにしている。
- ②左右の立坑内には地上よりエレベータ・階段を設置し、通常の機器点検、オーバーホール等にし、併せて緊急時の消防隊の進入口として使用できるようにする。また、地下階への換気用として吸気シャフト及び排気シャフトを設けるとともに、縦型にしたことによりプロセス流体の上下移動が地上建屋式よりも増加するため、専用の配管シャフトを設置している。
- ③積出のための貯留ホoppaはごみ処理のシステムフロー上、地中下部に設置した方が有利であるが、ごみ搬入、搬出に必要な車両の進入口をごみ処理施設の上部に集約するため、プラットホームレベルに合せて設置している。
- ④本システムでは基本的に全ての機器は地下設置とするが、維持管理上の観点から中央制御室とそれに付随する各諸室、蒸気復水器、冷却塔等の外部空気を利用してプロセス流体を冷却する熱交換器、及び外部とつながりが深い受変電機室や発電機室は、プラットホームレベル以上あるいは近傍に設置している。
- ⑤開削部及び各立坑部にはエレベータ及び階段を設置し、通常の機器点検、オーバーホール、緊急時の避難及び消防隊の進入口として使用可能としている。階段及びエレベータホールは、各階とも防火壁により仕切られ、火災時に一次避難所として避難可能な配置としている。



3-1-2. 機械システムの最適化解析

(1) 機械システムの最適化解析ケース

ガス化溶融施設から排出される排ガス量、ダスト量、排水量、給水量を最小化することにより、環境負荷を低減するだけでなく、システムを構成する機器類のコンパクト化を図ることが可能となる。

そこで、縦型式（立坑式）ガス化溶融機械システム（150t/24h 炉×2 炉）について、比較対象となるベースケース（2 段バグフィルタ方式：検討ケース B）並びに

- | | |
|----------------------------|---------------|
| ①集じん方式を単段とした場合 | （ケース A） |
| ②脱塩方式を湿式とした場合 | （ケース C） |
| ③脱塩方式を湿式とし、さらに洗煙排水を再利用した場合 | （ケース D 1） |
| ④ケース D 1 に対して減湿温度を変化させた場合 | （ケース D 2～D 4） |
| ⑤排ガスを再循環させた場合 | （ケース E 1、E 2） |
| ⑥流動砂から熱回収した場合 | （ケース F） |

についてのマテリアルバランス、ヒートバランス、用水バランスについて解析を行う。

（⑤E 2（溶融炉に排ガス再循環した場合）は、100t/24h 炉×3 炉の場合について解析する。）

上記解析ケースについてまとめたものが以下の表及び図である。

表 3.1.2-1 機械システムの最適化解析ケース

図 3.1.2-1 機械システムの最適化解析ケースフロー図（乾式）

図 3.1.2-2 機械システムの最適化解析ケースフロー図（湿式）

表 3.1.1.2-1 機械システムの最適化解析ケース

解析ケース		(ベースケースBに対する比較)			
	脱塩方式	減湿温度	集じん方式	排水処理	その他
A	乾式	—	単段	通常	—
B (ベースケース)	乾式	—	二段	通常	—
C	湿式洗煙	60℃	単段	通常&洗煙	洗煙排水放流
D1	湿式洗煙	60℃	単段	通常&洗煙	洗煙排水再利用
D2	湿式洗煙	57.5℃	単段	通常&洗煙	洗煙排水再利用
D3	湿式洗煙	55℃	単段	通常&洗煙	洗煙排水再利用
D4	湿式洗煙	52.5℃	単段	通常&洗煙	洗煙排水再利用
E1	乾式	—	二段	通常	排ガス再循環 (ガス化炉)
E2	乾式	—	二段	通常	排ガス再循環 (溶融炉)
F	乾式	—	二段	通常	流動砂熱回収

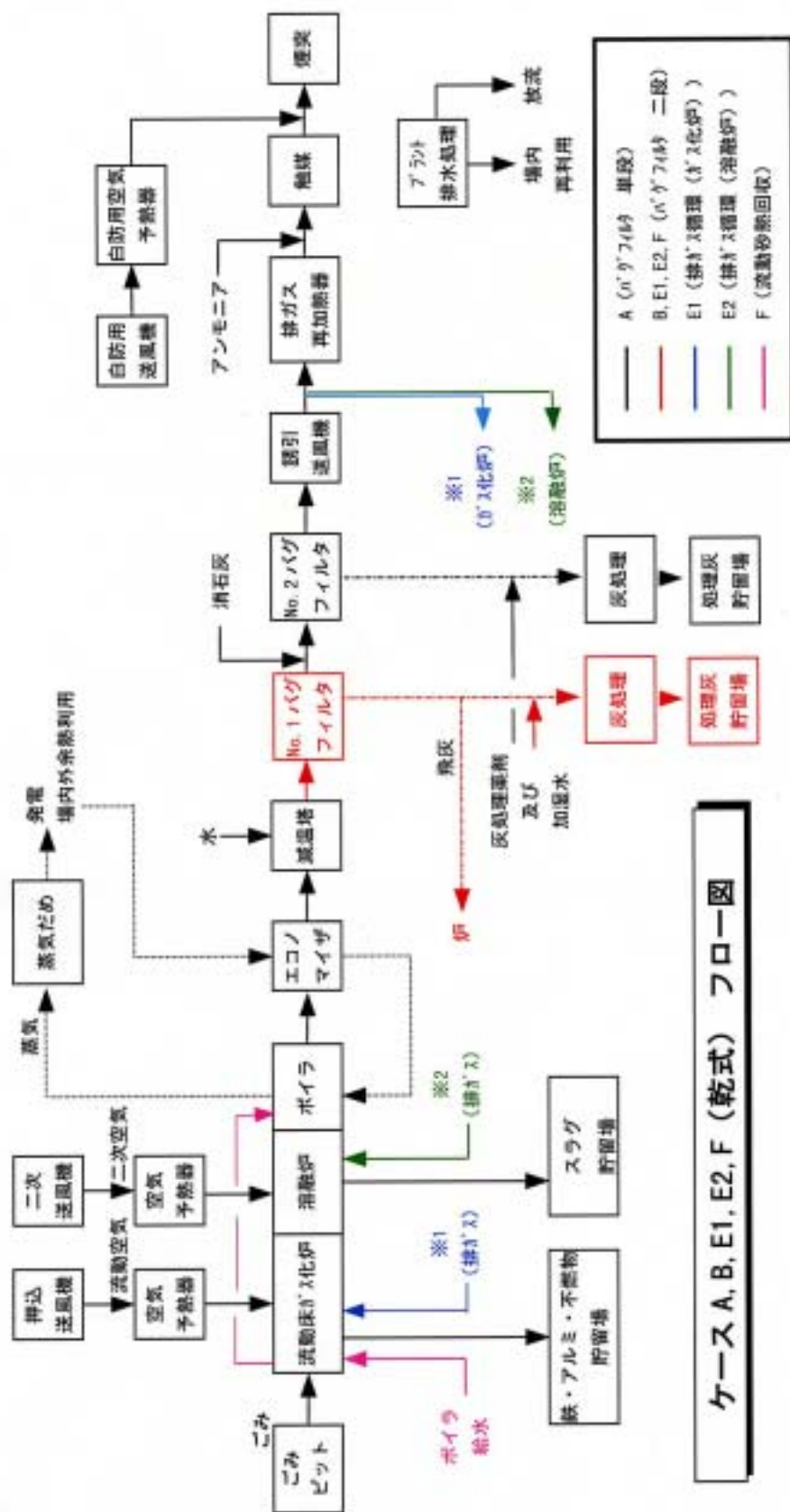


図 3.1.2-1 機械システムの最適化解析ケースフロー図（乾式）

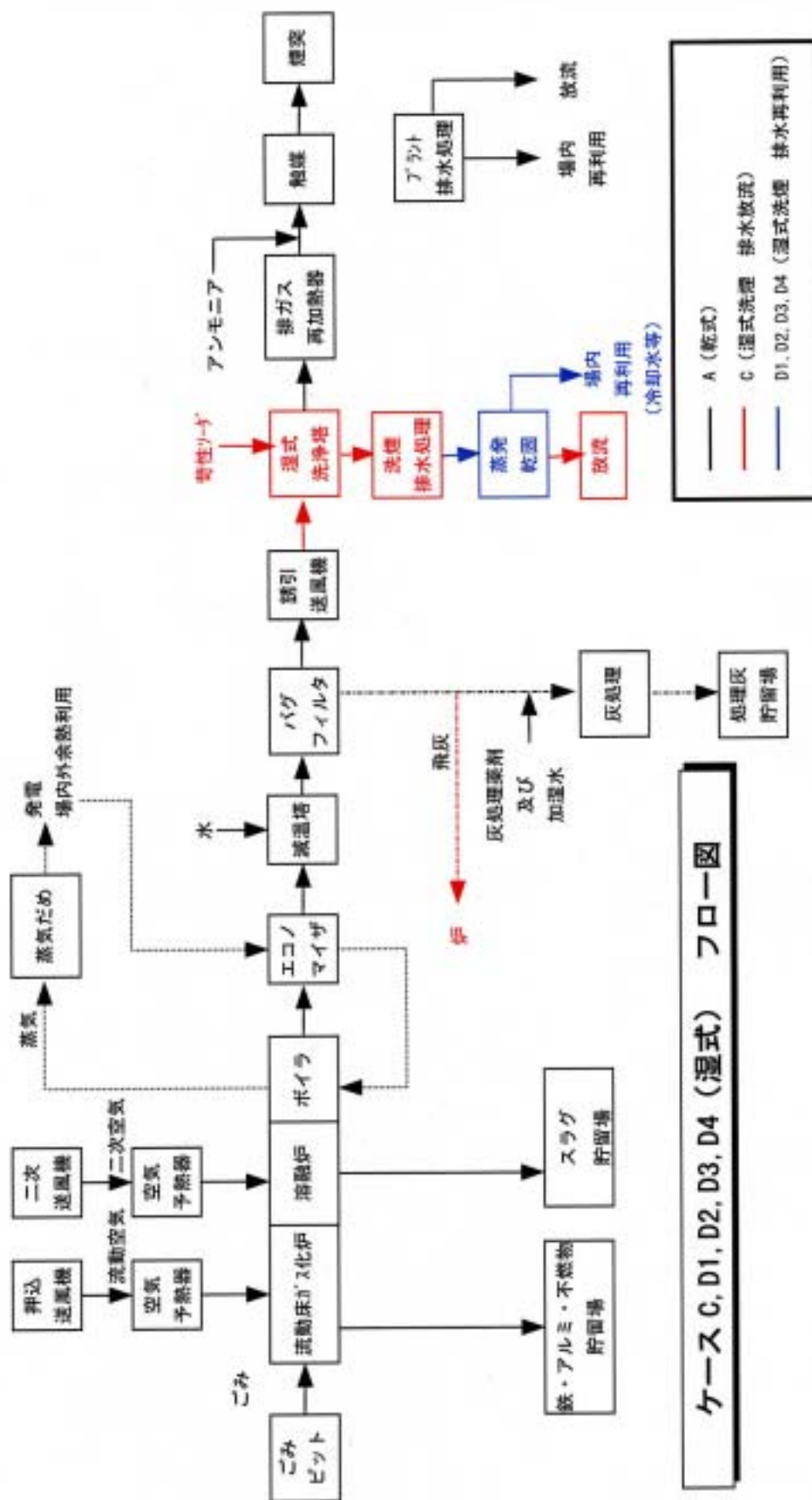


図 3. 1. 2-2 機械システムの最適化解析ケースフロー図 (湿式)

(2) 機械システムの最適化評価

機械システムの最適化について検討してきた結果を表 3.1.2-2 にまとめた。

ケースD 1～D 4については、経済性よりも環境への配慮を重視したシステムである。本システムでは建設費を含む経済性は高いものの、給水を得にくく、さらに排水量も制限されるような地域には適していると考えられる。

これに対し、廃棄物の持つ熱量で積極的に発電するシステムであるケースE 1、E 2又はFにおいては、都市部等の電力需要が多い地域に適していると考えられる。

建設費の低コスト化を重視すれば、シンプルな機器構成であるケースAが最適であると言える。

環境負荷、経済性について総合的に判断すれば、両方がバランスよく配慮されたシステムであるケースBが最適であると言える。

以上のことより、地中式ガス化溶融機械システムにおいては、環境面、経済面のどちらを重要視するかによりどの機械システムが有利であるか大きく左右される。そのため、当該地域の事前状況、将来的な予測を的確に行った上で施設の計画を行うことが重要である。

3-1-3. 機器据付・メンテナンス・機器入替え方法

地中空間を利用した廃棄物ガス化熔融機械システムは、既存の地上に建設する建屋方式と異なった特殊な搬入・据付方法が必要となる。そこで、横型（横坑式）における機器据付・メンテナンス方法について検討した。

メンテナンス通路を有する B4FL の配置について図 3.1.3-1 に示す。横坑本体に収まる主要機器については、ごみ搬入路トンネルからメンテナンス路トンネルを通して、横坑本体のごみピット側の開口部より取り込む。横坑本体の機器の搬入が完了した後に、プラットフォーム部への搬入を開始する。横坑本体部及びプラットフォーム部の詳細の搬入方法については以下に示す。

搬入の困難な大型主要機器は分割して搬入後、坑内で組立てる方法を採用する。

なお、運搬車両はトラック、トレーラを使用するが、架構及びボイラ水冷壁等、一部の重量物で長尺のものは自走式トレーラ（トランスポータ）を使用する。

(1) 横坑本体部

- ① 炉室天井に機器搬入用のホイストビームを設け、機器を搬入する。
- ② 機器の搬入に併せて、スラグ、飛灰等の搬送コンベアを分割搬入し、組立てる。
- ③ 消石灰サイロ、及び特殊助剤サイロ等を分割して搬入し、組立てる。
- ④ 排ガス処理設備スペースの架構を組立て、減温塔、触媒反応塔、バグフィルタ等の機器を分割で搬入し、組立てる。
- ⑤ 炉室内機器の搬入後、炉体鉄骨の組立てを行い、続いてボイラ鉄骨を組立てる。併せて、各階床用鉄骨、歩廊、手摺等を組立てる。
- ⑥ ボイラ鉄骨組立て後、ボイラの搬入・組立てを行う。ボイラは分割で連絡路トンネルからホイストで搬入する。ボイラ分割品はボイラ背面側から順次搬入し、最後に前面側を搬入する。
- ⑦ ガス化炉、熔融炉、ごみ供給設備を順次搬入した後、ごみ受入シュートを搬入し、組立てる。

(2) プラットホーム部

- ① ごみクレーン、ホッパ、ごみ搬送コンベア類
 - (a) ごみクレーン及びクレーンガータはごみ搬入路トンネルからプラットフォーム部に搬入し、プラットフォーム上のマシンハッチより取り込む。
 - (b) ごみピット周辺の機器類もマシンハッチより搬入する。
 - (c) ごみ搬送コンベアは分割し、ごみクレーンのレール上に設けた仮設ホイストでそれぞれのごみ搬送コンベアトンネルに分配搬入する。
 - (d) ごみ搬送コンベアのトンネル内移送は、チルローラ等運搬機器を使用して搬入・組立てる。
- ② ごみ投入扉、ダンピングボックス類
 - (a) トラッククレーン等で搬入・据付を行う。

3-1-4. 遊休・メンテナンス空間の合理化

(1) ごみの収集システム

近年、一般廃棄物の増大に伴う最終処分場の確保難、ダイオキシン類対策等高度な環境保全対策、リサイクルの推進及び地球温暖化防止の観点から、ごみ処理施設の集約、大型化が進められており、従来の収集方式を超えた「広域化のための収集輸送」の必要性が生じてきた。

特に土地の有効利用や自然との共生といった周辺環境を配慮し、かつ複数の周辺自治体から各々アクセス可能となる地中式清掃施設では、大量輸送かつ長距離輸送を可能とする中継基地の採用が不可欠である。

中継輸送システムは、パッカー車で収集されたごみを中継基地で圧縮・減容し、コンテナに積替えて大型車両にて輸送する、収集と輸送を分離したシステムである。

したがって、地中式清掃施設の計画においては、新規に建設される地中式清掃施設に伴って廃止される遠隔自治体の既存清掃施設を中継基地として再利用する。これは、用地の有効利用に寄与する。

一方、地中式清掃施設近隣の自治体においては、輸送効率並びに経済性を考慮し、従来のパッカー車による収集・搬入システムを採用するものとする。

このように中継輸送システムと従来の収集システムを組合せた収集・輸送方式が地中式清掃施設に有効なシステムであると言える。中継輸送システム概念図を図 3.1.4-1 に示す。

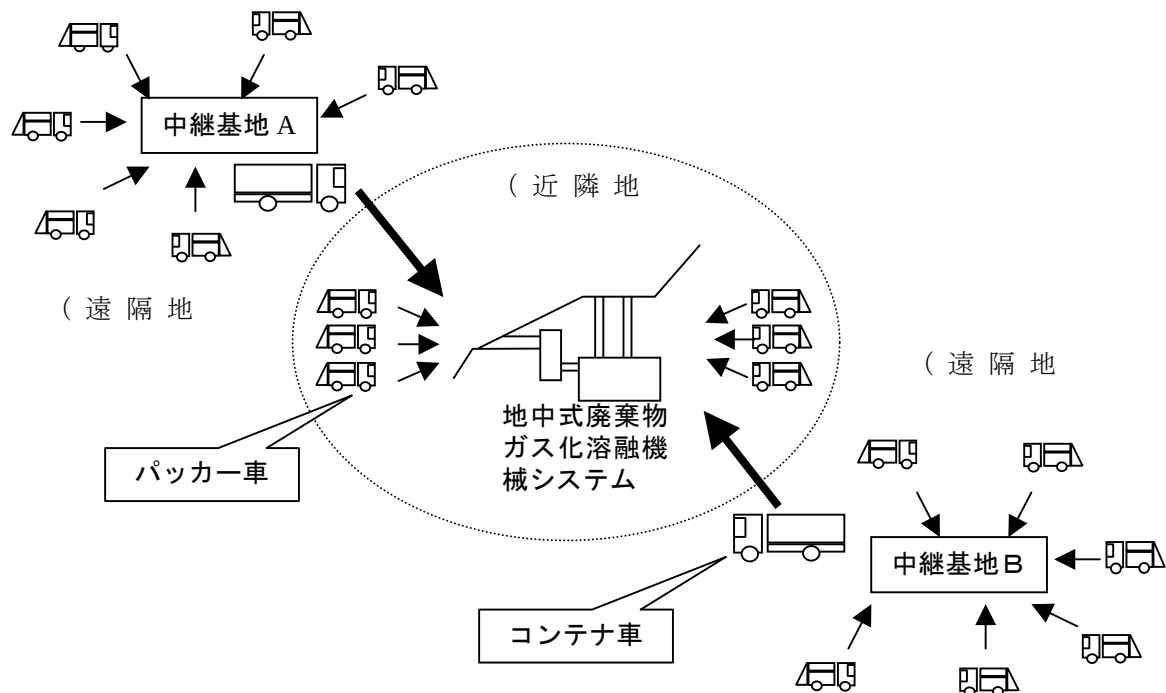


図 3.1.4-1 中継輸送システム概念図

(2) 受入れエリアの最小化の可能性について

地中式清掃施設へのごみの搬入は、遠隔の自治体からは中継基地を利用したコンテナ車で搬入し、近隣の自治体からはパッカー車での直接搬入が最適な収集・運搬システムである。

さらに、地中式清掃施設内へのごみの搬入を、コンテナ単体での搬入に限定した場合の受入れエリアの最小化の可能性について、横坑式の場合において考察する。これは、中継基地に設置するコンテナ移動装置（パレット式等）の技術を利用する。

結果として、コンテナ単体での搬入を採用した場合、機器搬入車両、メンテナンス車両、消防車両等別途車両の通行エリアの確保が必要となり、エリアの拡大につながることになる。

また、近隣の自治体からはパッカー車での搬入を計画しているが、コンテナ単体搬入とする場合、近隣の自治体に中継施設を設置するか、地中式清掃工場入口（トンネル入口）にて中継基地同様のコンパクター設備を設けなければならない。さらに、トンネル内や受入れエリア全体にコンテナの移動装置が必要で、経済的にも設備的にも過大なものとなる。

しかし、受入れエリアの最小化からみればコンテナ単独搬入は好ましくないが、一方で以下の利点が考えられるため、一概に否定することはできない。

- ①車両排ガスの削減
- ②トンネル内での車両事故の低減
- ③搬入ごみによる火災の低減

3-2. 地中構造に関する研究

3-2-1. 地中配置構造

(3) 地中構造の概要と特徴

地中式清掃工場の立地に際しては、従来の地上型と比較して、工費、工期、施工性等に関して、極力劣らない工夫が必要である。当該方式の前提条件として特に重要な点は、対象地点の岩質である。地下に空洞を掘削する基本条件として、空洞の施工上、吹付けロックボルトを基本とすることができ、かつ二次覆工を極力必要としない岩質を有することが前提となる。

当該方式では、地下空洞の掘削ボリュームが大きくなるほど、また掘削の形状が複雑になるほど不利となる。したがって本調査研究では、機械システムに適合した最小の空洞形状を前提として検討を行った。

従来型の地上建屋式清掃工場及び地中式廃棄物ガス化熔融機械システムを形式別に比較したものを、表 3.2.1-1 に示す。

なお本調査研究では、上記方式の中から、地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの構造形式として、縦型方式（立坑式）はⅡ型、横型（横坑）方式は横型を選定した。

(4) 計画地

地中式廃棄物ガス化熔融炉機械システムの地中構造の検討にあたっては、以下の条件を満たす計画地を仮定した。

(ア) 地形条件

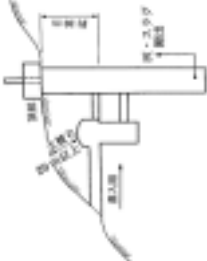
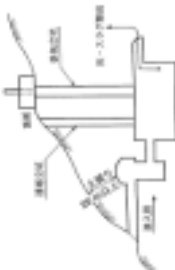
都市近郊の丘陵地であり、部分的に比較的平坦な土地が確保できる場所を計画地とした。計画地はアクセス道路から斜面を隔てた高い位置にあるため、アクセス道路とはトンネルで接続する。また、地上に露出する施設は丘陵地の上に配置し、アクセス道路からは直接見えないよう、景観面に配慮した配置とした。

(イ) 地盤条件

地中部に大空洞及び大深度の立坑を建設することから、計画地の地盤条件としては十分な強度を持った花崗岩が望ましい。ただし、このような条件を満たす場所は少ないことから、若干強度の落ちる新第三期堆積岩（一軸圧縮強度 15N/mm^2 以上）相当の地層から構成される場所を計画地とした。このため、地中部の大空洞及び立坑の建設ではアーチ部及び側壁に覆工コンクリートを施工するものとし、空洞の掘削位置についても十分な隔離距離を確保した。

なお、実際の検討にあたっては断層等の調査を行い、地震時における安全性の観点から、地中部の施設が断層にかからないよう十分配慮する必要がある。

表 3. 2. 1-1 清掃工場の形式別比較

形 式	イメージ図	概 要	地形状の特性	設備上の特性
地上建屋式		- 平坦地を利用した建屋式の施設。 - 完成後の地上部に大規模な構築物が見える。	- ある程度の規模の規模の平坦地が必要。 - 平坦地がない場合は、大規模な造成工事が必要となる。	機械設備の荷重は、水平荷重も含めてすべて架構基礎部に伝えられるので、大きな架構が必要となる。
山岳地中式 「Π型」		- 上部を開削工法で掘削し、下部を立坑式で掘削するため、山岳地中式 H 型及び模型と比較して、建設コストを低減できる。 - 地上から開削工で掘削し、プラットホーム、ごみピット、機械設備の一部を配置。残りの設備を立坑内部に配置。 - 全ての施設を開削工部に設置する方式も地形条件によっては可能である。 - 開削部上部の一部を掘削土砂で覆土することにより、完成後の地上部施設面積を小さくすることができる。	- ある程度の規模の規模の平坦地が必要。 - 平坦地がない場合は、大規模な造成工事が必要となる。	- 排ガス処理設備を地下の下部方向に向けて配置するため、スペースがコンパクトになる。 - 灰・スラグ取出し部は比較的高い位置にあり、他の山岳地中式に比べ、搬出上有利である。
山岳地中式 「H型」		- 斜面を利用した地下構造。 - 管理施設、冷却塔、蒸気復水器等を除く大部分の設備を地下部に配置。 - 立坑内に主要設備を配置。	- 斜面部を有効に利用できる。 - 頂部に立坑掘削のための平坦地が必要。 - 進入路をできるだけ短くするため、ほぼ水平に設置することを条件とすると、進入路レベルと頂部の高低差が 30m 程度必要となる (設備レイアウト上)。 - 進入路レベルか頂部のどちらかに管理施設設置のための平坦地が必要。	- 空洞の構造安定上、ごみピットと炉との間が 10m 以上離れており、ごみ投入ホップと給じん装置の間にごみを搬送するためのコンベアが必要となる。 - 灰・スラグ取出し部が立坑最下部にあり、搬出は垂直コンベア又は灰搬出トンネルにより行う。 - 機械設備の荷重の一部を側壁の岩盤に伝えることができ、架構の縮小化が可能である。
山岳地中式 「模型」		- 同上。 - 横坑内に主要設備を配置。	- 斜面部を有効に利用できる。 - 空洞上の土被りが 20m 以上必要となる。土被りが大きいほど空洞の安定性は向上するが、立坑の長さは長くなる。 - 進入路レベルか頂部のどちらかに管理施設設置のための平坦地が必要。	- 空洞の構造安定上、ごみピットと炉との間が 10m 以上離れており、ごみ投入ホップと給じん装置の間にごみを搬送するためのコンベアが必要となる。 - 灰・スラグ取出し部が横坑最下部にあり、搬出は垂直コンベアにより行う。 - 機械設備の荷重の一部を側壁の岩盤に伝えることができ、架構の縮小化が可能である。

(5) 地中配置構造

地中配置構造の検討は、以下の2ケースについて行った。

- ・ 横型（横坑式）ガス化溶融機械システム
300t/24h（100 t /24h 炉×3 炉）全連続式
- ・ 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム
300t/24h（150 t /24h 炉×2 炉）全連続式

なお、ゴミの搬入方式として広域化に対応したコンテナによる中継輸送システム方式と、計画地周辺からの直接搬入方式の2つが考えられるが、本調査研究では、いずれの方式にも対応できる地中配置構造を検討した。また、地中へのゴミの搬入路とスラグ等の搬出路は別系統とし、計画地の斜面部分からトンネルにより搬入、搬出を行う方式とした。

機械システムの内、復水器、冷却塔、換気口、排気煙突は地上に露出するが、その他の機器はすべて地中に配置し、地上への露出をできるだけ減らすと共に、地上には樹木による緑化を行うことで、周辺への景観的、環境的配慮を行うものとした。

地中配置構造を図 3.2.1-1～3 に示す。

1)横型（横坑式）ガス化溶融機械システムの地中配置構造

横型においては、溶融炉等の施設を3連の並行な横坑部に設置し、これと直行する形でごみピットや管理施設のあるプラットホームを配置した。横坑部及びプラットホームはそれぞれトンネルで連結し、ごみや灰の移送及び人員の移動通路などに使用する。

ごみはコンテナ車又は清掃車両が搬入トンネルを経由して持ち込み、プラットホーム下のごみピットに投入する。ごみピットからは横坑とプラットホームを結ぶトンネル経由で、ベルトコンベアにより3基のガス化溶融炉へ投入される。

灰（飛灰、スラグ、不燃物）については、溶融炉下の最深部で排出され、灰輸送ベルトコンベアで端部の専用トンネルからプラットホームに移送され、コンテナにより搬出する。

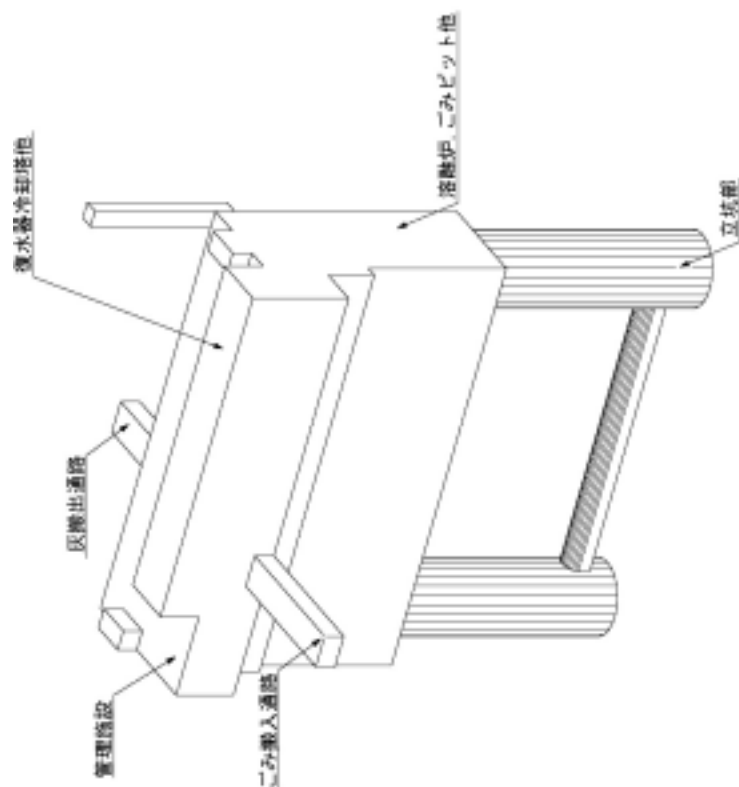
2)縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの地中配置構造

縦型においては、溶融炉、ごみピット、プラットホーム及び管理施設等を含めた大空洞を中央部に配置した。このため、溶融炉はごみピット脇に2基配置し、その下にバグフィルターを入れた2基の立坑を配置した。

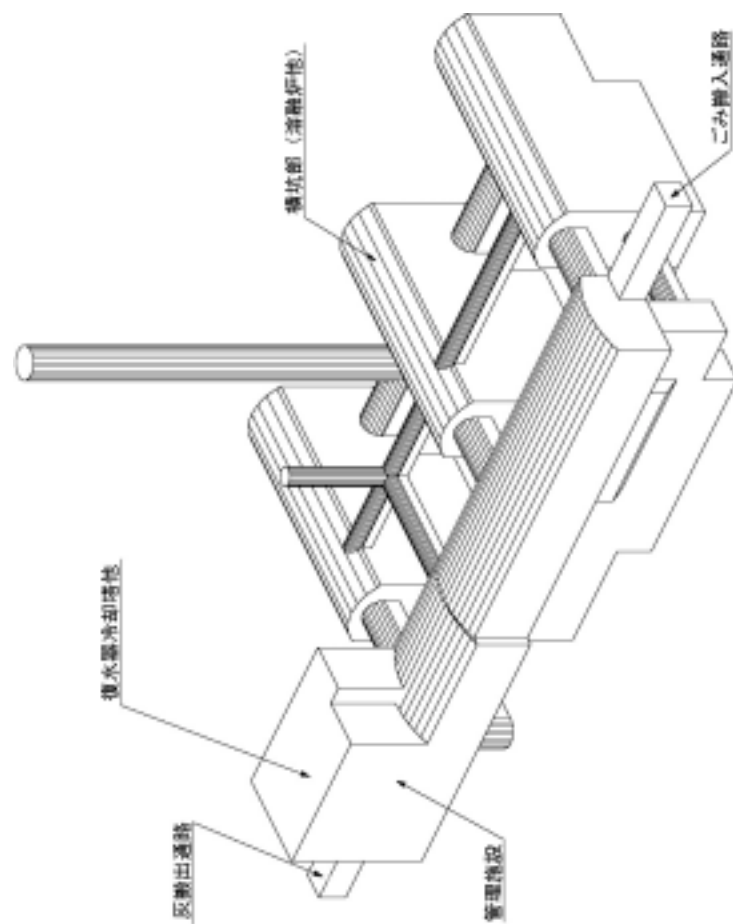
ごみはコンテナ車又は清掃車両が搬入トンネルを経由して持ち込み、プラットホーム下のごみピットに投入する。ごみピットからはベルトコンベアにより両脇の溶融炉に投入される。

灰（不燃物、スラグ）は溶融炉下から排出され、ベルトコンベアによりプラットホーム上に移送され、コンテナにより搬出する。

灰（飛灰）は立坑下の最深部より排出され、鉛直搬送ベルコンによりプラットホーム上に移送され、コンテナにより搬出する。



縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム
300t/24h（150 t /24h 炉×2 炉）全連続式



横型（横坑式）ガス化溶融機械システム
300t/24h（100 t /24h 炉×3 炉）全連続式

図 3.2.1-1 地下構造図

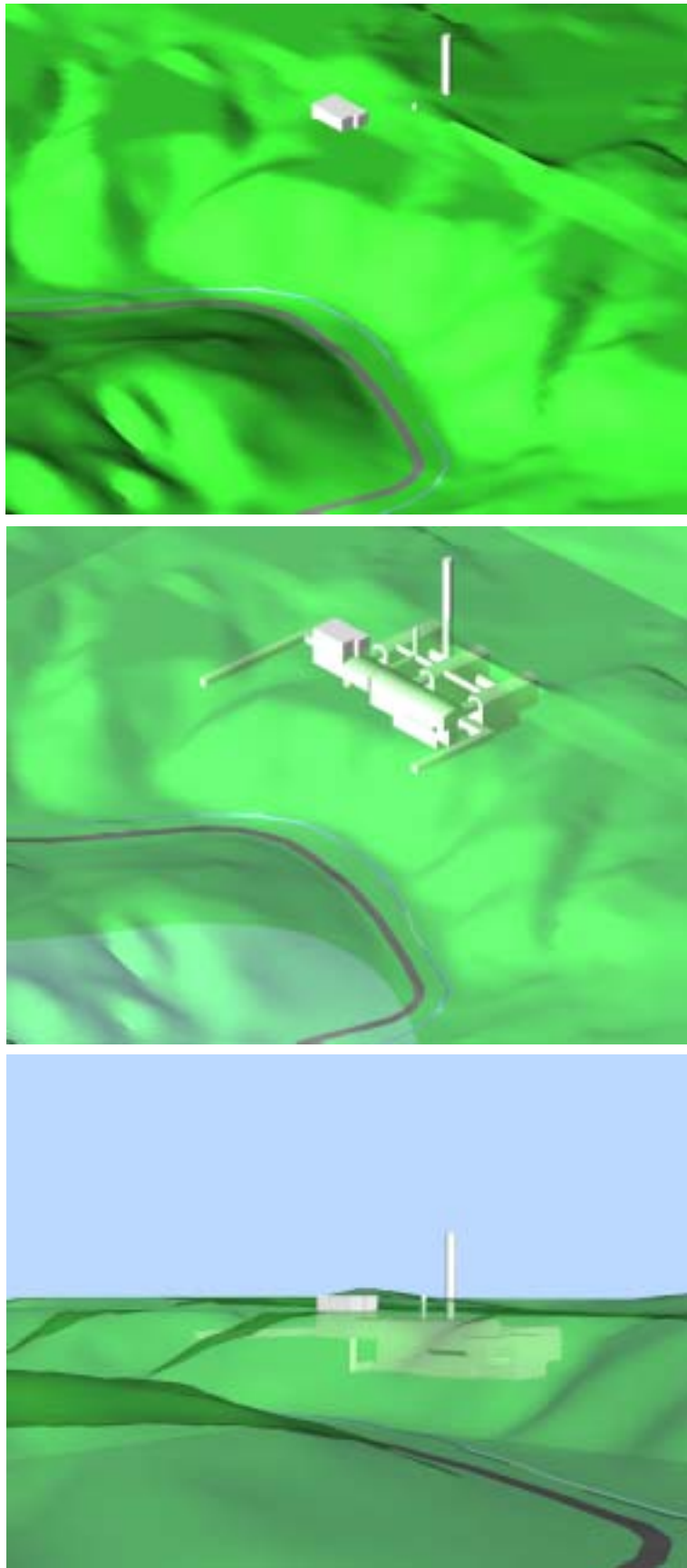


図 3. 2. 1-2 横型（横坑式）ガス化溶解機械システム地下構造パース

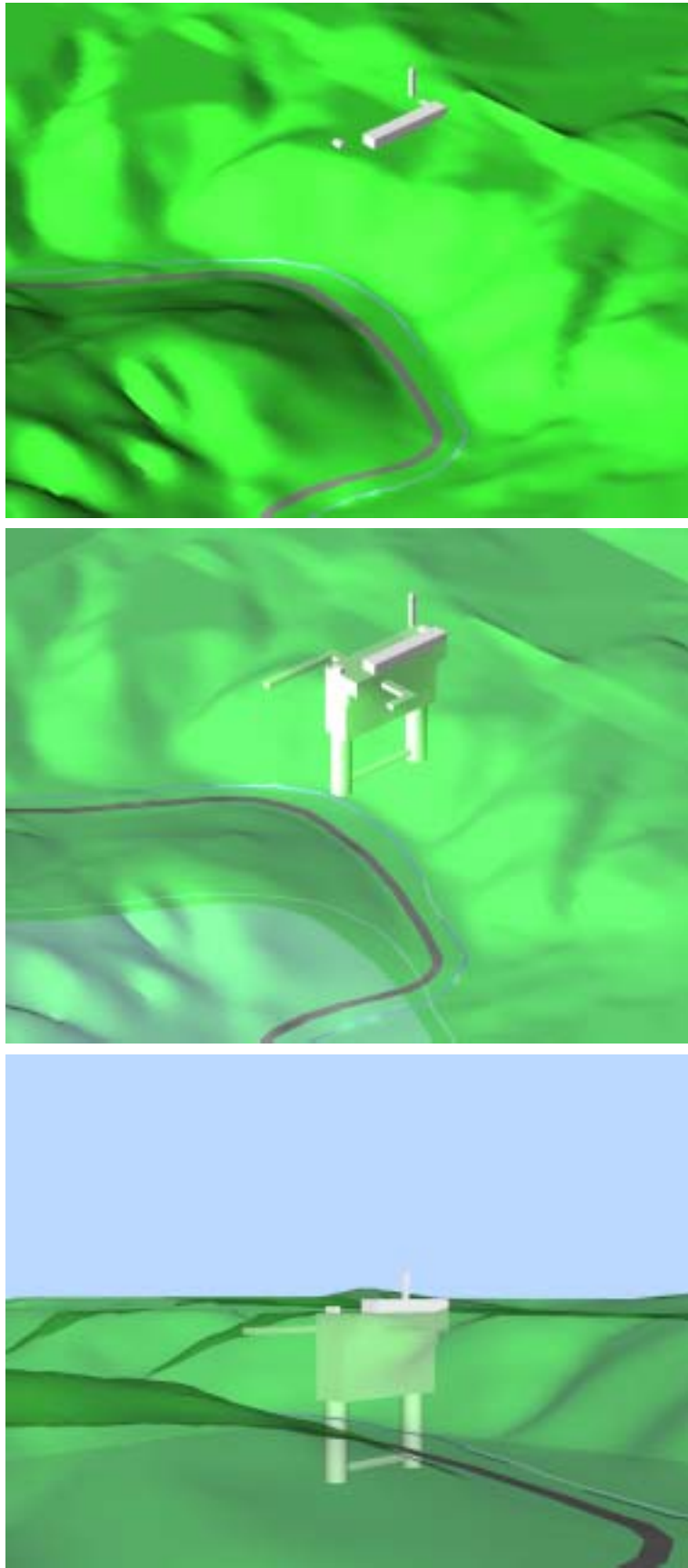


図 3. 2. 1-3 縦型（立坑式）ガス化溶解機械システム地下構造パース

3-2-2. 地中構造の換気システム

地中構造における換気システムについて、最適化、高効率化を目標に、エネルギー有効利用の観点も踏まえて、調査研究を行った。

(1) 換気の方法

換気の方法としては、以下の項目がある。

- ・ 排熱の除去
- ・ 粉じんや臭気の除去
- ・ 燃焼用空気の供給

上記目的のうち、換気量の大小に最も影響するのが、排熱の除去であり、プラント機器から放散される熱量である。地中式施設の場合、その構造上、地上式施設に比べて外気の導入部や排気の排出部に制約が多く、また地中構造の最小化のため、効率的な換気システムの構築が必要となる。

一方、エネルギーの有効利用の観点からは、換気に関わる消費電力等のエネルギーを低減するとともに、廃棄物処理システムから発生する未利用エネルギーを換気システムに活用する必要もある。また地中式は、地中構造の形態の特性上、上下にプラント施設が積み重なる形になるため、排気は煙突効果によって自然通風が可能となり、機械力と自然力の併用によるハイブリッド換気方式を採用できる。

(2) 換気の方法

換気方式には、給気や排気に送風機等の機械力を使用した機械換気方式と、給排気とも自然力を使用した自然換気方式がある。

自然換気は、自然エネルギーを利用するため省エネルギーの点では理想的であるが、安定性に欠けるので、機械換気システムの持つ給排気量の安定性を活かした自然換気と機械換気との併用によるハイブリッドシステムが脚光を浴びている。

(3) 換気システムの効率化

換気システムの効率化としては、換気風量そのものの低減と同時に、換気用機器に高効率機器を採用して省エネルギーを図るとともに、廃熱回収等のエネルギーの有効利用も必要である。

換気風量は、機器からの放熱により暖められた周囲空気を、導入した外気により置換え、室内温度を外気温度に対し所定の温度差に維持するように決定している。このため換気量低減の方策としては、

- ・ 放熱量の低減
- ・ 給気温度と排気温度の差の拡大
- ・ 換気空気のカスケード利用

等がある。

本調査で検討した地中換気システム系統図（縦型）を図 3.2.2-1 に示す。

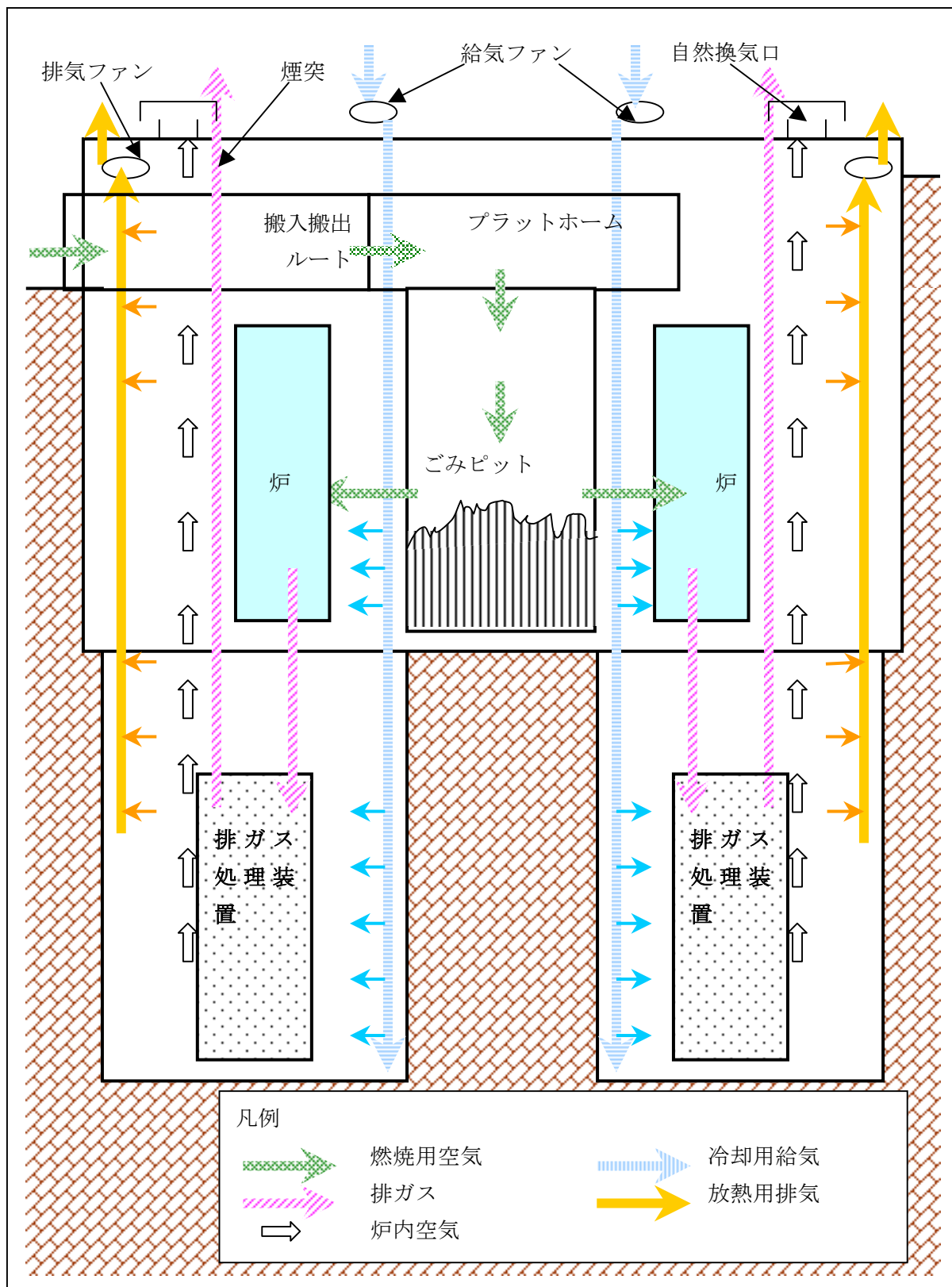


図 3.2.2-1 地中換気システム系統図（縦型）

1)放熱量の低減

機械システムの調査においては、機器類のコンパクト化の検討により放熱量の最小化も進められているが、さらに断熱材の強化等による、より一層の放熱量低減策も必要となる。

2)換気温度差の拡大

外気を利用した換気の場合、外気温度が高温ならば空間内では温度上昇するため、夏季には著しく高温となる。作業環境維持や電子部品等の保護を目的に、所定の温度以下に維持するため、一般的には給気と排気の温度差は10Kを目標としている。

換気量は温度差に反比例するため、給気温度を低下させることができれば風量を削減することが可能となる。導入外気の温度を冷却する方法としては、冷凍システムを用いて冷水を製造し、その冷水により空気を冷却する方式がある。

外気を20℃まで冷却すると温度差は20Kまで可能となるため、温度差は2倍となるので換気風量は50%低減する。

3)カスケード利用

また換気風量低減策として、発熱や発塵の少ないエリアを通過した比較的低温で清浄な排気を、より発熱の大きなエリアに供給すること等の空気のカスケード利用を図ることにより、トータルの給気量を低減することも可能となる。

電気室や計算機室のような発熱のみであり、塵あいや臭気の発生しないエリアは、室内に強制冷却システムを設置することによって換気量を削減することが可能である。

(4) 新型冷凍システムに関する検討

冷水を製造する冷凍システムは圧縮式と吸収式とに大別され、焼却余熱の回収システムとして一般的には吸収式が採用されているが、より低位のエネルギー回収システムとして、吸着式冷凍システムに着目し、調査を行った。廃熱回収システムの概要を図3.2.2-2に示す。

吸収式の場合、最先端の排熱回収用温水吸収式でも温水温度は80℃程度までが下限温度であるが、吸着式は75℃以下の温水でも駆動可能であり、特に発電後のタービンからの復水温度

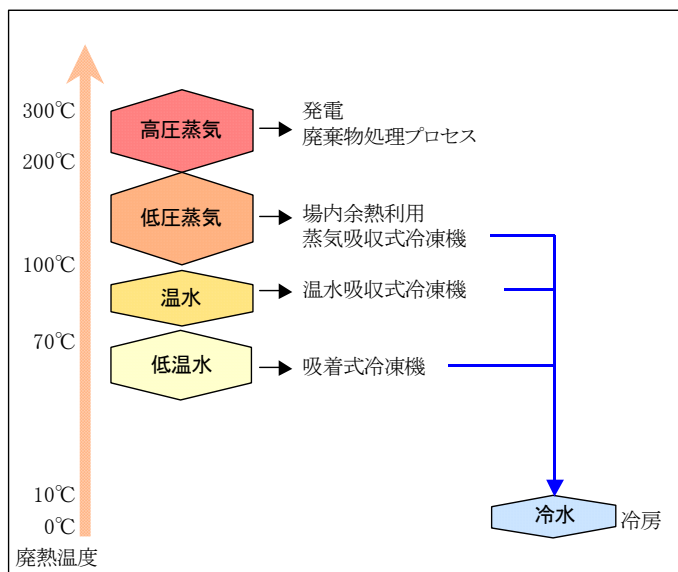


図 3.2.2-2 廃熱回収システム

が 65℃前後であるので、未利用であったこの排熱の有効利用が可能となる。

(5) ケーススタディ

300t/24h の処理能力を持つプラントについて、換気システムのケーススタディを実施した。

1)プラント放散熱量の検討

本調査における横坑式及び立坑式機械システムの放散熱量を算出した。ともに 2,400kW から 2,470kW 程度であるので、本調査では、機械システムからの放散熱量は 2,400kW として検討した。

2)換気システムの検討

ケース 1 として外気を導入し換気する通常換気システム（図 3.2.2-3）と、ケース 2 として外気を冷凍システムによって冷却して換気する冷却換気システム（図 3.2.2-4）との 2 ケースを想定し、それぞれの送風量や換気に要するエネルギー量を試算した。

3)結 論

検討の結果、冷却換気の場合は通常換気に比べて風量は 50%となり、送風に要する電力量は 41.7%減少することとなり、省エネルギーシステムとして有効であることが分かった。さらに、冷凍機から送水される冷水の出入口温度差を、通常の 5 K を 7 ～ 8 K 程度の大温度差とすることにより、冷水系の搬送エネルギーの低減も可能となる。

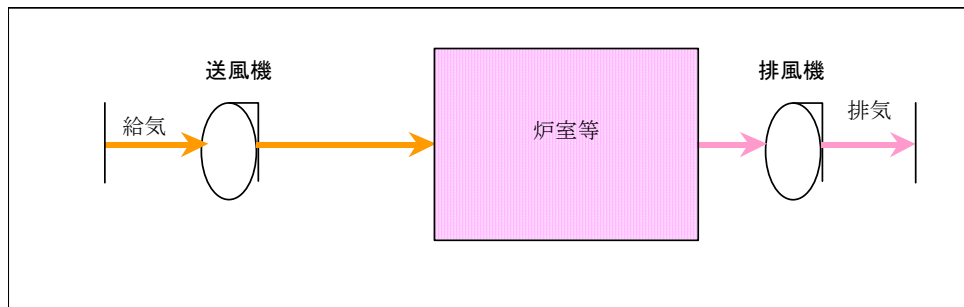


図 3. 2. 2-3 通常換気システム

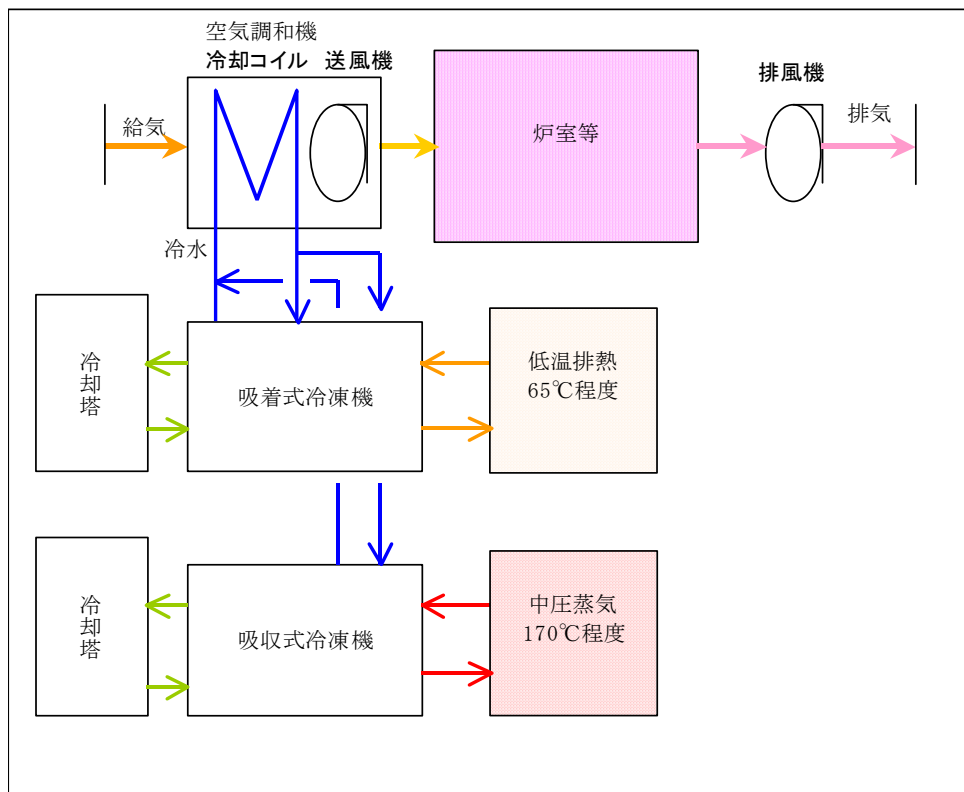


図 3. 2. 2-4 冷却換気システム

3-3. 地中構造における防災システムの研究

3-3-1. 必要とされる防災システムの基本理念

現在、清掃工場は従来のごみ焼却処理施設としての機能だけでなく、熱や電力等のエネルギー、その他の副産物を生み出す生産工場として見直されている。また、ダイオキシン対策等の国の規制強化により、ガス化溶融炉に代表される新しい機械システムが導入されている。一方、清掃事業の広域化に伴い、遠隔自治体からのごみの大容量かつ長距離搬送には、中継基地を活用する等の方策が必要とされている。

今回の研究対象である地中式の清掃工場は、従来型の地上建家式清掃工場と比べて防災面において以下のような特徴が考えられる。

- ①外部へ通じる避難経路および避難方法が制限される。
- ②外部から内部の火災の拡大状況等を把握することが難しい。
- ③密閉性が高く、火災時に熱や煙が充満しやすく、短時間で高温、高濃度となる可能性が高い。
- ④機器類のコンパクト化や遊休・メンテナンス空間の合理化に伴い、プラント全体が狭く設備機器類の配置密度が高い構造となり、火災の被害が大きくなる可能性がある。
- ⑤自治体境界の丘陵地や山岳部に建設するという観点から、火災時に公設消防隊の到着に時間がかかり、また水源の確保及び取水方法等の制限を受ける可能性がある。
- ⑥自然光が入らないため、停電により避難が非常に困難となること。
- ⑦消防隊は、煙の流れる方向に逆らって進入し消防活動を実施しなければならない。
- ⑧消防活動スペースが制限される。
- ⑨現場へ到着するのに相当な時間を要するなど、救助活動等に時間を要することが予想される。
- ⑩地上と地下に活動が分断され、情報連絡がとりにくくなる。また、無線障害の発生が予想される。このため、災害予測や的確・迅速な状況判断ができない。

これらの特徴を考慮して、火災検出、消火、防排煙、避難誘導、防火区画の構成そして消防活動等について、総合的に検討する必要がある。また、機械設備や電気設備等については、異常負荷等に対して自ら安全性の確保に努める必要がある。

3-3-2. 予想される火災性状

地中式清掃工場において、最も火災危険度の高い場所のごみピットであると予想される。また、本調査研究で採用されているガス化溶融炉は、プラスチック類を含む比較的発熱量の高い設計ごみ質を設定しているため、火災が拡大することが想定される。

プラント部においては、電気機器やケーブル等の異常負荷による発熱や発火、又は可燃性ガスや燃料を取り扱う設備機械の異常が原因で火災が発生すること等が想定される。

一般のガス化溶融炉では、熱分解ガスの漏洩による災害が発生することが想定される場合がある。今回の研究で採用されている流動床式ガス化溶融炉は、系内が常に負圧で運転され、また炉内に滞留するごみを常に少量に維持する等により緊急停止時の残留ガスが直

ちに完全燃焼する等、安全性確保の課題解決を技術的対応により図ることが可能であると言える。

その他の火災としては、ごみ搬入路であるトンネル内での車両火災や、居室での火災、施設周辺の森林火災の影響を受けること等が想定される。

3-3-3. 防火区画

防火区画は、地中式清掃工場において火災の拡大防止、煙の拡散防止及び消防活動に最も重要な要素であり、最後の砦と言っても過言ではないと言える。また、換気設備計画、防排煙計画、避難誘導計画、消火設備計画等と密接に関連し、消防活動にも重要な役割を果たすものである。防火区画の計画にあたっては、法令による面積区画や異種用途区画の考え方に加えて、設備している機械等に予想される災害性状、避難経路、安全区画、見学者通路、排煙区画及び消防活動通路等を十分に考慮する必要がある。また、避難路や消防隊活動の導線はすべて陽圧を維持する構造とする。

地中式清掃工場で災害が発生した場合、消防隊は地下深く垂直方向に移動し(縦型は 100 m 以上)、消防活動を行うことになる。各階には、一次安全区画である附室(避難階段及び非常用エレベータ用)を設け、消防活動の拠点としている。また、要所に消防隊の活動前線指揮所を設けることも必要と言える。

3-3-4. 防排煙計画

地中式清掃工場では、排煙方向が地上方向に限られ、また深い地中構造内からの自然排煙が困難であるため、機械排煙を主体とした排煙設備が必要である。また地中構造内で火災が拡大した場合に、消防隊の活動が著しく困難となり消火活動に長時間を要する恐れがあることから、排煙設備用の非常用電源(自家発電設備)は法令以上の考え方で長時間性能を保つ必要があると考えられる。また、火災危険度の高いごみピットやプラント部に対し、居室や見学者通路、階段室とエレベータ附室、避難経路となる安全区画、消防活動主通路、消防活動前線指揮所等を加圧排煙区画とし、煙の進入や拡散を防止して避難者や消防隊の安全を確保する必要があると考えられる。

3-3-5. 避難計画

地中式清掃工場の避難計画については、場内のどこにおいても 2 方向以上の安全な避難経路の確保を大前提とする。また、地中構造内においては、熱や煙の伝搬方向と避難方向が同じ地上方向となることや、地下深くから避難階段を上る体力的及び時間的な問題を考慮する必要があることから、まず各階の安全区画へ水平避難し、さらに独立して稼働している他坑へ移動して地上への垂直避難に移ることを基本とする。

避難経路の確保は、防火区画や防排煙設備と密接に関連して計画する必要がある。各階に独立した防火区画と加圧排煙設備により煙等の進入を防ぐことのできる一次安全区画(避難階段室及び非常用エレベータ附室)を設置し、さらに避難階段室には途中階に防火戸を設けて別の防火区画とし、万一階段室内に熱や煙が進入した場合でも上層階への伝搬

を防ぐ構造とする。

火災時の地中構造内からの避難方法は原則として避難階段によるものとし、火災が発生した立坑の非常用エレベータは防災センター要員及び自衛消防隊の使用を優先とするが、他坑の非常用エレベータは避難にも使用できるものとし、他坑へ水平避難後に非常用エレベータにより垂直避難に移ることが可能である。また、火災の発生した立坑であっても、PHS等の無線機設備や非常電話等により防災センターに連絡を取り、非常用エレベータを避難に使用することが可能である。なお非常用エレベータは、定常時と別系列、別電源のシステムとする。

地中式清掃工場は、特定少数の訓練又は教育を受けた作業員のみが入場する施設であるが、一般見学者の避難について特別な配慮が必要であると言える。原則として、一般見学者には工場関係者が付き添い、中央制御室やごみクレーン操作室より深い地下階には入場させず、地上への避難が容易な環境とする。

3-3-6. 必要とされる防災設備

地中式清掃工場の防災設備は、防災計画を基に環境や予想される火災性状等を考慮し、早期発見と初期消火を原則として最適なものにすることが必要である。また、深い地中構造内における消防隊の安全かつ効率的な活動を支援する設備を充実させる必要がある。地中式清掃工場の形式には横型と縦型があるが、機械設備の配置や地中構造の深さが異なるものの機能は同じであるため、基本的な考え方に大きな差はないと言える。

地中構造での火災は、早期発見による適切な避難誘導と防排煙設備の動作、そして初期消火対応が重要となる。そのため、火災の熱や煙が少ない初期段階でも火災を検出して予備警報を行い、熱量や煙濃度の増加に応じた的確な火災警報を行うことが可能な、熱及び煙アナログ式感知器を設置する。その他、火災時は濃煙により状況把握が困難となることも想定されるため、施設の全てが監視できるＩＴＶカメラ、赤外線センサーを設置する。

また地中構造での火災は、施設の閉鎖性等により一般的な火災であっても消防隊の対応が困難となる恐れがあることから、消火設備にあつては法令以上の考え方で自動起動式消火設備（スプリンクラー設備等）の設置を積極的に計画するとともに、手動起動式にあつても固定式の消火設備（固定泡ヘッド設備や新ガス系消火設備等）を重点的に計画し、安全な別の防火区画から遠隔操作で起動できるようにすることが望ましいと考えられる。

中継基地は地上の施設であり、法令による従来の防災設備を設置又は利用するほか、必要に応じて地中式清掃工場と同じように、ごみピット向けの防災設備を充実させる必要があると考えられる。

消防隊支援設備としては、地中式清掃工場の施設全域に連結送水管設備、無線通信補助設備、非常電話及び非常用コンセント設備を設置する。また、地中式清掃工場内の状態を中央制御室（防災センター）で的確に把握するために、施設の各部及び火災発生の恐れがある部分には監視カメラを設置する。さらに、防災センターと現地の通報連絡が可能なPHS無線機設備を設置する。このPHS無線機設備には、通話だけでなく防災センターにおいて現地の消防隊員の現在位置や活動状態を監視し、また現地の消防隊員にも地中構造

内における自分の現在位置を認識できる等の機能を付加させることが可能と考えられる。

表 3.3.6-1 に地中式清掃工場の防災設備概要を示す。

表 3.3.6-1 地中式清掃工場の防災設備概要

設備 場所	自動火災報知設備	消火設備	その他設備
ごみピット	・赤外線走査式火災検知装置 ・赤外線式火災検知器	・自動照準式放水銃装置 ・側壁型散水ノズル ・高発泡消火設備	
ごみ搬送コンベア (横型)	・赤外線式火災検知器 ・煙アナログ式感知器	・消火器 ・屋内消火栓設備 ・水噴霧消火設備	
プラント部 機械室	・熱及び煙アナログ式感知器 ・防爆型火災感知器 ・ガス漏洩検知器	・消火器 ・屋内消火栓設備 ・スプリンクラー設備 ・水噴霧消火設備 ・泡消火設備 ・新ガス系消火設備 ・粉末消火設備	
電気室	・熱及び煙アナログ式感知器	・消火器 ・屋内消火栓設備 ・新ガス系消火設備	
ごみ搬入路 (プラットホーム)	・赤外線式火災検知器 ・熱アナログ式感知器 ・光ファイバー温度センサー	・消火器 ・消火栓設備 ・水噴霧消火設備 ・泡消火設備	
居室 廊下	・熱及び煙アナログ式感知器	・消火器 ・屋内消火栓設備 ・スプリンクラー設備	
施設全域	・発信機 ・電鈴	・連結散水設備 ・連結送水管設備	・無線通信補助設備 ・非常電話設備 ・非常用コンセント ・PHS等の無線機設備 ・誘導灯設備 ・非常放送設備 ・排煙設備 ・監視カメラ ・感知器の維持点検用昇降式装置 ・非常電源

3-3-7. 火災時の防災対応行動と消防活動

地中式清掃工場において万一火災が拡大した場合は、熱や煙の充満により消防隊の進入や消火活動が非常に危険かつ困難となる恐れがある。よって、地中式清掃工場内での火災は、公設消防隊の到着前に自動起動式の消火設備又は自衛消防隊の迅速な消火活動により、初期の段階で消火することを原則とする必要がある。

しかしながら、万一初期消火の機会を逃してしまった場合の公設消防隊の消火活動は、地中構造内という特殊性を十分に考慮して慎重に行わなければならない。公設消防隊が消火活動のために地中式清掃工場内に進入する場合は、次のような手順と対応が必要であると予想される。

- ①中央制御室（防災センター）を消防活動指揮本部とする。
- ②地中構造内部の火災状況を把握する。
- ③公設消防隊の活動経路を確保する。
- ④公設消防隊と消防活動指揮本部との連絡手段を確保する。
- ⑤消火活動と残留者の救助活動を実施する。

これらの手順と対応に際して、必要と考えられる具体的な方策を以下に述べる。

①への対応

消防隊は、地上の進入口から中央制御室（防災センター）へ入り、同室を消防活動指揮本部に設定する。また、同室は自衛消防隊の本部である。ここには、総合操作盤（火災受信機）を中心としてプラント内機械設備を含む各種の情報設備が設置されている。

②への対応

消防活動指揮本部では、総合操作盤及び各種の情報設備からの情報の確認と自衛消防隊からの報告を受け、構内の危険物の状況も把握の上、消防活動に入る。総合操作盤は、構内に設置してあるアナログ感知器等からの情報がすべてCRT画面上に映し出され、火災発生場所と進行状況がわかるようになっている。

③への対応

消防隊は、装備を確認の上、非常用エレベータを使用して火災現場に向かう。このとき、消防活動前線指揮所までの経路は防火区画され、かつ煙の進入を防ぐ加圧排煙により安全確保がなされている。消防活動前線指揮所は、中央制御室（防災センター）との連絡手段、火災状況等の情報表示及び消防活動に必要な装備（酸素ボンベ等）が常備されている。

④への対応

消防隊は消防活動に必要な支援設備を活用し、現場において消防活動指揮本部との連絡手段として無線通信補助設備の他、PHS無線設備を利用することが可能である。

⑤への対応

消防隊は、消火活動と残留者の救助活動を実施する。消火活動に必要な設備には、連結送水管設備及び非常用コンセント設備等がある。また、排煙設備の活用により煙の充満と拡散を防止して、安全な消防活動を支援する。

4. まとめ

(1) 機械システムの実用化に関する研究

当該研究の基本となる設計と条件並びに機械システムの設定を行い、マテリアルバランスの最小化（排ガス量・ダスト量・排水量・用水使用量の低減）と、それに伴うヒートバランス最適化検討等解析研究を追究した。その結果、排ガス再循環燃焼方式や、従来より減湿度を高めた湿式洗煙塔の実現を可能にし、排ガス量・ダスト量の最小化の課題解決を行った。また地中方式に適合したごみの収集搬送方式として、コンテナを活用した中継輸送システムに基づく効率化を追究し、これらの機器設備の導入を研究し実現性が明らかとなった。

(2) 地中構造に関する研究

上記機械設備の配置を踏まえた地中最適空洞の研究を実施し、都市近郊稜線地形には横坑の空洞構造と機械システムの配置、都市近郊台地地形にはⅡ型の空洞構造（上部＝大空洞構造、下部＝立坑構造）に対する機械システムが適合することが判明した。さらにガス化熔融機械設備、防災システム、換気システム等、各々の要求機能に適合した地中配置と空洞構造を追究した。

また機械システムの排熱を踏まえた熱負荷低減と効率的循環システムに向けて、機械設備の燃焼用、並びに冷却用空気の導入方式と、放熱のための換気の効率的な全体システムの導入研究を行い、省エネルギー化の解決策の可能性を見出した。

(3) 地下構造における防災システムの研究

地中空間での火災を想定した防火区画、避難計画、防排煙計画、火災感知計画、消火計画の基本研究を行い、ガス化熔融機械システム固有の災害を想定した防災システムの追究を行った。また当該構造の中で、最重要防災区画を選定し、予防・避難・消火の各々のシステムに関して問題解決を図る等、当該方式の安全性の確認と可能性を確認した。

5. 調査研究の今後の課題及び展開

一般廃棄物の中間処理施設は環境対策による灰溶融等の義務付け、ダイオキシン対策等による全連続運転化、広域処理化の一連の施策により、一層効率的で安定した技術の確立が望まれている。特に平成9年5月に策定された環衛第173号によって全国の都道府県に対し、平成19年度までに広域化の計画を実施するよう求めた通達の実現に向けて、都道府県の指導の下、該当自治体における広域化に伴う問題点を解消しつつ、広域処理化の計画努力が行われている。

この課題は平成14年12月1日に施行された大気汚染防止法施行令及び廃棄物処理法施行令によるダイオキシン類削減対策の強化と相まって、ますます現実問題としてクローズアップされている。また平成13年に施行された「循環型社会形成推進基本法」をはじめとして、本年はさらに「循環型社会形成推進基本計画」が策定される予定である。したがって、今後は循環型社会を形成する必要性から、廃棄物の中間処理方式として、従来型焼却プラントからサーマルリサイクル性、マテリアルリサイクル性に優れた焼却プラントへの転換が求められている。このようなプラントを構成する機械システムについて、複数の自治体の境界付近への立地を実現し、上記の広域化を達成するためには丘陵地形の中に設置し操業する機械システムの実現が有効である。

当該調査研究では、この技術的な課題を解決するために、都市近郊地形に合わせた地中構造形式の研究を基本に、万一の火災発生に備えた独立操業区画を構成し、かつ発災時等の緊急停止時に熱分解ガス発生が早期に停止する流動床式ガス化溶融機械システムを選定して、マテリアルバランス、ヒートバランス、用水バランスを中心に機械プラントシステムの技術課題の探索とその解決を図った。その結果、プロセスを踏まえた構成機器類と立地、並びに操業の実現可能性を確認した。

(1) 今後の課題

(a) 地中式機械システムに伴う防災のトータルシステム

地中式の焼却プラントは世界的にも極めて稀であり、この安全性を確立することによって海外をリードし得る機械プラント技術が実現する。このため防災の概念としては、上記のように負圧運転制御により熱分解ガス漏洩の懸念がなく、発災時等の緊急停止時にも熱分解ガスの発生が早期に停止する安全性の高い機械プラントシステムの採用に加えて、不特定多数の一般来訪者に対しては設備関係者との歩廊の分離も実現する必要がある。さらに、施設における定常時及び非常時の現位置確認（従業員および消防隊等）と、発災時の各部位における火災事象等を双方向かつリアルタイムに中央制御室と現場で把握確認できるトータルシステムの開発が今後の課題となる。

(b) 地下排熱利用に基づくプラントの熱負荷換気技術

焼却プラントは放熱量が膨大であることから、地中における最適労働環境の維持に向けて換気量の増大が必要となるため、換気システムのさらなる効率化を図る必要が

ある。したがって、焼却プラントの通常排熱に未利用低レベル排熱の有効利用を組み合わせることにより得られる冷熱を利用し、冷却換気を行うことを目的とした「ハイブリッド換気空調システム」の開発によって、この機械プラント技術が実現されることとなる。

(2) 今後の展開

当該調査研究を通じた今後の展開を以下に示す。

(a) 地中式機械システム

機械システムとして、マテリアルバランス（排ガス量、ダスト量）、ヒートバランス、並びに用水バランスの最小化を目指した最適化解析を行った。その結果の一例として湿式洗煙塔の採用によるバランス最小化の可能性を追究したが、同時に蒸発固化装置等の高度排水処理設備の必要性も認識された。今後はごみ処理広域化に関する自治体および広域連合設立準備協議会、もしくは準備室等の基本与条件、並びに地域条件を基本に、地球環境を踏まえたシステムと全体経済性とのライフサイクルエンジニアリングの観点を含めた実現に向けての対応を推進していくこととしたい。

(b) 全体展望

当該調査研究の結果、地中式廃棄物ガス化溶融機械システムについて基本的課題の解決と、実現の可能性が明らかとなり、また実現に向けてさらに開発を必要とする具体的課題が抽出された。すなわち、上記の課題を今後解決することにより、実現に向けて進捗し得るものと考えられる。

また当該調査研究の内容は、これまでにない今後の先進的技術として実用化が望まれるキー技術要素が包含されている。係る観点から当該技術は 21 世紀の社会インフラを踏まえた今後のごみ事業の核となり得ることから、成果の普及を積極的に図って行きたい。

—禁無断転載—

14-R-16

地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶融機械
システムの実用化に関する調査研究報告書

— 要 旨 —

平成 15 年 3 月

作 成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目 4 番 28 号
TEL : 03 (3454) 1311 (代)

委託先 財団法人 エンジニアリング振興協会
地下開発利用研究センター
東京都港区西新橋一丁目 4 番 6 号
TEL : 03 (3502) 3671 (代)

印 刷 株式会社 秀 巧 社