

地域環境共生地中式廃棄物ガス化
溶融機械システムの開発に関する
フ ィ ー ジ ビ リ テ ィ ス タ デ ィ
報 告 書

－ 要 旨 －

平成 16 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、都市、防災、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、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の変化に対応するため、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システム技術開発調査研究事業、システム開発事業、新機械システム普及促進事業等を実施しております。

このうち、システム技術開発調査研究事業およびシステム開発事業については、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推進しております。

本「地域環境共生地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの開発に関するフィージビリティスタディ」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、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成 16 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

21 世紀に入り、我が国は大量破棄型社会から循環型社会への変革期を迎えています。しかしながら我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、我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。さらに、2004 年からは景観法の施行が予定されており、これにより、ごみ処理施設の景観についての議論が進むと考えられます。

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、我が国では行政的、技術的あるいは地球環境的や景観などの幅広い観点から、清掃工場の円滑、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、なら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、地下構造物の耐久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、地球環境共生を実現する地中式ガス化溶融機械システムの開発に関するスタディを行った結果です。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。

本スタディの成果が、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 16 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. スタディの目的	1
2. スタディの実施体制	2
3. スタディ成果の要約	6
3-1. 地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの概要と特徴	6
3-1-1. 地中構造の概要と特徴	6
3-1-2. 機械システムの概要と特徴	10
3-2. 地中式廃棄物ガス化熔融機械システムに伴う 防災インテグレートシステムの試作・検討	22
3-2-1. 地中式廃棄物ガス化熔融機械システムにおける防災の考え方 ...	22
3-2-2. 防災インテグレートシステムの考え方	24
3-2-3. 防災インテグレートシステムの基本構成	26
3-2-4. 防災インテグレートシステムの試作	41
3-2-5. 防災インテグレートシステムの実験	50
3-2-6. 考 察	65
3-2-7. ま と め.....	66
3-3. 換気システムと未利用エネルギーの 有効利用システムの設計・評価	67
3-3-1. 地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの換気システム	67
3-3-2. 未利用エネルギーの有効利用システム	68
3-3-3. 換気システムの設計	70
3-3-4. 新型吸着式冷凍機の開発実験	71
3-3-5. 気流シミュレーション	78
3-3-6. 換気システムの比較検討	80
3-3-7. 検討結果のまとめ	82
3-4. 現地調査	84
3-4-1. 概 要	84
3-4-2. 桜井市グリーンパーク	84
3-4-3. 箕面有料道路山岳トンネル築造工事（北工区）	84
3-4-4. 舞洲清掃工場	85
4. ま と め	86

1. スタディの目的

近年、清掃事業の広域化に向けて、ごみの搬送を含めた自治体間の共生、調整が図られた計画の推進が望まれている。この観点から、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、かつ周辺自治体から各々アクセス可能な立地条件が必要とされている。これらの実現方法として、清掃工場を都市間の相互境界の丘陵地帯、ならびに周辺山間部の地下に立地した手段が有効であり、注目されている。

一方、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、平成 14 年 12 月から開始された「ダイオキシン類対策特別措置法」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。また環境調和を具現化する機械システムの実現として、都市エネルギーの効率的な排熱回収に伴う都市再生に合致したエコシステムの確立も要望されている。

このような背景を踏まえた課題の解消方法として、かつ近年の都市型清掃事業の問題とされている臭気・騒音、ごみ収集車による交通渋滞等の解消方法として、都市後背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が考えられる。当該研究は、平成 14 年度に実施した「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」の成果を基本技術として、各々のハード要素技術と要素実験を含めた開発を行うものである。

すなわち、従来にない新たな機械システムを配列した構造で、環境共生型かつ都市型地中方式の広域化処理施設を構成し、新たな機械システムの実現に向けた技術を確立することを目的とする。

2. スタディの実施体制

本フュージビリティスタディ（以下、「スタディ」と略す）は、財団法人機械システム振興協会内に設けられた「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内に「地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの開発委員会」を設置し、スタディ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。本スタディの実施体制・作業分担を図 2-1 に示す。

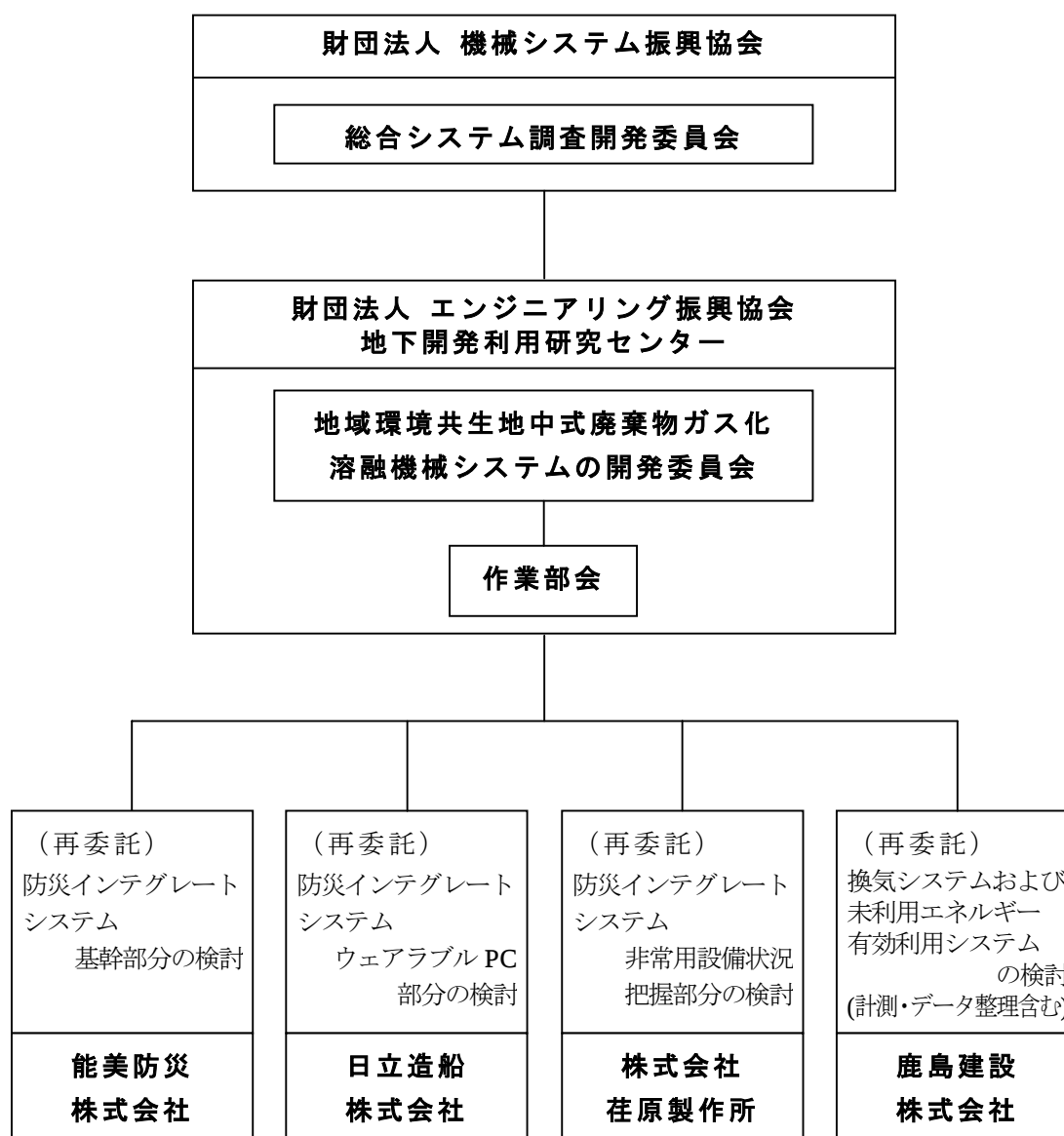


図 2-1 本スタディの実施体制

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 教授 東京多摩学習センター所長	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 つくば中央第2事業所 管理監	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 シニアリサーチャ	志 村 洋 文

**地域環境共生地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの開発
委員会名簿**

（順不同・敬称略）

委員長	武田 信生	京都大学大学院 工学研究科 教授（都市環境工学専攻）
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	石川 龍一	株式会社荏原製作所 環境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 室長
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・鉄構事業本部 技師長
委員	中川 幹雄	鹿島建設株式会社 土木管理本部 土木技術部 部長
委員	藤村 久夫	鹿島建設株式会社 土木管理本部 土木技術部 部長
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 課長補佐
オブザーバ	石井 幸一	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	大滝 義彦	経済産業省 製造産業局 国際プラント推進室 プラント貿易企画一係長
事務局	富田 幸路	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開発
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
	富田 幸路	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	杉山 史一	株式会社荏原製作所 環境エンジニアリング事業本部 環境プラント統括業務室 主任
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	小河 謙二	日立造船株式会社 環境・鉄構事業本部 建設統括本部 電気計装部 部長代理
協力員	飯阪 正俊	日立造船株式会社 環境・鉄構事業本部 システム本部 技術企画部
協力員	稲生 道裕	鹿島建設株式会社 技術研究所 地盤グループ 上席研究員
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 部長
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. スタディ成果の要約

3-1. 地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの概要と特徴

3-1-1. 地中構造の概要と特徴

1) 基本的な考え方

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、同等となる工夫が必要である。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。そこで機械システムに適合した最小の空洞形状を前提としたほか、下記に示す地形条件、地盤条件に基づいて検討を行った。

① 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。

② 地盤条件

地中部に大空洞およ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、地中部の大空洞および立坑の建設ではアーチ部およ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。

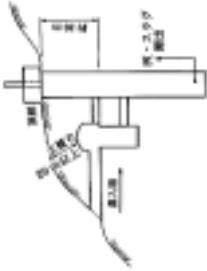
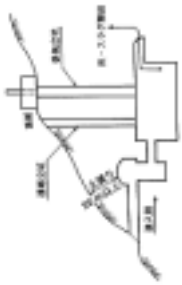
なお、実際の検討にあたっては断層等の調査を行い、地震時における安全性の観点から、地中部の施設が断層にかからないよう十分配慮する必要がある。

2) 地中式構造の形式別比較

従来型の地上建屋式清掃工場および地中式廃棄物ガス化溶融機械システムを形式別に比較したものを、表 3.1.1-1 に示す。

なお本スタディでは、地中式廃棄物ガス化溶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。

表 3.1.1-1 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 型および横型と比較して、建設コストを低減できる。 - 地上から開削工で掘削してプラットホーム、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。 - すべ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また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 「横型」		- 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。

(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フォームを配置した。横坑部およびプラットフォームはそれぞれトンネルで連結し、ごみや灰の移送および人員の移動通路などに使用する。

ごみはコンテナ車または清掃車両が搬入トンネルを経由して持ち込み、プラットフォ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フォ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フォームに移送され、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

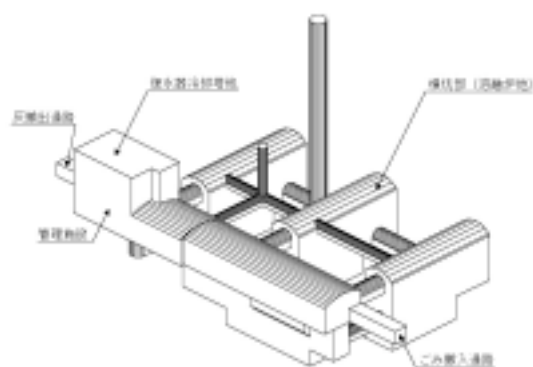
縦型においては、溶融炉、ごみピット、プラットフォームおよび管理施設等を含めた大空洞を中央部に配置した。このため、溶融炉はごみピット脇に2基配置し、その下にバグフィルタを入れた2基の立坑を配置した。

ごみはコンテナ車または清掃車両が搬入トンネルを経由して持ち込み、プラットフォ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。

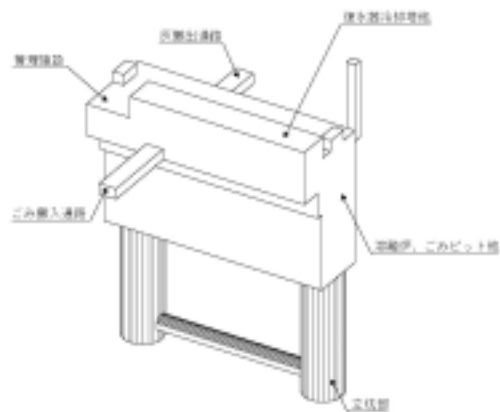
灰（不燃物、スラグ）は溶融炉下から排出され、ベルトコンベアによりプラットフォーム上に移送され、コンテナにより搬出する。

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フォーム上に移送され、コンテナにより搬出する。

地中配置構造を図 3.1.1-1 に、地下構造のパースを図 3.1.1-2 に示す。

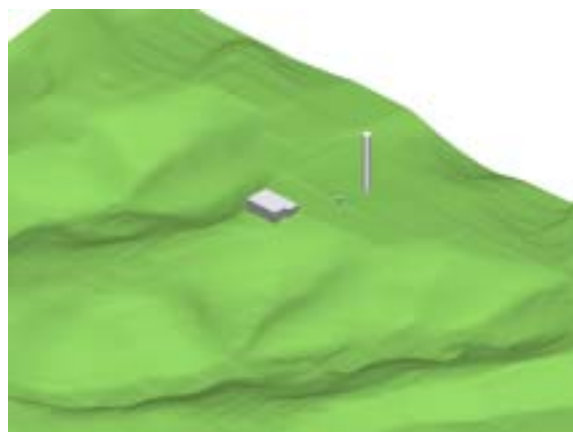


横型（横坑式）ガス化溶融機械システム
300t/24h（100t/24h 炉 × 3 炉）

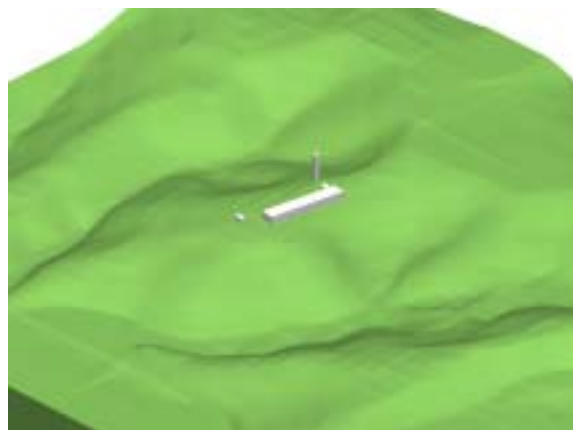


縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム
300t/24h（150t/炉 × 2 炉）

図 3.1.1-1 地中配置構造図



横型（横坑式）ガス化溶融機械システム



縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム

図 3.1.1-2 地下構造パース

3-1-2. 機械システムの概要と特徴

本スタディにおいては、平成 14 年度に実施した「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」に基づいて実施したため、ガス化溶融機械システムの概要と特徴は前述した調査研究に準じるものとした。

1) 流動床式ガス化溶融機械システムの概要と特徴

(1) ガス化溶融機械システムの選定

本スタディにおいては、ガス化溶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溶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。従って、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 3.1.2-1 にその概念図を示し、それぞれの特徴について図 3.1.2-2 に示す。

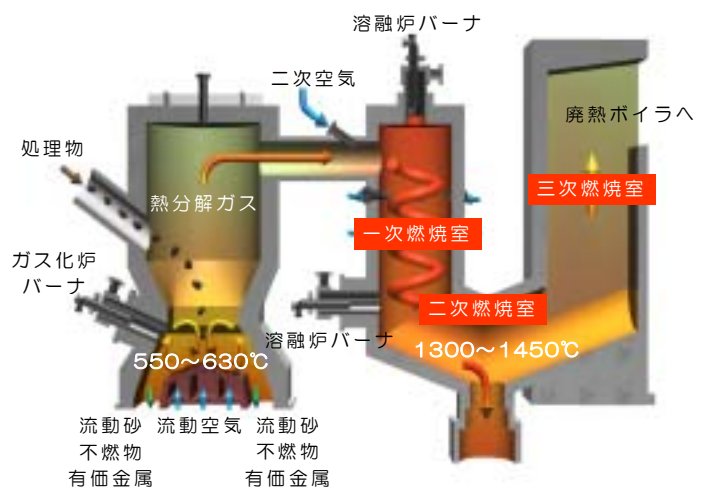


図 3.1.2-1 流動床式ガス化溶融機械システム概念図

流動床式ガス化炉

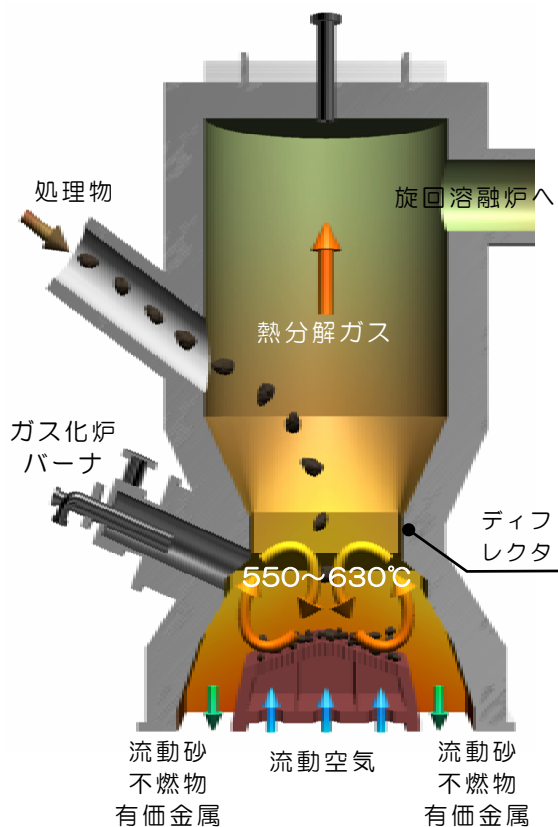
旋回流型流動床ガス化炉は、次の三つの要素により、炉内に機械的移動部を有しないで、流動媒体である砂が、両側から強力に炉中央に向う旋回流を形成する。

- 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



巡回熔融炉

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する。また前躯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

熔融炉内のガスの旋回効果により、熔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

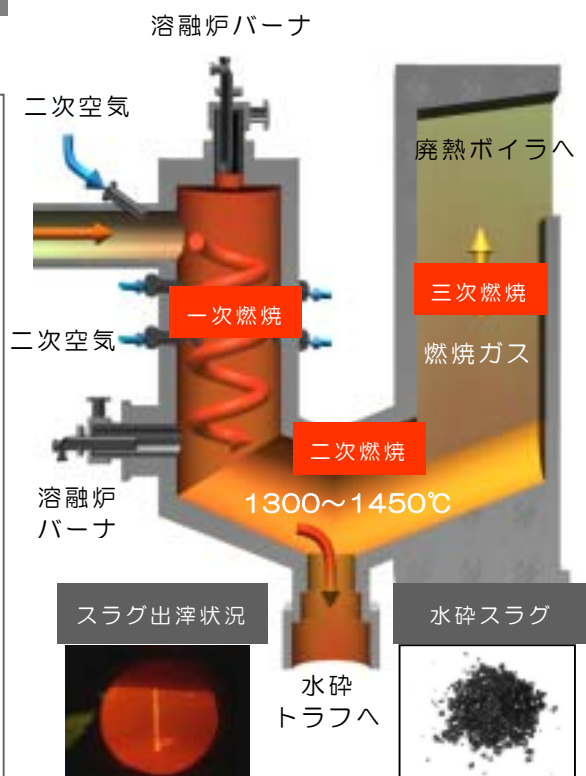


図 3.1.2-2 流動床式ガス化炉および巡回熔融炉

2) 横型（横坑式）ガス化溶融機械システム

地中式清掃工場の横型（横坑式）ガス化溶融システムでは、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。

横型（横坑式）ガス化溶融機械システムの基本与条件を表 3.1.2-1 に示す。横型（横坑式）では、処理能力が 100t/24h 炉の流動床式ガス化溶融炉を 3 炉設置することとし、排ガス処理システムとしては図 3.1.2-3 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を図 3.1.2-4 および図 3.1.2-5 に示す。横型（横坑式）では、ガス化溶融炉本体およ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、処理能力が 100t/24h 炉の設備をそれぞれ 1 炉ずつ配置している。

また、ガス化溶融炉本体およ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、可能な限り小さい空洞となるよう施設配置を工夫した。

3) 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム

従来の地上建屋式清掃工場では、ガス化炉・溶融炉・ボイラおよ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る。

一方、縦型（縦坑式）ガス化溶融機械システムでは、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、地上部に現れる面積も最小とすることが可能となる。

3 炉構成の施設では、ごみピット等とのリンクを踏まえた平面レイアウト上、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。このため本スタディにおいて縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムは表 3.1.2-2 の基本与条件に記載のとおり 150t/24h 炉×2 炉構成とした。縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム処理フローを図 3.1.2-6 に示す。

縦型流動床式ガス化溶融施設は、図 3.1.2-7～図 3.1.2-9 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。

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、できるだけ小さい空洞となるよう施設配置を工夫した。

表 3.1.2-1 横型（横坑式）ガス化溶融機械システムの基本と条件

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処理
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	高圧受電
ごみピット容量	7,500 m ³ （5日分）
ごみ見掛け比重	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

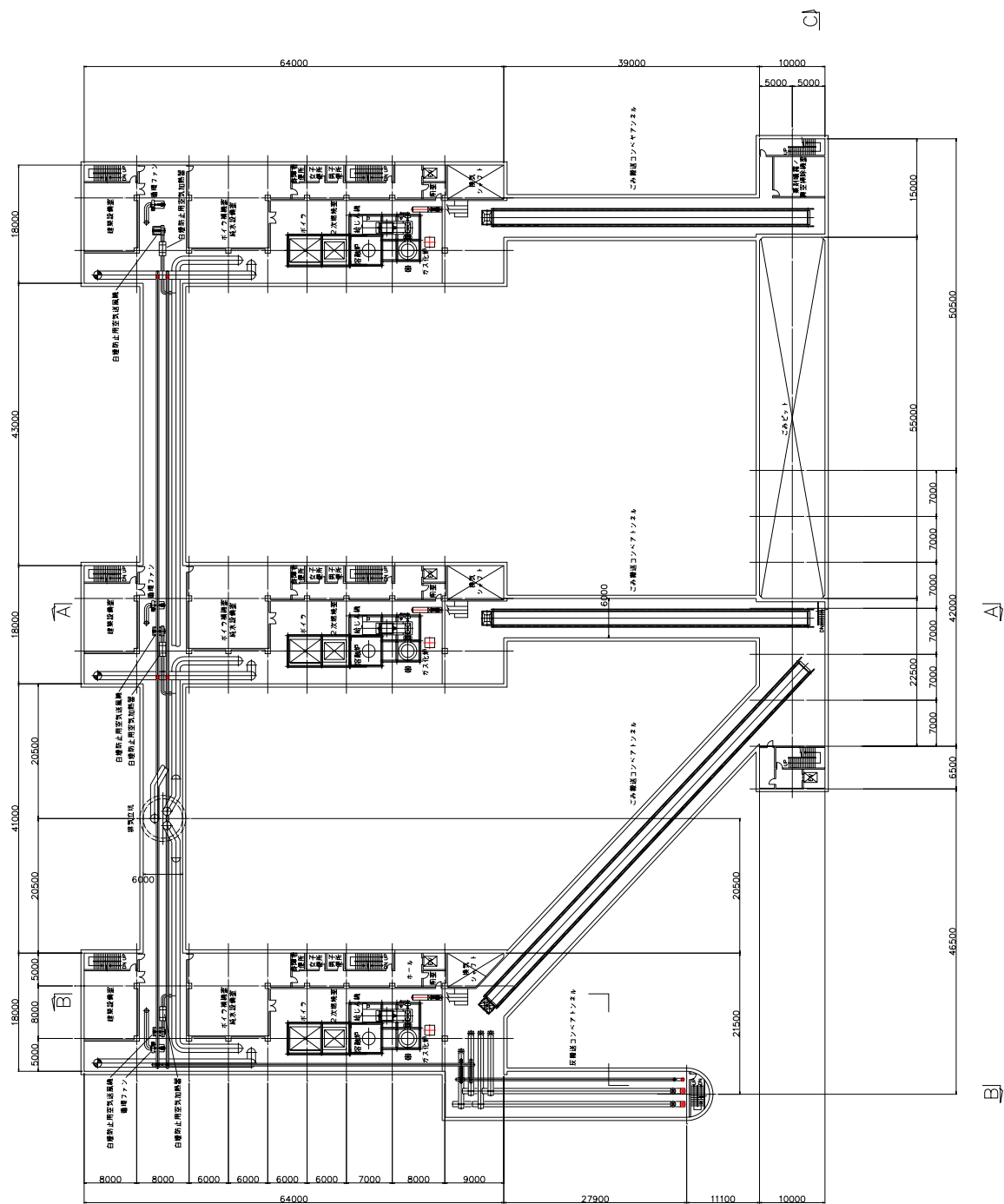


図 3.1.2-4 横型 (横坑式) ガス化溶融機械システム B7FL 機器配置平面図 (1/1,000)

表 3.1.2-2 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの基本与条件

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	
ごみ汚水	炉内噴霧酸化処理
プラント排水	生物処理＋凝集沈殿池＋砂ろ過処理
生活系排水	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	0.01 g/m ³ N以下（O ₂ 12%換算）
硫黄酸化物	20 ppm以下（O ₂ 12%換算）
塩化水素	50 ppm以下（O ₂ 12%換算）
窒素酸化物	100 ppm以下（O ₂ 12%換算）
ダイオキシン類	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

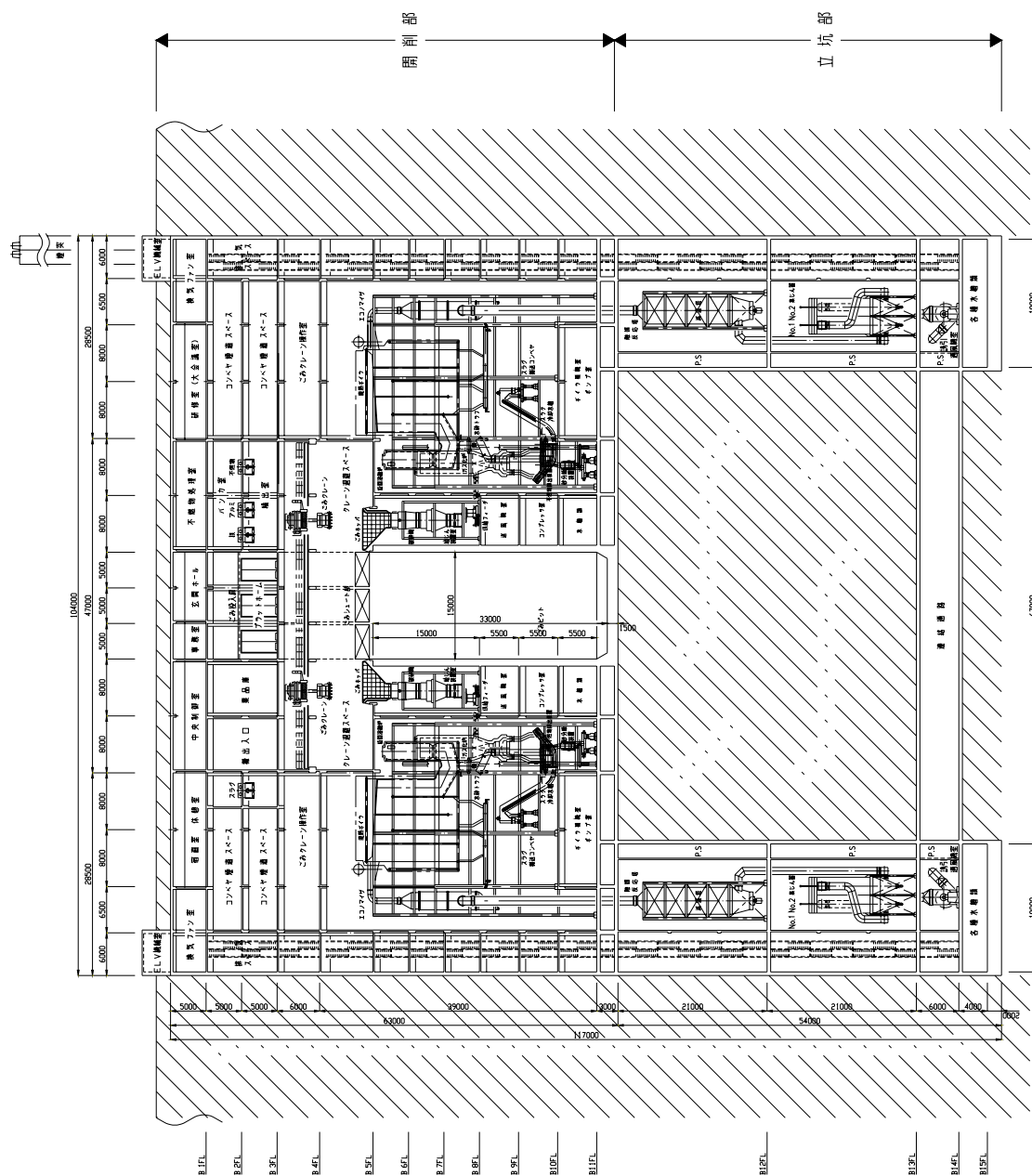
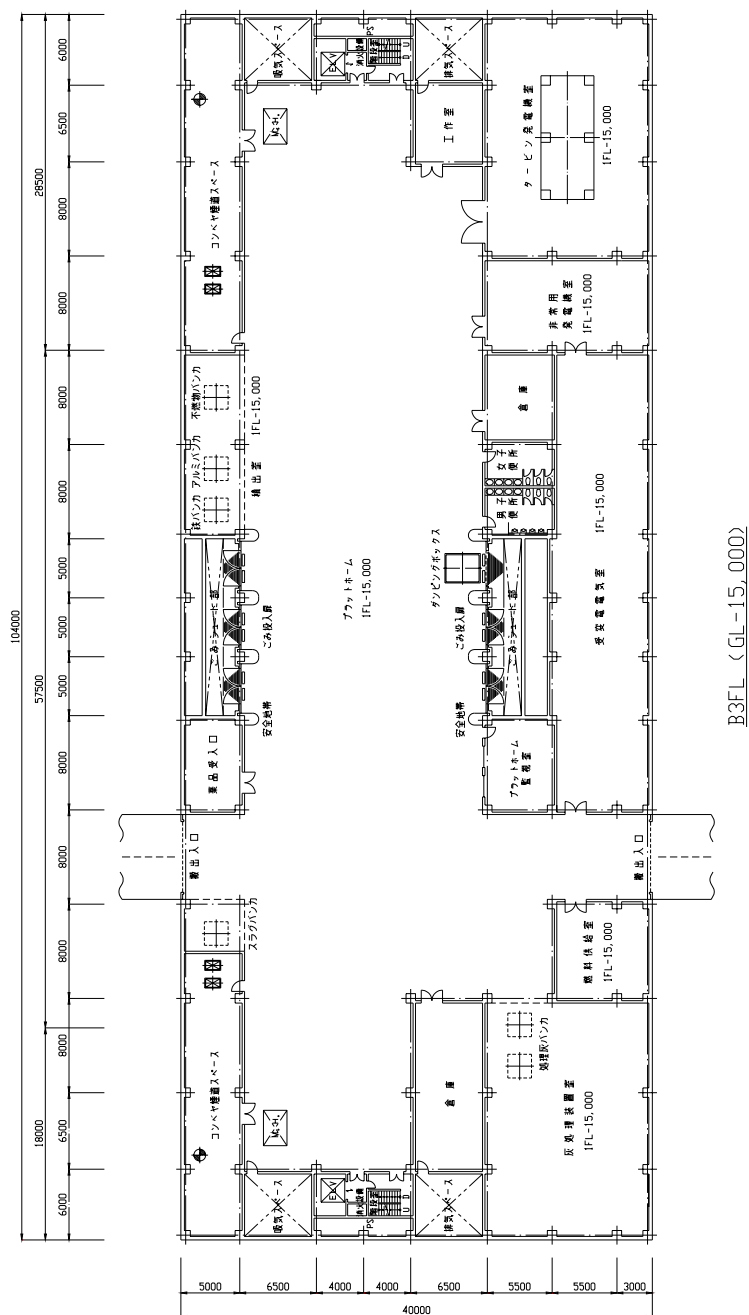


図 3.1.2-7 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム 機器配置断面図（1/1,000）



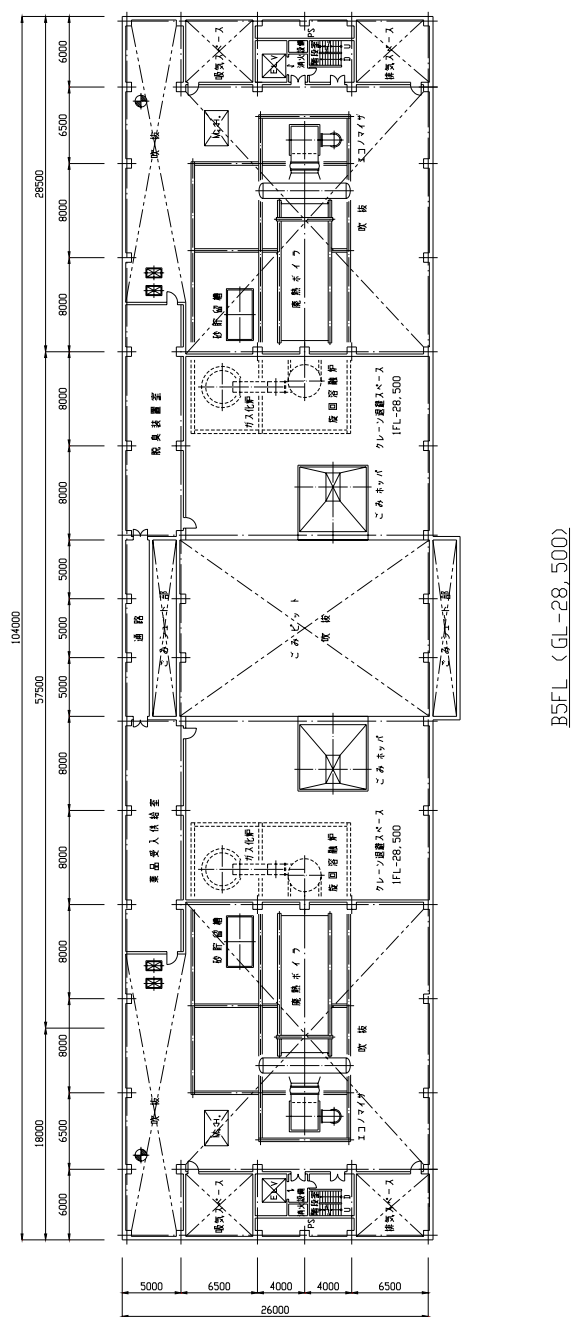


図 3.1.2-9 縦型（立坑式）ガス化溶融機械システム B5FL 機器配置平面図（1/600）

3-2. 地中式廃棄物ガス化溶融機械システムに伴う

防災インテグレートシステムの試作・検討

3-2-1. 地中式廃棄物ガス化溶融機械システムにおける防災の考え方

1) 地下空間として予想される災害性状

地下空間は、今後も数多くの有効な用途とその可能性が見込まれ、地中式廃棄物ガス化溶融機械システムもそのひとつである。しかし、これら地下空間の利用にあたっては、特に防災対策を重視する必要がある。

地下空間を利用した地中施設においては、自動車トンネルや地下鉄施設などでの火災事例が報告されており、地上施設と異なる火災性状や消防活動の困難さが報告されている。

さらに地中施設においては、危険物や可燃物の持ち込みを最小限とし、火気を極力使用しないことが防災面の原則である。しかし、今回のスタディの対象である地中式廃棄物ガス化溶融機械システムは、清掃工場として常時多量の可燃物（ごみ等）が搬入および貯留され、これを焼却処理するという防災面の原則とは相反する一面を持ち合わせていることに注意しなければならない。

また、この地中式廃棄物ガス化溶融機械システムは、従来の地上建屋式廃棄物ガス化溶融機械システムと比べ、防災面において以下のような特徴を有すると考えられることから、万一の避難と消防活動にも配慮が必要となる。

- ① 施設内（地下）から外部（地上）へ通じる避難経路および避難方法が制限される。
- ② 外部（地上）から施設内（地下）の火災の拡大状況を把握することが難しい。
- ③ 密閉性が高いので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 外部（地上）への避難方向と熱や煙の自然伝搬方向が、同じ地上方向である。
- ⑤ コスト面における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、施設全体が狭く設備機器類の配置密度が高い構造となり、火災の拡大が早く、被害が大きくなる可能性がある。
- ⑥ 自然採光などによる外部からの照明が望めないため、非常時も含め視界の確保には昼夜を問わず基本的に内部での人工照明に頼らなければならない。
- ⑦ 外部（地上）から施設内（地下）への、消防隊の進入経路が制限される。
- ⑧ 施設内（地下）においては、無線機などによる外部（地上）との通信手段が制限される。
- ⑨ 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、火災発生時の公設消防隊の到着に時間がかかる可能性がある。

これらの特徴を考慮して、火災の早期発見と初期消火、効果的な防火区画、防排煙、避難誘導、火災発生場所および拡大状況の把握、安全かつ適切な消防活動とその指揮および情報伝達（通信手段）に関わる方策などについて、総合的な計画と対策を実施しておく必要がある。

2) 廃棄物ガス化溶融機械システムとして予想される災害性状

最新鋭の廃棄物ガス化溶融機械システムにおいても、中央制御室での有人監視や施設内巡回による機器の日常点検などによる人員の出入りは依然として存在するため、災害発生時の運転員の被災防止は極めて重要である。

従って、廃棄物ガス化溶融機械システムに関して火災の発生およびその拡大防止のための方策についての検討が必要となるが、まずここでは廃棄物ガス化溶融機械システムとして予想される災害性状に関する検討をシナリオの分析により進める。なお、廃棄物ガス化溶融施設内には運転員のほかに見学者が来場するが、見学者は機械システムを収納している区画へは立ち入らないものとし、ここでの検討においては対象除外とする。

シナリオの分析には、リスク項目・イベントの拡大状況が順を追って把握でき、リスク項目・イベントの進行防止策の立てやすいイベントツリー分析を採用した。この際に、「財団法人 廃棄物研究財団発行 次世代型ごみ焼却処理施設の開発 平成9年度報告書」の手法に則り、本スタディで対象としている廃棄物ガス化溶融機械システムに対して分析を実施した。この結果に基づいて 3-2-3 節で検討を進めているので、リスクイベントツリーの詳細は 3-2-3 節（図 3.2.3-1～図 3.2.3-3）に掲げる。

本リスクイベントツリーにおいてはリスク項目・イベントが右から左へ進行するように表記した。また、リスク項目・イベントの進行を止めるための対策（設計時における対策および運転時における対策）を当該のリスク項目・イベントの下に示した。

なお、本イベントツリーでは最後に引き起こされる事象について、施設の運転に支障をきたす「プラント異常」、機械システムに大きなダメージを与えると同時に当該機器に近づくことと人災を引き起こす可能性のある「災害発生（系内）」、当該機器がある区画にいるだけで人災を引き起こす可能性の大きい「災害発生（系外）」の三段階に分類し、危険性評価の目安とした。

3-2-2. 防災インテグレートシステムの考え方

1) 必要とされる防災システム

地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの防災設備は、地下空間として予想される災害性状ゆえに、火災の早期発見による適切な避難誘導と防火防排煙設備の動作、そして初期消火対応が極めて重要となる。そのため自動火災報知設備や防火防排煙設備、消火設備などにあっては、法令以上の考え方で実施設計を行う必要がある。

すなわち自動火災報知設備と連携する自動起動式消火設備の設置を積極的に計画するとともに、手動起動式消火設備にあっても固定式を積極的に計画し、中央制御室など別の安全な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。

また地下空間での火災は、小規模でも消防活動が困難となる恐れがあることから、深い地中施設内における消防隊の安全かつ効率的な活動と、指揮および情報伝達を支援する設備を充実させる必要がある。

地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの形式には縦型と横型があるが、地中構造と機械システムの配置が異なるものの、防災の考え方に大きな差はないと考えられる。

2) 防災インテグレートシステムの構想

地中式ガス化溶融機械システムは、防災に関わる下記のような設備の設置を計画する。

- ① 自動火災報知設備・防火防排煙設備・ガス漏れ警報設備
- ② 消火設備
- ③ ITV (industrial television) 設備
- ④ 人員位置特定設備・現地映像伝送設備
- ⑤ 非常放送設備
- ⑥ プラント DCS (distributed control system) 設備

これらの設備の制御盤や監視盤は、全て中央制御室内に設置されるが、各々が個別の設備であることから盤類も別々に設置される。そのため、中央制御室要員や消防活動指揮者が総合的な防災情報を把握しようとしても、各設備の盤類を回って個別の防災情報を収集し、位置関係などを照らし合わせて判断しなければならない。これは迅速な現況の把握と、安全かつ効率的な避難誘導および消防活動方針を決定する上での障害要素となり得る性質を有していると考えられる。

この問題を解決する方策の一つとして、防災に関わる全ての設備と連携（情報連結）し、防災情報を一つの監視装置に統合して表示できる防災システムの構築が必要であると考え、防災インテグレートシステム (Integrate System) (以下、「防災 IS」と略す) の構想に至った。

防災 IS の最大の特徴は、中央制御室内に設置する防災 IS 親機の CRT (cathode ray tube) 画面のみで全ての防災情報を把握できるばかりでなく、防災 IS 子機を地中施設内に配置および人員に携行させることにより、地中施設内のどこにいても中央制御室と同じ防災情報を入手できることにある。

図 3.2.2-1 は、地中式ガス化溶融機械システムにおける防災 IS の全体構想図である。防災に関わるすべての設備を LAN (local area network) で接続し、さらに無線 LAN により移動体であっても情報連結を実現するものである。

防災 IS 子機は、災害発生時に消防活動前線拠点となる各階のエレベータホールに固定して設置するほか、移動体である人員が携行することも可能である。

これにより、深い地中施設内において避難や消防活動を行う人員は、中央制御室要員や消防活動指揮者からの指揮および情報に頼るばかりでなく、現場でも入手できる防災情報を自身の安全かつ効率的な行動の判断材料とすることができる。

地中施設内の LAN は、火災によるケーブルの焼損があってもネットワークが切断されないよう、ループ状に構築する。

地中施設の各所に設置される消火設備制御盤などとも接続し、中央制御室においては作動状態の表示だけでなく、遠隔起動および停止操作も可能なものとする。

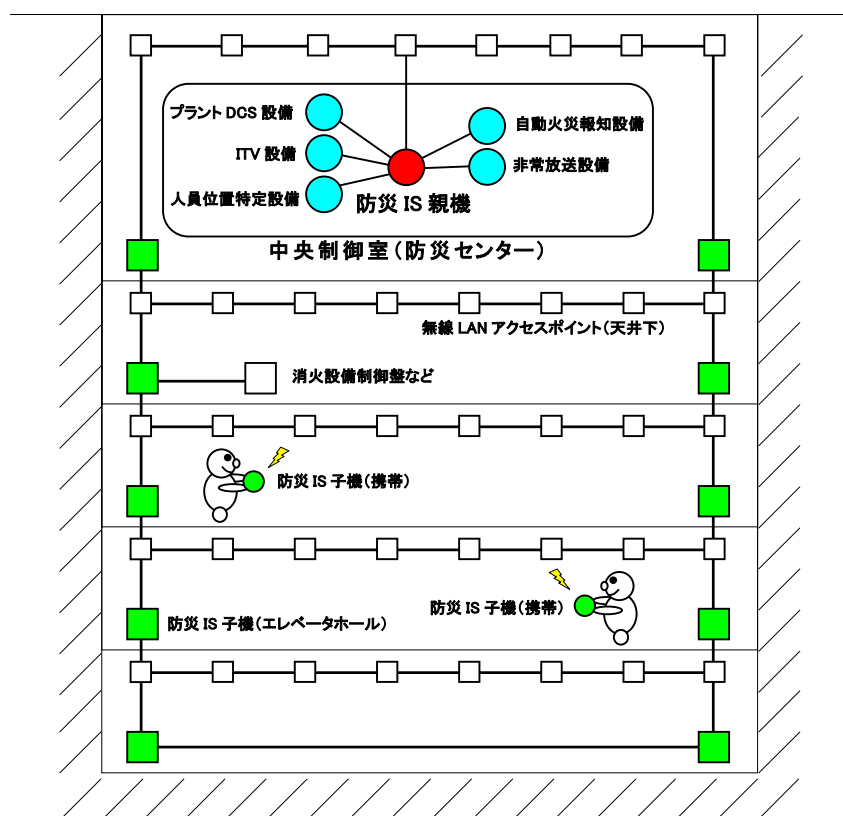


図 3.2.2-1 防災 IS の全体構想図

3-2-3. 防災インテグレートシステムの基本構成

1) 防災インテグレートシステムの地下空間における連携設備

(1) 自動火災報知設備・消火設備

自動火災報知設備は、地中施設内において火災を早期に発見し、かつ熱や煙の拡大状況をリアルタイムで監視する、最も重要な防災設備である。

地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの自動火災報知設備は、火災の熱や煙が少ない初期段階でも火災の発生を検出して注意警報を行い、熱量や煙濃度の増加に応じて火災警報を行うことが可能な、アナログ式の感知器を設置する。

(2) 人員位置特定設備

人員位置特定設備は、火災発生時に地中施設内の人員の所在を特定して、迅速な残留者の把握と、的確な避難誘導に役立てることができる設備である。

また消防活動においては、消防隊員や要救助者の位置を中央制御室にいる消防活動指揮者や現地にいる消防隊員自身が把握し、安全かつ効率的な消防活動の支援に役立てることができる設備である。

(3) ITV 設備

ITV 設備は従来、主に機械システムの運転状態の監視や施設の防犯を目的として設置される設備である。しかし、今回の研究対象である地中式廃棄物ガス化溶融機械システムのように、広大な地下空間を利用する地中施設にあっては、各所の ITV カメラの映像によって避難通路や施設内の火災の拡大状況などを把握し、避難誘導や消防活動の支援に役立てることが必要である。

(4) 非常放送設備

非常放送設備は、主に自動火災報知設備と連携して火災の発生を拡声装置により地中施設内の人員に報知するとともに、人員の避難誘導を指示するための設備である。

しかし、今回の研究対象である地中式廃棄物ガス化溶融機械システムのように、広大な地下空間を利用する地中施設にあっては、最終的な避難場所である地上への避難経路が制限され、また避難者と火災の発生場所との位置関係や避難経路の火災拡大状況などにより、隣接する他坑（他系）への水平避難後に垂直避難へと移行させるような避難指示が必要となるなど、非常放送の内容にも選択と制御が必要であると考えられる。

(5) ウェアラブル PC

ウェアラブル PC は、「着用できるパーソナルコンピュータ」として携帯性と操作性に優れた端末機器であり、従来は主にガス化溶融機械システムの保守点検作業の支援と効率化を目的とする装置である。防災 IS においては、このウェアラブル PC を携行可能な防災 IS 子機として使用する。

2) 廃棄物ガス化溶融機械システムの課題に対して提供される機能

(1) 消防活動の支援のための情報提供機能

プラント施設における火災発生時の消防活動に際しては、被災状況に応じて「プラントの保護を考慮しながら消防活動を実施する」か「プラント機器を放棄し、消防活動および救助活動を最優先とする」かの判断が求められる。特に、地中式廃棄物ガス化溶融施設では、地中空間としての防災面における特徴を有するため、この判断のタイミングが非常に重要であり、わずかな判断の遅れが重大な人身災害を引き起こす要素となりうることが予想される。

3-2-1 節で分類した事象に関する異常信号については、各々下記の事象の発生を示唆している可能性が濃厚であると考えられる。

- ① プラント異常 : 安定運転が阻害されていることを念頭に入れて、状況を把握し行動を開始すべき事象（レベル1とする）
- ② 災害発生（系内）: 初期消火や延焼防止・機器保護の必要性を念頭に入れて、状況を把握し行動を開始すべき事象（レベル2とする）
- ③ 災害発生（系外）: 事態が機器保護を考えず、消火活動および救助活動に専念すべき段階まで達している可能性を念頭に入れて、状況を把握し行動を開始すべき事象（レベル3とする）

この考え方に従って施設全体の災害対策マニュアルを作成し、防災 IS 上でのガイダンス機能に反映させることにより、中央制御室要員が実施すべき対応行動など消防活動の支援のための情報を速やかかつ確実に提供することが可能であると考えられる。

なお、以下においてプラントの運転状態別に検討を進めるが、火災発生確認の際には速やかにプラントを緊急停止させることが基本的な対処法であることは言うまでもない。

(a) プラント稼動時における検討

リスク項目・イベントの進展防止のための監視項目は、3-2-1 節で作成したプラント稼動時におけるリスクイベントツリーに記載のリスク項目・イベントの進行を止めるための対策に着目し、この対策のうち運転に関するものに対応する監視項目を抽出することによって特定した。この結果をリスクイベントツリー上に吹き出しを付して記載したものが図 3.2.3-1 である。

この図で系外のガス検知器や火災報知器の作動を事前に予測できる監視項目については、「災害発生（系内）」ではないが初動活動を開始すべき事象発生を示唆していると考えられるので「レベル2」に分類した。

(b) プラント停止時および緊急停止時における検討

イ プラント停止時およびリスクイベントツリーによる緊急停止時の検討

プラント稼動時の検討と同様に、3-2-1 節で作成したプラント停止時および緊急停止時のリスクイベントツリーに基づいて検討を進めた（図 3.2.3-2）。一般的

に廃棄物ガス化溶融機械システムは施設停止時の炉内に未燃物質の残留があると炉内異常燃焼のリスクがあるが、本スタディで採用した流動床式ガス化溶融方式では、停止工程中に炉内残存物は焚き切られるため施設停止時の炉内に未燃物質は残留しない。

ロ 非常用設備運転の観点からの緊急停止時の検討

プラントの緊急停止には、制御不能などに対応するための運転員による手動停止のほかに、停電、火災、地震等の事態発生による緊急停止が考えられる。これらの事態発生時について、非常用設備に要求される機能は下記のように各々異なる。(ただし、廃棄物ガス化溶融機械システム起因の火災についてはリスクイベントツリーで検討しており、ここでの「火災」は廃棄物ガス化溶融機械システム以外に起因するものにおける対応である。)

- ① 停電： 停電発生時には即座に非常用発電機が起動し、プラント機器の保護に必要な機器を運転するとともに最低限必要な電源を確保する。
- ② 火災： 火災発生時には即座に運転員がプラントを緊急停止させ、プラント機器の保護に必要な機器の運転に切り換えるとともに、延焼防止や消火活動に利用可能な機器の運転を継続する。
- ③ 地震： 地震発生時には感震器によって自動的にプラントが緊急停止し、プラント機器の保護に必要な機器の運転に切り替わる。阪神淡路大震災の例においても清掃工場における機械システムからの火災の発生は見られなかったが、地震発生後の建築設備や坑内の搬入・搬出車両からの火災発生は十分考えられる。よって、機器の破損状況確認後、火災時同様に延焼防止や消火活動に利用可能な機器を運転可能にする必要がある。

なお、地震時の揺れは地中のほうが地上より少ないので、感震器は揺れが大きいと考えられる地上部付近への設置が望ましい。

従って、非常用設備運転時においてはイで検討したリスクイベントツリーからの監視項目のほかに、非常用設備の監視項目として「最低限必要な電源の確保」、「プラント機器の保護」、「延焼防止」、「消火活動への利用」の各機能に対応する監視項目が必要であり、停電、火災、地震については表 3.2.3-1 に示す対応が要求される。

表 3.2.3-1 非常用設備に要求される機能

必要性の観点	停電対応	火災対応	地震対応
最低限必要な電源の確保	○	—	—
プラント機器の保護	○	○	○
延焼防止	—	○	○
消火活動への利用	—	○	○

ハ プラント起動時における検討

プラント稼動時やプラント停止時の検討と同様に、3-2-1 節で作成したプラント起動時のリスクイベントツリーに基づいて検討を進めた（図 3.2.3-3）。プラント起動時特有の、失火により炉内で燃料の不完全燃焼が引き起こされる可能性が考えられるので、燃料が不完全燃焼とならないよう排ガス性状の監視と起動バーナの監視が必要である。

(2) 防災インテグレートシステムに表示するプラント DCS の信号

プラント DCS からの信号を防災 IS 上に表示する際には、迅速かつ確実にその危険性や緊急性を認識できなければならない。この手段として、視覚的に認識できるように、あらかじめ危険性や緊急性を区分してそのレベルに応じて表示形式を変更することが有効である。この考え方にに基づき、危険性および緊急性を次のように区分する。

① 危険表示区分

(1)項で廃棄物ガス化熔融機械システムにおいて予測される危険事象に対して「レベル 1」、「レベル 2」、「レベル 3」の 3 レベルに分類した。これに基づき防災 IS 上では表示形式（文字色や大きさなど）を変更することにより、ガイダンス機能による行動手順の表示と同時に表 3.2.3-2 に示すように行動の重要性を視覚的に表示することができる。

② 緊急表示区分（警報表示区分）

(1)項で抽出した監視項目の異常は、「危険事象の予兆を示唆する信号」と「危険事象が発生したことを示唆する信号」が混在している。従って「レベル 1」、「レベル 2」、「レベル 3」の表示区分のほかにこれらを分類する必要がある。防災 IS 上では前者を“軽警報”、後者を“重警報”とすることにより、両者を区別して表示するものとする。

表 3.2.3-2 危険表示区分

危険表示区分	発生事象	必要な行動
レベル 1	安定運転を阻害する可能性の高い事象	安定運転を阻害する原因の特定と対処
レベル 2	初期消火や延焼防止・機器保護が必要な可能性の高い事象	プラント機器に与えるダメージを考慮しながらの消火活動
レベル 3	機器保護を考えず、消火活動および救助活動に専念すべきとの判断が要求される可能性の高い事象	機器保護を考えず、消火活動または救助活動を最優先とする活動

これらの区分をプラントの運転状態ごとに整理したものを表 3.2.3-3～表 3.2.3-5 に、警報表示文字の例を表 3.2.3-6 に示す。なお表 3.2.3-6 には備考として、本スタディにおける防災 IS の試作での表示方法を記載した。また、表 3.2.3-3～表 3.2.3-5 に示した監視項目のほかに各設備が運転中であるのか、または停止中であるのかを示

す設備の運転状態表示も緊急停止の確認や消火活動中の現場把握に重要であり、防災 IS 上で状況が確認可能とすべきである。

表 3.2.3-3 プラント稼動時における防災 IS の表示区分

必要監視項目	危険表示区分			警報表示区分		備考
	レベル 1	レベル 2	レベル 3	軽 警報	重 警報	
(1)ガス化炉温度監視 (砂層温度含む)	○			○		
(2)ガス化炉内圧力監視	○			○		
(3)流動空気圧力監視	○			○		
(4)熔融炉温度監視	○			○		
(5)熔融炉底部温度監視		○		○		
(6)ボイラドラム水面監視	○				○	
(7)出滓口温度監視	○			○		
(8)出滓口 ITV 監視	○			○		画面目視
(9)出滓口冷却装置監視 (水量、水温、圧力)		○		○		
(10)スラグ冷却水監視 (水量、水温、圧力)	○			○		
(11)排ガス O ₂ 、CO 濃度監視	○				○	
(12)音検知器監視 (機器)	○				○	熔融炉水冷部
(13)坑内換気設備状態監視※		○		○		建築側 からの出力
(14)坑内ガス検知装置監視※			○	○		建築側 からの出力
(15)ごみピット、ごみコンベヤ 煙・火炎検知器監視		○	○		○	火災報知側 からの出力
(16)破砕機 ITV 監視	○			○		画面目視
(17)音検知器監視 (破砕機など)		○			○	高速回転式の場合
(18)搬出入路※、プラットホーム ITV 監視		○		○		画面目視
(19)搬出入路※、プラットホーム 煙・火炎検知器監視			○		○	火災報知側 からの出力

※：地中式であるがゆえに重要性が大きくなる監視項目

表 3.2.3-4 プラント停止時および緊急停止時における防災 IS の表示区分

必要性の 観点		必要監視項目	停電 対応	火災 対応	地震 対応	危険表示 区分			警報表示 区分	
						レベ ル 1	レベ ル 2	レベ ル 3	軽 警報	重 警報
停止時・緊急停止時対応	リスクイベント・項目の 進行阻止	(11)排ガス O ₂ 、CO 濃度監視	○	○	○	○				○
		(13)坑内換気設備状態監視※	○	○	○		○		○	
		(14)坑内ガス検知装置監視※	○	○	○			○	○	
		(15)ごみピット、ごみコンベヤ 煙・火炎検知器監視	○	○	○		○	○		○
		(18)搬出入路※、プラットホーム ITV 監視	○	○	○		○		○	
		(19)搬出入路※、プラットホーム 煙・火炎検知器監視	○	○	○			○		○
緊急停止時対応	最低限の必要な 電源の確保	非常用発電機 および補機類異常	○				○			○
		CVCF 電源異常 (無停電電源装置)	○			○				○
	プラント機器の保護	ボイラ給水ポンプ異常	○	○	○		○		○	
		脱気器給水ポンプ異常	○	○	○		○		○	
		蒸気復水器異常	○	○	○	○			○	
		機器冷却水揚水ポンプ異常	○	○	○	○			○	
		機器冷却水冷却塔異常	○	○	○	○			○	
		蒸気タービン 補助油ポンプ異常	○	○	○	○			○	
		蒸気タービン補機 ドレン回収ポンプ異常	○	○	○	○			○	
		計装用空気圧縮機異常	○	○	○	○			○	
		計装用除湿器異常	○	○	○	○			○	
	延焼防止	ごみ投入扉駆動装置異常		○	○		○		○	
	消火活動への利用	プラント用水揚水ポンプ異常		○	○		○	○		○

※：地中式であるがゆえに重要性が大きくなる監視項目

表 3.2.3-5 プラント起動時における防災 IS の表示区分

必要監視項目	危険表示 区分			警報表示 区分		備考
	レベル 1	レベル 2	レベル 3	軽 警報	重 警報	
(11)排ガス O ₂ 、CO 濃度監視	○				○	
(13)坑内換気設備状態監視※		○		○		建築側 からの出力
(14)坑内ガス検知装置監視※			○	○		建築側 からの出力
(15)ごみピット、ごみコンベヤ 煙・火炎検知器監視		○	○		○	火災報知側 からの出力
(18)搬出入路※、プラットホーム ITV 監視		○		○		画面目視
(19)搬出入路※、プラットホーム 煙・火炎検知器監視			○		○	火災報知側 からの出力
(20)起動バーナ状態監視	○			○		

※：地中式であるがゆえに重要性が大きくなる監視項目

表 3.2.3-6 防災 IS 上でのプラント DCS の警報表示

必要性 の観点	監視項目	防災 IS での表示例	備考
リスクイベント・項目の 進行阻止	(1)ガス化炉温度監視 (砂層温度含む)	ガス化炉温度異常	試作では「ガス化炉異常」で一括表示
	(2)ガス化炉内圧力監視	ガス化炉炉内圧異常高	
	(3)流動空気圧力監視	流動空気圧力異常低	
	(4)溶融炉温度監視	溶融炉温度異常	試作では「溶融炉異常」で一括表示
	(5)溶融炉底部温度監視	溶融炉底部温度異常高	
	(6)ボイラドラム水面監視	ボイラドラム水面異常低	試作では「ボイラ異常」と表示
	(7)出滓口温度監視	出滓口温度異常低	試作では「出滓口異常」で一括表示
	(8)出滓口 ITV 監視	－(画面目視)	
	(9)出滓口冷却装置監視 (水量、水温、圧力)	出滓口冷却装置異常	
	(10)スラグ冷却水監視 (水量、水温、圧力)	スラグ冷却水異常	
	(11)排ガス O ₂ 、CO 濃度監視	排ガス異常	排ガス O ₂ 濃度異常低と排ガス CO 濃度高を一括表示
	(12)音検知器監視 (機器)	スラグ冷却部水蒸気爆発	
	(13)坑内換気設備状態監視	坑内換気設備故障	建築側信号
	(14)坑内ガス検知装置監視	坑内ガス検知	建築側信号
	(15)ごみピット、ごみコンベヤ 煙・火炎検知器監視	ごみピット、ごみコンベヤ 火災発生	火災報知側信号
	(16)破砕機 ITV 監視	－(画面目視)	
	(17)音検知器監視 (破砕機など)	破砕機爆発	
	(18)搬出入路、プラットホーム ITV 監視	－(画面目視)	
	(19)搬出入路、プラットホーム 煙・火炎検知器監視	搬出入路、プラットホーム 火災発生	火災報知側信号
	(20)起動バーナ状態監視	起動バーナ異常	試作では「ガス化炉異常」または「溶融炉異常」で一括表示
緊急停止時対応	非常用発電機および補機類	非常用発電機異常	
	CVCF 電源 (無停電電源装置)	CVCF 電源異常	
	ボイラ給水ポンプ	ボイラ給水ポンプ異常	試作では「ボイラ給水異常」で一括表示
	脱気器給水ポンプ	脱気器給水ポンプ異常	
	蒸気復水器	蒸気復水器異常	
	機器冷却水揚水ポンプ	機器冷却水揚水ポンプ異常	試作では「機器冷却水異常」で一括表示
	機器冷却水冷却塔	機器冷却水冷却塔異常	
	蒸気タービン補助油ポンプ	蒸気タービン補機異常	一括表示
	蒸気タービン補機ドレン回収ポンプ		
	計装用空気圧縮機	計装用空気圧縮機異常	試作では「計装用空気異常」で一括表示
	計装用除湿器	計装用除湿器異常	
	ごみ投入扉駆動装置	ごみ投入扉異常	
	プラント用水揚水ポンプ	プラント用水異常	

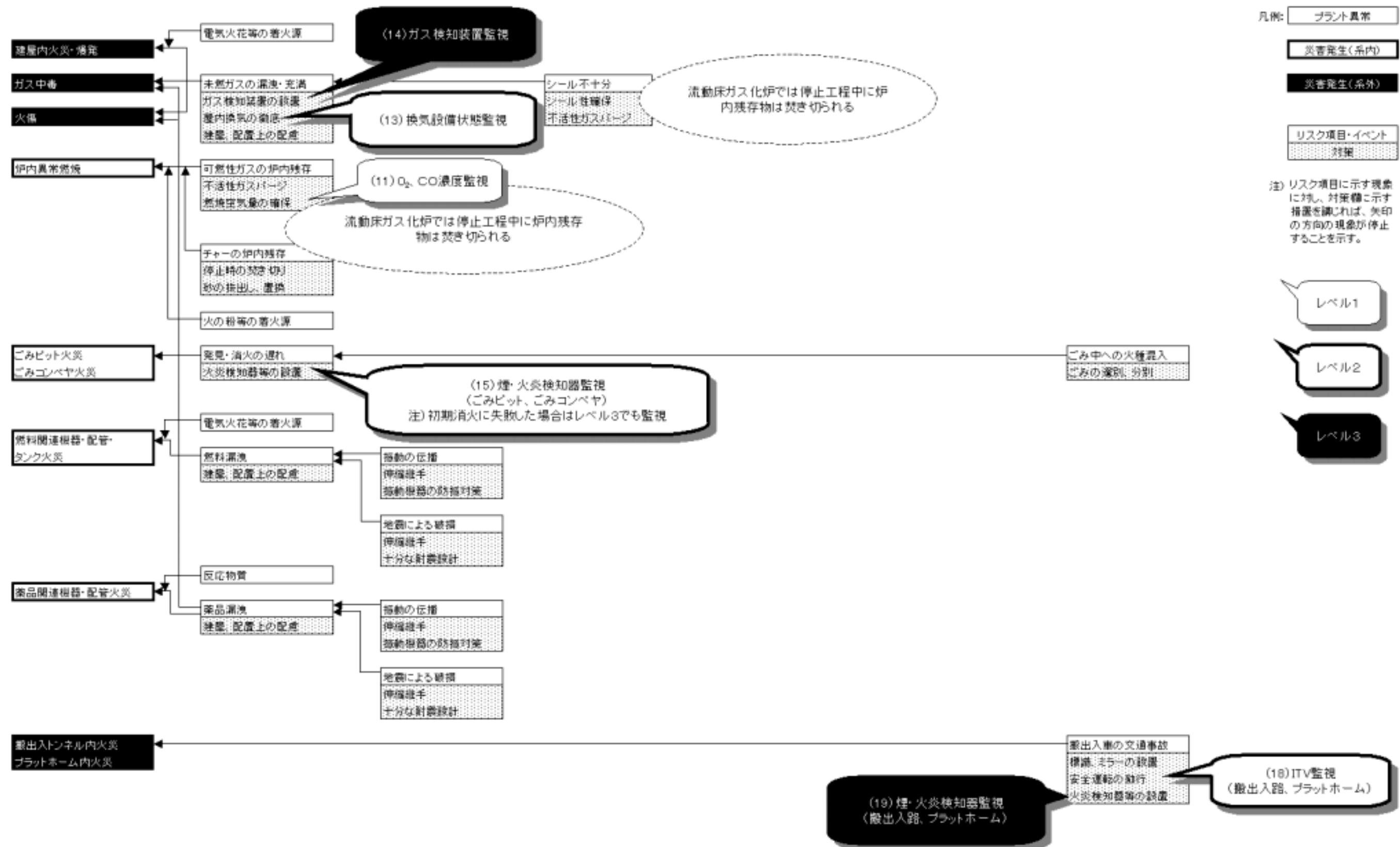


図 3.2.3-2 リスクイベントツリーより特定される監視項目（プラント停止時および緊急停止時）

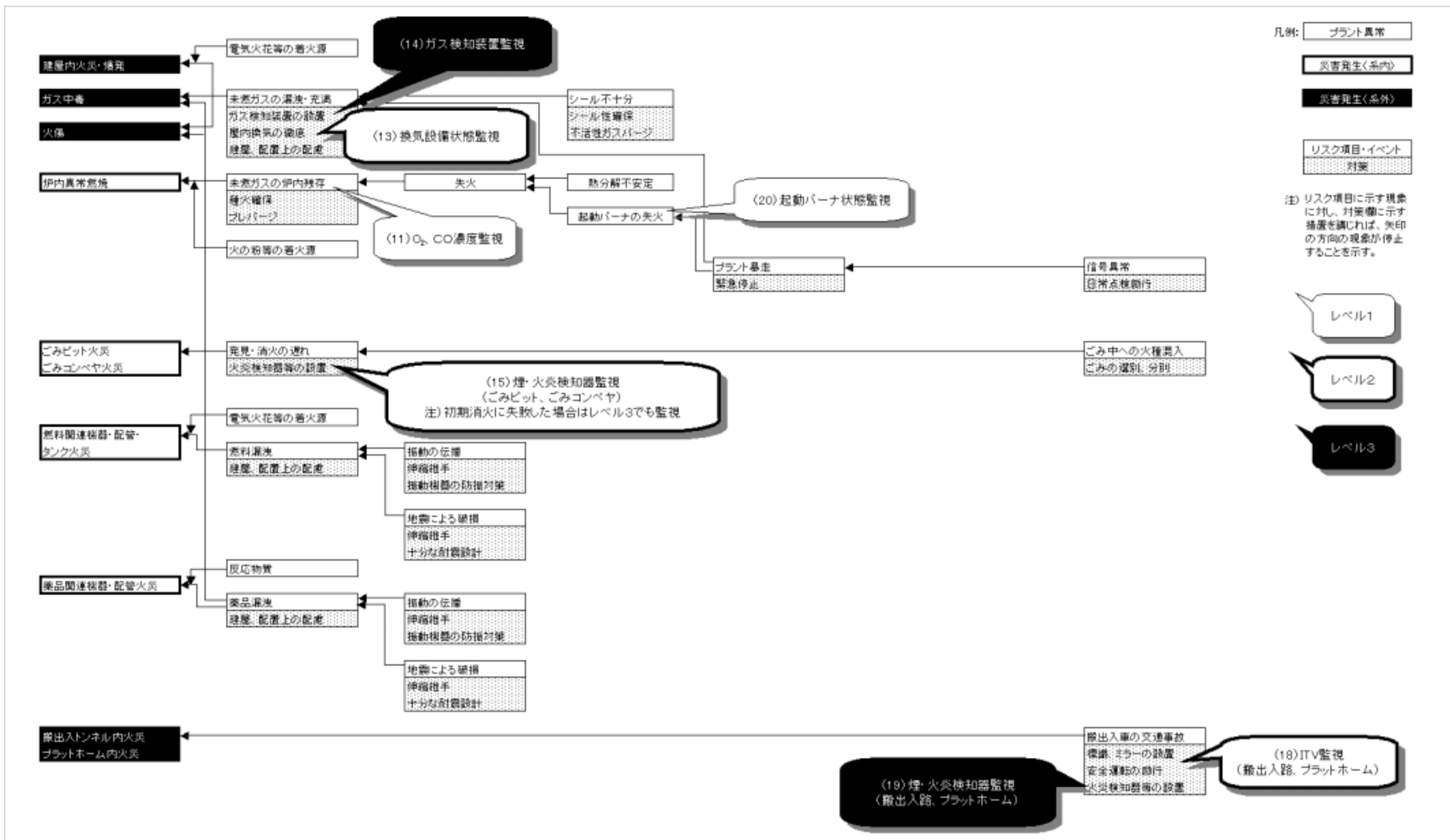


図 3.2.3-3 リスクイベントツリーより特定される監視項目（プラント起動時）

3-2-4. 防災インテグレートシステムの試作

1) 防災インテグレートシステムの試作範囲

図 3.2.4-1 は、防災 IS の構想概念図である。本スタディにおける防災 IS の試作と実験において、実線の部分は実機を使用および接続し、点線の部分は仮に存在するものと想定した。

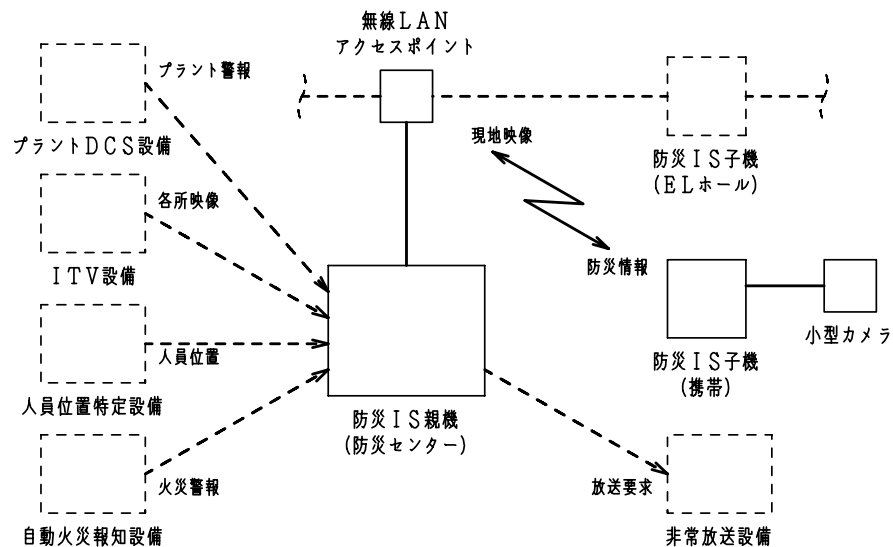


図 3.2.4-1 防災 IS の構想概念図

2) 防災インテグレートシステムの試作機能

本スタディにおける防災 IS の試作にあたっては、防災 IS に期待される様々な機能および活用方法のうち、消防活動や避難誘導の支援において、最も重要と考えられる以下の機能を有するものとし、その具体化の可能性について検討を行うことを目的とした。

- ① 地中施設内の火災状況を、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ② 地中施設内の人員の位置を、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ③ 各所の ITV カメラを選択しその映像を、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ④ プラント DCS から受信するプラント警報を、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ⑤ 消火設備で使用する消火ポンプの運転状態を、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ⑥ 現地要員が携行する小型カメラの映像を、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ⑦ 中央制御室要員の対応行動を支援するガイダンスを、防災 IS の CRT 画面に表示する。
- ⑧ 防災 IS の防災情報を、防災 IS 子機で閲覧する。

(1) シミュレーション対象の地中構造

本スタディにおける防災 IS のシミュレーション対象としては、3-1-2 節で掲げた、以下の地中構造配置を使用することとした。

- ① 縦型（縦坑式）地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 3 階
- ② 縦型（縦坑式）地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 5 階
- ③ 横型（横坑式）地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 6 階
- ④ 横型（横坑式）地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 7 階

図 3.2.4-2 に縦型・地下 3 階の平面図、図 3.2.4-3 に縦型・地下 5 階の平面図、図 3.2.4-4 に縦型・全体の断面図を示す。

図 3.2.4-5 に横型・地下 6 階の平面図、図 3.2.4-6 に横型・地下 7 階の平面図、図 3.2.4-7 に横型・全体の断面図を示す。

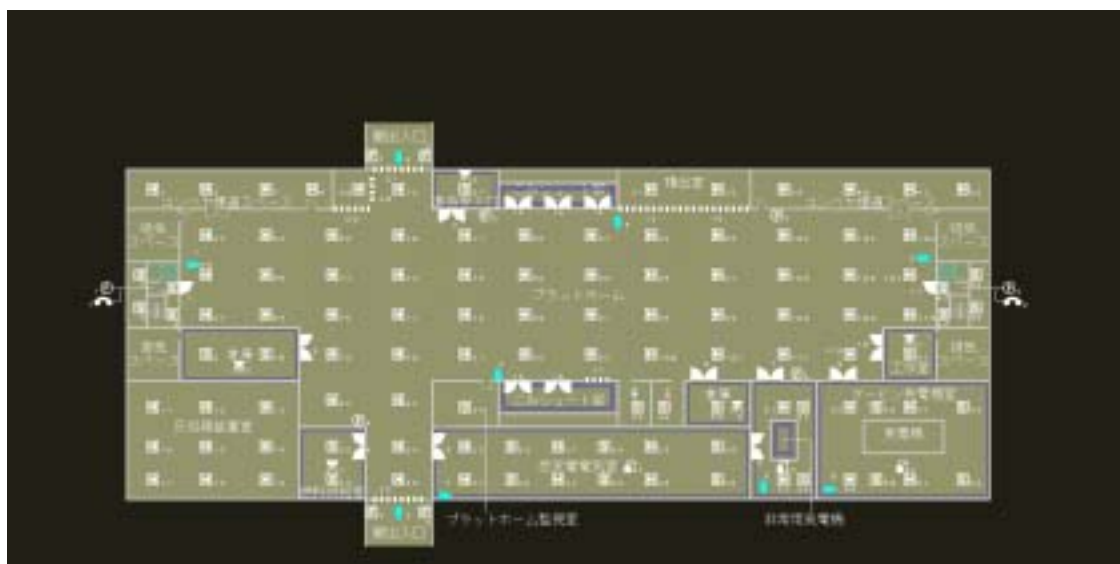


図 3.2.4-2 縦型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 3 階平面図

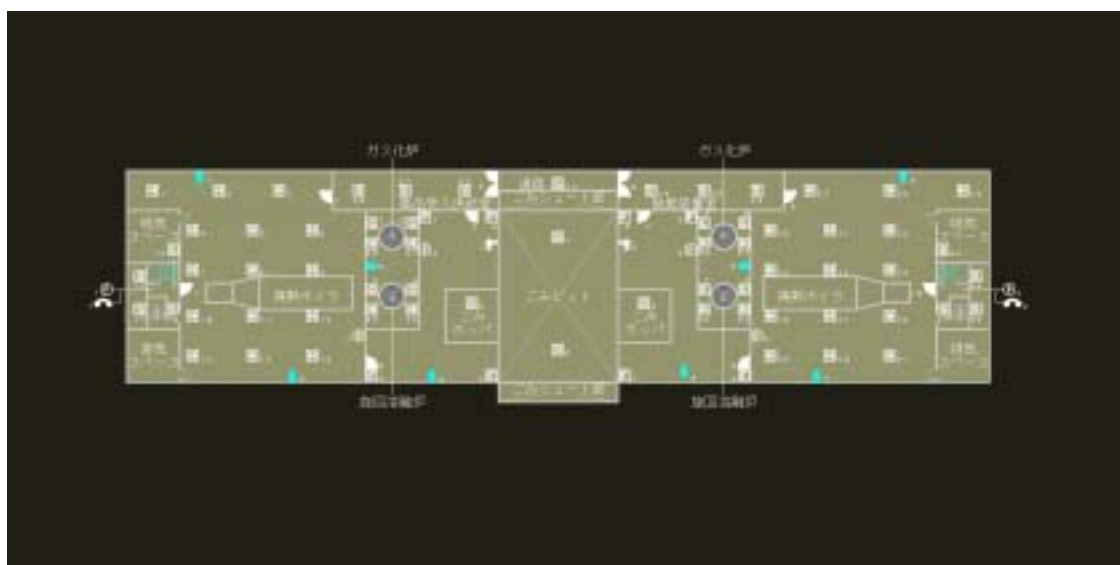


図 3.2.4-3 縦型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 5 階平面図



図 3.2.4-4 縦型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 全体断面図

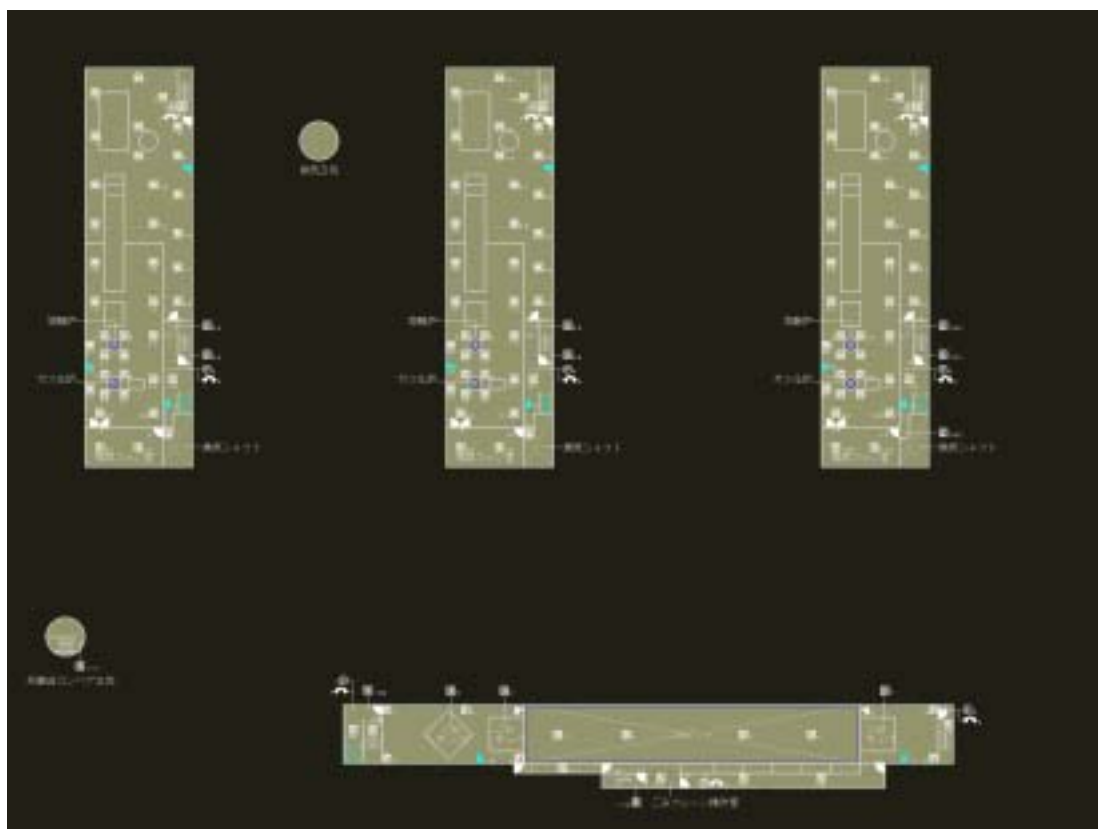


図 3.2.4-5 横型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下6階平面図

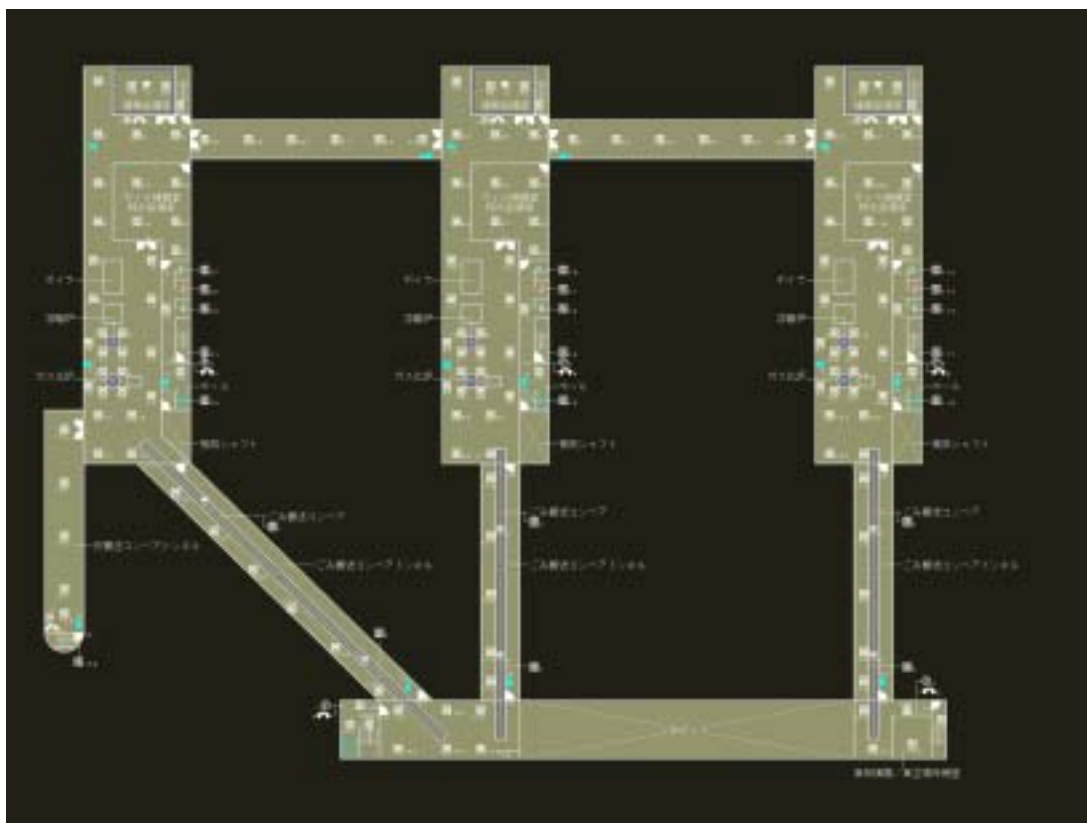


図 3.2.4-6 横型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 地下 7 階平面図



図 3.2.4-7 横型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム 全体断面図

(2) 人員位置の表示

本スタディにおける防災 IS の試作にあたっては、地中施設内に入場する人員を下記の４種類に大別し、個別の無線発信機を所持させることにより識別して、そのシンボルとシリアル番号（n）を平面図上に表示するものとした。

- ① 公設消防隊員：  Fn （Fire company）
- ② 自衛消防隊員：  Sn （Self defense – fire company）
- ③ 保守点検員：  Mn （Maintenance man）
- ④ 見学者：  Vn （Visitor）

(3) ITV 映像の表示

図 3.2.4-8 は、横型地中式ガス化溶融機械システムの地下 7 階 3 号炉系のエレベータホールに設置されている ITV カメラ No.10 の映像を、防災 IS 親機の CRT 画面に表示した様子である。



図 3.2.4-8 ITV 映像を表示した様子

(4) プラント警報表示画面

図 3.2.4-9 は、防災 IS のプラント警報表示画面である。

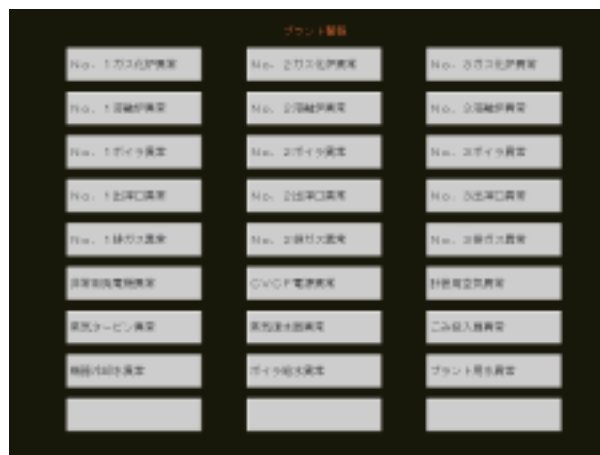


図 3.2.4-9 プラント警報表示画面

(5) 消火ポンプ表示画面

図 3.2.4-10 は、防災 IS の消火ポンプ表示画面である。



図 3.2.4-10 消火ポンプ表示画面

(6) 現地映像の表示

図 3.2.4-11 は、防災 IS 親機の平面図上で現地映像表示用の電子会議アプリケーション（ネットミーティング）を起動した様子である。



図 3.2.4-11 ネットミーティングを起動した様子

(7) ガイダンス機能

防災 IS は、防災に関わる他設備から警報信号を受信した場合、その警報を防災 IS の CRT 画面に表示するとともに、その警報内容に応じて中央制御室要員が実施すべき対応行動を支援するためのガイダンスを自動的に表示する機能を備えるものとする。

3) ウェアラブル PC について

本スタディでは、ごみ焼却施設向けに実用化されている「ウェアラブル PC を用いた保全用情報端末システム」を用いており、ハードウェアは主にウェアラブル PC 本体とカメラ付きヘッドマウントディスプレイから構成されている。写真 3.2.4-1 に本スタディで使用したウェアラブル PC システムの外観図を示す。



写真 3.2.4-1 ウェアラブル PC システムの外観

本ウェアラブル PC システムのアプリケーション・ソフトは、リモートアクセス・ソフトとオンライン会議・ソフトから構成されている。リモートアクセス・ソフトを用いることによって、本ウェアラブル PC と無線 LAN 接続されたパソコンの遠隔監視操作を行うことができるとともに、オンライン会議・ソフトを用いることによって、本ウェアラブル PC システムの装着者が見ている実風景を本ウェアラブル PC と無線 LAN 接続されたパソコンにリアルタイムにその映像を送ることができるようになっている。また同時に、相互に通話が可能なようになっている。

本ウェアラブル PC システムを今回のスタディでの防災 IS 子機として用いるのに当たって、下記項目の調査と実験を行った。

(1) ウェアラブル PC 組込みカメラの防災用各種型式・装着様式の調査と実験

(a) 防じん、防水構造

本ウェアラブル PC システムのヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD とする)は屋内使用を原則としている。このため、ウェアラブル PC 組込みカメラも防水構造とはなっていない。しかし、地中式廃棄物ガス化熔融機械システムでの用途を考えれば、基本的には屋内使用であり、火災等の発生時を考慮しても完全な防水構造までは必要なく、防滴構造程度で十分ではないかと考えられる。

(b) ヘルメット装着構造

本ウェアラブル PC システムのヘッドマウントディスプレイ (head mounted display) (以下、「HMD」と略す) ではヘルメットを被って HMD を装着した場合、HMD のディスプレイユニットを跳ね上げるとヘルメットと干渉する等の不具合があった。このため、HMD のヘルメット装着構造について調査と実験を行った。

写真 3.2.4-2 に今回試作したヘルメットアダプターを示す。本試作品は、プラスチック製クリップ形状でヘルメット内部装着体(ヘッドバンド)に取り付ける構造のため、軽量であり装着性が安定している等の特徴がある。プラスチック製クリップの強度に関しては試行錯誤を繰返し、強度的に満足したものを試作した。



写真 3.2.4-2 ヘルメットアダプター試作品

(2) ウェアラブル PC 装着下での作業員の操作性の調査と実験

ウェアラブル PC 装着下での作業員の操作性を改善するためには、小型軽量化することが必須条件である。このため、ウェアラブル PC 本体と HMD の小型軽量化について調査を行った。

ウェアラブル PC 本体には、小型軽量化とともに高機能化（CPU の高速化等）という相反する要求項目がある。

ウェアラブル PC 本体小型軽量化の一つの方法として超小型 PC を用いる方法があり、最近ではいくつかの超小型 PC が実用化されている。しかし、超小型 PC は特殊用途のため、市場が確立しておらずバージョンアップ性等に問題が残る。

このため、最近では、汎用の小型ノート PC と HMD の組合せが用いられるようになってきている。これは、小型ノート PC の市場が確立しており、国内大手 PC メーカーが順次高機能機種を投入しており、機能、価格およびバージョンアップ性に問題がないためである。この場合の装着形態は、バックパックに小型ノート PC を入れて背負う形、などとなる。

通常の HMD（スクリーン投射型）では、大きさを決定する主要因は HMD 画面の解像度であり、解像度に比例して HMD が大きくなる。超小型 HMD としては、ホログラム技術を用いたもの(現行品の約 1/3 の重さ)があるが、解像度は QVGA(320×240 ドット)しかなく、解像度が SXGA(1280×1024 ドット)もある防災インテグレートシステムの画面を監視操作するのには不十分である。そのため、本ウェアラブル PC システムの HMD の解像度 SVGA(800×600 ドット)は最低限必要と考えられる。

一方で、装着者の網膜に直接映像を書き込む網膜投射型の HMD があり、小型化が進んでいる。網膜投射型の HMD の特徴は網膜に直接書き込むため、視認性に優れていることである。また、解像度を高めても、それに比例して HMD が大きくなることがないため、小型化が期待される。

今回、メーカーより網膜投射型 HMD をレンタルして、装着性および視認性の確認実験を行った。写真 3.2.4-3 に網膜投射型 HMD の装着状態を示す。

実験結果は以下のとおりである。

被験者：10名

装着性：頭部装着物の重量は420g（現有品は100g）あったが、前後のバランスが良くあまり苦にならなかった。

視認性：赤色単色の濃淡表示ではあったが、近視、老眼の如何にかかわらず調整が容易であり視認性が良かった。また、表示照度の調整が可能であり、屋外でも視認性は十分確保されていた。

要望：小型軽量化とフルカラー化が望まれた。



(3) 防災インテグレートシステムにおける マン・マシン・インターフェイスの

調査・検討

本目では、入力手段および機器について述べる。

本ウェアラブル PC システムでは入力機器としてトラックボールを用い、数値および文字を入力する時にはトラックボールとソフトキーボードを用いて行っている。パスワード等の数値・文字を入力するのには問題ないが、まとまった文章を入力するのには不向きのため、各種入力機器について調査・検討を行った。

携帯電話の普及とともに携帯電話でのメール交換が日常化する中で、携帯電話の配列キーを持った携帯入力キーボード・マウス（ケイボード）がある。操作には若干の馴れが必要ではあるが、携帯電話のメール交換に馴れた若者たちには問題なく使えるものと考えられる。

他方、キーボードの画像を机などに投影し、その画像をタイプすることで文字を入力することができるバーチャル・キーボードがある。ウェアラブル本来の特徴であるハンズフリーを可能にする入力機器であり将来的に期待できるが、キーボードの画像を投影する平面が必要であり、改良の余地がある。

ハンズフリーの入力手段として古くから音声認識があるが、騒音下においては人の音声自体が変わることから、認識率が悪いのが現状である。

なお、最近の携帯電話には骨伝導方式のスピーカを備えたものが実用化されてきている。しかし、これは装置から装着者への出力手段であり入力手段ではないが、騒音下での聞き取りが容易になることから、有用な出力手段と考えられる。

写真 3.2.4-3 網膜投射型
HMD の装着状態

3-2-5. 防災インテグレートシステムの実験

1) 受変電電気室での火災

縦型地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの地下3階にある受変電電気室内において、火災が発生した場合を想定したシミュレーション実験を実施した。



図 3.2.5-1 注意警報発報

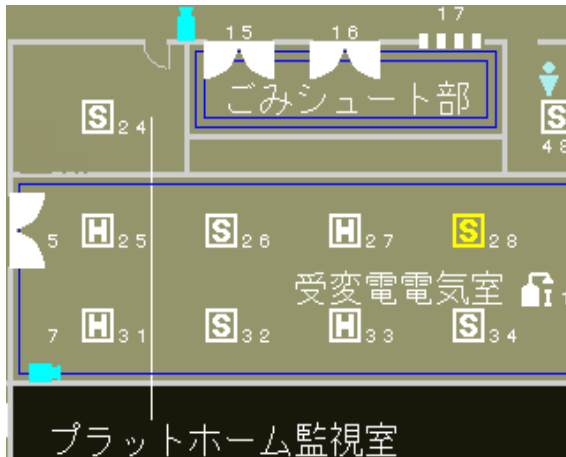


図 3.2.5-2 受変電電気室部分の拡大



図 3.2.5-3 ITVカメラ映像表示

図 3.2.5-1 は、地下3階の受変電電気室内に設置されているアナログ式の煙感知器 No.28 が、煙濃度の上昇を検出して注意警報を発報した時点の様子である。

防災 IS 親機の CRT 画面はスクリーンセーバ状態であったが、ただちに警報が発生した階の平面図に切り替わり、警報内容が表示された。

図 3.2.5-2 は、防災 IS 画面の受変電電気室部分の拡大である。煙感知器 No.28 において煙濃度の上昇による注意警報が発報され、そのシンボルが黄色で表示されている。

図 3.2.5-3 は、受変電電気室内の状況を確認するため、受変電電気室内に設置されている ITV カメラ No.7 の映像を表示させた様子である。

このとき、受変電電気室内の電灯が消灯されていた場合は、遠隔操作で点灯させる必要がある。



図 3.2.5-4 火災警報発報

図 3.2.5-4 は、煙感知器 No.28 が、さらに高濃度の煙を検出して、火災警報を発報したときの様子である。

煙感知器 No.28 のシンボルが赤色となり、防災 IS 親機の CRT 画面の左側に、ガイダンス機能により推奨される確認対応事項が表示された。

また火災の熱や煙の拡散を防ぐため、受変電電気室両側の防火扉が自動閉鎖（常時閉の場合は閉鎖を確認）された。



図 3.2.5-5 窒素ガス消火設備の起動

図 3.2.5-5 は、煙感知器 No.28 と熱感知器 No.27 の火災警報により、熱と煙の AND 条件が成立して窒素ガス消火設備 No.1 が自動起動し、窒素ガス消火剤放出前の音響警報（人員の室外退避を促す音声放送）を実施している時点の様子である。

人員位置特定設備および ITV 設備により、受変電電気室内に残留者がいないことを確認した。



図 3.2.5-6 窒素ガス消火剤の放出

図 3.2.5-6 は、受変電電気室内において所定時間の音響警報が行われた後、自動的に窒素ガス消火剤が放出された時点の様子である。

窒素ガス消火剤を放出した窒素ガス消火設備 No.1 のシンボルが赤色で表示され、窒素ガス消火剤が充満した受変電電気室全体が赤色の区域線で囲まれて表示された。

受変電電気室内を慎重に換気してから、火災原因や被害状況の確認を行う必要がある。

防災 IS 親機の CRT 画面では、窒素ガス消火設備の「自動－手動」の起動モード切替を遠隔操作することが可能である。通常は自動起動モードで、煙感知器と熱感知器の火災警報発報 AND 条件により窒素ガス消火剤が自動放出されるが、窒素ガス消火剤放出前に人員位置特定システムや ITV カメラ映像などにより、受変電電気室内に要救助者などの人員が残存していると認識された場合には、遠隔操作で手動起動モードに切り換えて窒素ガス消火剤の自動放出を中止させることが可能である。

2) ごみ搬送コンベアでの火災

横型地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの地下7階にある3台のごみ搬送コンベアは、ごみピットに次いで火災が発生する可能性の大きい場所であると予想される。稼働中のごみ搬送コンベア上で、ごみが炎上した場合を想定したシミュレーション実験を実施した。



図 3.2.5-7 火災警報発報

ごみ搬送コンベアには、赤外線式の火炎検知器が設置されている。コンベアで搬送されるごみに火災が発生し、火炎検知器の監視視野内を火炎が通過すると、ただちに火災警報が発報され、コンベアの運転が停止される。

図 3.2.5-7 は、3号炉系の No.3 ごみ搬送コンベアに設置されている火炎検知器 No.6 において、火災警報が発報された時点の様子である。



図 3.2.5-8 消火ポンプ表示画面

図 3.2.5-8 は、消火ポンプ表示画面の一部である。

No.3 ごみ搬送コンベアに設置された火炎検知器 No.6 の火災警報発報により、水噴霧消火ポンプがただちに自動起動し、運転状態であることを示す赤色反転で表示された。



図 3.2.5-9 水噴霧消火設備の放水

図 3.2.5-9 は、赤外線式火炎検知器 No.6 の火災警報と自動連動し、水噴霧消火設備 No.6 の区画放水用電磁弁が開放されて、コンベア上のごみに水噴霧ノズルから放水が行なわれている様子である。

水噴霧消火設備 No.6 のシンボルが赤色で表示され、放水されている No.6 放水区画が赤色の区域線で囲まれて表示された。



図 3.2.5-10 全体断面図

図 3.2.5-10 は、横型地中式廃棄物ガス化熔融機械システム全体の断面図である。

現場の確認に移動できる人員が火災発生場所（3号炉系地下7階）の付近にいないか、避難を指示すべき人員が地中施設内に残存していないかなどを確認することができる。

今回の火災発生時刻は深夜であったため、中央制御室（管理・受入搬出系地下3階）に保守点検員（すなわち自分たち）がいるのみで、他の人員は全くいないことがわかった。



図 3.2.5-11 ITV カメラ映像表示

図 3.2.5-11 は、3号炉系ごみ搬送コンベアトンネル内の現地状況を見るために、ITVカメラ No.13 の映像を表示させた様子である。

3号炉系のごみ搬送コンベアトンネル内に火災の存在や、煙の充満などの異常は全く確認できなかった。

この後、水噴霧消火設備 No.6 の放水および水噴霧消火ポンプを遠隔操作により停止させた。さらに消火の確認および火災原因の究明を行うため、現地へ保守点検員を派遣した。

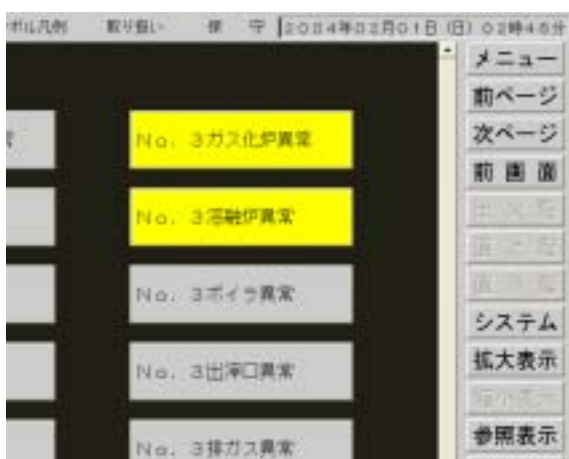


図 3.2.5-12 プラント警報表示画面

図 3.2.5-12 は、プラント警報表示画面の一部である。

No.3 ごみ搬送コンベアが停止したため、No.3 ガス化炉にごみが供給されず、No.3 ガス化炉および No.3 熔融炉において急激な温度低下が発生し、軽故障警報が発報されて黄色反転で表示された。

ガイダンス機能の表示内容に従って、助燃バーナによる炉内温度の上昇が正常に行われているかを監視する必要がある。

3) ごみピットでの火災

ごみピットは、ガス化溶融機械システムの中で最も火災が発生する可能性の大きい場所であると予想される。横型地中式廃棄物ガス化溶融機械システムのごみピットにおいて、火災が発生した場合を想定したシミュレーション実験を実施した。



図 3.2.5-13 保守点検員と現地映像

図 3.2.5-13 は、ホップステージにおいてごみクレーンバケットの点検作業を行っている保守点検員 No.1 の現在位置と、保守点検員 No.1 が携行している小型カメラの映像を、防災 IS 親機の CRT 画面に表示した様子である。

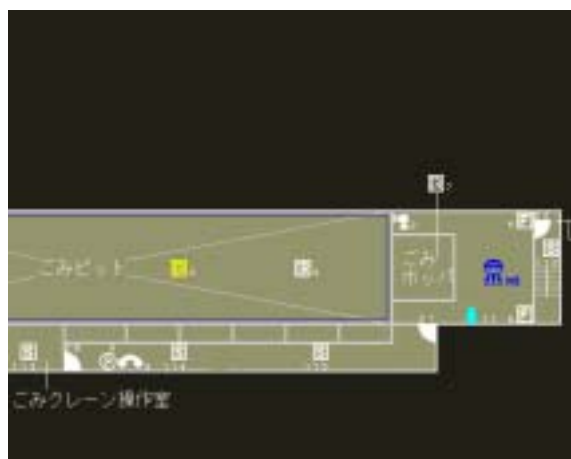


図 3.2.5-14 注意警報の発報

図 3.2.5-14 は、ごみピットの天井下に設置されている赤外線式の温度検知器 No.3 が、ごみ表面に急激な温度上昇部分を検出して、注意警報を発報した時点の様子である。

非常放送設備と連携して、音声警報によりプラント内の人員に、ごみピット内火災の注意警報が報知された。

またごみピット温度検知制御盤が、稼働中のごみクレーンを退避させて、2 台の温度検知器による三角測量を応用した温度上昇部分の位置計測を行う。

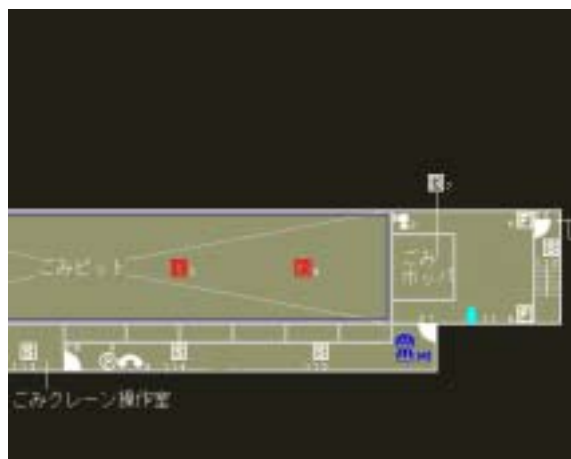


図 3.2.5-15 火災警報の発報

図 3.2.5-15 は、ごみ表面の急激な温度上昇部分が着火に至り、温度検知器 No.3 および No.4 が火災警報温度（200℃）以上の部分を検出して、火災警報を発報した時点の様子である。

ホップステージにいた保守点検員 No.1 は、非常放送設備の音声警報を聴き、消火用放水銃操作盤が設置されているごみクレーン操作室へ向かって移動している。



図 3.2.5-16 消火ポンプ表示画面

図 3.2.5-16 は、消火ポンプ表示画面の一部である。

温度検知器 No.3 および No.4 の火災警報発報により、放水銃消火ポンプが自動起動し、運転状態を示す赤色反転で表示された。

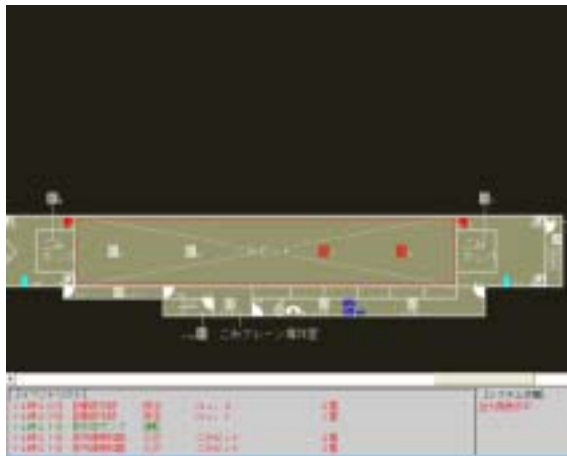


図 3.2.5-17 放水銃による放水

図 3.2.5-17 は、温度検知器 No.3 と No.4 によって特定された火災発生位置（3次元座標）に向けて、自動照準式の放水銃 2 基から放水が開始された時点の様子である。

放水を行っている放水銃 2 基のシンボルが赤色で表示され、放水されているごみピット全体が赤色の区域線で囲まれて表示された。

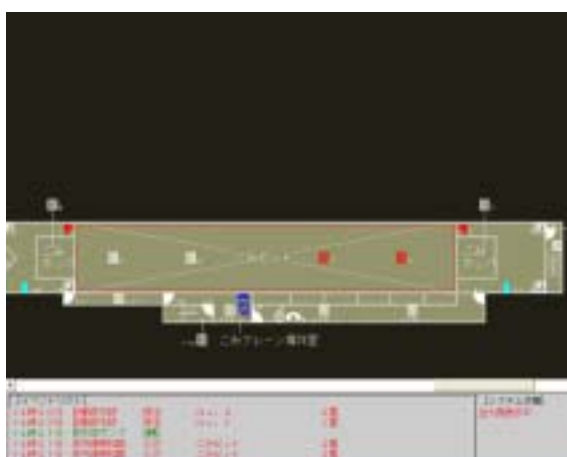


図 3.2.5-18 保守点検員 No.1 の位置

図 3.2.5-18 は、保守点検員 No.1 が、ごみクレーン操作室内の放水銃操作盤まで移動した時点の様子である。

放水銃操作盤により、火災の拡大状況に応じて放水銃の照準を遠隔手動操作に切り替え、消火作業を行うことができる。

また放水銃の放水停止は自動的に行われないため、人員が火災の鎮火を確認してから手動で放水停止および放水銃消火ポンプ停止の操作を行う必要がある。

管理・受入搬出系のごみピットは、地下5階から地下8階までの吹き抜け構造になっているが、ごみピットの火災はホップステージおよびごみクレーン操作室のある地下6階の火災として表示されている。ここには、ごみクレーン操作室にいる保守点検員o.1の存在が確認できる。

管理・受入搬出系の地下4階にはプラットホームがあり、別の保守点検員がごみ搬入車両の監視と整理にあたっている。また、1号炉系の地下4階には見学者がおり、付き添いの説明員（保守点検員）とともに、その存在が確認できる。

今回のごみピットでの火災は、放水銃による自動初期消火に成功したが、火災が拡大した場合には、プラント内にいる全ての人員に地上への避難を指示し、その際に火災が発生している管理・受入搬出系の階段やエレベータを使用しないなどの、安全な避難経路を指示することが可能である。



— 56 —

4) 薬品受入供給室での爆発

縦型地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの地下5階にある薬品受入供給室において、爆発により毒性の強いガスが充満した場合を想定したシミュレーション実験を実施した。

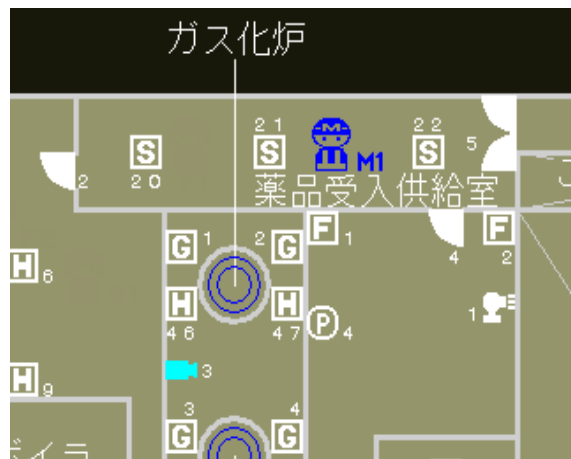


図 3.2.5-20 薬品受入供給室

図 3.2.5-20 は、薬品受入供給室部分の拡大である。

保守点検員 No.1 が、薬品受入供給室内に設置されている薬液送出ポンプ周りの配管を修理するため、溶接作業を実施していた。



図 3.2.5-21 爆発事故発生の様子

図 3.2.5-21 は、薬品受入供給室内で爆発事故が発生し、煙が充満した時点の様子である。

火災の熱や煙の拡散を防ぐため、薬品受入供給室両側の防火戸が自動閉鎖（常時閉の場合は閉鎖を確認）された。

表示されたガイダンスに従って、公設消防機関（119 番）への通報を実施した。



図 3.2.5-22 要救助信号発信の様子

図 3.2.5-22 は、保守点検員 No.1 が携行する無線発信機の自動救助信号発信装置が作動し、要救助信号を発信した時点の様子である。

保守点検員 No.1 は爆発事故に巻き込まれ、身体活動が停止した状態にある。

図 3.2.5-23 は、縦型地中式廃棄物ガス化溶融機械システム全体の断面図である。

爆発事故のあった薬品受入供給室のある地下 5 階の 1 号炉系西側で火災警報が表示され、爆発に巻き込まれた保守点検員 No.1 が要救助信号を発信している。

1 号炉系東側の地下 11 階ボイラ機械室内で修理工事をしていた作業員たちには、火災発生場所をできるだけ迂回し、かつ 1 号炉系の非常用エレベータが消防活動用に管制運転されているため、隣接する 2 号炉系に水平避難し、2 号炉系の非常用エレベータを使用して地上方向へ垂直避難を行うよう、非常放送設備を使用して指示を出す必要がある。

2 号炉系西の地下 4 階にいる保守点検員は、ごみクレーン操作室内のクレーン運転員であり、中央制御室まで避難してくるよう指示を出す必要がある。

地下 1 階の 2 号炉系東側および西側には、見学を実施している小学生の団体がいるので、付き添いの説明員（保守点検員）に指示して見学者全員を速やかに地中施設外（地上）へ避難させるよう指示を出す必要がある。

自分たちのいる中央制御室は地下 1 階の 1 号炉系西側に位置し、保守点検員である自分たちと、これから要救助者の救出に向かおうと準備している自衛消防隊員の存在が確認できる。



図 3.2.5-23 全体断面図

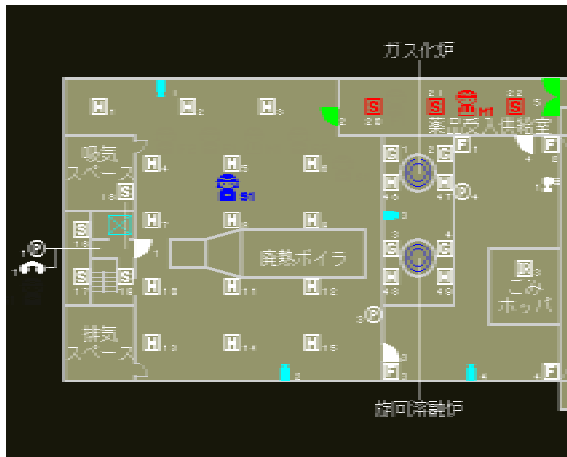


図 3.2.5-24 自衛消防隊員 No.1 の移動

図 3.2.5-24 は、自衛消防隊員 No.1 が非常用エレベータを使用して地下 5 階に到着し、薬品受入供給室へ向けて移動している時点の様子である。

自衛消防隊員 No.1 は、防災 IS 子機（ウェアラブル PC）を携行しており、平面図上の自分の現在位置と要救助者の位置、および火災の発生場所と拡大状況を適時確認しながら、救助捜索活動を行うことができる。



図 3.2.5-25 現場到着

図 3.2.5-25 は、自衛消防隊員 No.1 が薬品受入供給室の前に到着した時点の様子である。

自衛消防隊員 No.1 は、携行する防災 IS 子機により自分が開けようとしている防火戸の向こう側の火災感知器の発報状態を確認し、不用意に防火戸を開けて被災しないよう注意を払うことができる。

自衛消防隊員 No.1 は、軽装備であったため有毒ガスが充満した薬品受入供給室内に進入することができないと判断し、公設消防隊の到着を待つことにすると連絡があった。



図 3.2.5-26 公設消防隊の位置

図 3.2.5-26 は、公設消防隊員 No.1 と No.2 が非常用エレベータを使用して地下 5 階エレベータホールに到着した時点の様子である。

公設消防隊員は、防災 IS 子機を携行していなかったが、全階のエレベータホール（消防活動前線拠点）には防災 IS 子機が設置されており、各階の地中構造の平面図と自分たちの現在位置、火災の発生場所と拡大状況、消火設備の作動状況、要救助者の位置などすべての防災情報を、ここで把握することが可能である。

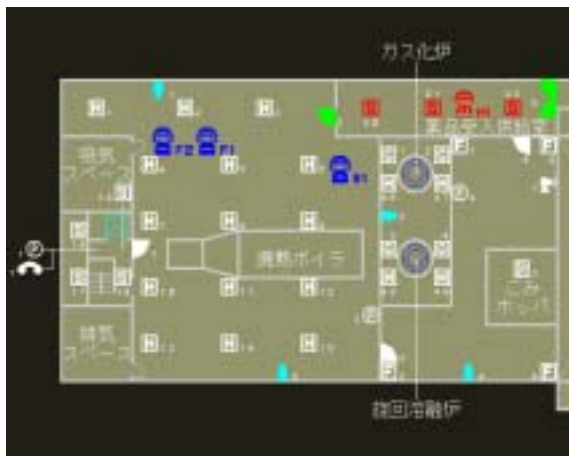


図 3.2.5-27 公設消防隊の移動

図 3.2.5-27 は、公設消防隊員 No.1 と No.2 が、薬品受入供給室に向けて移動している時点の様子である。

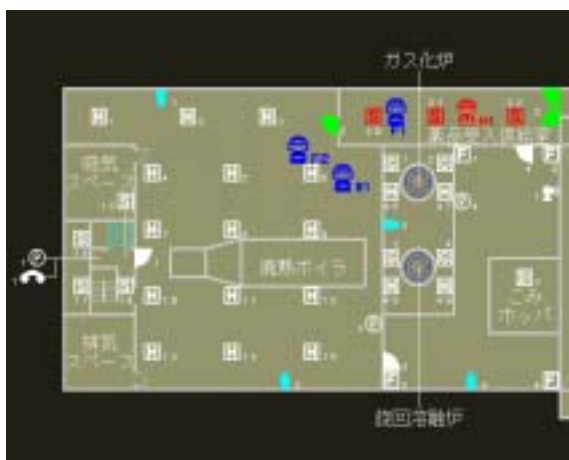


図 3.2.5-28 要救助者の搜索

図 3.2.5-28 は、公設消防隊員 No.2 が命綱を持ち、化学防護服を着た公設消防隊員 No.1 が薬品受入供給室内に進入して、要救助者である保守点検員 No.1 の搜索と救出を行っている時点の様子である。

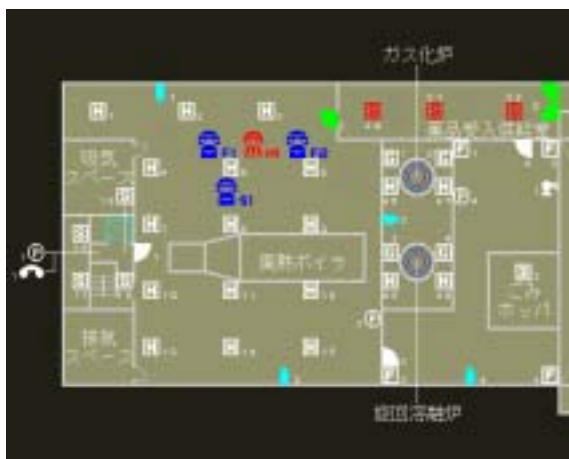


図 3.2.5-29 要救助者の搬出

図 3.2.5-29 は、公設消防隊 No.1 と No.2 および自衛消防隊員 No.1 により、保守点検員 No.1 の遺体が搬送されている時点の様子である。

薬品受入供給室は、爆発による煙と有毒ガスが充満しているが、火炎は認められないとの連絡が、公設消防隊より入った。

薬品受入供給室内を慎重に換気してから、爆発原因や被害状況の調査確認を行う必要がある。

地中式ガス化溶融機械システムの施設内部は、プラントの機器や配管が複雑に設備されて見通しが悪く、施設内の人員が停電や煙の充満などにより十分な照明と視界を得られなくなった場合、自分の現在位置や方向感覚がわからなくなる恐れがある。また、消防隊による要救助者の搜索も困難となり、二次遭難の恐れもある。

消防隊員や避難者が防災 IS 子機を携行し活用することは、これらの問題を解決する方策の一つであると考えられる。

5) プラットホームでの車両火災

プラットホームにはごみ搬入車両が頻繁に出入りするが、ごみピット火災で最も多い原因は、ごみ搬入車両により収集されるごみに火種が混入しているためと考えられている。縦型地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの地下3階にあるプラットホームにおいて、ごみを投入しようとしていたごみ搬入車両が炎上した場合を想定したシミュレーション実験を実施した。



図 3.2.5-30 プラットホームの様子



図 3.2.5-31 火災発生時点の様子



図 3.2.5-32 消火ポンプ表示画面

図 3.2.5-30 は、プラットホームの様子を見るために、ITV カメラ No.4 の映像を表示した様子である。

プラットホーム監視室に保守点検員 No.1 がおり、ごみ収集車両の監視を行っていた。

ごみ収集車両が収集してきたごみに火種が混入していた場合、ごみを投入しようとして後部ハッチを開けた瞬間に空気が流入し、酸素不足でくすぶっていたごみに着火する危険性が大きいと考えられる。

図 3.2.5-31 は、ごみを投入しようとしていたごみ収集車両が突然炎上し、保守点検員 No.1 が駆け付けた時点の様子である。

ごみ収集車の真上にある熱感知器が注意警報を発報し、また保守点検員 No.1 が屋内消火栓設備を使用して消火作業を行うために、押釦発信機 No.3 (消火栓始動) を操作した。

ごみ搬入車両の運転手には、位置特定用の無線発信機を所持させていないため、その存在を確認することができない。

図 3.2.5-32 は、消火ポンプ表示画面の一部である。

押釦発信機 No.3 (消火栓起動) の操作により、屋内消火栓ポンプが起動し、運転状態を示す赤色反転で表示された。



図 3.2.5-33 投入扉の閉鎖

図 3.2.5-33 は、ホップステージの火災感知器発報と自動連動して、ごみピット内への延焼を防ぐために投入扉（防火戸）が全て遠隔閉鎖された時点の様子である。

また、新たなごみ搬入車両がホップステージに進入してくることを防止するため、搬出入口の入口側のシャッターNo.22を閉鎖し、出口側のシャッターNo.21はごみ搬入車両の脱出および公設消防隊の進入のために閉鎖しないようにした。



図 3.2.5-34 プラント警報表示画面

図 3.2.5-34 は、プラント警報表示画面の一部である。

炎上したごみ搬入車両の真上にある、ごみ投入扉 No.2（防火戸 No.13）の油圧ユニットが焼損し、重故障警報の発報状態を示す赤色反転で表示された。



図 3.2.5-35 自衛消防隊の移動

図 3.2.5-35 は、自衛消防隊員 No.1 と No.2 が、火災現場へ急行している時点の様子である。



図 3.2.5-36 保守点検員の避難

図 3.2.5-36 は、屋内消火栓による消火作業を保守点検員 No.1 から自衛消防隊員 No.1 および No.2 が引き継ぎ、保守点検員 No.1 は中央制御室へ避難している時点の様子である。



図 3.2.5-37 公設消防隊の到着

図 3.2.5-37 は、公設消防隊員 No.1 と No.2 が進入してきた時点の様子である。

ごみ搬入車両の火災が拡大し、3カ所の熱感知器が火災警報を発報した。



図 3.2.5-38 現地映像の表示

図 3.2.5-38 は、自衛消防隊員 No.2 が携行している小型カメラの映像を、防災 IS 親機の CRT 画面に表示している様子である。

この現地映像は、中央制御室にて火災の状況をリアルタイムに把握することができ、消防活動指揮の支援に役立てることが可能である。

公設消防隊は、自衛消防隊に対して炎上しているごみ搬入車両の反対側にまわり、放水による消火作業にあたっている。

図 3.2.5-39 は、縦型地中式ガス化溶融機械システム全体の断面図である。

今回のごみ搬入車両の火災は、地下 3 階プラットフォームの 1 号炉系西側と 2 号系東側の境界付近で発生しているため、その両側に火災が表示されている。

地下 3 階の 1 号炉系西側では自衛消防隊員が、2 号炉系東側では公設消防隊員が、消火作業にあたっている様子が確認できる。

地下 4 階の 2 号炉系西側に保守点検員が残っているのは、投入扉 No.2 が閉鎖できずにごみ搬入車両が炎上を続けているため、火災のごみピット内のごみに延焼する可能性があることから、ごみクレーン運転員にごみクレーン操作室に残り、放水銃による消火作業に備えるよう指示をしたためである。

1 号炉系東側の地下 2 階には、消火作業応援のため火災現場へ向かって移動している公設消防隊員、同じく地下 1 階には先ほどまで消火作業にあたっていた保守点検員 No.1 が中央制御室へ向かって避難している様子が確認できる。

地下 1 階の 1 号炉系西側にある中央制御室には、消防活動指揮本部が設営されて、公設消防隊の指揮者、自衛消防隊員、保守点検員である自分たちの存在が確認できる。

さらに深層階にいた保守点検員たちは全員、中央制御室への避難を完了している。消火にはまだ時間がかかるものと思われ、監視と適切な指示を続ける必要がある。

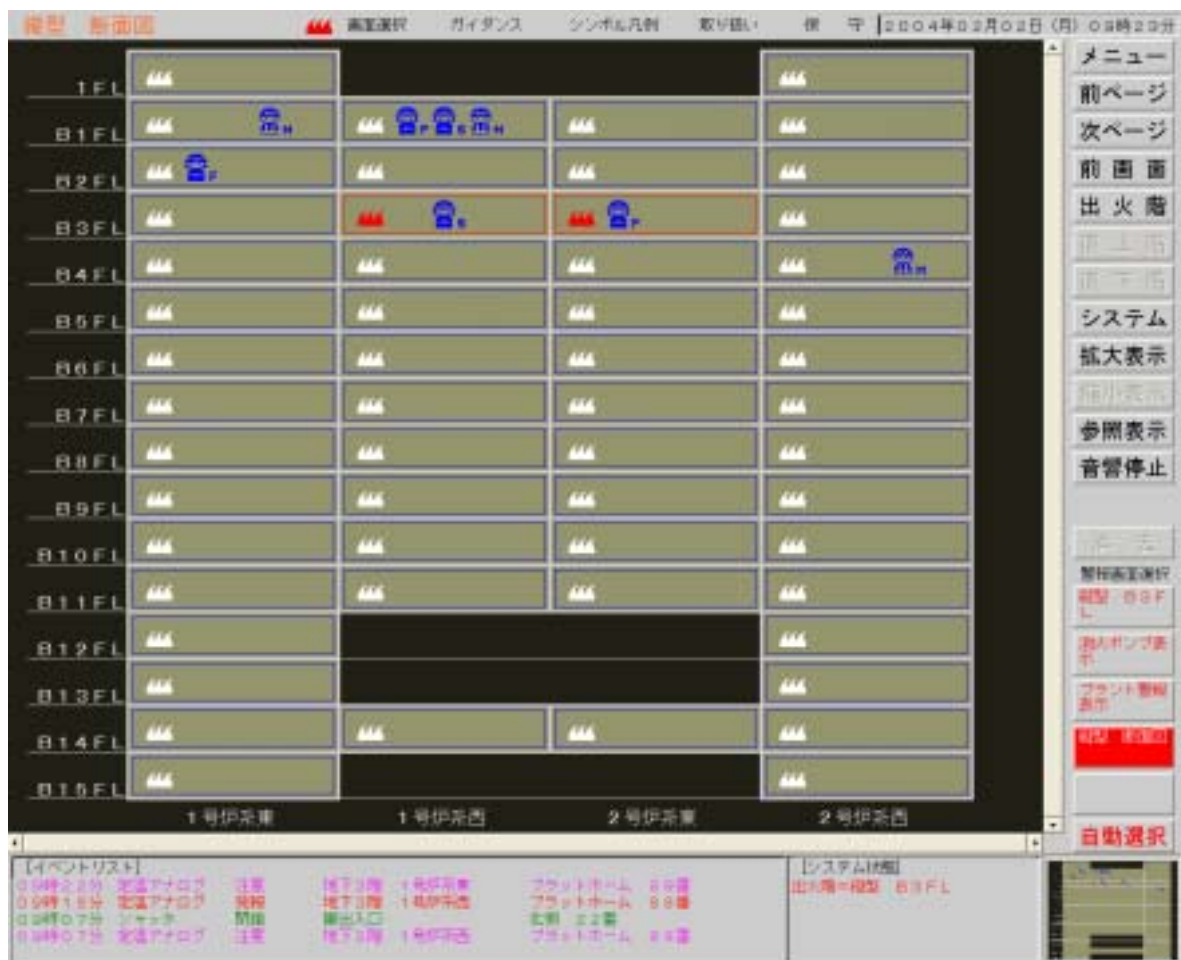


図 3.2.5-39 全体断面図

3-2-6. 考 察

本スタディにおける地中式ガス化溶融機械システムを対象とした防災 IS の試作と実験により、防災 IS の活用に関する以下のような知見が得られた。

1) 防災インテグレートシステム親機の活用

中央制御室に設置する防災 IS 親機においては、自動火災報知設備、防火防排煙設備、消火設備、人員位置特定設備、ITV 設備、プラント DCS などから得られる地中施設内の防災情報が統合してリアルタイムに表示され、火災発生場所と火災の拡大状況、地中施設内の人員の所在、消火設備の作動状況、プラント警報、映像による現地状況などを即座に把握することが可能であった。

2) 防災インテグレートシステム子機の活用

防災 IS 子機の活用によっては、現地の人員にあっても十分な防災情報を得ることができ、中央制御室からの避難誘導の指示や消防活動の指揮に加えて、自身の現在位置とその周辺や進路の火災拡大状況などをリアルタイムで把握することにより、安心かつ安全な行動に関する自己判断の材料として活用できる可能性がある。

3) 人員位置特定設備との連携

防災 IS では、人員位置特定設備の位置情報と自動火災報知設備の防災情報が融合することにより、火災発生時に防災 IS 親機で火災の発生位置および拡大状況と、消防隊員、従業員、要救助者などの位置関係を即座に把握することができ、安全かつ効率的な避難誘導指示と消防活動指揮の支援に、多大な効果を発揮することが確かめられた。

さらに防災 IS 子機を携行する消防隊員や従業員にあっては、自身の現在位置と周辺の災害状況および進路の安全を確認できるほか、要救助者の搜索活動にも多大な効果を発揮するものと期待される。

4) ITV 設備との連携

防災 IS における ITV 設備との連携にあっては、多数の ITV カメラの位置を平面図上に表示しこれを選択して映像を参照できる操作性の向上と、ITV カメラの映像を防災情報として利用することについて、有効であることが確かめられた。

5) プラント DCS との連携

プラント DCS は、様々な機械設備の異常状態を検出して警報する機能を持ち、この異常警報の中には火災などの災害の原因となるものや、災害そのものを検出している場合もあると考えられる。

防災 IS は、これらの防災に関わる警報すべてを統合して警報することができるため、機械設備の異常が原因で火災が発生したり、自動火災報知設備が作動した火災が原因で機械設備が異常となるなどの、原因推定を含めた防災情報の活用が可能となり、防災対策ならびに早期の避難誘導や初期消防活動に有効であることが確かめられた。

6) 照明設備との連携

火災などの災害発生時には、常用電源が停電して非常用電源により地中施設内の照明を確保する事態が想定される。しかし、非常用電源の容量にも限界があることから、安全な消防活動や避難経路の確保に必要な照明装置に対して重点的に電源を供給し、その点灯を制御するなど、防災 IS において防災情報と照明設備を連携させる必要があるものと考えられる。

さらに ITV 設備との連携に際しても、映像を参照する ITV カメラの視野内の照明を制御する必要があるものと考えられる。

7) ごみ搬入車両乗員の位置特定

ごみ搬入車両の乗員に対しては、地中施設内への入場前に計量器を通過する際、位置特定用の無線発信機を携行させ、出場する際に返却するようなシステムを構築する必要があると考えられる。

8) 防災インテグレートシステム子機の機能

防災 IS 子機は防災 IS 親機の防災情報データベースにアクセスするものとし、防災情報の表示と操作は各防災 IS 子機の CPU (central processing unit) で動作する防災情報表示アプリケーションにより行う必要がある。

これにより、各階のエレベータホールに設置する防災 IS 子機はその階の平面図と防災情報を、また人員が携行して移動する防災 IS 子機にあつては自分の現在位置を中心とした平面図と防災情報を、個別に表示できるものとなると考えられる。

9) プライバシー保護

人員位置特定設備は、非常用設備とはいえ常時においても人員の位置が把握できてしまうため、従業員の勤怠の監視などにも使用される恐れがあると考えられる。

しかし地中式廃棄物ガス化熔融機械システムという、世界でも希有な大型地中施設での労働安全衛生を重視する上で人員位置特定設備は必須であり、労使間での十分な合意と、運用指針の確立を経て有効に活用されるべきであると考えられる。

3-2-7. ま と め

近年の IT (information technology) 技術の進歩は目覚ましいものがあり、防災分野への応用も様々な面で模索されている。しかし防災設備単体の目的が「火災を発見すること」や「火災を消火すること」などに限定されて完結していることから、それらの連携に関して IT 技術の恩恵を受ける機会が少ないことも事実である。

本スタディにおいて試作と検討を実施した防災 IS (Integrate System) は、IT 技術を防災分野に取り入れて様々な防災に関わる設備の防災情報を統合することにより、消防活動が困難となる恐れのある地中施設における消防活動の支援システムとして、多大な効果を発揮することが確認された。

3-3. 換気システムと未利用エネルギーの有効利用システムの設計・評価

3-3-1. 地中式廃棄物ガス化溶融機械システムの換気システム

1) 換気の方法

廃棄物ガス化溶融機械システムにおける換気の方法は、主として以下の2点である。

- ① 排熱の除去
- ② 燃焼用空気の供給

上記目的のうちで換気量に最も影響を与えるのは「① 排熱の除去」である。

2) 換気の方法

換気方法には、給排気とも自然力を使用した自然換気方式と、給気や排気に送風機などの機械力を使用した機械換気方式がある。また、外気を冷凍機などで冷却して強制的にプラント機器を冷却する冷却換気方式も考えられる。

① 自然換気方式

- ・ 温度差換気方式 空気の密度差に基づく浮力を換気の動力源とする換気方法
- ・ 風圧力換気方式 周囲の自然風による圧力差を換気の動力源とする換気方法

② 機械換気方式

- ・ 第1種機械換気方式 給気・排気とも機械力による換気
- ・ 第2種機械換気方式 給気は機械力、排気は自然力による換気
- ・ 第3種機械換気方式 給気は自然力、排気は機械力による換気

③ 冷却換気方式

上記①、②は外気をそのまま導入して機器冷却を行うのに対し、外気を強制的に冷却して送風し、プラント機器を冷却する方法である。送風する温度が低い場合は換気風量が低減され、換気のための風道の大きさや換気のためのエネルギー量が削減される。強制冷却のためには冷凍機等の冷却設備が必要となる。

3) 換気の方法

放熱除去換気に必要な風量 V (m³/h) は、放散熱量を Q (W)、外気の温度を T_o (°C)、プラント室内許容温度を T_i (°C) とすると、次式で表される。

$$V = 3.0 \times Q / (T_i - T_o) \quad \dots\dots (式 3.3.1)$$

4) 換気方法の選定

地中式廃棄物ガス化溶融機械システムでは、地中内部に炉やボイラ等の高温設備が設置されるので、換気の方法が重視されるとともに、風道の大きさも極力小さくする必要がある。前述のように、換気風量は放散熱量に比例し、外気と室内の温度差に反比例するので、放散熱量が少ないほど、また温度差が大きいほど風量は少なくなる。一方、放散熱量低減にはプラント機器の断熱強化が効果的である。

本スタディ対象の換気方法として、第1種機械換気方式と冷却換気方式を選定した。

3-3-2. 未利用エネルギーの有効利用システム

1) 清掃工場における排熱利用システム

ガス化溶融施設等の廃棄物処理施設では高温の排ガスが発生するため、この熱エネルギーを回収して有効利用することが求められる。

流動床方式ガス化溶融施設では以下のような処理を行う。

- ① ガス化炉においてごみを 500～600℃の低酸素雰囲気中で部分燃焼し、その燃焼熱でごみを直接加熱して効率的に熱分解ガス化する。
- ② ガス化炉で生成した熱分解ガスを溶融炉において 1,300～1,450℃で高温燃焼し、ダイオキシン類を完全分解して灰分を溶融スラグ化する。

溶融炉から排出された燃焼排ガスは 1,000℃以上の高温であり、廃熱ボイラにおいて高温高圧蒸気としてエネルギー回収される。この蒸気の利用方法は多岐にわたる。最近注目されているのは発電であり、最新の清掃工場はごみをエネルギーとする一種の発電所である。高位の熱エネルギーである高温高圧の蒸気を用いた高効率発電を行って、ごみ焼却エネルギーの有効利用が図られている。一方、発電した後の復水蒸気や低温温水等の低位の熱エネルギーは有効に利用されず、大気等へ放散されているのが現状である。

2) 未利用エネルギーの有効利用

高圧高温の蒸気は前述のとおり、発電や冷凍機の熱源・場内プラント等に有効利用されているが、100℃未満の温水、特に 65℃以下の低温水は給湯や一部地域の融雪利用・温室加温等を除くと、いままで未利用のまま放散されていた。

本スタディでは、この低温温水の有効利用の方策を検討した（図 3.3.2-1）。

(1) 温水の利用方法

① 温水を給湯に利用

場内の手洗や風呂の加熱源として利用する。夏季は加熱容量が少なくてもよいので、温水熱量は利用されずに余剰が発生する。

② 水の熱を場外の施設に利用

場外の温水プール、福祉施設の風呂、温室の加温、多雪地域の融雪等に熱を利用する。この場合も夏季は利用用途がなく、余剰熱が発生する。

③ 冷凍機の熱源として利用

高圧の蒸気は、蒸気吸収式冷凍機を用いれば効率よく冷熱を発生できるが、温水を使用した場合は効率が低下する。一般に高圧蒸気吸収式冷凍機の COP

（Coefficient of Performance；入力蒸気エネルギーに対する出力冷熱エネルギーの割合）は 1.2～1.3 であるが、温水式の場合は大幅に低下する。

(2) 冷凍機について

冷水を製造する冷凍機は圧縮式と吸収式とに大別される。一般に焼却余熱の回収システムとして吸収式が採用されているが、本スタディではより低位のエネルギー回収システムとして吸着式冷凍機に着目し、調査を行った。

(a) 圧縮式冷凍機

(図 3.3.2-2)

フロンなどの冷媒ガスを圧縮機により機械的に圧縮して冷凍作用を行うもので、圧縮機の形式によって様々な種類がある。冷媒としてはフロンガスが代表的なものであるが、オゾン層破壊等の地球環境問題から、規制がある。圧縮機を駆動するエネルギーは電力が代表的である。圧縮式冷凍機を用いた冷凍方式は、今日最も一般的な方法である。

(b) 吸収式冷凍機 (図 3.3.2-3)

密閉され高真空系に維持された吸収器、再生器、凝縮器、蒸発器等から構成され、臭化リチウム等を吸収液、水を冷媒として冷熱を得る冷凍機である。再生器に供給される蒸気または温水は高温ほど効率がよく、温水では 80℃以上の温度が必要になる。開発後改良が進み、成績係数は蒸気 (0.8Mpa) の場合で 1.3 程度、温水でも 0.7 程度となっている。

(c) 吸着式冷凍機 (図 3.3.2-4)

密閉され高真空系に維持されたシリカ系吸着材 (シリカゲル) 熱交換器 (2 器)、凝縮器、蒸発器等により構成され、2 器の吸着材熱交換器が吸着工程と再生工程を交互に繰り返しながら、温水を駆動熱源とし、かつ冷媒に水を使用して蒸発器から冷熱を得る冷凍機である。80℃以下の温水でも動作可能であり、低温の熱源の利用に適している。まだ開発されて間もないため実績が少なく、成績係数も 80℃の温水で 0.7 程度であり、今後の改良が期待される。国内で開発・販売しているメーカは 2 社程度であるが、本スタディではそのうちの 1 社が開発した新型吸着式冷凍機に着目し、一部改良を加えて実験を実施し、データ収集を行った。

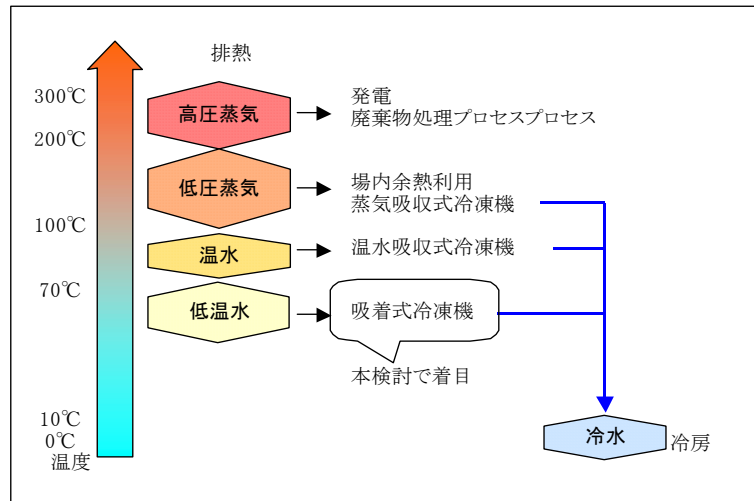


図 3.3.2-1 排熱の利用形態

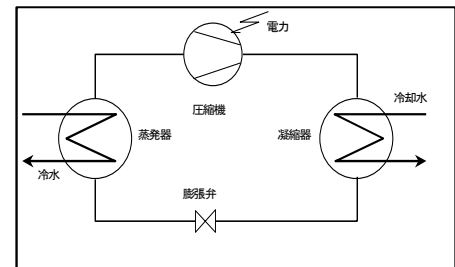


図 3.3.2-2 蒸気圧縮式冷凍サイクル

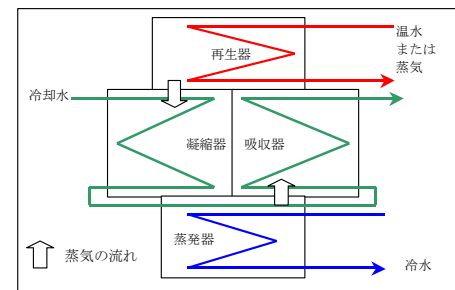


図 3.3.2-3 吸収式冷凍機の構成

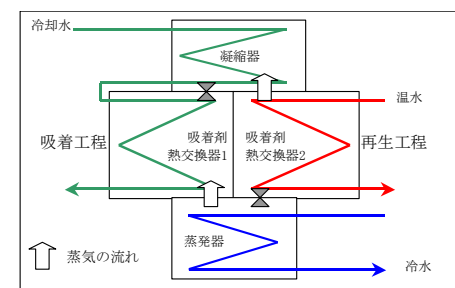


図 3.3.2-4 吸着式冷凍機の構成

3-3-3. 換気システムの設計

3-1節で検討したように、横型および縦型の2種類の地中式廃棄物ガス化熔融機械システムについてのケーススタディを行ったが、換気システムの検討においては、

- ・換気風量を決定する最大要因である放散熱量が両者ともほぼ等しいこと
- ・縦型の方が横型と比べ、地中深くまで掘削され、換気的には不利な面があることから、本スタディでは縦型（立坑式）ガス化熔融機械システムについて検討を行った。

1) 設計条件

地中構造の平面配置は、3-1節にて設定した縦型ガス化熔融機械システムの平面配置を利用した。なお本検討では、炉室や排ガス処理装置室等の放散熱量の大きな空間を対象とする換気システムに限定し、プラットホーム、ごみピット、電気室等の換気システムについては除外した。

2) 通常換気システムの設計

通常換気システムは、図 3.3.3-1 のように外気を送風機により直接給気用風道から炉室等の各機器設置エリアに送風し、放散熱を除去した排気を、排気用風道を通じて排風機により屋外に排気するシステムである。

主要機器仕様（1系列あたり）

- ・送風機風量 314,000m³/h
- ・排風機風量 314,000m³/h

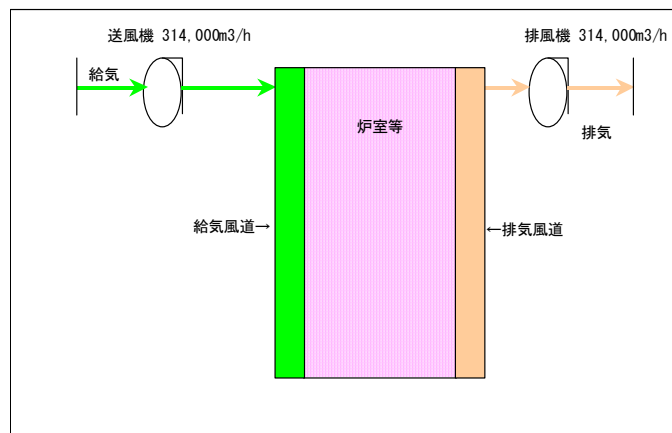


図 3.3.3-1 通常換気システム(1系列あたり)

3) 冷却換気システムの設計

冷却換気システムは図 3.3.3-2 のシステムであり、場内の余熱を利用して冷凍機により外気を冷却・給気し、炉室等の排熱を処理して排気する。給気と排気との温度差は 20K 程度とし、炉室内を 40℃程度に保つようにする。また本スタディで検討対象とする施設は2炉あるが、炉容量が同一のため1系列について検討する。

主要機器仕様（1系列あたり）

- ・送風機風量 157,000m³/h
- ・排風機風量 157,000m³/h
- ・吸収式冷凍機 冷却容量 490kW = 140USRT
- ・吸着式冷凍機 冷却容量 150kW = 43USRT

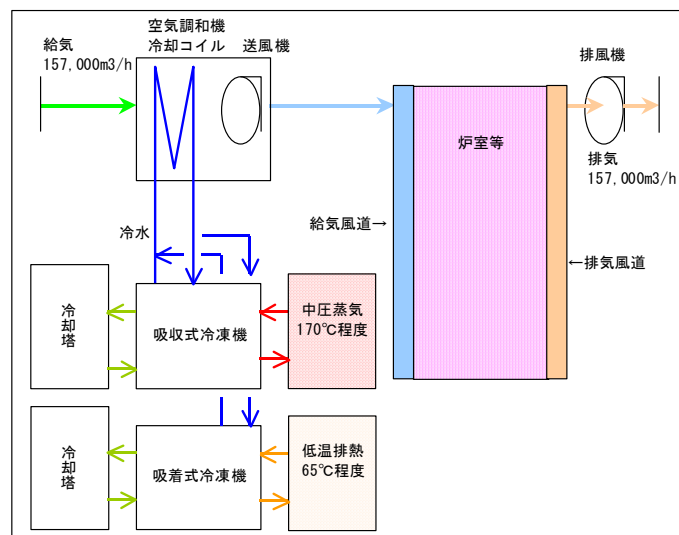


図 3.3.3-2 冷却換気システム(1系列あたり)

3-3-4. 新型吸着式冷凍機の開発実験

1) 実験概要

未利用エネルギーを有効に利用するための冷却換気システムの冷熱源システムとして、新型吸着冷凍機に着目した。その理由は、60℃以下の低温未利用エネルギーを有効利用する新型吸着冷凍機の駆動熱源として、ガス化溶融式廃棄物処理施設特有の排出エネルギーである低温排水・蒸気復水を使用できる可能性があるためである。

一方、地中式ガス化溶融機械システムの立地条件として、周辺から十分な水量を得難い場合があり、放熱部である冷

却塔として『開放型』の使用が困難であることが予想されるため『密閉型』を採用することになり、冷却水温度が上昇する可能性が高い。そこで、低温度の排熱温水と高温度の冷却水温度という悪条件における運転に関し、可能性確認試験を実施した。

冷却換気の空調システムの概念図を図 3.3.4-1 に示す。外気冷却空調を目的として、35℃以下の外気を 20℃まで冷却する。冷凍機は、上段に新型吸着式冷凍機を、下段に吸収式冷凍機を配置する。想定冷水温度は、吸着式冷凍機で 17→12℃、吸収式冷凍機で 12→7℃とする。

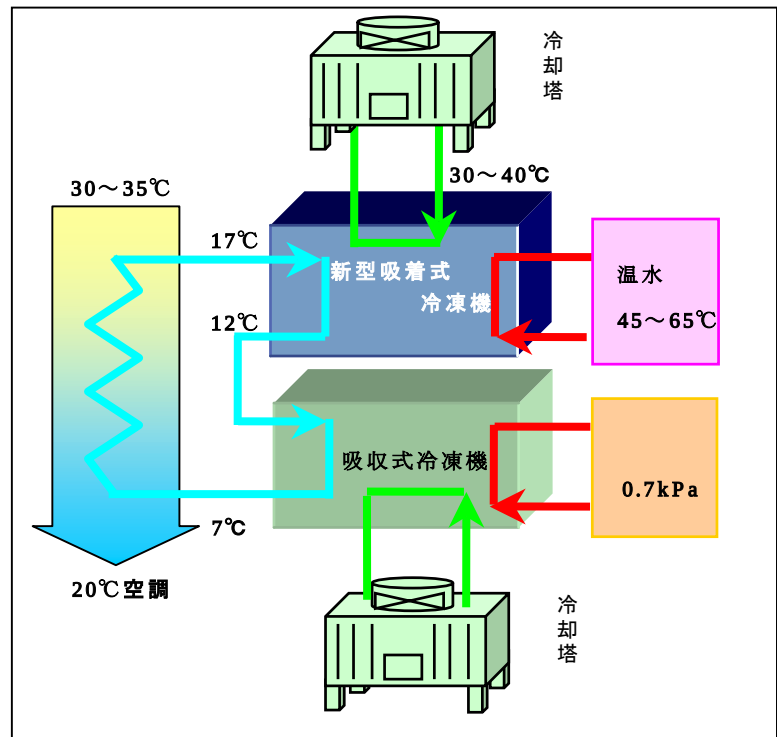


図 3.3.4-1 冷却換気空調システム概略図

(1) 新型吸着式冷凍機の概要

- ① 工場などで発生する 40℃程度以上の低温排水を有効活用する新方式の冷凍機である。
- ② 排熱と吸引ポンプを併用して 5～20℃の冷水が製造できる。
- ③ 高効率運転が可能で、省エネルギー性に優れている。
- ④ 冷媒としてオゾン層破壊、地球温暖化のない「水」を使用しており、地球環境に配慮した機器である。乾燥剤で利用されている「シリカゲル」とオゾン層破壊、温暖化のない「水」を使用している。

装置は図 3.3.4-2 に示したように 2つのシリカゲル槽、蒸発器、凝縮器、吸引ポンプで構成され、各容器は真空状態になっており、各々が配管と 4つの弁で接続されている。「状態 1」と「状態 2」を 15分サイクルで（温水と冷却水の流れを 15分で）切り換え、2つのシリカゲル槽を交互に加熱・冷却させながら、蒸発器で連続して冷水を得る。

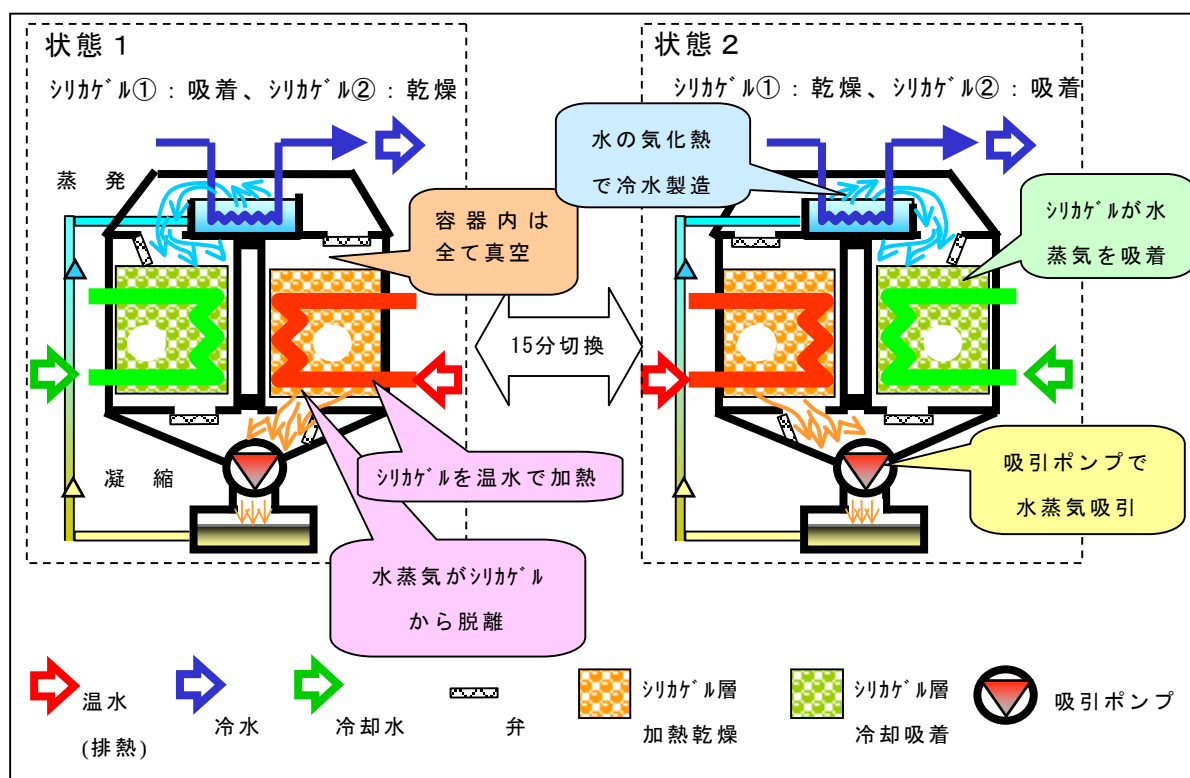


図 3.3.4-2 新型吸着式冷凍機の作動原理

(2) 設計仕様

新型吸着式冷凍機の実験装置の設計仕様を表 3.3.4-1 に示す。

表 3.3.4-1 新型吸着式冷凍機における主な設計仕様

項目	単位	
吸着剤/冷媒		シリカゲル/水(水蒸気)
吸着剤量	kg	127.5×2
冷凍能力	kW	25
温水入口/出口 温度	℃	55.0/50.0
冷却水入口/出口 温度	℃	29.0/33.0
冷水入口/出口 温度	℃	14.0/9.0
理論冷媒駆動量	Δq kg(H ₂ O)/kg(silica-gel)	0.05
メカニカルブースター ポンプ回転数	rpm	1,400
メカニカルブースター ポンプ周波数	Hz	60

2) 機器構成

写真 3.3.4-1～写真 3.3.4-4 に新型吸着式冷凍機の外観および周辺機器を示す。



写真 3.3.4-1 新型吸着冷凍機 正面



写真 3.3.4-2 新型吸着冷凍機 背面



写真 3.3.4-3 制御盤



写真 3.3.4-4 冷却塔

機器の構成は、メカニカルブースターポンプ (**mechanical booster pump**) (以下、「MBP」と略す) 以外は基本的に従来型吸着式冷凍機と同様である。容器は吸着熱交換器 (2 台)、蒸発器、凝縮器、低圧レシーバの合計 4 つで構成され、蒸気配管(真空配管)にて各容器が接続されている。蒸気配管にはサイクル切り換え用の蒸気バルブが 5 基設置されている。また、水配管にもサイクル切り換え用のエア駆動バルブが合計 12 個設置されている。

動力機器としては、メカニカルブースターポンプ、蒸発器冷媒散水ポンプおよび真空ポンプが設置されている。蒸発器はサイドグラスから冷媒の散水状況を確認でき、その下の容器の内部に吸着熱交換器が 2 基設置されている。合計 12 個のバルブを自動制御することによってサイクルの切り換えを円滑に行うことができる。

3) 実験方法

熱源水の温度・冷却水入口温度を可変させて冷水の水量を測定し冷却能力を推定した。

- ① パラメータ A：熱源水入口温度・・・基本的に 65℃以下 8～10℃刻みで 3 点必須
- ② パラメータ B：冷却水温度・・・30℃以上において 3～5℃刻みで 3 点必須
- ③ 不 変 条 件：
 - 冷水入口温度・・・17℃±0.3℃
 - 冷水出口温度・・・12℃±0.3℃
 - MBP 回転数・・・1,400rpm
 - サイクルタイム・・・900 秒
 - 熱源水流量・冷却水流量・・・能力を重視して最大とする。
- ④ そ の 他： 各温度は 1 サイクル平均温度で評価する。
- ⑤ 評 価 方 法： 冷凍能力、成績係数（温水基準、吸引ポンプ基準）

4) 実験結果

(1) 各パラメータ平均温度（表 3.3.4-2 および表 3.3.4-3）

表 3.3.4-2 温水平均温度		表 3.3.4-3 冷却水平均温度	
温水入口目標温度 [℃]	実験平均温度 [℃]	冷却水入口目標温度 [℃]	実験平均温度 [℃]
45	46.5～46.7	30	30.1
55	56.0～56.8	35	35.2～35.4
65	66.0～66.4	40	40.2～40.7

(2) 代表的な時系列データ

代表的な時系列データとして、下の様な条件での温度トレンド、圧力トレンド、流量トレンドを示す（図 3.3.4-3～図 3.3.4-5）。

- ① 温 水入口温度：55℃
冷却水入口温度：30℃

(ア) 温度トレンド

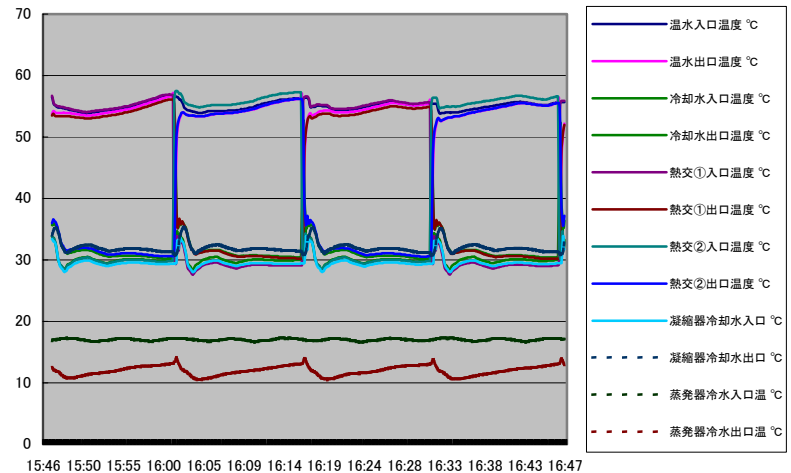


図 3.3.4-3 温度トレンド

(イ) 圧力トレンド

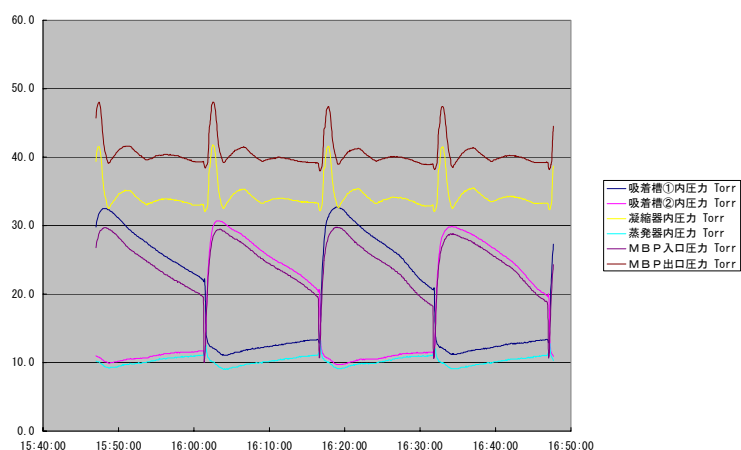


図 3.3.4-4 圧力トレンド

(ウ) 流量トレンド

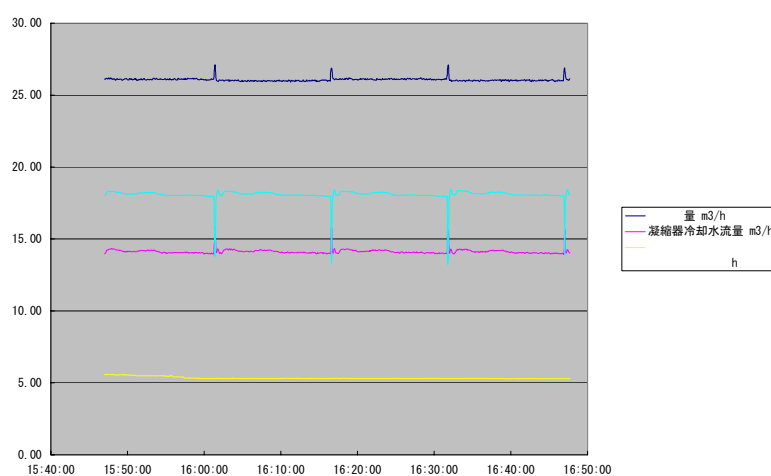


図 3.3.4-5 流量トレンド

② 考 察

温度および圧力トレンドから、吸着式冷凍機的主要な構造であるバッチ式の運転が現れており、特に温水温度と冷却水温度から『切り換え』が行われているのがわかる。この切り換え時間がサイクルタイムであり、この場合のサイクルタイムは 900 秒（15 分）ということになる。

(3) 熱源水入口温度可変試験結果 (図 3.3.4-6～図 3.3.4-8)

- ① 縦軸に冷凍能力、横軸に温水入口温度、凡例に各冷却水温度を示す。

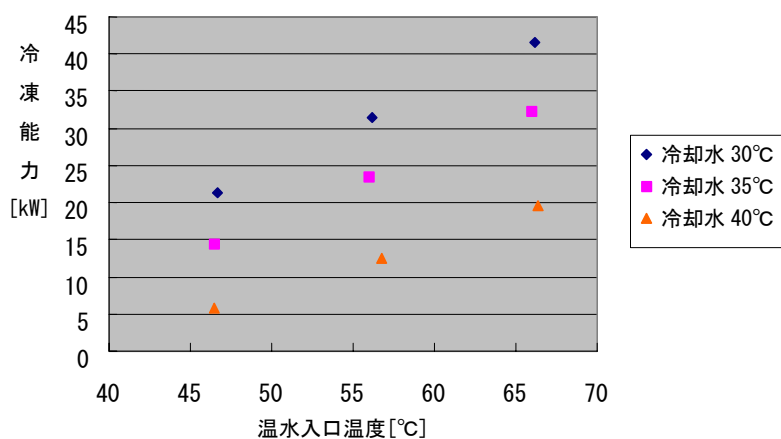


図 3.3.4-6 冷凍能力

- ② 縦軸に温水基準成績係数 (COP)、横軸に温水入口温度、凡例に各冷却水温度を示す。

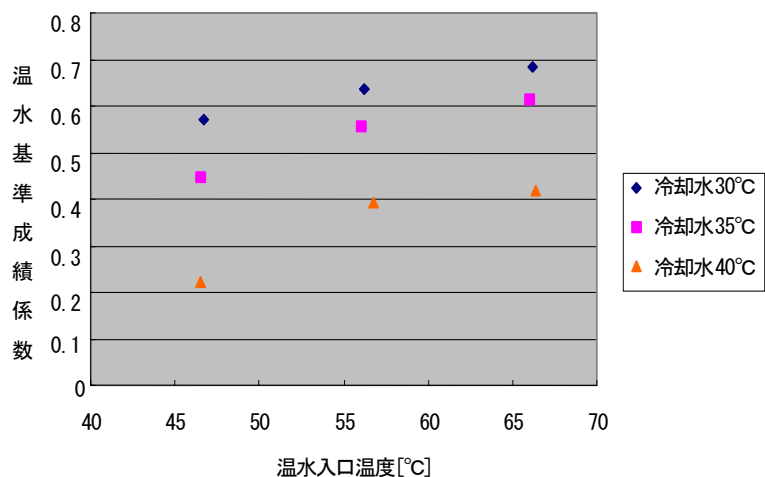


図 3.3.4-7 温水基準成績係数

- ③ 縦軸に吸引ポンプ電力基準成績係数 (COP)、横軸に温水入口温度、凡例に各冷却水温度を示す。

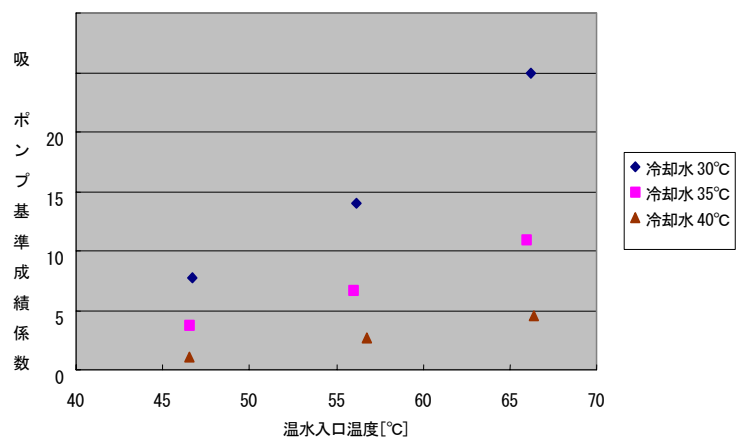


図 3.3.4-8 吸引ポンプ成績係数

④ 考 察

冷凍能力、温水基準、吸引ポンプ基準成績係数（COP）のいずれも、温水温度が下降するに従って下降する傾向が見られる。この最大の理由としては、吸着後の吸着剤であるシリカゲルを再生（脱着）させるために温水を利用しているが、この温水温度が低いということは、冷媒である水をシリカゲルの中から効率よく引き出せないため、能力、COPとも減少していると考えられる。温水熱量基準のCOPについては、周知の知識である『吸着冷凍機のCOPは0.7』であることが明瞭に証明されており、グラフは約0.7でサチュレートしている。吸引ポンプ基準COPについては、最大で約25が示されている。

5) 実験のまとめ

本スタディの目的である、地中式廃棄物ガス化熔融機械システムにおける冷却換気の可能性検討では、本装置における吸着剤冷却と凝縮器熱源の冷却水が高温になることが懸念事項かつ検討項目であった。

本実験の結果、冷却水温度40℃という高温の条件下においても冷却能力が確認された。冷却水温度40℃、温水温度66℃の場合には、温水の消費エネルギー約49kWに対して冷水出力約20kW、冷却水温度40℃、温水温度46℃の場合には、温水の消費エネルギー約23kWに対して冷水出力約5kWが確認された。この成果は非常に大きいと考えられる。

設計仕様値である冷却水温度30℃、温水温度56℃の場合に31kWの出力があり、仕様値の25kW以上であることが確認された。またこの場合の温水基準成績係数は約0.63であり、49kWの温水エネルギー消費から31kWの冷水が得られた。

シリカゲルという吸着剤の特性から考慮しても、冷却水温度が低ければ低いほど能力もCOPも向上する。しかしながら冷却水が高温時にも、水不足の地域・高湿度地帯においても適応可能であるという知見が得られた。

3-3-5. 気流シミュレーション

地下構造物の換気性状を確認し、換気システムの有効性を検証するため、通常換気システムと冷却換気システムの両者の気流解析シミュレーションを実施した。

1) 解析方法

解析手段として汎用3次元熱流体解析プログラム（Wind Perfect V3.0〔有〕ウインディ製〕を用い、3-3-3節にて設定した、ガス化熔融機械システムの地中構造物の解析モデルを構築し、気流解析を行った。そのモデルを図3.3.5-1および図3.3.5-2に示す。

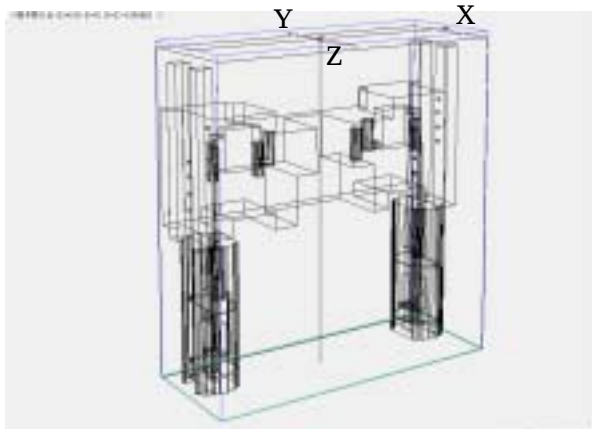


図 3.3.5-1 地下清掃工場換気解析
格子パース
（ワイヤフレーム表現）

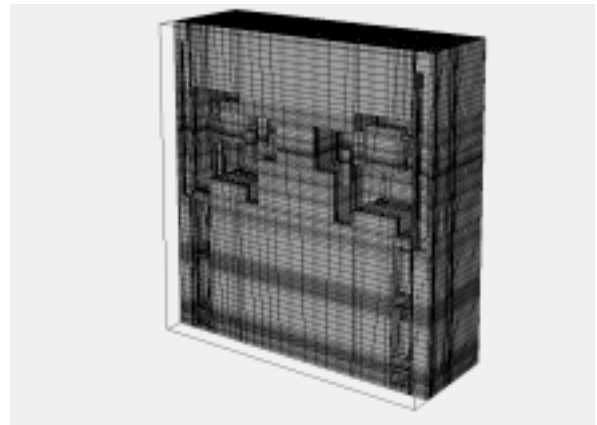


図 3.3.5-2 地下清掃工場換気解析
格子パース
（Y軸の正側から、ブロック表現）

2) 解析結果

前述のモデルに対する通常換気システムと冷却換気システムの気流解析結果を図3.3.5-3～図3.3.5-10に示す。

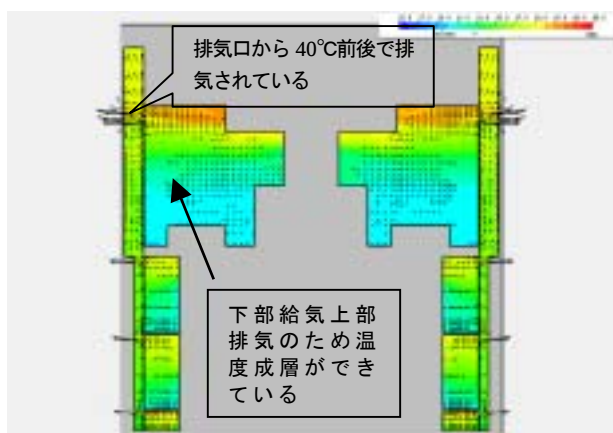


図 3.3.5-3 通常換気 排気側断面
（30℃吹出）温度分布＋ベクトル断面図

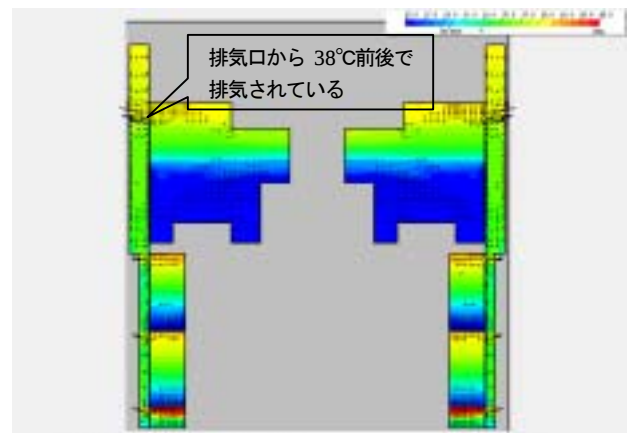


図 3.3.5-4 冷却換気 排気側断面
（20℃吹出）温度分布＋ベクトル断面図

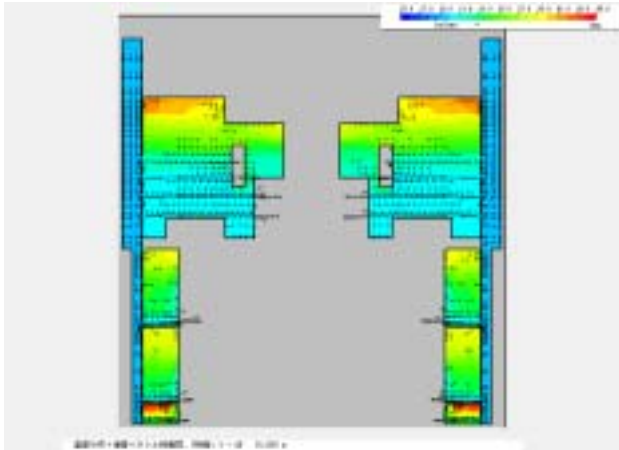


図 3.3.5-5 通常換気 給気側断面
(30°C吹出) 温度分布+ベクトル断面図

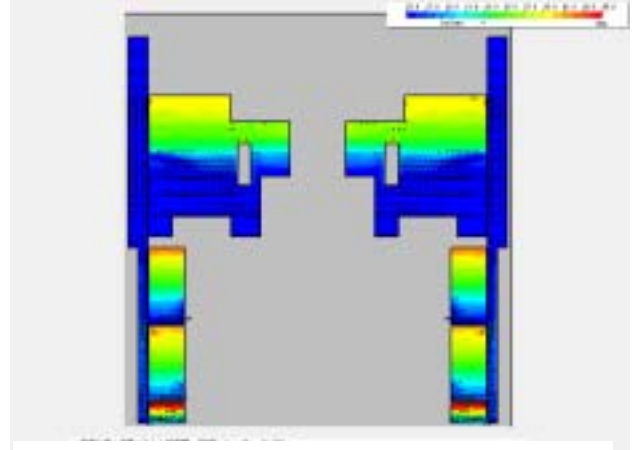


図 3.3.5-6 冷却換気 給気側断面
(20°C吹出) 温度分布+ベクトル断面図

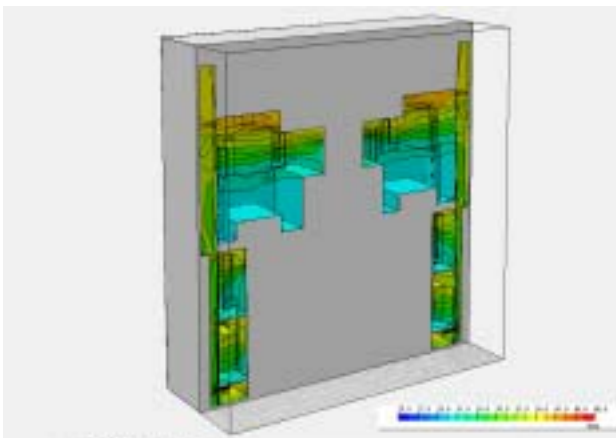


図 3.3.5-7 通常換気
(30°C吹出) 温度分布パース

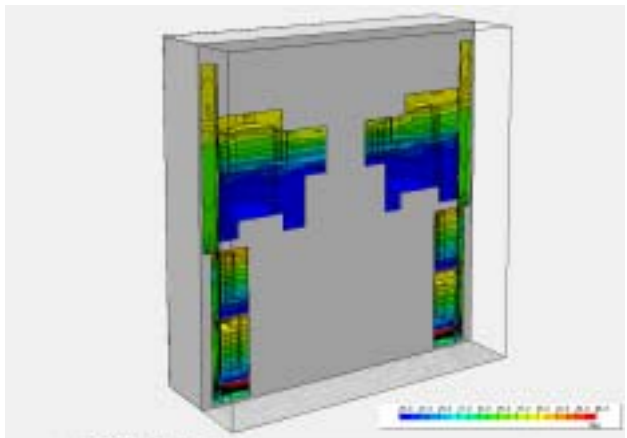


図 3.3.5-8 冷却換気
(20°C吹出) 温度分布パース

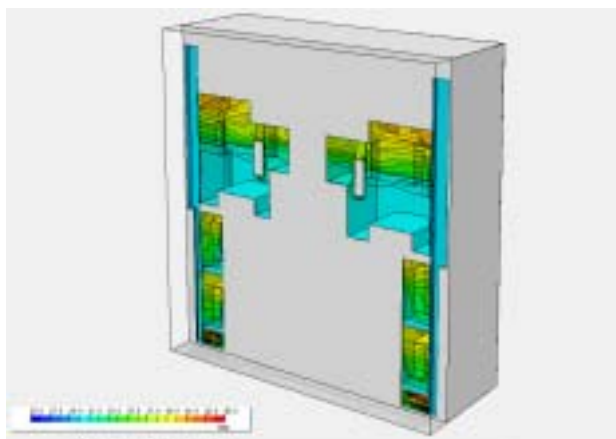


図 3.3.5-9 通常換気
(30°C吹出) 温度分布パース

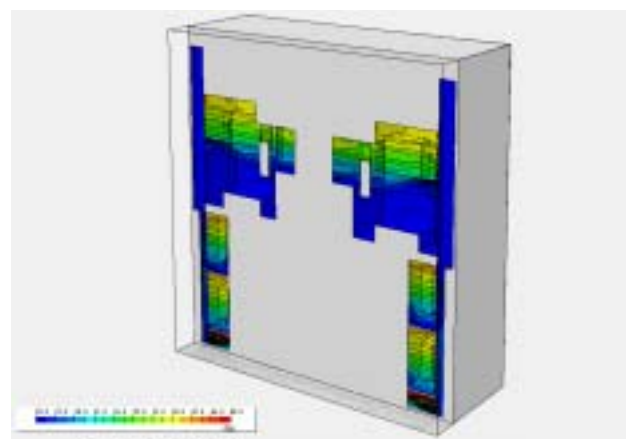


図 3.3.5-10 冷却換気
(20°C吹出) 温度分布パース

3) 考 察

地下空洞の換気は、それぞれの単位空間ごとにその空間の下部から給気して上部から排気することにより、温度成層が形成されて有効に換気が行われることが、気流解析でも実証された。

3-3-6. 換気システムの比較検討

1) 換気用エネルギー量の評価

150t/24h 炉×2 炉の縦型ガス化溶融機械システムにおける通常換気システムと冷却換気システムのそれぞれに対し、送風量を、年間を通じて外気温度が 20℃以上の場合は所定風量とし、20℃以下の場合は所定風量の 1/2 として換気用動力を算定するとともに、冷却換気の場合は冷凍機に使用される蒸気エネルギー量を算出した。空調負荷計算用の外気気象データを用いて、年間の送風用エネルギー量および冷却用エネルギー量を算定し、この結果をもとに両システムの二酸化炭素排出量等の環境評価を行った。3-3-3 節にて作成した換気システムに対して建設地を関西地区に想定し、その地域における年間の各月代表日のデータを用いて、通常換気システムと冷却換気システムとの比較検討を行った。

(1) 換気送風用エネルギー量の算定

換気送風エネルギー量は、送風機に使用される電力量を下式に基づき算定した。

$$\begin{aligned}
 (\text{換気電力量}) (\text{kW/年}) = & \Sigma \{ (\text{給気用送風機動力}) + (\text{排気用送風機動力}) \} (\text{kW}) \\
 & \times (\text{20℃以上の時間}) (\text{h/月}) \times (\text{各月の日数}) (\text{日/月}) \\
 & + \Sigma \{ (\text{給気用送風機動力}) + (\text{排気用送風機動力}) \} \div 2 \\
 & \times (\text{20℃以下の時間}) (\text{h/月}) \times (\text{各月の日数}) (\text{日/月}) \\
 & \dots\dots\dots (\text{式 3.3.2})
 \end{aligned}$$

送風機動力は下式に基づき算出した。

$$S = V \times PT \times 10^{-3} / (3,600 \times 0.5) \dots\dots\dots (\text{式 3.3.3})$$

ここで、 S は動力 (kW)、 V は風量 (m³/h)、 PT は全静圧 (Pa) を示しており、また除数の 0.5 は効率である。換気方式による年間の換気動力の電力量は表 3.3.6-1 のとおりとなる。

通常換気システムと比較し、冷却換気システムは電力量で 54% となり、電力はごみ発電から賄うので、減少分は余剰電力として売電することが可能となる。

表 3.3.6-1 換気用エネルギー量

	電力量
	kWh/年
通常換気方式	4,048,126
冷却換気方式	2,194,013
差	1,854,113

(2) 冷却換気システムの余熱利用量

冷却換気システムにおける余熱の有効利用量について検討を行った。

吸収式冷凍機は高効率型の機器を採用するものとし、蒸気消費量を冷水出力 1 kW あたり 0.77kW とする。吸着式冷凍機は、本スタディにおいて実験を行った機器を採用するものとして、温水消費量を冷水出力 1 kW あたり 1.43kW とする。冷却換気の場合、条件として外気が 20℃以上のときに冷凍機を稼働させるものとした。

外気を冷却するための所要冷水エネルギー量 $R(\text{MJ})$ は、下式により算定した。

$$R = 0.00033 \times 3.6 \times V \times dT \quad \dots\dots\dots (\text{式 } 3.3.4)$$

なお、 V は送風量 (m^3/h) を、 dT は外気と給気温度との差 (K) を示す。年間にわたり算出した結果を表 3.3.6-2 に示す。

一方冷却換気の場合、冷水循環ポンプや冷却水循環ポンプの動力が必要となるが、これを算出すると年間 285,154kWh (1,027GJ) の電力を消費する。

表 3.3.6-2 冷却換気の冷凍機負荷と余熱利用量

吸収式冷凍機負荷	5,123 GJ/年	蒸気消費量	3,945 GJ/年
吸着式冷凍機負荷	1,568 GJ/年	温水消費量	2,243 GJ/年
冷却換気冷水負荷	6,691 GJ/年	余熱利用量	6,188 GJ/年

2) 換気システムのエネルギー消費量比較

電力の一次エネルギー換算値を 0.0102857GJ/kWh、余熱の一次エネルギー換算値を 1.43 (余熱ボイラの効率を 0.7 とした場合) とした場合の一次エネルギー消費量を算出すると、冷却換気システムが通常換気システムの 42%となり、エネルギー消費の削減に寄与する。

3) 換気システムの環境評価

次に換気システムの二酸化炭素排出量について検討する。電力の CO_2 排出量原単位を 0.26kg- CO_2/kWh (関西電力) とした。また、焼却余熱利用による排出量については次のとおりとした。

余熱エネルギーを排熱回収ボイラから発生しているが、これをガス焚きのボイラに換算すると、余熱回収量 1 GJ に対し、燃料消費量は都市ガスの発熱量を 41.1MJ/Nm³、ボイラ効率を 80%とすると 30.4Nm³となるので、二酸化炭素排出量は

$$2.1(\text{kg-}\text{CO}_2/\text{Nm}^3) \times 30.4(\text{Nm}^3) = 63.87(\text{kg-}\text{CO}_2)$$

となる。二酸化炭素排出量は、冷却換気システムが通常換気システムの約 24%となり、大幅な削減が期待できる。これは余熱利用によるところが大きい。

一次エネルギー換算値および二酸化炭素排出量の算定結果を表 3.3.6-3 に示す。

表 3.3.6-3 一次エネルギー換算値および二酸化炭素排出量

換気システム	通常換気システム			冷却換気システム				
	エネルギー量		一次エネルギー消費量 (GJ/年)	二酸化炭素排出量	エネルギー量		一次エネルギー消費量 (GJ/年)	二酸化炭素排出量
換気送風電力量	4,048,126	kWh	41,638	1,052,613	2,194,013	kWh	22,670	570,443
余熱利用量	0				－6,188	GJ	－8,839	－395,219
冷凍機補機類電力消費量	0				285,154	kWh	2,933	74,140
計			41,638				16,769	249,364

(— は削減量を示す)

4) 地中構造物への影響評価

通常換気システムと冷却換気システムとの地中構造物への影響を検討した結果を表 3.3.6-4 に示す。

表 3.3.6-4 地中空洞の容積

		通常換気システム	冷却換気システム	備考
①	給気用風道容積 (m ³)	5,496	2,748	
②	排気用風道容積 (m ³)	5,496	2,748	
③	換気用風道容積 (m ³)	10,992	5,496	
④	地中構造容積 (m ³)	244,621	239,125	
⑤	③/④×100 (%)	4.5	2.3	

換気用風道容積は地中構造全体の容積の数%に過ぎないが、冷却換気の場合は通常換気に比べ約 50%に削減され、全空洞掘削容量の 2.5%程度 (約 5,500m³) の低減が見込まれる。

3-3-7. 検討結果のまとめ

地中式廃棄物ガス化熔融機械システムにおける換気システムに関し、通常換気システムと冷却換気システムの 2 ケースについて検討を実施した結果、以下の知見が得られた。

- ① 冷却換気システムにおける新型吸着式冷凍機の実験により、その実用化の見通しと性能が検証された。特に 45℃程度の低温温水や 40℃の高温冷却水によっても駆動する可能性があることが実証された。
- ② 気流シミュレーションにより、空洞内の温度が通常換気、冷却換気ともに所定の温熱環境に維持できることが確認された。
- ③ 換気システム比較により、冷却換気システムのエネルギー消費量や二酸化炭素排出量といった環境評価指標の面での優位性が確認された。特に環境共生型機械システムとして評価される。

参考文献

- 1) ごみ処理施設整備の計画・設計要領, (社)全国都市清掃会議
- 2) 焼却システムとエネルギー回収, (株)シーエムシー
- 3) ごみ焼却排熱のおもしろ科学, 理工図書(株)
- 4) 地下式清掃工場防災システムに関する調査研究報告書, (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター, 1993.3
- 5) 山岳横坑式清掃工場システムに関する調査研究報告書, (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター, 1996.3
- 6) 山岳地下式清掃工場の実現可能性調査報告書, (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター, 1999.3
- 7) 地上の景観保全と自然調和を目的とする地下の有効活用システム山岳地下式清掃工場の調査研究報告書, (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター, 2001.3
- 8) 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, (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター, 2003.3

3-4. 現地調査

3-4-1. 概 要

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現に向け、本スタディ活動の一環として現地調査を行った。概要を以下に記す。

- ・調 査 日：平成 16 年 1 月 20 日（火）～21 日（水）
- ・調査場所：桜井市グリーンパーク〔奈良県桜井市〕
箕面有料道路山岳トンネル築造工事（北工区）〔大阪府箕面市〕
舞洲清掃工場〔大阪市〕

3-4-2. 桜井市グリーンパーク

奈良県桜井市では、平成 12 年 5 月から廃棄物循環型社会基盤施設整備事業を推進し、一般廃棄物ごみ焼却場、リサイクル施設およびし尿処理場を集合させた桜井市グリーンパークが平成 15 年 4 月から稼動している（写真 3.4.2-1）。この中の一般廃棄物ごみ焼却場の焼却施設には流動床式ガス化溶融炉方式（75t/24h 炉×2 炉）が採用されており、本スタディの内容と合致しているため調査対象とした。

桜井市グリーンパークをはじめとする我が国のガス化溶融機械システムは順調に稼動しており、環境面でも優位であることも含め、本スタディ対象施設に同システムを採用することは妥当であり、現時点で実現は十分可能であるとの結論を得た。



写真 3.4.2-1 桜井清掃工場

3-4-3. 箕面有料道路山岳トンネル築造工事（北工区）

箕面有料道路は、大阪府道路公社が箕面市萱野から下止々呂美までの延長 7.3km を一般国道 423 号（新御堂筋線）バイパスとして建設しているもので、将来は第二名神高速道路と大阪都心を直結する幹線道路となる。箕面有料道路のうち 6.8km 区間が山岳トンネルとなっており、箕面トンネルと呼称されている。箕面有料道路山岳トンネル築造工事（北工区）は、箕面トンネルの北側、延長約 3.3km 区間を担当している。同工区には図 3.4.3-1 に示すように、地下換気所（機械室・電気室）と換気立坑が含まれ、これらが本スタディの横型（横坑式）および縦型（立坑式）ガス化溶融機械システムの地中構造と極めて類似し

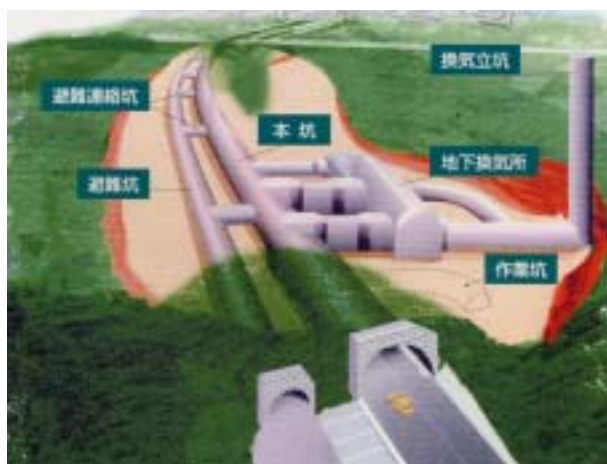


図 3.4.3-1 箕面トンネルイメージ

出典：大阪府道路公社、鹿島・大成・東亜・三井住友・青木共同企業体パンフレット

ていることから、現地調査対象とした。

地下換気所は幅 11m、高さ約 15m であり、NATM (New Austrian Tunneling Method) によって施工されている。換気立坑は外径 7 m、高さ約 331m であり、ショートステップ工法によって構築された。

箕面有料道路山岳トンネル築造工事（北工区）のように、我が国では横坑および立坑の施工技術が確立しており、本スタディで対象としている地下空洞の建造は既存技術の活用によって実現可能であることが明らかになった。また、箕面トンネルの地下換気所並びに換気立坑の位置の地質は砂岩が主体であったため、巻立てコンクリートの打設が必要であったが、硬い地質であれば巻立てコンクリートを省略することもでき、さらにコストダウンを図ることが可能となる。

3-4-4. 舞洲清掃工場

大阪市環境事業局舞洲工場（舞洲清掃工場）は、大阪市のスポーツアイランドと位置づけられている埋立地、舞洲に建造された清掃工場であり、ゴミ焼却場の処理能力は 900t/d である（写真 3.4.4-1）。環境に十分配慮するとともに市民等の見学も積極的に受け入れている地域環境共生型清掃工場として、現地調査対象に選定した。

ごみ焼却に伴う排熱を利用した発電（出力 32,000kW）のほか、雨水・排水処理水の再利用設備を保有し、50t/d の節水を実現している。同工場の最大の特徴はその独特な外観であり、ウィーンの芸術家フリーデンスライヒ・フンデルトヴァッサー（1928～2001）によるデザインである。人工構造物は自然を破壊するためその影響を極力削減する目的で、独特なデザインとするだけでなく、屋上および周辺の緑化も行っている。一般人を含む見学者の受入れや情報公開にも積極的であり、工場内部には見学者用施設が完備している。

舞洲清掃工場は、従来の清掃工場に対する既成概念を覆すべく努力している清掃工場一例といえる。本スタディ対象施設は、ごみ焼却施設を地中に設置して環境共生を実現するという方針であり、基底部分では舞洲清掃工場のコンセプトと一致している。市民から理解を得る清掃工場とするには、自ら市民との接触を図ることも肝要であり、舞洲清掃工場のプレゼンテーション施設等は本スタディ対象施設実現時には参考になる。



写真 3.4.4-1 舞洲清掃工場

参考文献

- 1) 中井誠一，柳孝雄，佐野順一，堂本博幸，西井倫周，辻興志：桜井市向け流動床式ガス化溶融炉ー桜井市グリーンパークー，日立造船技報，vol.64，No.1，pp2-3，2003.5

4. まとめ

本スタディは、近年の我が国の清掃事業を取り巻く厳しい環境のもと、限られた土地の有効利用ならびに周辺環境との調和・共生等を目指し、都市近郊の山間・丘陵部の地下空間にガス化熔融機械システム等の清掃工場を立地する、新しい概念の構築を目的に開発を行ったものである。本スタディでは平成 14 昨年度の基本調査研究を基に、当該システムのより実現に向けた詳細検討を実施した。

「地中式機械システムに伴う防災インテグレートシステムの試作・実験」では、地中式清掃工場における定常時、ならびに非常時の従業員および消防隊員等の現在位置と、施設全体の火災事象等をリアルタイムに中央制御室と現場で把握・確認できるシステムとして、防災インテグレートシステムの基本的な考え方の確立を行い、リスクイベントツリーを構築して異常時の情報収集、異常信号の特定、監視項目とこれらのデータ収集機能の研究を行った。また、これらを実現するために、ウェアラブル PC（人体装着型端末）について組込みカメラの各種型式・装着様式の調査と実験を行い、実用化開発を実施した。さらにこれらを応用する防災インテグレートシステムの基幹部分として、プラント DCS、ITV 設備、地下位置特定、防災情報等の機能、ならびに表示内容の検討と、ソフトウェアの試作を行った。これによってリモートアクセス機能とオンライン監視機能とが接続でき、その実用性や操作性のスタディと、具体化の可能性について確認できた。

また「地下換気システムと未利用エネルギーの有効利用システムの設計・評価」では、地中施設における換気システムの効率化と、未利用エネルギーの有効利用を目的とした換気空調システムの試設計と機器の部分実験を行い、新たな排熱回収システムの研究を実施した。実験は、いままで未利用であった 65℃以下の低温熱源で駆動する新型吸着式冷凍システムについて検討し、ハイブリッド吸着冷凍システムとして、低温熱源と高温冷却水という悪条件下でも排熱回収が可能となるとともに、余熱蒸気を利用する吸収冷凍機と組み合わせる排熱を有効にカスケード利用するシステムを実現させた。さらに換気システムの気流シミュレーションについては、前年度の成果を基にプラント機器の放散熱量を設定し、通常換気、冷却換気両システムについて換気風量や給気口・排気口の位置を決定して換気システムモデルを構築し、分析を行った。その結果、通常換気システムと冷却換気システムそれぞれのエネルギー消費量や二酸化炭素排出量等、定量的に両システムの比較を行い、排熱回収システムの有効性とその効果について検証した。

以上の検討結果を踏まえ、当該スタディ（本年度のスタディは、ガス化熔融機械システムを主体に研究を推進したが、本研究内容はストーカ式等、従来の焼却システムでも当然適用可能）では今後の清掃行政の動向に配慮し、また新しい社会資本の整備に向けて、安全性の高い公共施設の創出、ならびに都市形成のための柔軟で適宜な立地計画の確保、等々の実施に向けたフィージビリティスタディとして、その成果を達成したものと考えられる。

本スタディの成果が、当該システムの実現に向けた具体的検討の実施に役立ち、同時にこれからの清掃事業の一助となることを関係者一同、切に願うものである

— 禁無断転載 —

システム開発

15-F-3

地域環境共生地中式廃棄物ガス化熔融機械システムの
開発に関するフィージビリティスタディ報告書
(要 旨)

平成 16 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
委託先名	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