

令和3年度
工事および委託監査に伴う技術調査委託
報告書

光が丘清掃工場建替工事（プラント機械・建築機械分野）

令和4年1月25日



目 次

担当技術士一覧

まえがき	1
第1章 調査概要	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査実施日	1
1.3 調査場所	1
1.4 出席者	1
1.5 日程	2
1.6 調査方法	2
1.7 工事概要	2
第2章 調査業務内容	4
2.1 ビデオによる工事概要説明	4
2.2 特記仕様書の調査	4
2.3 プラント運転状況の調査	8
第3章 総合評価	10
むすび	10

総括管理技術士

理事長

原田敬美 技術士(建設部門)

印

登録 No. 24446

工学博士

部門統括技術士

建設委員長

石川敏行 技術士(電気電子部門)

印

登録 No. 21921

担当技術士

伊藤 寛 技術士(機械部門、総合技術監理部門) 印

登録 No. 39010

特定非営利法人 地域と行政を支える技術フォーラム

〒106-0032

東京都港区六本木 3-14-9 妹尾ビル 4F

TEL 03-3403-2325 FAX 03-3403-0734

まえがき

本技術調査報告書は、東京二十三区清掃一部事務組合の工事および委託監査に伴う技術調査委託として、対象工事のプラント機械・建築設備機械分野について機械部門の技術士の観点から調査およびヒアリングを行い、その適否、あるいは問題点の把握・分析を行った結果の報告である。

第1章 調査概要

1.1 調査目的

本報告書は、専門技術者の立場から主として、当該工事に係わる①特記仕様書、②実施設計、③積算、④運転記録（試運転および操業運転）に関する事項に対して調査を実施し、これらの諸事項に係る妥当性、公正性、適正性、経済性、公平性の確認を行うことを目的としたものである。

調査内容は、委託仕様書に基づき、完成した本施設が清掃工場としての十分な機能、地球環境および近隣への適切な対応、費用対効果等について検証をすることとし、主に「施工全体」について、「技術的な調査および確認」を行った。

1.2 調査実施日

令和3年11月22日(月)

1.3 調査場所

光が丘清掃工場事務所4階会議室Bおよび現地

1.4 出席者

建設部 工場建設担当課長 (プラント機械・建築機械設備)担当	川本 将史
説明者 建設部建設課 工場建設第四係長	青木 勝之
説明者 建設部建設課 工場建設第四係	町田 智亮
監査事務局長	江部 信夫
監査担当係長	小澤 豊
監査担当係長	蛸谷 秀邦
技術士（プラント機械・建築設備機械分野）	伊藤 寛

1.5 日程

- 10時00分：ビデオによる清掃工場の概要説明
- 10時30分：資料確認、技術審査および質疑
- 12時00分：休憩
- 13時10分：技術審査および質疑
- 14時40分：現場状況の確認
- 15時40分：講評
- 16時00分：終了

1.6 調査方法

技術調査は、下記手順により実施した。

- (1) ビデオによる工事概要説明
- (2) 特記仕様書および運転記録（試運転および操業運転）による施工全体についての技術的調査および確認
- (3) 現地調査

以上の事項について、担当課および関係各位からのヒアリング、質疑応答、書類を基に調査を行った。

1.7 工事概要

工事件名 光が丘清掃工場建替工事

工事場所 練馬区光が丘五丁目3番1号

発注者 東京二十三区清掃一部事務組合 管理者

主幹部課 建設部建設課

請負者・契約金額・工期

請負者 タクマ・鴻池特定建設工事共同企業体

契約金額 34,393,950,000円(当初契約金額33,588,000,000円)(税込)

工期 平成28年6月28日～令和3年3月15日

施設概要

(1) 建築物

工場棟 鉄骨鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造) 高さ約27m

煙突 鉄筋コンクリート造外筒・鋼製内筒型 高さ約150m

(2) プラント工事概要

1) 炉形式および処理能力

全連続燃焼式火格子焼却炉(廃熱ボイラ付) 300t/日(150t/日・炉×2基)

2) 設備内訳

プラント機械設備

給じん設備、焼却炉本体設備、灰処理設備、汚水処理設備、通風設備、煙道設備、集じん設備、洗煙設備、触媒反応設備、煙突設備、ボイラ設備、発電設備、余熱利用設備、蒸気復水設備、純水設備、電気設備、計装・自動制御設備、給水設備、その他設備

建築機械設備

給排水衛生設備、消防設備、ガス設備、空調換気設備、場内余熱利用設備、エレベータ設備、その他設備

3) 主要設備概要

① ボイラ設備

型式：過熱器付自然循環式水管ボイラ

数量：2基（1炉1基）

容量：27.5t/h(1炉)

常用使用蒸気圧力（過熱器出口）：4.0MPa

常用過熱蒸気温度（過熱器出口）：400℃

② 発電設備

・蒸気タービン発電機

型式：抽気復水タービン（再生サイクル）

定格出力：9,150kW

タービン入口蒸気圧力/温度：3.8MPa/395℃

最大蒸気量：48.38t/h

・非常用発電装置

形式：ガスタービン発電機

定格出力：1,250kVA

③ 排ガス処理設備

ろ過式集じん器

洗煙塔（湿式か性ソーダ洗浄方式）

触媒反応塔（アンモニアガス吹き込み）

④ 汚水処理設備

形式：凝集沈殿＋ろ過

第2章 調査業務内容

2.1 ビデオによる工事概要説明

技術監査に先立って、本工事のビデオ記録が約15分間、上映された。ビデオには、本清掃工場の基礎工事、プラント機器設置工事、しゅん工火入れ式に至る主要な工事の様子が記録されており、監査を行う上で非常に有用であった。

2.2 特記仕様書の調査

(1) プラント機械

プラント機械に関する特記仕様書の内容を次の観点から技術監査を行った。

- ・プロセスの流れ
- ・エネルギー・用役の流れ
- ・情報(制御・監視)の流れ
- ・人の動き
- ・廃棄物の流れ

① プロセスの流れ：

本清掃工場に於けるプロセスの流れは、焼却炉で発生した環境汚染物質を含む燃焼ガスを各種の機器を用いて、有効に廃熱を回収し、有害物質の除去、温度調整を行った後に、排気筒から大気中に放出するものである。

このプロセスにおいて、以下の技術調査を行った。

i) ストーカ炉

本工場に導入されたストーカ炉では、助燃料使用を最小限とする設計がなされており、通常時には助燃料なしで操業されていることを確認した。

特に、廃棄物焼却炉の場合、助燃料は運転コストに影響する。^(注記1)

本工場のストーカ炉では、焼却物の攪拌、燃焼空気の流動、炉体の顕熱維持等の技術的、運転上の工夫による省コスト運転の成果が確認できた。

ii) エコノマイザ

ストーカ炉で発生する800℃の燃焼ガスから、蒸発管および過熱器で発生熱量の大部分を回収し、更に、エコノマイザで熱を回収して、燃焼ガスの温度をろ過式集じん器の供給温度まで約600℃低下させるプロセスであり、高いレベルの運転技術が必要である。このため、エコノマイザ出口温度の制御について確認した結果、エコノマイザ出口温度は制御できないとのことであった。しかし、焼却炉の燃焼が促進され燃焼ガス温度が上昇すると発生蒸気量が増加し、それに伴いエコノマイザへのボイラ給水流量も増加するため、一定の範囲で安定しているとのことであった。

iii) ろ過式集じん器

ろ過式集じん器は、燃焼ガス中に含まれる環境汚染物質やダスト類を捕捉し、回収する重要な装置であるが、適切なる過面積が必要なため、フィルタの選定にあたっては、捕捉性能に加えて、メンテナンスに対する考慮が必要である。

本工場においては、十分なる過面積を確保するとともに2分割出来るリテーナを採用することにより、ろ過式集じん器上部のスペースを削減するとともにメンテナンス時の高さを確保している。

また、燃焼ガス中に水銀を検知した場合には、吸着用の活性炭を注入し、さらには後段においてキレート剤を注入するシステムを導入することによって、水銀の環境への放出を防止している。

特に、廃棄物処理設備においては、ろ過式集じん器の役割は重要であるが、海外では水銀等重金属を含有する特殊廃棄物処理に対応するため、長期間にわたる設備改修を余儀なくされた事例があったことを考えると、本設備の計画および設計思想は環境保護の観点から高く評価できるものである。

iv) 排ガス洗浄処理装置

排ガス洗浄処理装置は、排ガスの急速冷却部（クエンチ）と気液接触塔（スクラバ）を組み合わせて、排ガス中の環境汚染物質を中和塩として回収する装置である。当該装置では、何らかの理由により排ガス温度が十分に冷却されない場合に構造部材の一部に使用されている樹脂構造体が溶解・破損しないような制御・運転方法が必要である。他の廃棄物処理プラントの同等設備においては、緊急用上架水槽を設置し、そこに大量の水を常置して、緊急時には大量落水により装置を保護するものがある。

本施設では排ガスが所定の温度以下になるような制御システムが装備され、安全に運転されていることを確認した。

v) 触媒反応塔

触媒反応塔は、排ガス中に含まれる窒素酸化物を脱硝触媒とアンモニアを用いて、窒素、酸素、水に分解する装置である。この装置は、発電所等燃焼を伴うプラントを中心に広く利用されているものであるが、本プラントでは、信頼性の高いメーカーの触媒が採用された装置が、問題なく運転されていることを確認した。

vi) 誘引ファン

一般的に、誘引ファンはプロセスの最後流に設置されるが、その上流に各種の圧力損失要素を有する機器が設置されている場合、運転時にサージング^(注記2)が発生する可能性がある。

本プラントでは、各圧力損失要素をあらかじめ予測したシステム設計（インバータ導入、防振架台設置）、施工、運転計画がなされており、さらに、試運転段階からプロセス温度、流量が安定するように、インバータおよびダンパーによる

きめ細かい制御を行い、サージングを起こすことなく、運転されていることを確認した。

vii) 煙突

煙突は、ろ過式集じん器、排ガス洗浄処理装置、触媒反応塔から構成される排ガス処理設備によって、環境汚染物質を除去した排ガスを大気中に放出する装置である。排ガス中の成分は常時監視され、さらに、大気中に放出する際に白煙が発生しないように温度制御され、試運転中も含めて、白煙発生がなかったことを確認した。

(注記1) 以前、炉体上部にセラミック製通気輻射体を設置する方法が考案され、2~3か所の廃棄物焼却設備に導入された事例があるが、結局、助燃料削減に至らず、普及しなかった。

(注記2) サージング現象では、ファン運転時にガス流量が何らかの原因で変動した場合に、ファン入口、出口の圧力が逆転し、配管、ダクト系やファン本体に振動や騒音が発生する。振動が大きいため、ファン本体のコンクリート基礎が破損し、固定ボルトが緩む事例があった。

② エネルギー・用役の流れ：

エネルギー・用役の流れの詳細は、電気分野で調査されるので、機械分野では、発生する廃熱回収による蒸気発生システムについて調査を行った。

本施設では、焼却炉内面に設置された水管群にボイラ給水(脱気等必要な処理を行った水)を供給し、圧力 4.0 MPa、温度 400℃、流量 54,992 kg/h の過熱蒸気を発生させ、高圧蒸気だめに集約したのち、複数のユーザー機器に送出するシステムである。

発生蒸気の 88%が蒸気タービンに送出され、最大 9,150kW の電力を発生し、その売電収入は年間数億円に達するとのことである。また、プロセス中の加熱源として、残りの 12%の蒸気を使用されている。

蒸気タービンから抽気された圧力 1.42MPa の中圧蒸気は、脱気器に送出されプロセス熱源として使用されるとともに、給熱蒸気だめに集約後、地域熱供給施設に送出されるシステムとなっている。

このような、非化石燃料から発生した熱をサーマルリサイクルによる地域環境への貢献度は非常に高いと評価できる。

③ 情報の流れ(制御、監視)

機械分野における情報の流れとして、制御、監視システムの概要を調査した結果、富士通製プラットフォームにタクマの専用運転・監視ソフトウェアを構築しているとのことであった。例として、焼却炉設備の瞬時運転記録では、運転員に

対し必要な情報がわかりやすく表示されていることを確認した。

④ 人の動き

ヒアリングおよび現地確認により、本プラントにおいては、人の動きを考慮した計画、設計、施工が行われていることを確認した。具体的には、以下の通りである。

- i) プラント建屋内の通路、機器周辺スペースおよび階段は十分な幅を有する設計、施工となっており、運転員2名がデータ収集、緊急メンテナンス時、安全に作業ができる。
- ii) 本プラントでは、高温度運転機器、装置が多いことを考慮し、機器メンテナンス床面から1800mmの高さまで、保温材を取り付け、運転員の火傷等を防止するようになっている。
- iii) 本プラントでは、主要機器の保温外装板の色を変える設計、施工となっている。その結果、緊急時に運転員の視認性を確保できる。
- iv) アンモニア取扱設備は、専用の部屋に設置することで完全に隔離され、容易に近接できないような設計、施工となっている。アンモニアは環境調和性が高いものの、毒性を有するため、取扱には十分な注意が必要である。過去に、某博物館において、環境対策として、アンモニア冷媒ヒートポンプが採用され、散水設備も設置されていたが、設備保守作業時にアンモニアが噴出し、労働災害事故が発生したことがある。
本工場のアンモニア取扱設備のように、保守時や緊急時にあっても一旦外部から内部の安全性を確認した後に、近接するという設計思想は非常に重要であり、評価できる。

⑤ 廃棄物の流れ

本プラントの各設備から発生する廃棄物は、それぞれ物的特性(性状、形状等)、発生量、処分方法が異なっているので、正確な分類と分別が必要である。

すなわち、焼却炉から発生する「灰」、ろ過式集じん器から発生する「飛灰」、洗煙設備から発生する「汚染中和塩を含む排水」は処分方法を考慮して分別されている。特に、「灰」と「飛灰」の搬出場所は、非常に清潔に保たれていることを確認した。

(2) 建築設備機械

① 空調関係の設備機器の選定について

特記仕様書、5.1.2.1 材料・規格に、

(2) 熱源機器、空気調和機等は、成績係数、効率、騒音、余裕度、ライフサイ

クルコスト等を総合的に判断して選定する。

(3) 空調用等の室外機は、日本冷凍空調工業会標準規格の仕様とする。

と記載があるため、具体的な選定方法についてヒアリングした結果、施工業者が作成した各メーカーごとの比較表を記載した承諾依頼書を検討し、選定したことを確認した。

② タンク・槽類の選定について

建築設備機械およびプラント工事においては、多数のタンク・槽類を使用する。これらの選定の考え方についてヒアリングした結果、主としてステンレスパネル構造式を採用し、汚水槽等に FRP パネル構造式を採用するなど、用途に応じて使い分けられていることを確認した。プラント運転上、耐震性とメンテナンス性に優れたステンレスパネル構造式タンクを、プラント機器および建築設備機器として重要な槽に採用していることは評価できる。

③ 空調設備について

特記仕様書 5.5.1 空調設備において、中央方式と個別式を組み合わせることが規定され、そのように施工されていることを確認した。この方法は、中規模建物にあっては省エネルギー性の高いシステムである。

また、配管のスケール防止対策としては、配管の死水防止と傾斜設計によっていることを確認した。

④ ポンプケーシングの赤水対策

ポンプケーシングの赤水対策には、ステンレスを使用していることを確認した。また、排水ポンプ、汚水ポンプにはブレード付きでない水中ポンプを採用していることを確認した。

2.3 プラント運転状況の調査

プラント運転状況については、以下に示すプラント運転の準備と4特性について技術調査およびヒアリングを行なった。

1. プラント運転準備
2. 起動特性
3. 全負荷運転特性
4. 部分負荷運転特性
5. 停止特性

(1) プラント運転準備

主要なプラント運転準備項目は、「乾燥焚き運転」による焼却炉・炉材の乾燥である。「乾燥焚き運転」は、周到的な準備をして、実行したことを確認した。

焼却炉内面の炉材は、他設備よりも大きな熱履歴を受け、場合によっては、処理対象物が破裂したときの破片により損傷することがあり、運転時に細心の注意を払う部材である。本プラントでは、中間点検時にはがれ等を確認し、年1回のオーバーホール時に修理することを確認した。

(2) プラント試運転時における5特性の確認

ヒアリングにより、本プラントは、令和2年10月から令和3年3月までの5か月間に上記の5特性に関する試運転を実施したことを確認した。また、試運転記録はすべてファイルされていた。

プラント運転データには、温度、圧力、流量等の1次データ、熱量等の2次データ、事前に定義された性能評価指標があり、プラント運転状況はそれらを用いて評価される。本プラントでは、運転データをあらかじめ設定された焼却能力曲線上に表示することにより性能を評価しており、試運転記録にそれらの数値が記録されていることを確認した。

また、試運転期間中の令和3年1月10日に、練馬は最低気温 -4.3°C を記録し、8月10日には最高気温 37°C を記録したが、これらの最低、最高気温は設計図書に記載されている設計温度最低 4°C 以下、最高 35°C 以上であった。この時のプラント運転についてヒアリングしたが、特に、運転上の問題は報告されていないとのことであり、プラントを構成する設備が設計を超える条件でも問題なく運転されていることが確認できた。

なお、本プラントの運転管理部門担当者は、練馬区の気象条件が、東京都区内でも冬寒く、夏暑い傾向にあることを理解したうえで、本ヒアリングに回答していることを付記する。

(3) 環境データの測定

特記仕様書 第3節 公害防止条件において規定されている、試運転中の大気汚染、水質汚濁、騒音、悪臭について、工場の敷地境界に於ける定点観測を行い、すべて基準値内であったことを示す報告書を確認した。

(4) 運転手引書について

本プラントでは、特記仕様書に規定されている「教育訓練計画書」と「運転手引書」に基づき、座学と現場説明によって運転員教育を実施したことを確認した。教育に当たっては、必要な資料のコピーを各運転員に対して渡したとのことである。

第3章 総合評価

プラント機械および建築設備機械に関わる特記仕様書、実施設計図書、積算資料を中心に技術調査を行った。これらの調査を通し、本プラントが、特記仕様書に従って建設され、試運転準備、試運転を経て、現在、問題なく稼働していることを確認した。以下、今回の技術調査で気が付いた点を列記する。

(1) 本プラントは、特記仕様書に規定された設計条件に対し、施工者による「技術提案書」に基づき、発注者と施工者による入念な打ち合わせを経て、詳細設計・建設されたことを確認した。

特に、プラント設計に於ける検討必須事項である、プロセスの流れ、用役・エネルギーの流れ、情報の流れ、人の動き、廃棄物の流れを確実に検討し、その結果をプロセスフローシート上のケーススタディとして結実させていることを高く評価する。

(2) 本プラントが操業運転に至るまでの6か月の期間において、準備からプラント運転における4特性（起動特性、全負荷運転特性、部分負荷運転特性、停止特性）の確認を実行している。

(3) 本プラントでは、運転員の作業動線や作業内容を考慮して、作業スペースを広く取り、また、高温運転設備にあつては運転員や作業員の接触火傷を防止するように、床面から1800mmまでを保温材で被覆されている。

(4) 本プラントでは、運転員教育資料が充実していることを確認した。

むすび

(1) 本プラントは操業運転開始後6か月以上が経過し、運転員の習熟度も向上し、プラント負荷特性（例：どの時期にゴミの量が増えるか）も把握できるようになった状態にある。

(2) 本プラントはサーマルリサイクルの実施例であり、炭酸ガス発生量の削減等地域環境保全への貢献は非常に大きいと考える。

(3) 今回の技術監査は、3名の若手のエンジニアが応対し、ベテランエンジニアは後方に控え、サポートする形式で行われたが、エンジニア育成マネジメントの好例として高く評価したい。

—以上—