

公務出國報告（出國類別：考察）

日本焚化廠興建及再生能源推動

服務機關：臺中市政府環境保護局

姓名職稱：詳出國人員名單

派赴國家：日本

出國期間：112.11.07-112.11.11

報告日期：112.12.26

目 錄

壹、 摘要	2
貳、 出國人員名單及行程表.....	3
參、 緣起與目的.....	5
肆、 過程	6
一、 參訪 Fujimi Plaza 綠能中心.....	6
二、 參訪目黑清潔中心.....	9
三、 參訪 JFE GRC(全球遠端監控中心).....	11
四、 參訪高座清潔中心.....	14
五、 高尾山自然生態園區環境教育.....	17
六、 參訪鶴見清潔中心.....	19
七、 參訪城南島食品回收發電廠.....	21
伍、 心得	24
陸、 建議	27

壹、摘要：

日本東京23區之特別區，人口約976萬，是日本人口第一大城，有21座焚化廠(其中2座重建中)及2座不可燃垃圾處理中心、1座巨大垃圾破碎處理中心；橫濱市人口約377萬，是僅次於東京的日本第二大城，有4座焚化廠(其中有3廠含巨大垃圾破碎廠)；臺中市設籍人口約284萬人，為臺灣第二大城市，目前有3座焚化爐，均已營運超過19年，為吸取日本焚化廠設計、興建及維運，參訪東京、橫濱4座清潔中心。

日本焚化廠以處理家戶生活垃圾為主，具有「多廠」、「安全」、「安心」、「乾淨」及「親民」的特色，而目黑清潔中心更是位於東京精華地段的高級住宅區內，其外觀設計簡約現代，屋頂設置太陽能，廠內環境及清潔車輛十分乾淨，進出口均設有負壓風幕，廠內、外聞不到任何異味。

屬性不同於焚化廠的城南島食品回收工廠(2006年開始營運)，與本市外埔綠能園區(2019年開始營運)一樣，都是國內首座生質能源廠。不同的是，城南島食品回收工廠主要是以食品製造、批發、零售和餐飲業的進行厭氧發電，其營運技術相當成熟，單位產氣量高達200Nm³/公噸，躉售電價約是台幣8.57元/度，每年營業額約14億日圓，並以脫硫塔添加氯化亞鐵，有效降低硫化氫產生量及增加污泥凝聚效果。

JFE 全球遠端監控中心，利用先進的人工智慧/大數據技術，可即時遠端監控、操作及分析日本和海外合作廠各項參數，以提供更快速有效的營運支援和維護服務。JFE 工程公司也於2014年設置全電動垃圾車電池收集系統，目前與五十鈴汽車合作，2019年在川崎市浮島清潔中心及所澤市東武清潔中心試辦，各以1.5噸的全電動垃圾車(40kWh 可拆卸電池1個)進行家戶垃圾清運。透過垃圾焚化廠發電，提供電池交換站(可儲備電池7-10個)蓄電，30分鐘可完成急速充電，續航里程約50km，相關設置費用由政府提供補助。

此次考察，實地參訪日本廢棄物處理作業流程，對日本在廢棄物(家戶垃圾、巨大垃圾及廚餘)處理的技術、管理制度有更深入的了解，對本局在廢棄物處理技術及生質能源廠營運推動有極大參考助益。

貳、出國人員名單及行程表

出國人員名單

項次	單位	職稱	姓名
1	臺中市政府環境保護局	科長	萬滋澤
2	臺中市政府環境保護局	技正	趙重周
3	臺中市政府環境保護局	專員	高雅琦
4	臺中市政府環境保護局	隊長	張韋琮
5	臺中市政府環境保護局	隊長	李秋靜
6	臺中市政府環境保護局	衛生稽查員	周育安
7	臺中市政府環境保護局	衛生稽查員	朱家瑩
8	臺中市政府環境保護局	技士	徐廷芳
9	臺中市政府環境保護局	技士	林蔚星
總計		9員	

行程表

日期	星期	起訖地點	日程
11月7日	二	桃園機場-日本 成田機場	搭乘班機(去程)
11月8日	三	東京都	參訪 Fujimi Plaza 綠能中心
			參訪日黑清潔中心
			JFE 總公司技術交流及參訪 JFE GRC(全球遠端監控中心)
11月9日	四	神奈川縣	參訪高座清潔中心
			高尾山自然生態園區環境教育
11月10日	五	橫濱市-東京都	參訪鶴見清潔中心
			參訪城南島食品回收發電廠
11月11日	六	日本成田機場- 桃園機場	搭乘班機(回程)
合計			5日

參、緣起與目的

日本垃圾量為全世界前2名，進而衍生出日本政府處理垃圾焚化取向(焚化爐數量達1200餘座)，成為全世界焚化爐密度較高，且回收政策推行也相對落實的國家。

臺中市文山及后里焚化廠已營運超過20年，烏日焚化廠也營運超過18年，目前正在推動汰舊換新作業，為瞭解日本先進焚化廠之廢棄物處理技術、效能及發電效率等，並吸取其特色及優點，以作為本市焚化廠汰舊換新規劃設計及未來垃圾處理政策之參考。

在循環經濟概念下，許多國家已透過料源妥善利用與再生能源產業化的方式，使得資源循環利用更具系統性，日本近十年來的「廢棄食品回收率」表現亮眼，本次參訪之城南島食品回收工廠亦為日本第一座生質能廠，營運時間已有17年之久，本市外埔綠能園區亦為全台第一座生質能廠，自108年起開始營運，以生廚餘轉換成沼氣進行發電，為瞭解日本生質能廠營運模式及操作技術，並汲取優點，以作為本市外埔綠能園區營運推動之參考。

肆、過程

一、參訪 Fujimi Plaza 綠能中心

該廠基本資料(如表1)、一般垃圾處理流程(如圖1)及特色說明如下:

表1、基本資料

項目	FUJIMI PLAZA 綠能中心
營運模式	DBO (Design-Build-Operate)
開工-竣工日期	2010年8月17日-2013年3月31日
建築面積	約11,829平方米
建設費	101億6400萬日圓
垃圾主要來源	三鷹市及調布市之一般垃圾
爐型	JFE 全連續燃燒爐(採低過剩空氣比1.3)
處理能力	288公噸/日(144公噸×2爐)
設計最大熱值	3,226kcal/kg
小時蒸氣產量	41.06公噸/小時
發電量	9,700kW
發電效率	21.1%
防制設備	袋濾集塵器、氣體冷卻塔(gas cooling tower)、選擇性觸媒還原脫硝(SCR)反應塔、活性炭噴注
排放值	粒狀物小於10mg/Nm ³ ，Sox3~4ppm，NOx27~30ppm，HCl 3~4ppm，戴奧辛0.0000003ng-TEQ/Nm ³
碳捕捉	設有 CCU (CO ₂ Capture, Utilization, Storage) 模廠，尚未商轉

1. 特色：

- (1) 只處理一般家戶垃圾，不處理營業場所或事業單位產生之廢棄物。
- (2) 焚化廠區乾淨，進場之清潔車輛潔淨，車輛進出口設置自動開關隔離門，廠內、外無異味逸散。
- (3) 焚化廠內設有巨大破碎機，破碎後送垃圾貯坑，貯坑兩部垃圾吊車進行垃圾攪拌混合，以達均勻垃圾熱值。底渣經磁選、飛灰經收集後委託水泥廠處理。

- (4) 爐床採用 J Grate 雙氣流設計，及低過剩空氣比燃燒技術，有效抑制廢氣中戴奧辛、一氧化碳、氮氧化物的濃度。
- (5) 焚化廠廢氣排放數據即時顯示公開，戴奧辛檢測結果亦一併呈現。
- (6) JFE 以化學吸收法，進行碳捕捉(CCU)實驗，捕捉率已達90%以上，CO2純度達99.5%以上，CO2與氫氣反應產生甲烷(CH4)作為燃料使用。目前進行 CO2膜分離製程(membrane separation process)開發，以產生更高的捕獲效率。
- (7) 焚化廠委由民間企業(JFE)操作，垃圾清運由政府單位委託民間清運(多家清運商)，採隨袋徵收方式收費，收費方式20公升*10個，300日圓。
- (8) 1樓大廳設置繪本區及解說導覽課程，並設計煙囪先生等造型可愛的吉祥物教案，吸引參訪學生的注意力。

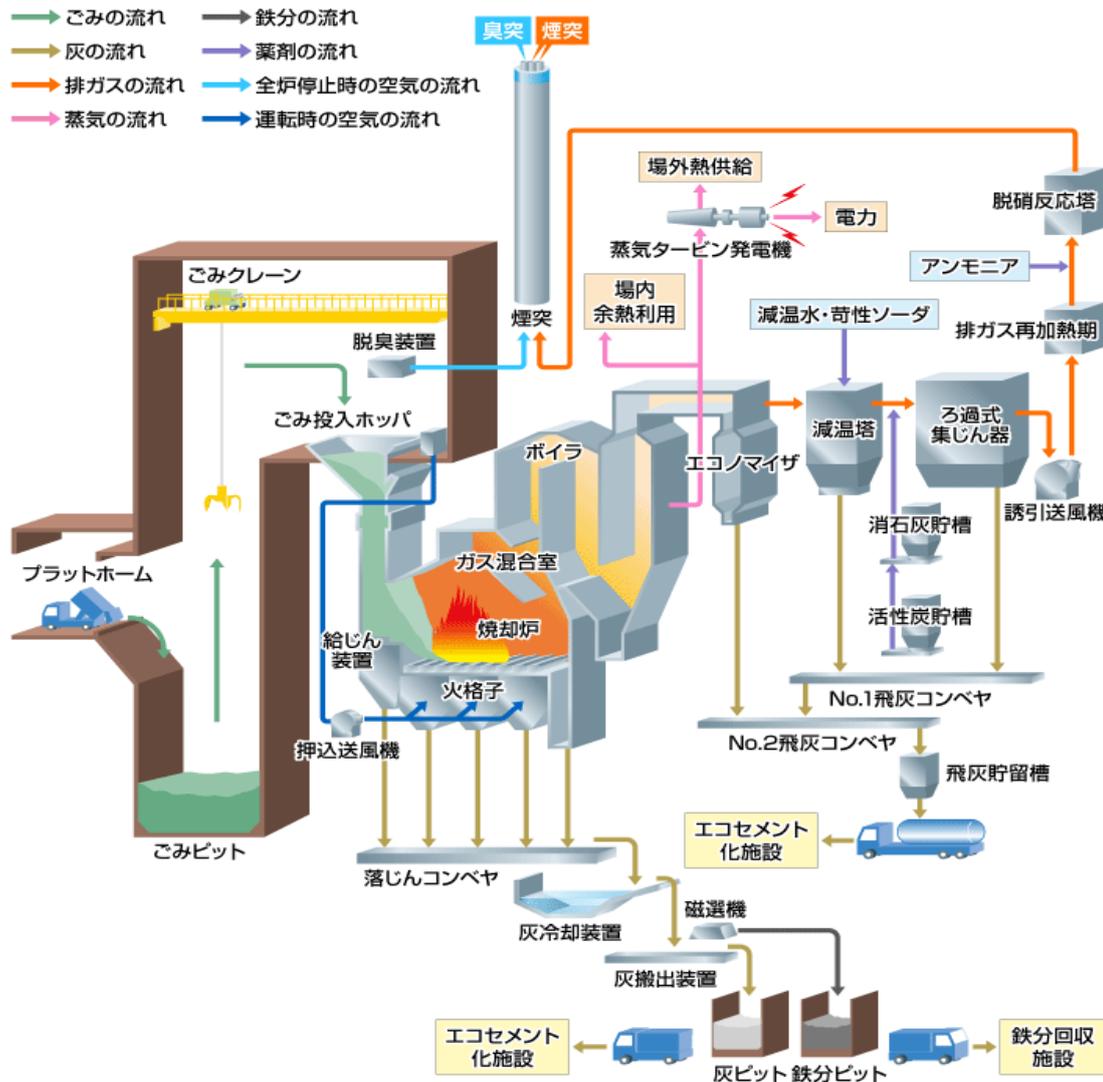


圖1、一般垃圾處理流程(來源：JFE 提供簡報資料)

2・参访照片：



環教資料及宣導品（貼紙）



清運車輛及傾卸平台潔淨



可燃物、不可燃物分日回收

ふじみ衛生組合クリーンプラザふじみ 排ガス濃度

1号炉	2号炉	規程値	2号炉	採業中
ばいじん	0.000	0.01g/m ³ N	ばいじん	0.000
塩化水素	3	10ppm	塩化水素	3
硫黄酸化物	4	10ppm	硫黄酸化物	3
窒素酸化物	29	50ppm	窒素酸化物	39
水銀	0.000	0.05mg/m ³ N	水銀	0.000
ダイオキシン類	測定日 2023年7月14日		測定日 2023年7月14日	
	測定値 0.00000ng-TEQ/m ³ N		測定値 0.00000ng-TEQ/m ³ N	

中央制御室

廢氣排放(含戴奧辛)數據即時顯示



飛灰再利用

二、參訪目黑清潔中心

該廠基本資料(如表2)及特色說明如下:

表2、基本資料

項目	目黑清潔中心
營運模式	DBO (Design-Build-Operate)
開工-竣工日期	2017年6月-2020年3月
建築面積	約29,000平方米
建設費	545億5400萬日圓
垃圾主要來源	目黑區之一般家戶垃圾
爐型	JFE 全連續燃燒爐(採低過剩空氣比為1.3)
處理能力	600公噸/日(300公噸×2爐)
設計最大熱值	3,226kcal/kg
小時蒸氣產量	91公噸/小時
發電量	21,500kW
發電效率	23.7%
防制設備	袋濾集塵器、洗煙設備(gas scrubber)、選擇性觸媒還原脫硝(SCR)反應塔、活性炭噴注
排放值	粒狀物1mg/Nm ³ ，SO _x 小於1ppm，NO _x 27~28ppm，HCl 小於2ppm，戴奧辛尚未實施量測
碳捕捉	無

1. 特色：

- (1) 只處理一般家戶垃圾，不處理營業場所或事業單位產生之廢棄物。
- (2) 整體焚化廠區乾淨，車輛過磅區隔離噪音，車輛進出口設置負壓風幕，貯坑設有抽氣設施，將異味送入爐膛燃燒，避免焚化廠異味逸散。
- (3) 9組機械自動控制傾卸門，廢棄物分坑口卸台，廢棄物乾燥並充分攪拌。
- (4) 整廠綠美化良好，屋頂設置太陽能，場內採自然光，減低耗能。
- (5) 底渣及飛灰(加藥劑進行固化)收集後，運至水泥廠再利用。
- (6) 焚化廠委由政府自行操作，垃圾清運由政府單位清運。

- (7) 進場之清潔車輛潔淨，垃圾車尾斗設置拉門。
- (8) 設有3D立體民眾體驗區等，較為活潑之互動解說設施。
- (9) 位於目黑區精華地段住宅區，採用全覆蓋式及負壓集塵機進行舊廠拆除，具防火及降低施工噪音、空污問題，全覆蓋式進行拆除示意圖如圖2所示。

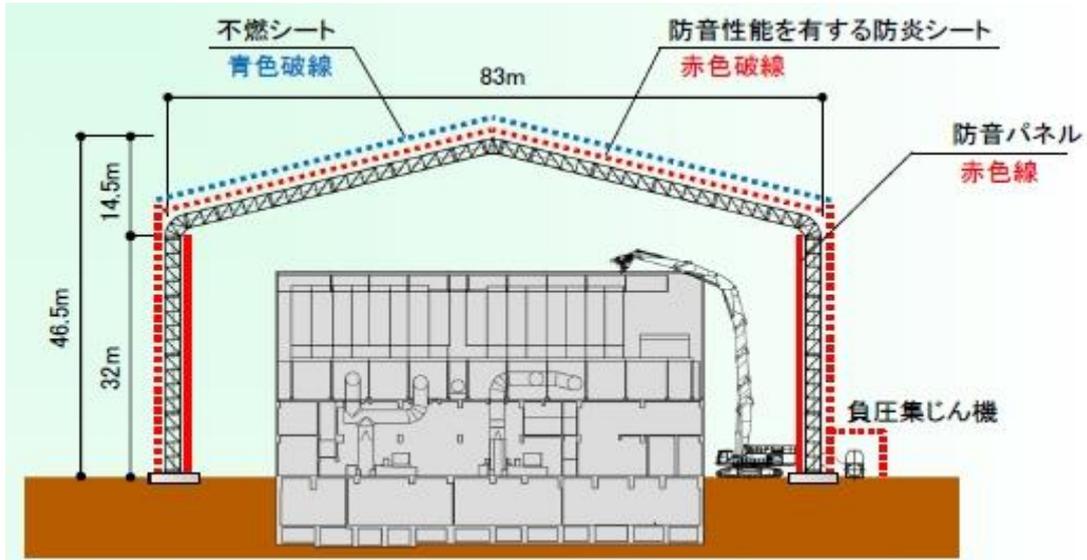
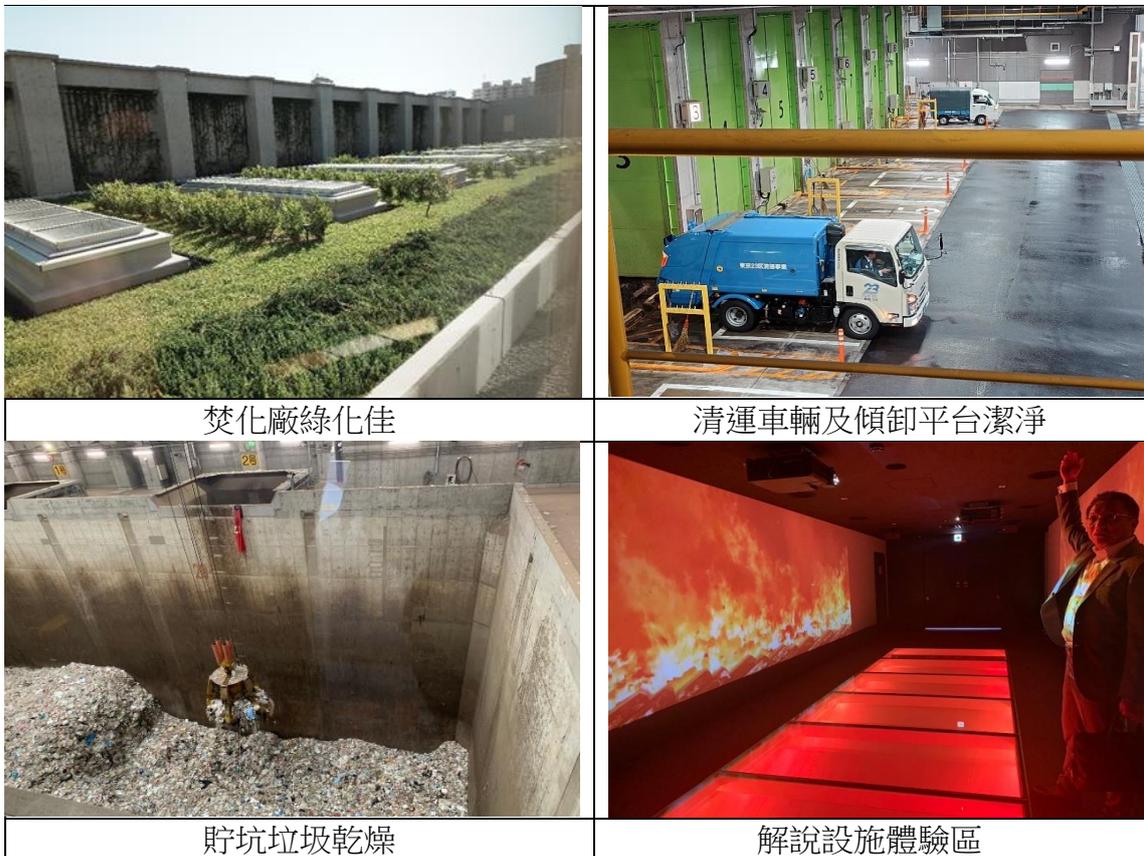


圖2、目黑焚化廠拆除興建過程

(來源：東京23區清潔衛生管理局)

2·參訪照片



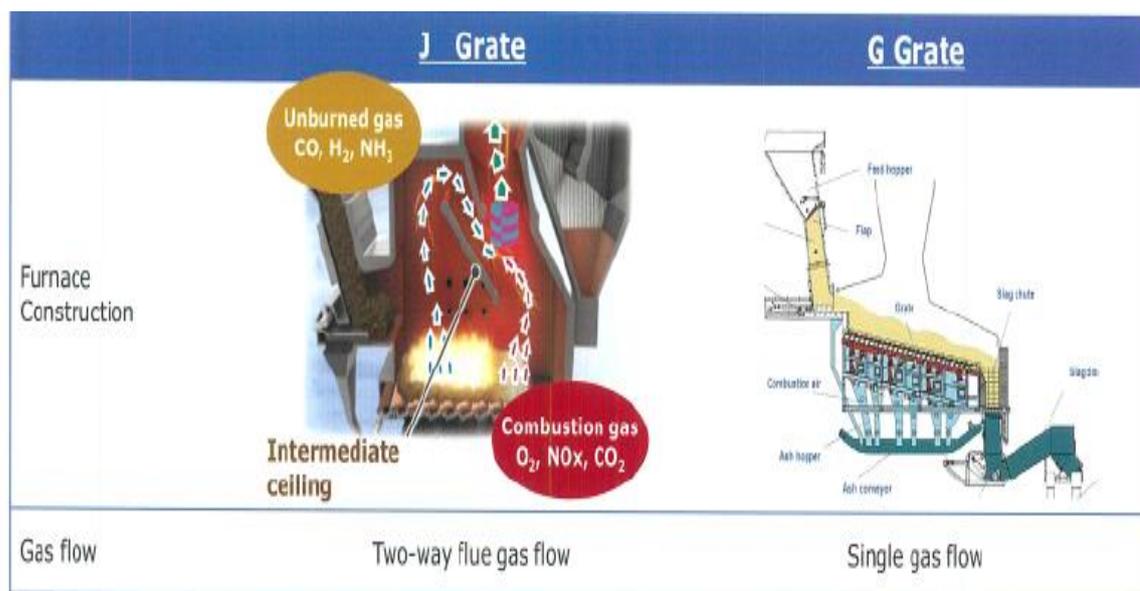
三、JFE 總公司技術交流及參訪 JFE GRC(全球遠端監控中心)

JFE 工程公司在各領域多有涉略，包含能源發電產業、焚化廠設施、廢水處理、生質能源、基礎工程及機械工業等，在環境保護方面主要提供焚化廠轉廢為能、廢水處理廠技術，廢棄物處理廠及資源回收服務、DBO 營運或代理操作焚化廠等工作。

JFE 工程公司在全球有豐富的焚化廠建造及營運經驗，其中本市文山焚化廠也是由 JFE 公司興建完成，爐床相關技術簡述如下：

1. 兩種爐排燃燒技術包含 J grate 及 G grate，

- (1) J grate 係採雙氣流方式，主要是安裝在燃燒室內的中間頂板將未燃燒氣體(CO、H₂、NH₃)和燃燒氣體(O₂、NO_x、CO₂)分流，並在氣體混合室中完全燃燒，抑制廢氣中戴奧辛、一氧化碳、氮氧化物的濃度。
- (2) G grate 係採單氣流方式，主要特色是結構單純，引用袋式後端廢氣餘熱迴用至鍋爐內，達到低氧燃燒、減少廢氣總量及節能目的。



(來源：JFE 提供簡報資料)

2. Hyper Grate 技術：

於2003年獲得日本燃燒學會(Combustion Society Japan)技術肯定，主要從焚燒爐側壁高速注入高溫氣體形成穩定的燃燒區，並保持一致穩定的擴散火焰。與一般技術相比，即使在低過量空氣比燃燒條件下，也可以有效地抑制煙塵和其他污染物，並且可以達到預期均勻穩定的燃燒。

3. 低過剩空氣比燃燒技術的特點：

- (1) 穩定操作：一般過剩空氣比為1.6情形下，出口氧氣平均濃度為8.1%，其NO_x的平均濃度約為86.3ppm，JFE公司在低過剩空氣比為1.3情形下，出口氧氣平均濃度為4.8%，NO_x的平均濃度約為46.1ppm，NO_x削減率可達47%。
- (2) 蒸氣產量增加：一般過剩空氣比為1.6情形下，蒸氣產量每小時約為14.2公噸，JFE公司在低過剩空氣比為1.3情形下，蒸氣產量每小時約為15.0公噸，蒸氣量可增加6%。

JFE工程公司全球遠距中心，以先進的遠端操控及人工智慧/大數據技術，隨時提供日本和海外的合作廠（例如焚化廠、生質能廠、太陽能發電廠和廢水處理廠等），即時全面監控、操作、營運支援和維護服務。其優點說明如下：

1. 對營運操作的優點：
 - (1) 節省服務時間及人力。
 - (2) 廠與廠之間可共享技術。
 - (3) 可遠端操作營運。
2. 對所有權業主的優點：
 - (1) 隨時進行監控。
 - (2) 可儲存較長時間的歷史操作參數資料。
 - (3) 可取得大數據提供的AI分析數據。

JFE公司於2014年建置「能源循環型垃圾收集系統・Zero E」，是日本第一座全電動垃圾車電池收集站，係將燃燒垃圾產生的電力，送至收集站進行儲存，收集站可儲備7-10個鋰電池，30分鐘可完成急速充電，電動垃圾車司機只需按鈕操作，即可交換電池，交換時間僅需3分鐘，充電一次可行駛50公里。

2019年JFE公司與川崎市浮島清潔中心及埼玉縣所澤市東武清潔中心試辦，各以一輛1.5公噸日產垃圾車(電池容量為40Kw)，進行家戶垃圾清運，試辦結果可確保全電動垃圾車一天行走的時間，能有效率的進行垃圾收集作業，且垃圾車行駛中可達到二氧化碳與廢氣的零排放。電池供應站亦可活用於災害發生時的緊急電源供應，例如夜間照明、電腦或手機充電等各種用途。

全電動垃圾車電池收集系統操作方式及試營運結果如圖3、圖4：

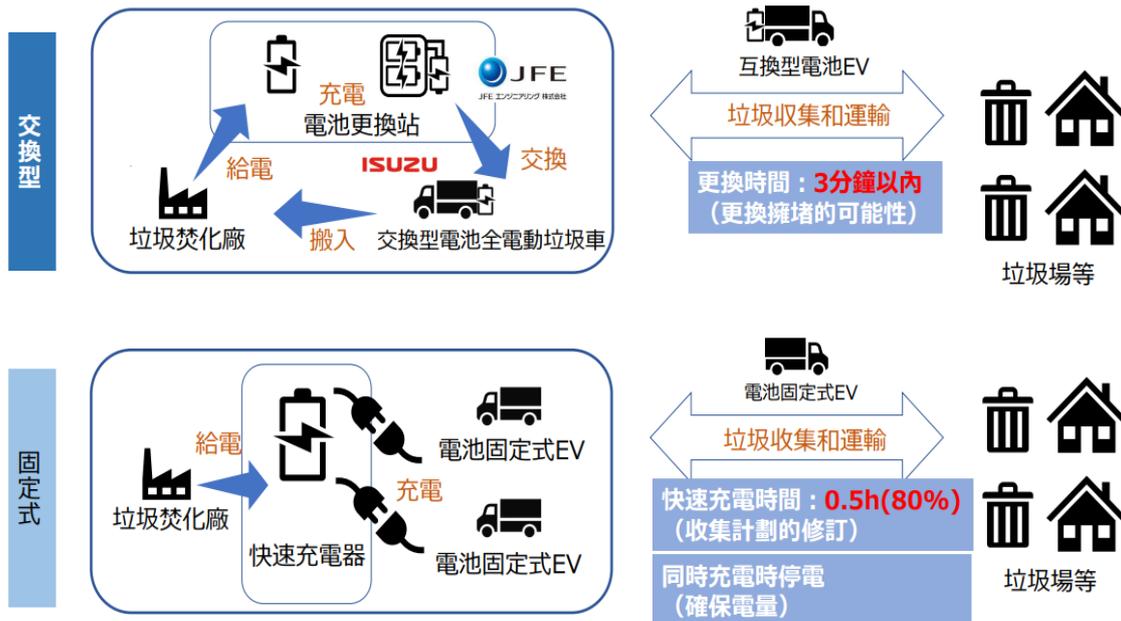


圖3、全電動垃圾車電池收集系統操作方式

川崎市

2019年推出
浮島治療中心
電池站安裝
交付一輛配備可更換電池EV
(1.5t級日產EV包裝車)

◆ 補貼的利用
支援廢棄物處理業務的能源利用和
低碳措施

資料來源：2019年10月17日發佈的川崎市網站
“利用垃圾發電的能源回收廢物收集系統”
從宣傳冊的圖片

所澤市

2019年推出
東部清潔中心
安裝電池站
交付一輛配備可更換電池EV
(1.5t級日產EV包裝車)

◆ 補貼的利用
支援廢棄物處理業務的能源利用和
低碳措施

電池ステーション
EVごみ収集車
電力の地産地消
排ガスゼロで収集

垃圾焚化廠配備交換型全電動垃圾車的技術要求：“每次充電續航里程約50km (電池容量40kW/h)”

運營結果示例

上午	下午
始業	繼電器(車輛)底座
收集	收集
運輸	運輸
交換	交換
收集	洗車
	下班

08:30 ————— 17:00

平均每天行駛里程：約70公里/天

圖4、全電動垃圾車電池收集系統試營運結果

(來源：JFE 提供簡報資料)

四、參訪高座清潔中心

該廠基本資料(如表3)及特色說明如下:

表3、基本資料

項目	高座清潔中心
營運模式	DBO (Design-Build-Operate)
開工-竣工日期	2019年3月
建築面積	約15,975.11平方公尺
建設費	約175.6億日幣
垃圾主要來源	海老名市、座間市及綾瀨市之一般垃圾
爐型	三菱逆送式加煤機
處理能力	245公噸/日(122.5×2爐)
設計最大熱值	2,000kcal/kg
小時蒸氣產量	18.98公噸/小時
發電量	4,870kW
發電效率	23%
防制設備	袋濾集塵器及選擇性非觸媒脫硝(SNCR)
排放值	粒狀物1mg/Nm ³ ，SO _x 0.2~0.4ppm，NO _x 30ppm， HCl 3.7~3.9ppm
碳捕捉	無

1. 特色：

- (1) 焚化廠只處理一般家戶垃圾，不處理營業場所或事業單位產生之廢棄物。
- (2) 焚化廠委由民間企業(三菱重工)操作，垃圾清運由政府單位清運，進場之清潔車輛潔淨，垃圾車尾斗均設置拉門。
- (3) 垃圾貯坑分為投料區及貯存區，並設有巨大垃圾及混拌貯存區，再投入進料口，以均勻垃圾熱值。
- (4) 設有巨大垃圾處理設施，根據垃圾狀況，使用破碎機進行剪切，或使用高、低速破碎機進行破碎，再使用粒徑分選機、初級及次級磁選機、鋁選機，

以收集鐵和鋁，可燃物則進焚化廠處理作為發電使用。

- (5) 焚化處理量每日僅245公噸，發電量為4,870kW，發電效率高達23%，屬於高效率發電廠。
- (6) 採用EGR將廢棄循環再利用，可有效降低污染物排放量，餘熱供應溫水游泳池，並利用焚化垃圾產生之蒸氣發電，供電予居民陶藝課使用的電窯。
- (7) 底渣及飛灰加藥劑進行穩定，收集後運至水泥廠再利用。
- (8) 焚化廠旁設有環境中心、音樂教室、多功能工作室、中型會議室(60人)供民眾預約使用，並設計有陶器、工藝品製作及料理等各項課程，可增加與民眾的互動。
- (9) 在設廠時即一併規劃較活潑的展示解說及互動設施，能有效提升民眾對焚化廠相關作業的認知。

2. 參訪照片

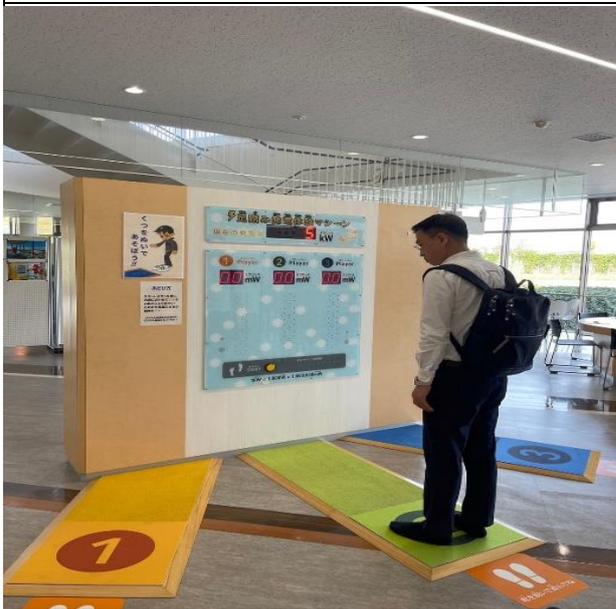




巨大垃圾輸送帶



巨大垃圾破碎分選設施



1樓大廳設置環教互動設施



利用窗戶投影撥放解說影片



自動洗車場



頂樓觀景台

五、高尾山自然生態園區環境教育

被評定為米其林三星登山景點的「高尾山」，以年間300萬人的登山客人數榮登全球第一，山腳下設有「高尾599博物館」，其命名即取自高尾山的海拔高度599公尺，博物館展示內容包含有生態、歷史及文化等內容，由民間業者管理營運，場館全年無休，開放時間因季節有些許差異，博物館內設有動物生態牆、蝴蝶、植物、蕈菇類等活動行為標本，讓登山遊客可以認識高尾山蘊藏的生態物種及特性。



高尾599博物館內部空間



博物館動物標本牆

博物館空間同時設有休閒區、咖啡廳及週邊商品區，2樓另有策展空間，可作為規劃小型主題展覽或講座等活動使用，特定活動辦理期間，需收費入場。

查閱博物館內供免費索取的摺頁資訊，除了有介紹高尾山的8個登山路線相關基本資料外，還提供一些較具知識性的素材，介紹樹木、野鳥、古建築等，透過問答題的方式說明，像是為什麼不同種類的樹木果實形狀會不一樣？鳥是怎麼飛的？水是木造古建築的敵人嗎？等問題，讓閱讀者可以一起思考。

The leaflets cover various topics such as:

- Why do different types of trees have different fruit shapes?
- Why are there large trees and small trees?
- Why do some trees have dead centers?
- Why do different types of trees have different leaf shapes?
- Why are some trees called 'water enemies'?

 The leaflets include detailed diagrams of tree trunks, cross-sections, and various tree species, along with explanatory text in Japanese and Chinese.

樹木相關知識性素材

野鳥の不思議ガイド

Q: なぜ鳴き声を交えるの?

鳥の鳴き声にはさまざまな種類があり、それぞれに役割があります。

鳴き声の種類

- 警戒音: 危険を知らせるために鳴く。
- 求愛音: 配偶者を求めるときに鳴く。
- 縄張り音: 縄張りを主張するために鳴く。
- 仲間音: 仲間を呼びよせるために鳴く。

鳥の体内構造と飛行の仕組み

Q: 鳥はなぜ飛ぶの?

鳥は翼の構造と羽の動きによって飛ぶことができます。

飛行の仕組み

- 揚力: 翼の形状によって空気を押しのけて揚力が生まれる。
- 推進力: 羽を動かすことで前進の力が生まれる。
- 重力: 地球の引力によって下向きに引っ張られる。
- 抗力: 空気を切ることで抵抗が生まれる。

Q: 鳥はなぜ子どもを育てるの?

鳥は子育てのためにさまざまな行動を行います。

子育ての種類

- 巣作り: 卵を産むための場所を作る。
- 産卵: 卵を産む。
- 孵化: 卵から雛が孵く。
- 子育て: 雛を育て、餌をあげる。

Q: くちばしはどう使うの?

くちばしは鳥にとって非常に重要な器官です。

くちばしの使い方

- 餌の採集: 餌を啄むために使う。
- 巣作り: 巣を作るために使う。
- コミュニケーション: 仲間と話すために使う。
- 防御: 敵を威嚇するために使う。

野鳥相關知識性素材

特別支援学校(学級) 幼稚園・保育所 対象

クラフト体験のご案内!

「高尾森林ふれあい推進センター」は、長野県が指定している「**特別支援学校(学級)・幼稚園・保育所等の教育関係機関**」を対象とした**クラフト体験**を開催しています。

クラフト体験は1時間程度です。

15時までに入館できれば、登山帰りでもOKです。!!
 (教育関係機関に限り、センターでの足元もOKです。)
 なお、クラフト体験は事前の予約が必要です。

※ 詳細は、高尾森林ふれあい推進センターにお問い合わせください。

長野県 関東森林管理局 高尾森林ふれあい推進センター
 〒195-0844 八王子市高尾町2-3435-1
 TEL 050-3160-6040 FAX 042-663-7229
<http://www.rinyo.maff.go.jp/kanto/takao/index.html>

森林環境教育のご案内

高尾森林ふれあい推進センター

高尾森林ふれあい推進センターは、国(農林水産省 林野庁 関東森林管理局)の組織です。国民の皆様に森林や林業に対する理解を深め、森林と親しんでいただくため、主に高尾山の国有林野を活用した、いろいろなイベントを行っています。

次世代を担う子どもたちに、森林での体験活動などを通じて人々の生活や環境との関係について学んでいただくため、楽しく理解しやすい実習等の機会を提供する「森林環境教育」を推進しています。

2 森林環境教育

① 目的
 教育機関や地方公共団体等の依頼を受けて、森林・林業について、より深く学び理解していただくよう、高尾山の国有林野をフィールドとして体験・学習する「森林環境教育」を開催しています。

② 内容
 「森林環境教育」では、大きく分けて「森林教室」「クラフト体験」「観察体験」「体験林業」などの研修や実習を体験できます。

③ 場所
 日影沢キャンプ場周辺の国有林、高尾森林ふれあい推進センター庁舎のほか、プログラムの内容によっては学校まで出向して森林教室を行っています。

3 森林教室

「森林教室」では、小学校を対象として、森林の働きや林業についてパワーポイントやアニメを使った座学により学ぶ「森林学習」、森林の中を歩いて解説する「森林観察」、丸太を自分だけの力で切る「丸太切り」、学校林を管理したときの竹材を利用した「炭焼き体験」など、体で感じながら森林の働きや林業、自分たちの周りの環境問題などを楽しく理解してもらうためのプログラムを実施しています。

(1)「日影沢キャンプ場周辺」での森林教室
 日影沢地区の国有林にある日影沢キャンプ場やその周辺の森林及び自然学習体験施設(炭焼き小屋)で実施します。森林学習・森林観察・丸太切り・炭焼き体験を組み合わせて1日単位のプログラムで実施できます。日影沢キャンプ場へは、貸し切りバス又は路線バスで来ていただけます。

針對不同年齡層設計的體驗課程



高尾599博物館旁體驗課程空間



高尾599博物館旁體驗課程公佈欄

六、參訪橫濱市鶴見清潔中心

該廠基本資料(如表4)及特色說明如下:

表4、基本資料

項目	鶴見清潔中心
營運模式	公有公營
開工-竣工日期	1990年9月-1995年4月 (整改2019年-2023年)
建築面積	約39,512.02平方公尺
建設費(整改費)	約518億日元(61億日幣)
垃圾主要來源	橫濱市(鶴見區、神奈川、保土谷區、南區、西區、中區、瀨谷區、戶塚區、泉區)一般垃圾
爐型	全連續燃燒爐(三菱馬丁型)
處理能力	1,200公噸/日(400噸×3爐)
設計最大熱值	3,000kcal/kg
小時蒸氣產量	138公噸/小時
發電量	22,000 kW
發電效率	14%
防制設備	袋濾集塵器、濕式洗煙塔(Wet Scrubber)、選擇性非觸媒脫硝(SNCR)及選擇性觸媒還原脫硝(SCR)併用
排放值	SOx 20ppm, NOx 50ppm, HCl 15ppm
碳捕捉	設有 CCU (CO2 Capture, Utilization, Storage) 模廠, 尚未商轉

1. 特色:

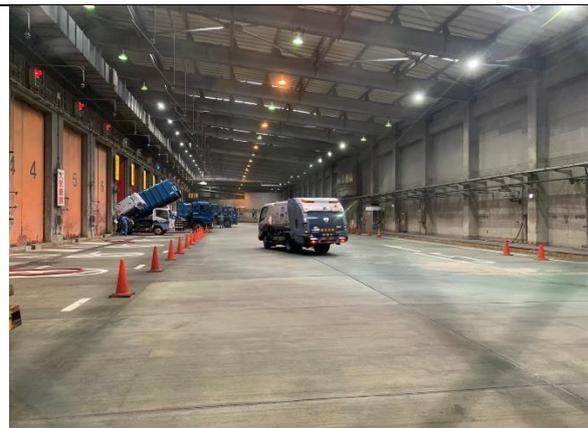
- (1) 只處理一般家戶垃圾, 不處理營業場所或事業單位產生之廢棄物。
- (2) 底渣及飛灰加藥劑進行穩定, 收集後運出廠外再利用。
- (3) 公有公營, 2019年由政府發包執行整改, 焚化廠由政府自行營運, 垃圾由政府單位自行清運。

- (4)進場之清潔車輛潔淨，垃圾車尾斗設置拉門，避免清運時垃圾外露及異味。
- (5)設有三菱重工集團開發之 CO2捕集實驗模廠，規模約0.3公噸/日，採化學吸收法捕捉 CO2，煙氣在冷卻塔中冷卻後，於吸收塔吸收 CO2，其含高濃度溶劑的 CO2送入再生塔進行蒸汽加熱釋放並再生 CO2，再生溶劑可返回吸收塔重複使用，最後將分離回收的 CO2收集後，運送到東京瓦斯橫濱技術站進行甲烷化的示範，目前 CO2捕捉率已達90%以上，CO2純度達到99.9%以上。

2. 參訪照片



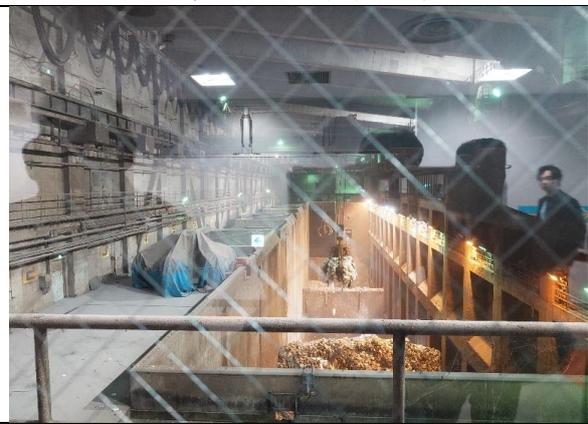
廠區內造景藝術



清運車輛及傾卸平台潔淨



焚化廠模型



投料區設隔板區隔



碳捕捉設備



CO2收集槽(車)Tokyo Gas 合作

七、參訪城南島食品回收發電廠

2001年日本政府頒布了廢棄食品回收法，為食品行業設定不同回收目標值，廢棄食品達100噸及以上的大型企業，倘未達回收目標值，將被公開揭露企業名稱和罰款，而一般家戶產生的廚餘，因分類、收集困難，並不在廢棄食品回收法管制範圍內。城南島食品回收發電廠，遂於2003年7月投入興建，2006年4月開始營運。

該廠基本資料(如表5)、特色及處理流程說明如下:

表5、基本資料

項目	城南島食品回收發電廠
營運模式	三家株式會社合資私營
營運日期	2006年4月
建設費	約4.9億日元
垃圾主要來源	食品製造、批發、零售和餐飲業
平均收運量	130公噸/天
處理收費單價	1~5萬日圓(2,170~10,850台幣/公噸)
發電方式	厭氧發酵沼氣發電
單位產氣量	200Nm ³ /公噸
發電機設計容量	1,700kW
發電量	40,560度/天
發電效率	38%
躉售電價	39.4日圓/度(約8.57台幣/度)
脫硫技術	添加少量氯化亞鐵+脫硫塔1座

1. 特色：

- (1)前處理設備採用層層堆疊方式規劃設計，可節省很多空間。
- (2)原與東京煤氣株式會社合作，將每日2,400立方米的沼氣，供應2,000戶家庭燃氣使用，收入為20日圓/度(約4.35元台幣/度)，相較售電收入39.4日圓/度(約8.57元台幣/度)約有一倍價差，故自2010年起，全數發電皆躉售電力公司。
- (3)以廢棄食品為原料發電，生、熟比例約4:6，平均收運量為130公噸/天，每

噸處理收費約1-5萬日圓，每天發電量為40,560度電，每度售電收入為39.4日圓（約8.57元台幣/度），每年營業額約14億日圓，淨利約20%。

- (4)料源多為再製品及食品添加物，是經多道前處理工藝後之聚合物質，具小分子、好分解、好破碎、能量密度高及有機物含量相對高等特性，因此進入厭氧系統發酵時，可供反應的表面積大增，進而提升生物反應效率，同時添加營養劑，使優勢菌種擴大種群，產氣量亦隨之同比增加。
- (5)採用氯化亞鐵添加與脫硫塔並行制，可有效降低硫化氫的產生量及增加污泥的凝聚效果。
- (6)未來朝向 AI 自動化營運，目標將廠內操作人數降至2人，並利用影像監控，以確保正常營運。

2. 處理流程：

- (1)進料設計：設置三處投料口，採用偵測式自動開闔系統，減少臭味逸散。
- (2)操作時間：24小時。
- (3)破碎程序：採用一次破碎機進行粗破碎，二次破碎機進行細破碎，利用壓碎式進料。
- (4)篩選機制：基於進料的廢棄食品進行低含水率的的管控，可經風選搭配滾筒系統，有效篩除不適合發酵之塑膠、泡棉等輕質。
- (5)厭氧系統設計：設計2個調整槽及1座厭氧槽供進料使用，採中溫發酵，操作溫度約37度，厭氧發酵槽體積為4,000立方米，圓筒機械攪拌，厭氧發酵天數30日，進料固形物比例控制在5%左右(利用廠內沼液迴流系統補充)。
- (6)氣體儲存系統：500立方米沼氣貯槽一座。
- (7)沼氣品質：甲烷濃度60%。
- (8)發電系統設計：採用日商三菱公司的發電系統，原設置2台560kW 燃氣發電機，近期新增一台約700kW 發電機(日商日立造船公司供應)，每年操作時數推估約8,000小時，發電機更新後，發電機發電效率由原35%提升為38%。
- (9)沼液廢水處理：設置一處廢水處理廠，沼液添加藥物處理後排放至下水道，污泥運離廠再利用處理。
- (10)沼渣再利用：沼渣運離廠，製成肥料或土壤改良資材，再利用於農地中。

3. 參訪照片



整廠配置圖



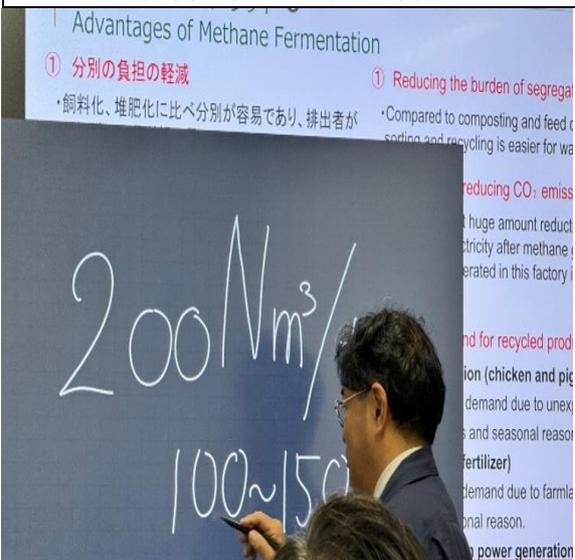
日本天皇訪視第一座食品回收廠



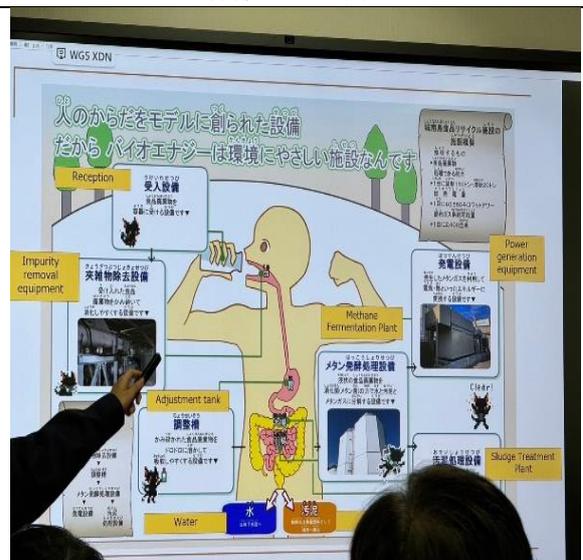
投料口具自動開闔功能



前處理工藝



處理技術說明



擬人化環境教育展示

伍、心得：

一、參訪焚化廠心得：

本次參訪的4座焚化廠位於東京都及橫濱市，鶴見清潔中心為橫濱市資源循環局公有公營的焚化廠，其餘3座焚化廠皆採用統包工程 DBO（設計-興建-營運）方式興辦，透過公部門挹注建設經費，將營建工程之規劃、設計、採購、施工、設備安裝及後續營運、維修服務等所有作業，均由單一承包商全部負責，目的是藉由介面的整合以提高工程及營運品質與效率。

鶴見清潔中心為市政府自行營運，目的在解決市民所產生的垃圾及推動廢棄物處理政策，係以服務為導向，非已盈利為目的，故發電效率14%，相對偏低。而其他以 DBO（設計-興建-營運）方式興辦的清潔中心，除配合政府相關廢棄物處理政策外，操作廠商相對在意廢棄物處理時產出的再利用能源效率，以利提升再利用能源的分配盈餘。

在處理量能方面，日本東京市焚化廠設計每日處理量較小，落在245~600公噸之間，惟橫濱市鶴見工廠達到1,200公噸之處理量，本市焚化廠原設計焚化量均為900公噸，雖然處理量能較大，但因使用年限高導致處理量能降低為600~850之間。

日本清潔中心主要以處理家戶生活垃圾為主，民眾對廚餘垃圾會自發性將水份充分瀝乾，且垃圾車負壓系統完善，行駛在路上幾乎沒有異味產生及污水滴落等情形。為了減少城市碳排、交通堵塞，及有效提升城市環境整潔效能，焚化廠大都位於人口密集的区域，目黑清潔中心更是位於精華地段，與我國焚化廠選址通常位於較偏遠的地帶不同，除民情不同外，日本清潔中心具有「多廠」、「安全」、「安心」、「乾淨」及「親民」的特色：

- 1. 多廠：**東京都23區有21座清潔中心，相互間可彼此協助，讓垃圾調度更具彈性，亦能降低單座焚化廠的量能負荷，及降低污染物的環境健康風險。
- 2. 安全：**拆除及興建焚化廠時，會特別設計施工粉塵外漏，振動、噪音及排水等防護措施，避免造成市容或周邊環境的影響，並落實營運操作及各項保養維護標準作業流程，避免工安事件發生，維護廠址周邊安全。
- 3. 安心：**焚化廠均以收受處理家戶一般廢棄物及巨大廢棄物為主，經防制設備處理後的各項污染物排放數值，均會即時公開，讓民眾隨時可瞭解是否符合排放標準。Fujimi Plaza 綠能中心甚至將 Dioxin 數據一併呈現於顯示器

公開，展現焚化廠污染防治的成效，讓市民安心。

4. **乾淨**：潔淨與綠美化的廠區、進出車輛的噪音防制、傾卸平台的管理、風幕或閘門的設計、儲坑異味氣體排入爐膛焚化，整體廠區呈現舒適、無噪音、無異味環境。
5. **親民**：焚化廠除以綠美化改善視覺景觀外，高座清潔中心也利用餘熱提供溫水游泳池使用、供電予陶藝課使用的電窯，且辦理各項課程，提昇焚化廠親民形象。目黑焚化廠(2023年4月新建完成)的環教設施皆備有日、英、中、韓的語音介紹，方便不同國籍的人前來參訪。

日本在永續發展相當重視資源循環再利用，焚化廠廢氣處理後所產生的飛灰及垃圾焚化產生的底渣，依照日本政府當地的法規，均可回收再利用作為城市建設的部分基材。所建置的CCU（碳捕獲和利用）實驗模廠，已驗證二氧化碳捕捉率可達90%以上，二氧化碳純度達99.5%以上，表示碳捕捉技術具有可行性，但需要評估投資效益需求，經瞭解日本目前尚未有碳捕捉技術商業投資實廠。

本次參訪新建焚化廠設計熱值均為2,500kcal/kg，發電效率可達23%，JFE公司也表示預計2027年9月完工的三重縣焚化廠發電效率將達26.7%；預計2024年7月完工的廣島市焚化廠發電效率可達27.6%，因本市轄內3座焚化廠已營運操作18-20年以上，發電效率平均為15%~23%，未來期望汰舊換新的發電效率達25%以上的技術應屬可行。

二、參訪環境教育場所心得：

高尾山自然生態園區，擁有豐富的自然生態環境，山腳下的599博物館，由16個展台構成，將不同季節的花草、昆蟲等，封存在壓克力樹脂中，非常精緻擬真，讓民眾進到博物館內，就可以馬上感受到山林與生活密不可分的連結，感謝大自然的給予，讓人們能更珍愛及保護大自然，邁向環境永續的願景。

高尾山每年約有300萬人次的登山健行遊客到訪，在此設置環境教育推廣中心，所觸及的人次及推廣效益相當高，現場採用活潑的展示、導覽、實作體驗等方式進行環境教育推廣，是本市環境教育設施場域可參考之處。環境教育被視為解決環境問題的重要手段，如何透過環境教育場域，培養民眾對環境的認知，進而改變環境態度及環境行為，成為具有環境素養的公民，是目前多數環境場域所共同面臨的問題。

三、參訪食品回收發電廠心得：

城南島食品回收工廠是日本第一座利用食品廢棄物，透過厭氧醱酵，生產電力及甲烷氣的工廠。該廠在食品廢棄物投料口打開時，會自動噴灑除臭液，減輕異味的產生，收受的食品廢棄物，經由破碎、風選搭配滾筒系統分選，篩除塑膠等輕質不可分解物質後，送進厭氧發酵槽進行發酵，將發酵後產生的沼氣用於發電，該廠共有3台發電機，發電效率約介於35%至38%之間。透過發展生質能發電，不僅能解決食品廢棄物的處理問題，還能將轉廢為能，創造環境保護與經濟雙贏的局面。

台灣與日本生質能發電廠，最大的差異來自於收料品質及前處理工法，日本的料源來自產業及食品下腳料，不含多餘水分、少雜質長纖，易達全破碎等特性，進入厭氧系統分解時，可供反應的表面積大增，進而增加生物反應效率，在低含水率的情況下，可有效分離輕雜質，此可作為外埔綠能園區未來自籌料源進場時，篩選進場料源品質的關鍵，具備低含水率的再製食品，除可在前處理階段減少機械損耗外，同時具備高產氣潛勢，可有效提升營運效能。

在脫硫系統的操作形式，城南島食品回收工場採用氯化亞鐵添加與脫硫塔並行制，可有效降低硫化氫的產生量及增加污泥的凝聚效果，氯化亞鐵分解後產生HCl(鹽酸)+硫酸鐵沉澱，兩者皆為自然界常見物質，對再利用於農作澆灌上，也不會產生負面影響，未來可評估取代目前外埔綠能園區所使用較昂貴的活性炭操作，以健全脫硫系統的可操作性及穩定性。

陸、建議：

一、政府機關之焚化廠只收運一般家戶生活垃圾：

本次參訪的4座焚化廠只收運一般家戶生活垃圾，營業單位的廢棄物係由民間清運機構收運進入事業廢棄物處理廠，焚化廠處理的垃圾相對單純，有足夠的餘裕量因應歲修調度。我國目前事業廢棄物仍由公部門環保單位轄下的焚化廠處理，事業廢棄物性質複雜，如能參考日本現況改由處理事業廢棄物的焚化廠處理，將可減輕目前本市焚化廠生活廢棄物處理之負擔。

二、資源回收分日、分項回收納入法令規範：

日本廢棄物收運採用分項、分日收運，建議可參採納入相關法令規範，訂定宣導期及執行日期，依資源回收物數量訂定各類回收物收運頻率，以減少資源回收人力，減輕資源回收車同仁負擔，提升資源回收效率。另可透過政策規定隨袋徵收垃圾處理費，市民可以根據自己家庭的需求到超商或超市選擇每款垃圾袋的大小，但超過指定重量及大小的垃圾、傢俱及大型電器，就須收費，因收費昂貴，可提高回收再利用率，降低垃圾量。另可加強宣導民眾瀝乾垃圾水份，以降低收運垃圾過程中造成路面污染及惡臭，同時也可以延壽焚化爐的使用壽命。

三、本市焚化廠加設巨大垃圾處理設施：

本次參訪的高座清潔中心有結合高效廢棄物發電設施及巨大垃圾資源回收設施，可一併處理大型垃圾(家具)，搭配剪切、分選、破碎等前處理程序，避免不可燃廢棄物進到焚化爐處理並將鐵、鋁等資源回收，建議焚化廠內可設置巨大垃圾處理設施，以減少拆解人力及清運成本。

四、本市焚化廠汰舊，可參照日本焚化廠新建技術及經驗：

1. 採用新型爐床技術：

- (1) JFE 公司兩種爐排燃燒技術包含 J grate 及 G grate，其中 J grate 係採雙氣流方式，主要是安裝在燃燒室內的中間頂板將未燃燒氣體(CO、H₂、NH₃)和燃燒氣體(O₂、NO_x、CO₂)分成兩部分，它們會在氣體混合室中混合、攪拌並燃燒，使未燃燒氣體能完全燃燒，將廢氣

中戴奧辛、一氧化碳、氮氧化物抑制至低濃度。

(2) 三菱重工最新的 V 型爐(V-type)是獨家設計開發的 F 型爐升級演化而來的，今年剛得標的東京都北區焚化廠也即將導入最新的 V 型爐(處理能力每日600公噸，預計2030年2月完工)，對比傳統焚化爐，V 型爐的特點建造及營運成本降低10%以上，所需用地節省10%以上，具有極高的燃燒效率，焚化底渣之灼燒減量低於2%。

2. 採用觸媒濾袋：

本次參訪日本焚化廠均有採用觸媒濾袋，主要去除機制係利用薄膜捕集細微粉塵，而後配合濾袋表面之逆洗功能，將捕集之粒狀污染物、吸附有害物質之反應物(如固態戴奧辛)及飛灰(含活性碳)自集塵系統移除，而後進入飛灰貯存與穩定化系統處理，至於氣相戴奧辛等污染物則透過觸媒反應，使微量戴奧辛和呋喃分子進行反應，並分解成極微量之 CO₂、H₂O 及 HCl，因此觸媒濾袋主要藉由更換濾袋種類，達到分解戴奧辛等污染物之目的，觸媒濾袋具有分解戴奧辛之效果(而非相的轉移)，具有較大污染減量效益，但須注意廢氣戴奧辛處理濃度範圍受限反應溫度等條件。

經查國內辦理 ROT 整改之焚化廠或 BOT 新建廠，亦多採用觸媒濾袋技術，惟國內既有廠多採半乾式除酸系統，故辦理汰舊換新焚化廠在導入觸媒濾袋技術時，其除酸系統須搭配調整為乾式系統，以提高廢氣溫度達到觸媒最佳反應區間。

3. 採用觸媒脫硝反應器(SCR)：

本次參訪日本焚化廠並未全部有採用觸媒脫硝反應器(SCR)，基本空污防制設備設計考量主要以符合環保法規定為原則。惟查國內「三級防制區既存固定污染源應削減污染物排放量準則」針對 NO_x 排放標準為 85ppm，而「固定污染源最佳可行控制技術」亦規範新設或變更污染物排放量達一定規模者(增加氮氧化物5公噸以上、硫氧化物10公噸以上、揮發性有機物5公噸以上或粒狀污染物10公噸以上)，NO_x 排放標準為60ppm，為達到前述法規要求，建議後續將觸媒脫硝反應器(SCR)納入規劃，或甚至可參考本次參訪橫濱市鶴見清潔中心，以 SNCR+SCR 之兩段式設計，除

可讓 NOx 去除效率提高外，倘 SNCR 或 SCR 發生問題，亦有另一處理單元把關。

4. 提高發電效率25%以上：

本次參訪對象未見將發電效率25%納入重要設計考量，經介紹日本未來新建焚化廠發電效率有朝發電效率可達25%以上的案例。

參照國內「再生能源發電設備設置管理辦法」之前處理及發電效率朝25%以上之焚化廠，具有較優惠之躉購費率(售電)，且相信藉由導入新穎技術及設備，並要求發電效率須大於25%，係有利整體減少碳排放量，因此就本市轄內三廠而言，將發電效率25%以上列入規劃考量，不僅能創造較佳之售電收益外，較高之能源轉化效率亦有利於減少碳排。

5. 納入碳捕捉技術構想：

(1) 經瞭解日本目前尚未有碳捕捉技術商業投資實廠，本次參訪有 JFE 公司已於 Fujimi Plaza 綠能中心進行驗證測試評估 CCU (碳捕獲和利用) 製程的可行性，三菱重工集團係在橫濱市鶴見工廠有 CO2 捕集技術實驗模廠，其二氧化碳捕捉率均可達90%以上，二氧化碳純度達到99.5%以上，表示碳捕捉技術具有可行性，但需要評估投資效益需求。

(2) 2050淨零排放是國家政策目標，本次參訪時碳捕捉技術目前雖未達實廠應用階段，惟考量文山、后里廠之汰舊換新規劃皆為20~30年以上之長約，建議汰舊換新階段仍可設計納入規劃碳抵換或碳捕集/封存/再利用等構想，以達到政策目標。

6. 減少噪音及臭味：焚化廠汰舊換新在拆除興建設計(含營運操作)時，可參考本次參訪的目黑焚化廠位於人口密集區，設計降低施工粉塵、振動、排水等防護措施，減少噪音及臭味問題以避免造成周遭民眾的困擾。

7. 考量環境教育設施：後續可將環境教育相關設施設置一併納入規劃考量，並將本市各大觀光旅遊景點融入相關環境教育理念。

五、本市外埔營運單位，可學習日本城南島工場技術及經驗：

1. 採用氯化亞鐵添加與脫硫塔並行，可有效降低硫化氫的產生量及增加污泥的凝聚效果。

2. 前處理設備可參採層層堆疊方式規劃設計，以解決空間不足問題。
3. 城南島食品回收工場重要操作參數與外埔廠相近，如揮發酸(城南島:1,000~1,500mg/l 外埔廠:200~400mg/l，二廠皆為中溫厭氧消化38°C)，但產氣量及發電度數約少3倍，可能與料源及添加營養物劑有關，可以再進行試驗，提高產氣效率。