

出國報告（出國類別：考察）

## 考察日本管制標準運作機制 及廢水處理技術

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：許永興 處長

魏文宜 專門委員

派赴國家：日本

出國期間：102年11月26日至102年11月30日

報告日期：103年2月



## 摘 要

為保護水體水質，確保水資源之清潔，我國推動加嚴放流水標準、總量管制、自動監測並連線及逕流廢水管理等項政策及措施。日本東京灣係為同時實施濃度管制及總量管制之地區，亦規定設置自動監測設施，鄰近川崎工業區為零排放工業區。為了解日本總量管制之實施、自動監測與連線之執行、加嚴標準之推動、逕流廢水之管理，及所對應之處理技術層次，於 102 年 11 月 26 日至 102 年 11 月 30 日赴日本考察，以作為國內推動水體水質管理及事業廢水管制之重要參考。

制度面，訪問川崎市政府了解日本先執行化學需氧量總量管制，東京灣 8 個自治體組成協議會，定期檢討水質不佳原因，並參酌處理技術、經濟因素加嚴總量標準，復因水體優養加入總氮、總磷管制；規定依標準自動監測檢測方法執行並以電子郵件申報，檢核排放總量。三菱總合研究所協助政府調查排水處理技術。

處理技術面，訪問 Daicen 膜公司，了解 Daicen 膜組為超過濾膜，孔隙度約 0.01 $\mu\text{m}$ 、通量為 100 L/m<sup>2</sup>.hr，屬毛細管型模組系統，僅一端固定不易阻礙水流，應用於原水淨水及廢水處理。味之素川崎工場，以上流式厭氧消化、二段式脫氮、混凝沉澱及調整酸鹼度，處理水質可達總氮 4 mg/L、生化需氧量 3 mg/L，優於多摩川水質。

管理面，訪問三榮東京工場，了解 5S 五常法則有助源頭減少逕流廢水污染。石油化學業逕流廢水，一定雨量以下仍需收集處理。零排放目前雖僅為目標，但可藉自訂環境政策、排放較標準更低之污染量、企業協作、附加廢棄物價值等方式逐步達成。東亞石油京濱製油所及味之素川崎工場皆重視企業社會責任，每年皆於網站上發布企業責任報告，載明廢水排放總量；另請附近民眾監測並定期與民眾座談了解問題加以解決。



## 目 次

壹、前言.....	1
貳、目的.....	2
參、行程.....	2
肆、過程.....	3
伍、心得與建議.....	40

### 附件

- 一、神奈川縣告示第 98 號
- 二、神奈川縣告示第 99 號
- 三、神奈川縣告示第 100 號



## 壹、前言

為保護水體水質，確保水資源之清潔，我國推動加嚴放流水標準、總量管制、自動監測並連線及逕流廢水管理等項政策及措施，為水污染管制工具之一種。

依水污染防治法第 9 條規定，水體之全部或部分，有因事業或污水下水道系統密集以放流水標準管制仍未能達到該水體之水質標準者或經主管機關認定需特予保護者，直轄市、縣（市）主管機關應依該水體之涵容能力，以廢（污）水排放之總量管制之。本署亦於 102 年 4 月 3 日訂定「推動水污染總量管制實施要點」下達指導地方政府實施總量管制，為總量管制進行準備，以因應日益高張之環保需求。

另本署刻正研議化工業放流水標準，加嚴氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）之管制，削減耗氧物質之排放。又為了監視事業放流水符合管制標準，避免繞流偷排之違法行為，本署修正「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，規定一定規模以上及重大違規者，應於規定期限（分 103 年 7 月 14 日、103 年 12 月 31 日二期）內完成設置水質水量自動監測設施，並連線至地方政府。

復依「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，亦規範控制逕流廢水污染之各項措施，特定事業應依污染特性採取逕流廢水污染削減措施，逕流廢水水質未能符合放流水標準者，應收集處理逕流廢水。收集處理逕流廢水量，依個案許可申請審查核准。雨量大於應收集處理逕流廢水量時，始得繞流排放。

日本東京灣地區係同時實施濃度管制及總量管制之地區，亦規定設置自動監測設施，鄰近川崎工業區為零排放工業區。為了解日本總量管制之實施、自動監測與連線之執行、加嚴標準之推動、逕流廢水之管理，及所對應之處理技術層次，辦理本次考察，以作為國內推動水體水質管理及事業廢水管制之重要參考。

## 貳、目的

- 一、了解日本總量管制考量因素及運作方式。
- 二、了解日本加嚴放流水標準考量因素及運作方式。
- 三、了解日本自動監測與連線之運作。
- 四、了解日本逕流廢水管理方式。
- 五、了解日本川崎市零排放生態工業區及味之素零排放計畫之執行。
- 六、了解日本高級廢水處理技術
- 七、了解日本如何與民眾溝通善盡企業責任。

## 參、行程

日期	內容	地 點
11 月 26 日 (星期二)	1、啟程 2、訪問 Daicel 公司 考察膜處理技術	Daicel 東京辦公室
11 月 27 日 (星期三)	訪問三菱總合研究所 考察廢水處理技術、水回收技術	Daicel 東京辦公室
11 月 28 日 (星期四)	訪問川崎市政府環境局 考察加嚴標準、總量管制、及 連線監測 訪問東亞石油株式會社京濱製油所 考察廢水處理技術、連線監測及 逕流廢水管理	川崎市政府 東亞石油株式會社 京濱製油所
11 月 29 日 (星期五)	訪問三榮造紙東京工場 考察零排放技術及連線監測 訪問味之素公司川崎工場 考察處理技術及連線監測	三榮東京工場 味之素公司川崎工場
11 月 30 日 (星期六)	返程	返程



## 肆、過程

### 一、DAICEN 膜處理株式會社

#### (一) 會晤人員

Daicen membrane-system LTD. 林夙恕博士  
鴻樹生科元有限會社 祝嘉鴻博士



圖 1 與 DAICEN 林博士與祝博士會晤討論

#### (二) 成果

Daicen 膜公司由 Daicel 公司及中央過濾公司(Central Filter Mfg. Co., LTD) 出資建立，以膜分離技術、過濾技術為該公司強項。膜應用於醫藥、食品製造、淨水處理、污水處理、地下水處理、水回收利用等面向。

Daicel 株式會社之核心技術為纖維素化學、有機合成化學及高分子化學。該公司從事纖維素製造，例如硝酸纖維素 (cellulose nitrate)、醋酸纖維 (CA) 或纖維素衍生物，例如醋酸纖維應用於薄膜分離、醋酸塑膠 (cellulose plastic) 應用於鏡架及玩具、醋酸絲束應用於香菸濾嘴等。

#### 1、中空絲膜過濾技術

中空絲膜為 Daicen 公司主要技術之一。中空絲膜為一種超過濾膜 (Ultra-filtrate)，孔隙度約  $0.01\mu\text{m}$ ，並具有低壓 ( $0.2\sim 0.3\text{ kgf/m}^2$ )、高通量 ( $100\text{ L/m}^2\cdot\text{hr}$ ) 之特性。一般膜所需操作壓力為  $0.6\text{ kgf/m}^2$ 、操作通量為  $30\sim 90\text{ L/m}^2\cdot\text{hr}$ 。因膜孔隙度約  $0.01\mu\text{m}$ ，可過濾病毒。膜抗污染性佳，不易生化老化 (biofouling)，因此不需常洗膜。主要材質為醋酸纖維 (CA)，用於淨水及污染排水處理；另有聚硝酸醋酸纖維 (PAN)、聚乙烯纖維 (PES) 膜等作為醫藥、酵素濃縮、果汁製造、半導體製造之超純水特定用途之過濾。

中空絲膜用於淨水處理。傳統之淨水處理，取原水後以混凝、沉澱、快濾、消毒後產生清水；而中空絲膜之過濾處理，係取原水後經前處理、膜過濾組件，再經消毒產生清水。膜過濾技術有提升、穩定過濾水質、節省操作空間、自動化操作及減少混凝沉澱污泥量之優點。膜過濾後之水質可達濁度低於 0.1 度，細菌及大腸桿菌群皆為 0，色度 1~2 度，鐵總含量低於 0.01 mg/L、錳總含量 0.005~0.0019 mg/L，濾過性病毒過濾性能達 99.9999%。日本已有超過 200 個自來水廠淨水程序使用中空絲膜過濾技術（圖 2）。

該項技術亦應用在以地下水為水源之淨水技術上。取水後，先經鐵錳過濾處理、活性炭處理、再經中空絲膜過濾、消毒產生清水。特點為有效去除病毒，保證水質安全、易透水、節省空間、膜不易老化及操作維護便利。日本醫院、飯店及超市應用該項技術。（圖 3）



圖 2 日本自來水廠淨水應用實例（翻拍自 DAICEN 簡報）

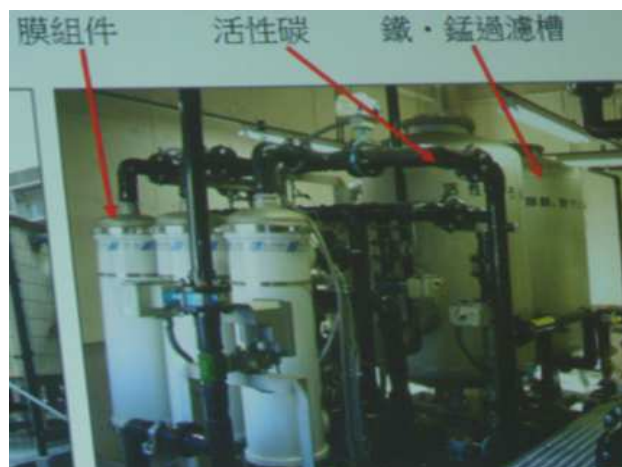


圖 3 日本醫院淨水膜模組（翻拍自 DAICEN 簡報）

中空絲膜亦應用於金屬模鑄造業廢水處理上。金屬模鑄造壓延機產生之廢液/廢水，經除油、混凝沉澱、超過濾膜處理後，產生過濾水。日本某鑄造廠原水化學需氧量 114 mg/L，經膜過濾後 39.5 mg/L，活性炭吸附後達 12.7 mg/L；原水化學需氧量 993 mg/L，經膜過濾後 158 mg/L，活性炭吸附後達 12.4 mg/L。值得注意的是，油易附著於膜上，使用膜處理法，應前處理將油分去除。(圖 4)

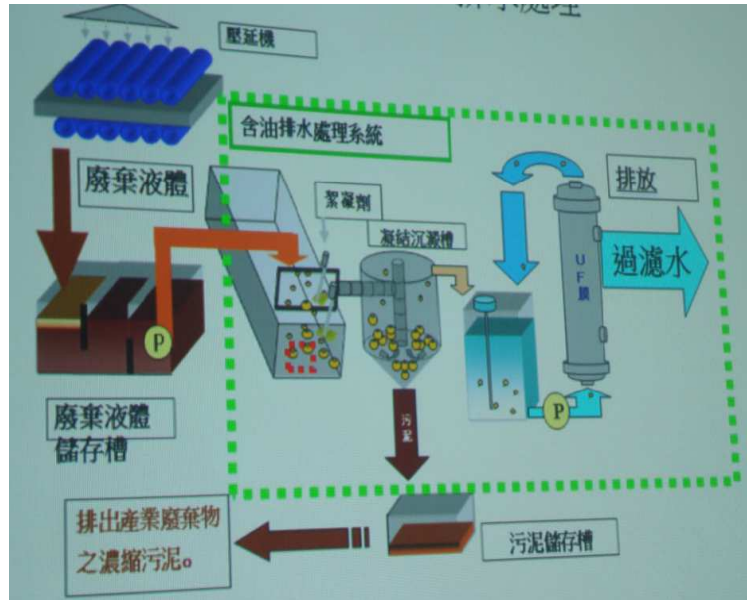


圖 4 日本模鑄造業廢水處理流程 (翻拍自 DAICEN 簡報)

中空絲膜應用於處理焚化爐煙灰水。焚化爐歲修或解體時，以高壓水柱清洗爐壁及煙道，水中含有戴奧辛物質。該項技術應用於去除水中戴奧辛之有害物質，去除率達 99.99961% 以上，易穩定操作維護、污泥量少。以日本某地方政府焚化爐解體工程為例，高壓水柱清洗下來原廢水之戴奧辛濃物約 2,500 pg-TEQ/L，經膜過濾後，過濾水戴奧辛濃度為 0.004 pg-TEQ/L，去除率為 99.99984%；另一廠原廢水戴奧辛濃物約 10,000 pg-TEQ/L，經膜過濾後，過濾水戴奧辛濃度為 0.0035 pg-TEQ/L，去除率為 99.99961%。日本國家統一之戴奧辛放流水排放標準為 10 pg-TEQ/L。

膜分離技術為相分離技術，將兩相物質分離。分離技術中，依所欲分離粒子的大小，有逆滲透 (RO) 0.0001~ 0.0005  $\mu\text{m}$ 、透析 0.005~0.001  $\mu\text{m}$ 、超過濾 (UF) 0.001~0.25  $\mu\text{m}$ 、微過濾 (MF) 0.25~3  $\mu\text{m}$ 、普通過濾 3~50  $\mu\text{m}$  等技術。按帶電離子電荷大小有電透析、離子交換及電泳。膜之材質，係按特殊的方法以高分子製造及表面處理以限制各種化學物質的通過達到過濾的效果。Daicem 的膜孔隙度約 0.01  $\mu\text{m}$ 、通量為 100 L/m<sup>2</sup>.hr。

膜處理方法中，有利用靜壓差、濃度差及電位差作為分離物質的驅動力（driving force）。超過濾膜係以靜壓差為驅動力，溶液傳送至濾膜表面，通過薄膜的為溶劑，微小粒子為濾液。輸送速率（通量，Flux）受驅動力、欲分離物質（溶質）之濃度及移動速率（mobility）影響。濃度、溶質與膜的化學相容性有關，移動速率依溶質粒徑、膜物理結構（硬度、高分子鏈撓曲性等）而定。因此，如何有效過濾物質，得到單位時間單位膜面積最大之處理量，由欲分離物質與膜的化學相容性、膜的物理構造，及欲分離物質的粒徑大小等因素而定，故須選用適當過濾特性的膜。

操作超過濾時，重點要注意控制避免在膜表面形成濾餅或膠體層，阻礙水的濾出與排出。中空絲膜的模組設計，僅一端固定，並藉由控制水流避免形成膠體層及濾餅，減少逆洗的頻率。另外，市面上超過濾模組，有管狀模組、平板狀模組、捲筒型模組及毛細管型模組，依進料方式、出料方式及膜裝填方式而有不同。Daicn 中空絲膜的模組，屬毛細管型模組系統，由內徑 0.5~1.4 mm 的毛細管膜（纖維抽絲製成）組成，一端固定，沒有支持體，濾液由管壁流出，進料流量控制佳，單位容積有較大的膜面積。

從成本效益分析，建議應同時考慮設置成本及操作成本，以評估決定使用之技術。設置成本包括前處理、膜、閥及管線等成本；操作成本則有能源成本（克服進流的壓力降須電力形成剪力去除膜膠體層或濾餅）、逆洗減少之通量成本、膜更換率、前處理化學藥品費、一般操作維護費等因素。

## 2、散氣裝置

合成樹脂多孔性散氣盤及超微細氣泡膜式散氣盤亦為該公司主要技術之一。其中超微細氣泡膜式散氣盤應用於生活污水活性污泥曝氣單元，已應用於日本 400 多處生活污水處理廠之處理。原理為膜孔隙度低於 1  $\mu\text{m}$ （傳統之散氣盤孔隙度低於 4  $\mu\text{m}$ ），曝氣時將膜撐開產生微細氣泡，不曝氣時則閉合（圖 5 及圖 6）。優點有高氧利用率、降低 30% 風量，並減少污泥量，可直接替換既有之散氣盤。

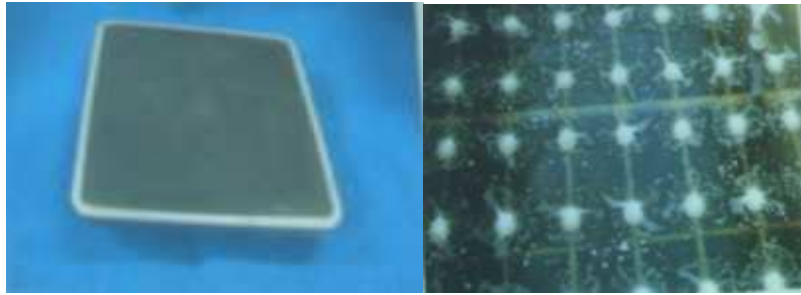


圖 5 超微細氣泡膜式散氣盤與曝氣情形（翻拍自 DAICEN 簡報）

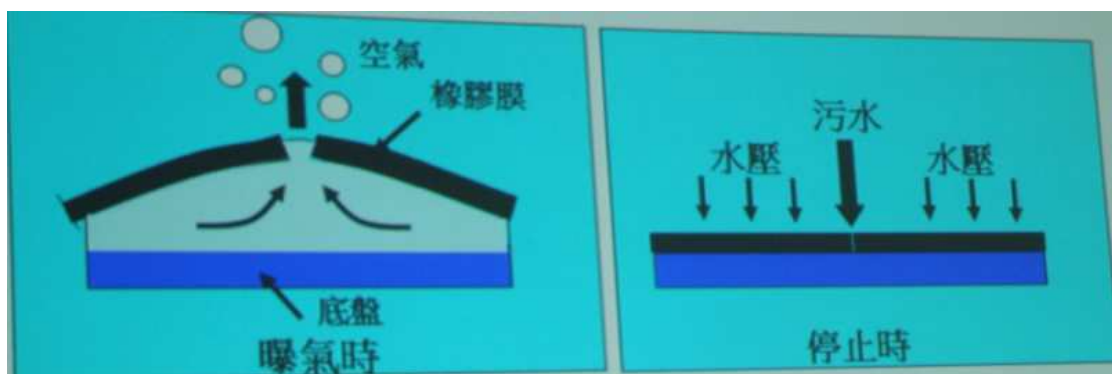


圖 6 超微細氣泡膜式散氣盤運作原理（翻拍自 DAICEN 簡報）

## 二、三菱總合研究所

### (一) 會晤人員

環境價值戰略部 環境及能源研究本部 主任研究員 柴英隆

環境價值戰略部 環境及能源研究本部 主席研究員 田野中新



圖 7 與三菱總研人員晤談

### (二) 成果

三菱總合研究所為一民間組織，協助政府、行政機關進行研究、調查、分析及政策決定；亦為綜合性技術顧問機構，協助跨國貿易策略規劃、商業發展、工作重整及組織發展。

分有社會及公眾事務事業部門、科學及技術事業部門、顧問事業部門及問題解決事業部門等，組織如圖 8。其中科學及技術事業部門，內有環境與能源研究部門、科學及安全政策研究部門，日本經濟產業省與環境省均為其業主。事業領域，涉及政策研定、專業技術、國內及海外，環境與能源部門事業領域有下：

#### 1、公害對策關連調查及產業支援

- (1) 海外法規規制調查（水質污染、大氣污染等）。包括因應較嚴標準之技術調查。
- (2) 海外市場、需求調查。
- (3) 技術調查（排水處理等）。
- (4) 自來水事業經營診斷（PPP 公民營合作、PFI 民間融資提案制度等諮詢）。
- (5) 海外水處理事業戰略策定支援。

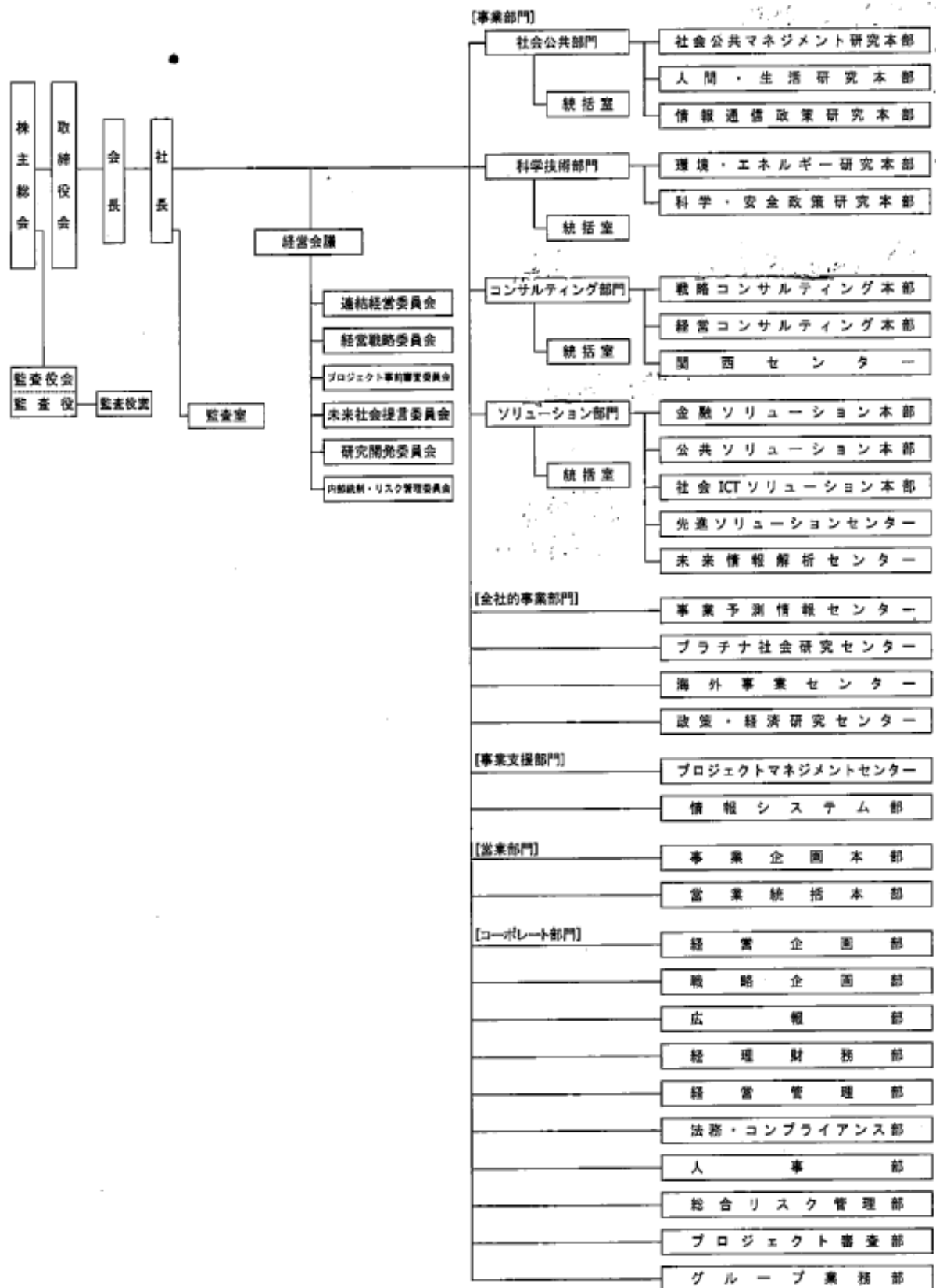


圖 8 三菱総合研究所組織

## 2、水及能源制度設計及事業支援

- (1) 新興國家的自來水管網處理、節能、再生能源制度設計。
- (2) 節能、再生能源事業化支援。
- (3) 能源、水資源調查。(煤、天然氣、生質燃料等)。

## 3、廢棄物事業支援

- (1) 海外市場、需求調查。
- (2) 技術調查(焚化、污泥燃料化等)。
- (3) 循環產業國際推動平台支援。
- (4) 下水污泥處理事業。

## 4、資源回收制度設計、營運支援。

- (1) 初期制度建構、修正支援(容器、家電等回收制度營運)
- (2) 新制度建立支援。
- (3) 資源風險顧問諮詢。

目前推動下列各項計畫：

1、協助經濟產業省調查排水處理營運管理技術。其中評估生物急毒性推動後對產業之影響。日本規劃納入生物急毒性管制(WET, Whole Effluent Toxicity, 放流水全毒性)，以生物毒性測試針對未管制之水質項目以生物的反應作為綜合性的指標與管制項目，以補足BOD、COD等指標之管制之不足。該研究所評估內容有：

- (1) 日本目前管制BOD、COD與TN之個別管制項目，是否會造成生物急毒性？
- (2) 研議測試物種，死亡多少為急毒性？目前先啟動魚與水蚤(bijinko)兩種為測試物種。啟動調查中，評估生態系是否改變。例如Microtox有基因安全等考量(如擔心特定發光細菌因大量使用而流入生態系)，在日本運用企業極少，也未被日本列為考慮方法之一。
- (3) 因應生物急毒性管制，企業須相對投資之金額與因應。是否須導入新設備？增加產業成本？預測影響範圍。
- (4) 如何推動？



2、污泥再利用。日本污水處理廠污泥經脫水、乾燥後，採焚化方式處理，底渣飛灰採材料化方式再利用，並有相當比例送往水泥廠。惟近期日本水泥廠逐漸減少，使得材料化去處日益減少，加上日本許多焚化爐已屆退役年限，故有部分地方自治體基於財政考量，考慮不更新污泥焚化爐，而轉規劃採購價格較低之污泥碳化爐。就該研究所所知，目前有廣島、橫濱、熊本、滋賀、札幌等地方自治體設有小型污泥碳化試驗爐（pilot 廠測試，尚未真正商業化），而近期五件類似之污泥處理設備更新案中，有三件採用碳化技術。

日本因電業自由化且電價相對較高，電力公司願意付費向污水廠採購價格相對於煤更低之污泥碳化物（熱值僅煙煤之 20~35%），並從中獲取二氧化碳減量額度，目前與煤混燒比率一般約 1%，預期可提升至 3%。在設備商方面，日本目前市占率以月島機械最大，其次為三菱重化。

另三菱總研亦進行微藻生質能計畫，以藻類吸收二氧化碳使藻類增長，榨油精製成為高品質燃油或飛機生質燃油，目前於石垣島有類似之大型養殖系統。

### 三、川崎市政府環境局

#### (一) 會晤人員

川崎市經濟勞動局 國際經濟推進室 環境產業課長 秋山 敏之  
川崎市經濟勞動局 國際經濟推進室 係長 大島 健之  
川崎市環境局 環境對策部 環境對策課 課長 原美 由紀  
川崎市環境局 環境對策部 環境對策課 佐藤 孝晴



圖 9 與川崎市政府環境局人員討論



圖 10 與川崎市政府、三菱總研、Daicn人員於川崎市政府前合影

#### (二) 成果

川崎市早期即為日本重工業密集地帶，留下許多公害問題，解決過程長達30年才回復到水質可接受之狀態（圖11），後續川崎市成為水質管制最嚴之自治體之一。為解決公害問題，該市政府確認污染來源，強化發生源鑑定技術，並訂定規範，界定衍生範圍加以解決（圖12）。在整體水質管理制度上，日本與我國的架構類似。該局人員亦表示，環境公害之管制，需有產業認同，方能有效達成目標，因此該局與經濟勞動局間有密切合作，以解決公害問題。



圖 11 多摩川 1970 年代與現在（翻拍自川崎市政府提供之資料）

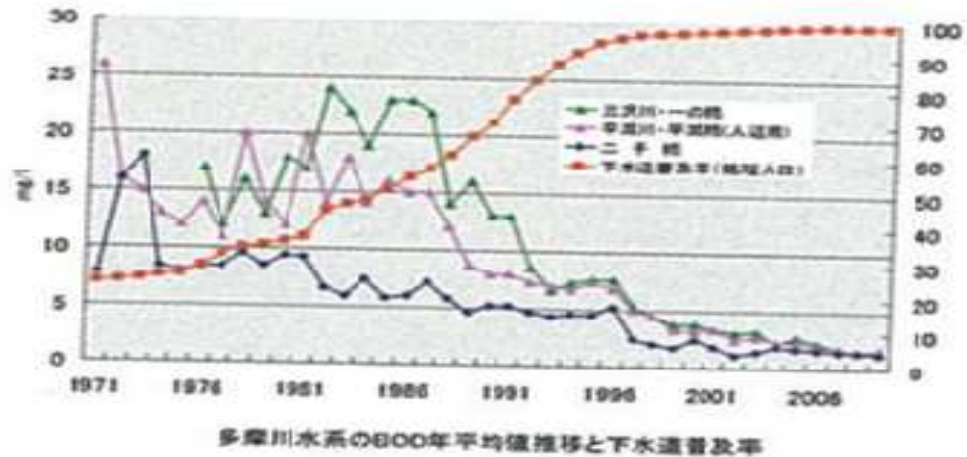


圖 12 多摩川各年 BOD 平均值與污水下水道系統普及率（翻拍自川崎市政府提供之資料）

### 1、加嚴管制標準

日本一律排水標準的訂定，係考量河川及海洋等水體有 10 倍的稀釋率，因此，一律排水基準為水體品質標準的 10 倍。就管制標準而言，由中央訂定一律排水基準，小型河川則由縣訂定。例如有機磷一律排水基準為 1 mg/L，在神奈川縣加嚴為 0.2 mg/L。川崎市政府無法進一步加嚴標準，但市政府可以訂定自治條例，針對沒有規範的項目及作業來要求事業所有工廠之操作行為及操作規定，例如訂定貨櫃集散站洗貨櫃之作業要求及標準。在作法上，不會針對單一工廠加嚴標準，而對產業別有不同的條例規定，以「作業管理」來規範，例如，特殊施設届出書。特殊施設届出書類似我國之水污染防治措施（事業向地方政府申報作業流程），需向地方自治體申報，每個工廠可能會有數個特定設施，有些區域未必會被劃定為特定設施而無須提届出書。另日本並未核發排放許可。

### 2、總量管制

日本針對東京灣、伊勢灣及瀨戶內海等封閉型水域，實施化學需氧量、總氮及總磷排放的總量管制。因為封閉型水域，不易與外界水流交換，污染物易沉積，且人口、工業及商業活動排放污染密集，以濃度限值管制仍未能達到水體環境基準，為了減少污染物的流入，採行總量管制。總量管制之推動，由環境省環境大臣策定水域實施對象並設立減量目標，由都道府縣知事策定總量削減計畫，擬定削減對策及污染源之減量目標。每日排放量 50 公噸以上之特定事業場所之排水，為總量管制對象，以排水濃度及排水量的乘積作為管制值。

## 封閉型東京灣

東京灣因地形袋狀狹長對流不佳，形成封閉水域。目前東京灣周圍有東京都、神奈川縣、千葉縣、埼玉縣、群馬縣、靜岡縣、茨城縣及歷木縣八個自治體共同進行總量管制。八個自治體間形成協議會，定期檢討目標達成情形，形成新的暫定目標，而後再形成確定管制值。一般有 3 年檢討期形成暫定目標，再給予事業 2 年之改善期，亦即由標準檢討到實施約 5 年，因此在研訂過程中，事業已知要推動並著手準備，待正式實施時則已能符合。

## 技術支撐總量管制實施

目前東京灣以化學需氧量、總氮及總磷為總量管制項目。1980 年八個自治體形成協議會，召開會議，首推化學需氧量之總量管制，檢討水質達成情形及不佳原因；自 1980 年起檢討六次，目前為第七期總量管制標準。2004 年協議會發動總氮、總磷總量管制，以改善氮磷營養鹽造成水體優養及藻類孳生問題，並由地方自治體進行調查，確認污染情形，評估產業衝擊程度，暫定目標。如果水體水質不佳，而以現行技術無法達成或所須成本太高之情形下，則備註，作為下一次檢討修正總量管制標準時加以檢討。

日本總量管制標準係作為事業每天排放污水中所含污染量之容許極限。總量管制標準為化學需氧量、總氮及總磷設置之濃度值（以下簡稱 C 值）與指定廢水量之乘積。指定廢水量為特定事業之排水總量，指定事業應申報排水總量。C 值係考慮各業別廢水性質而定，並由都道府縣知事分配之減排量而定，為確保業者能夠經由努力而達成，因此不會即刻擬定理想的濃度值，參考業者的製造程序、排水紀錄及廢水處理情形加以考量。例如，將相同製造程序之事業依其排放的濃度由低而高排列，檢視排放濃度低業者之生產技術與廢水處理設施，如排放濃度高業者之生產技術及廢水處理設施相對落後，則採取措施加嚴 C 值，使排放濃度高者透過提升廢水處理設施及改善製程，達成污染的減量。該 C 值不能超越現有處理技術所能達成之濃度，並依據污水處理技術之發展與精進，而有較嚴的 C 值。（如附件一、二及三）

另就處理技術上，環境局會提出技術參考，持續追蹤最新技術進展，若形成推薦技術，則可能依公司規模提出補助，惟一般大企業會自行推動，無須補助。

## 總量管制特定作業型態污染量

總量管制之項目，並不包括重金屬及其他有害健康物質，重金屬及有害健康物質以濃度限值管制。點源管制，係先釐清非點源貢獻量(以係數法估算農田、城市、林地及水產業)、生活污水可削減量後，確立點源可排放量，再分配到事業。事業依該場有哪些「作業」型態(等於我國之「製程」，川崎市約有 232 種型態之作業排水受總量管制，各作業有可以排放之濃度)，由各「作業」之濃度量反算可排放之水量。點源若為雨污合流，則均受管制；若為雨污分流，則只管廢水排放口。

### 3、自動監測與連線

排水量超過 50 公噸/日(CMD)者，為總量管制的對象。監測項目有 COD、TN、TP 與流量，以配合總量管制之實施。其中排水量 400 CMD 以上者(17 家)，應設置自動監測設備，每日申報一次，原則每小時檢驗測定一次；排水量未滿 400CMD 者，鼓勵設置自動監測設備，排水量 200 CMD 以上未滿 400 CMD 者每週申報一次、排水量 100 CMD 以上未滿 200 CMD 者每 2 週申報一次、排水量 50 CMD 以上未滿 100 CMD 者每月申報一次。連線係以電話連線，每月以電子郵件遞送監測資料一次。以電話連線，係因傳輸數據屬非公開資訊；若採用網頁，需增保密要求，使成本偏高，目前不採用。

連線監測數值超標時，環境局會要求工廠確認原因，提出改善方案，若不改善才加以裁罰。

監測技術上，包括校正、允許誤差等，均有 JIS 之指引(如一年校正一次)；電話傳輸品質則沒有標準。連線監測值往往與以標準方法測定之結果數值不同，環境局允許事業將連線監測值與以標準方法檢測值同時檢測，建立 20 點檢量線，後續依此檢量線換算以標準檢測方法之檢測值，作為判定數值。日本連線監測訂有標準測定方法及指引：

- (1) 總氮總磷自動計數器及水質污濁負荷量測定方法：總氮含量以總合法(JIS K 0102 45.1)與紫外線光度法(JIS K 0102 45.2)、總磷含量以硝酸過鹽素酸分解法(JIS K 0102 46.3.2)與硝酸硫酸分解法(JIS K 0102 46.3.3)等方法檢測。內定有總磷、總氮自動計測器之性能標準、管理基準、計測值之取用、試藥採取裝置之場所、管理及故障對策等規定。

([http://www.env.go.jp/water/heisa/tplc/manu\\_npami/index.html](http://www.env.go.jp/water/heisa/tplc/manu_npami/index.html))

(2) 水量自動計數器：明定電磁式排水流量計等 10 種各式排水流量計之原理、構成、設置上之注意、日常檢查及參考規格等。

([http://www.env.go.jp/water/heisa/tplc/manu\\_npami/index.html](http://www.env.go.jp/water/heisa/tplc/manu_npami/index.html))

(3) COD 自動監測設施，依照事業排水性質及監測設施之適用性，採用 COD 自動計測器、紫外線吸光度自動計測器、TOC 自動計測器、TOD 自動計測器等（圖 13）。迴歸標準檢測方法與水質自動計測器檢測結果，取 95 % 為信賴區間換算相互關係。

表 7-1 水質自動計測器之仕様

COD 自動計測器	TOC 自動計測器	TOD 自動計測器	紫外線吸光度自動計測器
<p>計測方式…100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素要求量</p> <p>計測範囲…0~20ppm/分等（ハーフスケール以内で計測する）濃度が高い試料については試料の採取容量等を設定し直すことにより対応する。</p> <p>繰り返し性…全日産長の±5%以内</p> <p>グルコース試料精度…全日産長の±5%以内（ただしハーフスケール値での計測）</p> <p>計測時間…1計測 1時間</p> <p>外部出力（計測信号）…電流出力又は電圧出力</p> <p>検点検出方法…酸化還元電位差法又は定電流分極電位差法</p> <p>試料水…100mlただし希釈する場合は（試料+希釈水）=100mlとする。</p> <p>試薬貯蔵…1週間分以上</p> <p>塩化物イオンのマスキング剤…硝酸銀</p> <p>加熱槽…沸騰水浴又は油浴</p> <p>希釈水及び加熱槽供給水…水質性状：蒸留水又はそれに等する水。</p> <p>記録計…内蔵又は外部出力によって外部の記録装置と接続されているもの。</p> <p>記録方法…間欠式：バーグラフ又はトレンドグラフ</p> <p>電源…AC 100±10V、50又は60Hz</p> <p>消費電力 500~800W</p> <p>周囲条件…周囲温度 2~40℃</p> <p>周囲湿度 85%RH以下</p> <p>その他…振動、直射日光、腐蝕性雰囲気は避けること。</p>	<p>計測方式…無機体炭素除去：酸性ばっ気有機体炭素計測：燃焼-赤外線分析法</p> <p>計測範囲…0~10…0~1000（ppm/分）</p> <p>繰り返し性…全日産長の±3%以内</p> <p>応答時間（90%）…間欠式：1計測周期以内</p> <p>連続式：15分以内</p> <p>計測周期（間欠式）…4分以上/1計測</p> <p>外部出力（計測信号）…電流出力又は電圧出力</p> <p>脱炭酸方法…窒素又は空気による曝気</p> <p>pH調整…塩酸又は硝酸</p> <p>試料注入量…間欠式：20~30ml/回</p> <p>連続式：0.4~1ml/分</p> <p>燃焼管…石英管、セラミック管等</p> <p>触媒…白金系、アルミナ系、コバルト系等</p> <p>除湿器…水冷スタラパー、電子除湿器、濃硫酸等</p> <p>検出器…赤外線分析計（NDIR）</p> <p>キャリアガス…窒素又は精製空気</p> <p>キャリアガス精製剤…ソーダライム、活性炭</p> <p>記録計…内蔵又は外部出力によって外部の記録装置と接続されているもの。</p> <p>記録方式…間欠式：バーグラフ又はトレンドグラフ</p> <p>連続式：連続記録</p> <p>電源…AC 100±10V、50または60Hz、消費電力 800~1500W</p> <p>周囲条件…周囲温度 2~40℃</p> <p>周囲湿度 85%RH以下</p> <p>その他…振動、直射日光、腐蝕性雰囲気は避けること。</p>	<p>計測方式…燃焼-酸素濃度計測方式</p> <p>計測範囲…0~50…0~1000（ppm/分）</p> <p>繰り返し性…全日産長の±3%以内</p> <p>応答時間（90%）…間欠式：1計測周期以内</p> <p>連続式：20分以内</p> <p>計測周期（間欠式）…3分以上/1計測</p> <p>外部出力（計測信号）…電流出力又は電圧出力</p> <p>試料注入量…間欠式：20~30ml/回</p> <p>連続式：1ml/回</p> <p>燃焼管…石英管、セラミック管等</p> <p>触媒…白金系又はアルミナ系</p> <p>調湿器…水冷スタラパー又は電子除湿器等</p> <p>酸素検出器…固体電解質検出器</p> <p>キャリアガス…窒素又は精製空気</p> <p>記録計…内蔵又は外部出力によって外部の記録装置と接続されているもの。</p> <p>記録方式…間欠式：バーグラフ又はトレンドグラフ</p> <p>連続式：連続記録</p> <p>電源…AC 100±10V 50/60Hz</p> <p>消費電力 800~1300W</p> <p>周囲条件…周囲温度 2~40℃</p> <p>周囲湿度 85%RH以下</p> <p>その他…振動、直射日光、腐蝕性雰囲気は避けること。</p>	<p>計測方式…増減吸光度計測法（紫外線放射）</p> <p>2波長吸光度計測法（紫外線放射及び可視光放射）</p> <p>試料セル…流通形、落下流形、浸漬形等</p> <p>吸光度計測範囲…（例えば0~0.05又は0~1.0）</p> <p>紫外線吸光度自動計測器の計測目標は一般に吸光度目盛であり、スパン校正にはワトル酸水素カリウム溶液等が用いられることが多い。</p> <p>繰り返し性…全日産長の±2%以内</p> <p>安定性…全日産長の±2%/日以内</p> <p>応答速度…90%応答1分（ただし取扱い説明書の流量において）</p> <p>計測周期…連続又は間欠</p> <p>外部出力（計測信号）…電流出力又は電圧出力</p> <p>試料セル洗浄方法…スポンジボール流通形、ワイパー方式、ブラシ方式等</p> <p>洗浄周期…固定設定又はタイマーにより任意設定</p> <p>記録計…内蔵又は外部出力によって外部の記録装置と接続されているもの</p> <p>記録方式…間欠式：バーグラフ又はトレンドグラフ</p> <p>連続式：連続記録</p> <p>電源…AC 100±10V 50又は60Hz</p> <p>消費電力 50~150W</p> <p>出力信号…吸光度出力 DC0~1V</p> <p>DC4~20mA</p> <p>周囲条件…周囲温度 2~40℃</p> <p>周囲湿度 85%RH以下</p> <p>その他…振動、直射日光、腐蝕性雰囲気は避けること。</p>

圖 13 各種自動水質監測儀（翻印自水質總量規制及水質更新規定手引）

#### 四、東亞石油株式會社

##### (一) 會晤人員

管理部技術課副課長兼技術係長 國分 洋一郎

環境安全部環境安全課

志賀 辰明



圖 14 與東亞石油株式會社京濱製油所人員討論

##### (二) 成果

東亞石油株式會社 1924 年成立，員工總數 450 人，2012 年原油處理量為 404.9 萬公噸，尚可將原油分給 2.2 公里以外的東燃通用發電用。東亞石油株式會社主要由昭和 Shell 石油株式會社、東京海上日動火災保險、東亞石油持株社出資成立，日本每日原油處理量約 4,480 萬桶，其中昭和 Shell 公司占 480 萬桶，計有東亞石油 70 萬桶、昭和四日市石油 210 萬桶和西部石油 120 萬桶。東亞石油株式會社京濱製油所為石油煉製業，位於川崎工業區水江町，由原油產製 LPG、輕油、重油、燃料油及各種石油化學原料等（圖 15）。

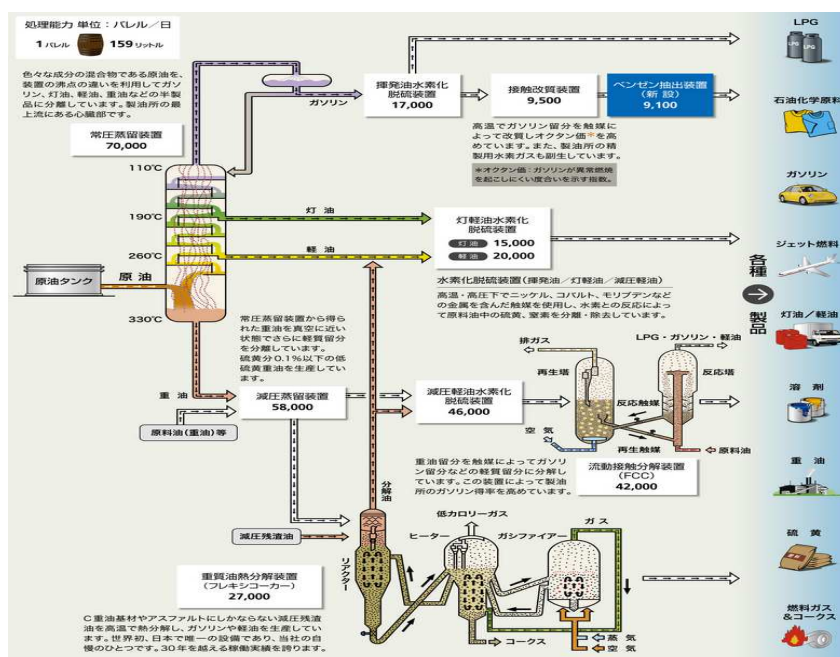


圖 15 煉油製程圖（翻印自網頁）

該廠有 7 個放流口，特性如下：

- 1 號放流口：第二工廠 G/B 製程排水，第一工場之生活排水及經 FLG、PV 氣滌冷卻海水合流水。
- 2 號放流口：第二工場 FCC 氣滌之冷卻海水
- 3 號放流口：第二工場排水
- 4 號放流口：第二工場生活排水及冷卻水、雨水
- 5 號放流口：第三工場含油排水
- 6 號放流口：第三工場生活排水及冷卻水排水

其中有 4 個放流口（1、4、5、6）為特定放流口，其中 1 號放流口占了 98% 的水量，其餘為冷卻水放流口。計算總量時是將 4 個放流口之流量加總計算管制。

該場廢水主要的問題有油脂、硫化物及氨氮。目前被要求排放水水質為化學需氧量(過錳酸鉀法) 60 mg/L、總氮 40 mg/L、總磷 4 mg/L。廢水處理流程如下：

- 1、製程廢水：該場受到空間限制，並未使用生物處理來處理製程廢水。製程廢水中含有高量氨氮及硫化氫，廢水經殼牌（Shell）公司研發之傾斜波浪板油脂分離器（Corrugated Plate Interceptor, CPI, 圖 16）、凝集沉澱、砂濾、活性炭處理(圖 17)。
  - (1) 原油為重要原料，也是化學需氧量主要來源。一般油脂濃度低於 50 mg/L 以下，才允許流入廢水處理廠。若有煉油不良品則全量回收。
  - (2) 凝集沉澱，加入硫酸鋁與高分子凝集劑。
  - (3) 以兩層砂濾去除一部分油脂。砂濾池每年逆洗，產生黏稠油分返送回製程。每年以強鹼化學清洗一次。
  - (4) 上流式活性炭捕捉殘餘油分、化學需氧量與有機氮。活性炭消耗大，飽和活性炭於場內作為燃料，不致於形成廢棄物。
  - (5) 硫分處理：原油中含硫量約有 2%，為減少硫分流入廢水處理廠，該場首於製程端使用 Claus Sulfur Recovery Unit ( $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ )，藉由 Co-Mo 觸媒將硫化氫還原為硫粉（單硫），將硫移除，回收硫粉量甚大，成為場內副產品之一。在製造程序中去除大多硫分後，導入廢水處理廠之前則再以氣滌塔（Steam Stripper）將硫化氫控制到甚低。氣滌除硫系統中用到胺吸附，該股排水含有氨氮。在與其他廢水（如冷卻排水）共同混合進入廢水處理單元時，氨氮濃度約 25 mg/L，最終經過處理單元後，降至 20 mg/L。該場處理單元並未有氨氮去除功能，某種程度而言仍然靠稀釋達成。
  - (6) 該場污泥，於廠內 900°C 以上之焚化爐燃燒處理，作為燃料使用，無外運污泥。



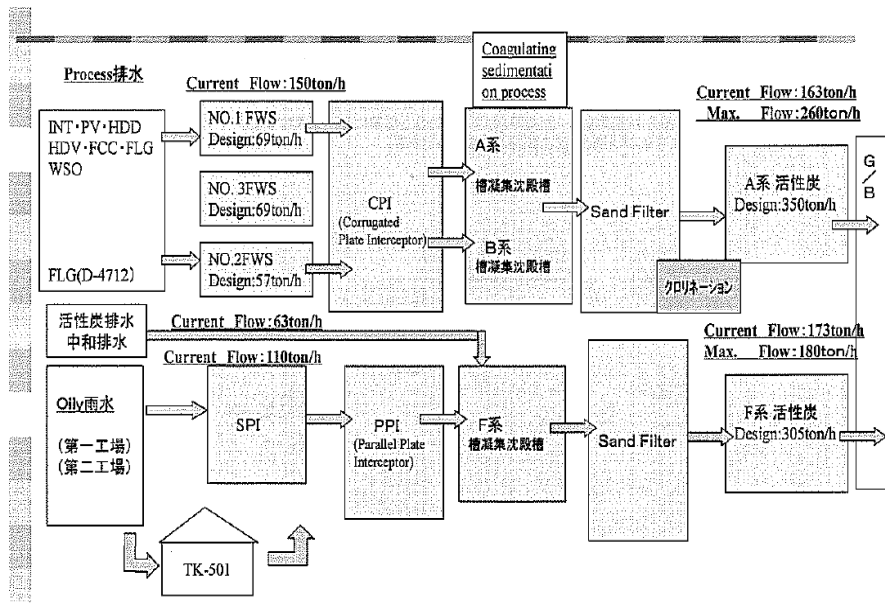


圖 17 廢水處理流程圖與質量平衡圖



圖 16 CPI (翻拍自簡報)



圖 18 PPI (翻拍自簡報)

2、含油雨水：含油雨水經平行板油脂截留器 (Parallel Plate Interceptor, PPI, 圖 18)、混凝沉澱、砂濾及活性碳處理。在逕流廢水管理上，因該場面積廣闊，設有一暴雨儲槽 (TK-501)，容積為 10,000 立方米，設計值為時降雨量 52 mm，再乘以場區面積 (圖 19)。超過 80 mm/h 以上之暴雨，則將儲存量以外的逕流廢水直接排放 (圖 20)。槽內積水會在颱風前一週處理完畢，以空出容積承接初期降雨逕流。為避免閥門故障導致油分漏出，該場透過頻繁之定期巡檢與更換，以確保原物料不外漏。

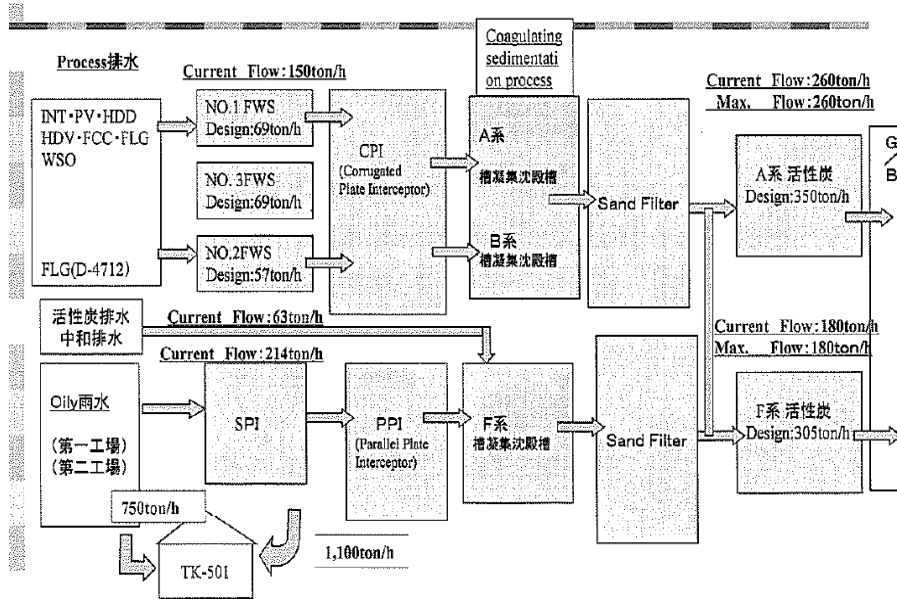


圖 19 時降雨量 52 mm 以內時之排水平衡圖

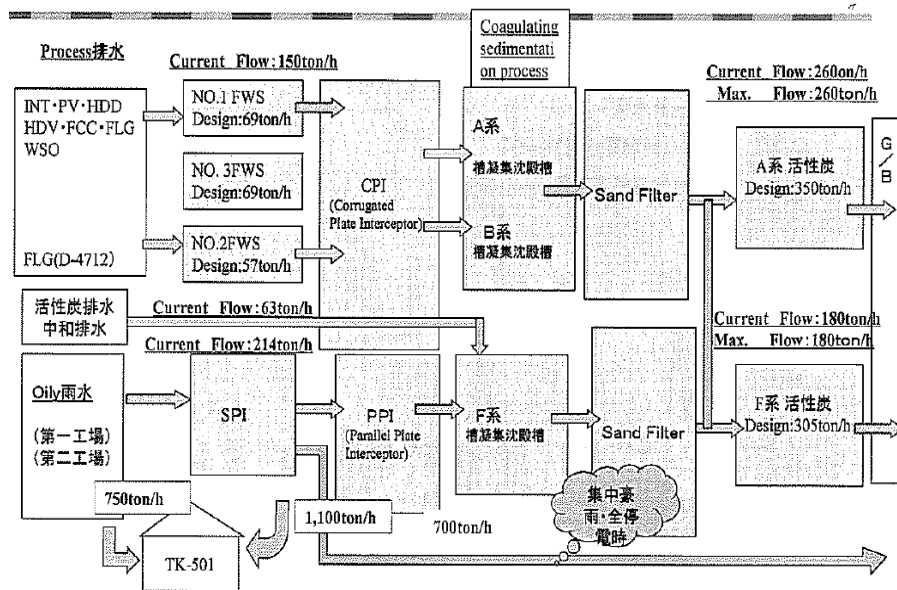


圖 20 時降雨量超過 80 mm 時之排水平衡圖

自動監測上，化學需氧量採用比較簡易之 UV 法（Shimatsu 製），以與環境局連線，每週作兩次校正（圖 21）。另有一台 Horiba 製之 COD 線上監測儀，採用氧化法原理，作為自我管理之用（圖 22）；總氮、總磷監測使用 Yokogawa 廠牌之監測儀（圖 23），經與環境局協議後，每日送出一次訊號。長期而言，總量僅為管制值之 1/3（該廠設有 AP 值作為自我控管值，action plan），川崎市政府也因此未再加嚴之。



圖 21 化學需氧量自動監測儀



圖 22 化學需氧量自動監測儀及內部



圖 23 總氮、總磷自動監測儀內部



圖 24 酸鹼度自動監測儀



圖 25 東亞石油株式會社京濱工場放流口

該工場每年均針對環境保護提出企業社會責任報告（Corporation Society Responsibility， CSR），並公開於網站上。其 2013 年水排出量，化學需氧量為 106 公斤/日，總氮為 131 公斤/日，總磷為 1.96 公斤/日。（圖 26）

● 水質汚濁防止実績の推移



圖 26 東亞石油株式會社京濱工場污染排放量（摘自該企業社會責任 2013 年報告）

## 五、三榮紙業（Corelex）東京工場

### （一）會晤人員

三榮紙業株式會社東京工場 事務部長 石井陽一



圖 27 Corelex 事務部部長



圖 28 Corelex 公司

### （二）成果

Corelex 三榮東京工場在川崎零排放工業園內，位於川崎市京濱工業地區。京濱工業地區係由廢棄物填海造島而來，1913 年開始填海造島，1940 年後完成水江町，建設鋼鐵及石油化學工廠等，1960 年完成開發浮島町建設了石油綜合設施，對日本經濟成長高度貢獻。此後持續開發扇島、東扇島（如圖 29）。Corelex 三榮東京工場即位於水江町。

Corelex 建築物經特別設計而穩固，有 450 根深度 63 米之基樁（圖 30）加固地基，工場周圍以 2 米的牆及 1 米圍籬保護，主要機械安裝於海平面以上 8 米。



圖 29 京濱工業區 1940、1960 及 2008 年代填海造島演變（翻印自川崎市政府提供資料）

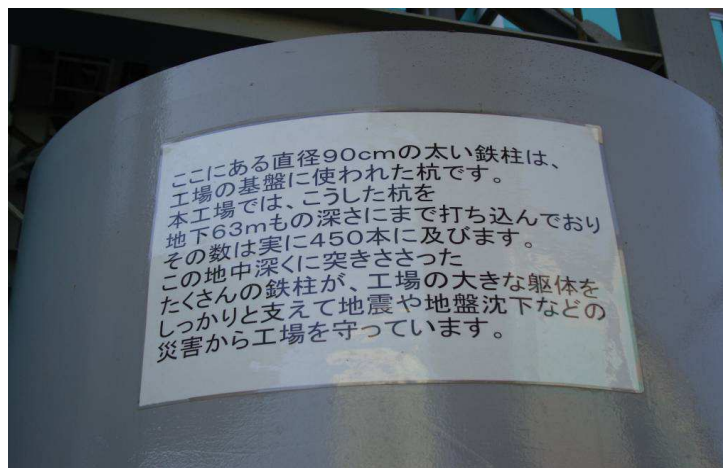


圖 30 工場基盤

川崎零排放工業園區 2002 年 11 月設立，有造紙業、金屬製品製造業、廢棄物處理業、非鐵金屬製造業、金屬表面處理業、電氣機械製造業、冷凍業及工具機業等 10 家工業形成生態工業區（圖 31）。2005 年 3 月獲得 ISO 14001。該工業區為有效持續降低環境負荷，控制排放，推動以公司事業體間廢棄物循環、再利用及能源利用，並以零排放為目標，降低對環境的影響。川崎零排放工業園推動概念如下：

- (一) 企業本身建立環境政策。
- (二) 排放較排放標準更低之負荷，甚至達成零排放更高的目標。
- (三) 與工業區內的其他公司有效合作。
- (四) 內部流程協作化並跨整個企業範圍。
- (五) 不僅工業區內，亦與區外公司合作達成零排放。



川崎零排放工業園的具體措施有：

- (一) 訂定公司廢棄物目標量，並積極減量。
- (二) 企業內產生的廢紙，收集由區內公司再生。(即由 **Corelex** 東京工場回收)
- (三) 回收利用焚燒設施的餘熱能源。
- (四) 川崎市水處理中心處理水作園區植物澆灌及建築物中水回收。
- (五) 企業內水資源回收使用，減少廢水處理設施之負荷。
- (六) 底灰(燒卻灰)作為水泥原料。
- (七) 企業內之廚餘堆肥作為園區內綠地肥料。
- (八) 收集建築物屋頂雨水作為園區澆灌利用。
- (九) 有效利用鄰近企業所產生電力。

川崎零排放工業建築群內個別公司的活動有：

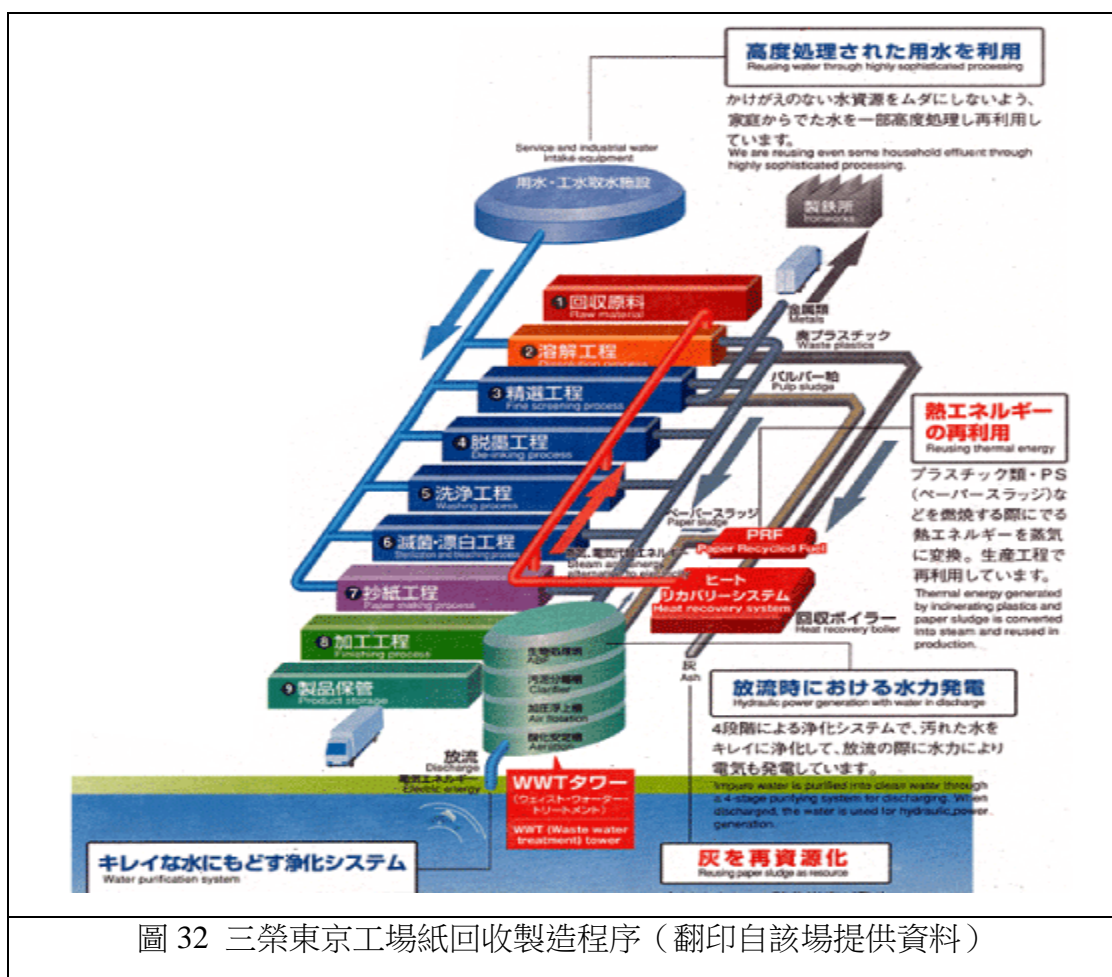
- (一) 使用天然氣車輛。
- (二) 工廠內利用水位差進行發電，供給廠內電力。
- (三) 循環利用工業化學品和水。
- (四) 回收難再生古紙(如有色度及層壓紙)。(即 **Corelex** 東京工場)
- (五) 電鍍廢液循環封閉電鍍系統外，不排放。



圖 31 川崎生態工業區零排放構想

三榮東京工場為回收紙製作衛生紙，已設場十年，為罕見在城市附近之再生紙廠，尤其是在川崎市，管制標準受到加嚴，挑戰很大。該場亦為一零排放造紙廠，Corelex 對零排放的觀念，是充分利用零廢棄，將零排放定義為將所有的廢棄物附加價值，並將廢棄物使用作為原料。因此，研究發展各種回收應用技術及製造程序，以落實零排放之理念。

該場每月收集超過 7,000 公噸的用過的紙，特別是金融機構及商業公司的機密文件及卷宗、牛奶盒、車票等作為原料，每日產生 110 萬捲的廁所紙。回收紙經皂化、加水膨脹，經 Corelex 研發的一套異物移除系統，藉由離心力，將紙料中的塑膠袋、訂書針及迴紋針加以分離。分離異物後，以浮除法分離纖維中的油墨，再以，加入化學藥劑漂白、消毒滅菌、抄紙、包裝，成為成品（圖 32）。



從金融機構及企業送來整本公文夾，每月約 6000~6500 公噸，可收取處理費，但需保密內容。由該場分離金屬與塑膠。處理方式如下：

- 1、金屬分離：將紙張溶入水中，使纖維受鹼溶解（Soaking Tower，圖 33），與金屬透過該場之異物處理系統利用離心原理分離（圖 34、圖 35），金屬售出。
- 2、塑膠（背表紙）：由特定機器，利用紙纖維短與塑膠纖維長不同之特性，篩分

出塑料。分離出之塑膠當燃料，燃燒之熱能作為紙張脫水乾燥之用，塑膠焚化後之灰分則花錢付給水泥廠使用。

3、去除油墨：以 DAF 浮除之，分離後之碳粉焚化，使紙張偏白。無法完全分離時，最後再使用過氧化氫（ $H_2O_2$ ）漂白。

全部製程約 1.5 日，每日 230~240 公噸之廢紙產出 160-170 公噸之衛生紙捲，剩三成為其他廢棄物。該場也以牛奶盒及車票回收作為原料（圖 36、圖 37），牛奶盒纖維長而強度足，針葉木製成，油墨又是黏在膠膜上易分離，故反需付費收購（每公噸兩萬日圓）。回收車票，有特殊技術分離表面之塗布層（coating）與磁性塗料。有些紙盒，如酒盒有鋁材，甚至可以從中分離出鋁箔再利用。

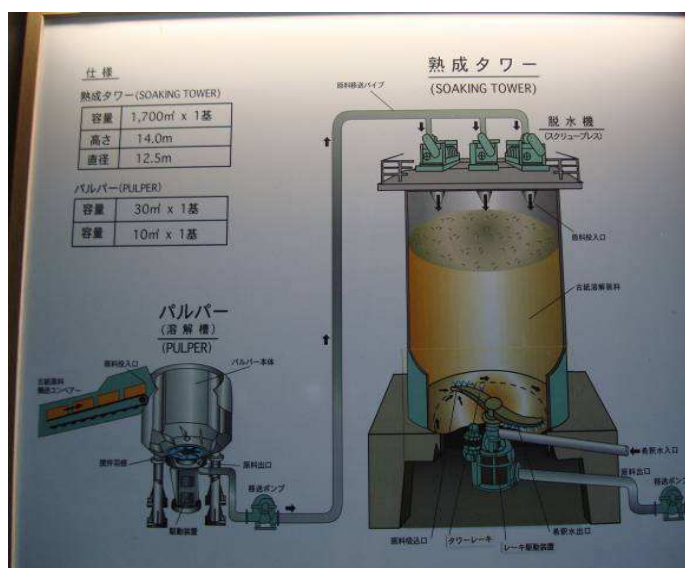


圖 33 回收紙溶解皂化製漿程序



圖 34 異物移除系統（翻印自該公司網頁）



圖 35 經異物移除系統離心後的金屬物質，回收金屬



圖 36 牛奶盒具有可回收之處女紙漿纖維，5 張牛奶盒可製成一捲廁紙  
圖 37 回收車票中間層紙類纖維

一般再生紙廠需大量乾淨用水，每公噸紙需水 100 公噸，需設在有充足地下水或水源便宜處。川崎之工業用水，約每公噸 10 日圓，對該場而言仍昂貴，故購買 1.5 公里外之都市污水處理廠放流水，並由該廠自行拉管取水，該場每日用水 18,000 公噸，其中 6,000 CMD 為工業用水、12,000 CMD 使用污水處理場再生水。該場每公噸付 4~5 日圓作為基本費用，讓污水處理廠（該污水廠處理每日數十萬公噸）把 12,000 CMD 之水處理到更好，COD 7 mg/L、TN 5~6 mg/L 及 TP < 1 mg/L)。目前全日本也只有該場如此使用。

產生廢水之化學需氧量（COD）約為 400 mg/L，經多層塔式活性污泥、加壓浮除、絮凝沉澱處理後降至 20 mg/L，廢水中戴奧辛濃度低於 0.1 pgTEQ/L。放流水會在廠內循環，最後鹽度太高時再加以排放，最後約排出 18,000 CMD 至海中。該場之零排放（Zero Emission）並未包含放流水之排放。

排放之廢水，每小時自動監測化學需氧量、總氮、總磷一次並透過電話線連線。一年有 2~3 次稽查。一旦連線機械故障時，則由廠商自行補測，再補報告，但未要求回復期限。廢氣排放未有連線。

## 六、味之素株式會社—川崎工廠

### (一) 會晤人員

川崎事業所所長兼川崎工場場長 伊藤善計  
味之素安全及環境部 部長 吉田崗  
味之素安全及環境部 主任 大野幸宏



圖 38 與味之素株式會社川崎工場人員晤談



圖 39 味之素株式會社川崎工場人員晤談



圖 40 與味之素株式會社川崎工場人員合影

### (二) 成果

#### 微生物脫氮（BDN，Biological De Nitrification）廢水處理技術

該公司為跨國性集團，跨 26 國發展 105 個工場製造。1908 年由池田菊苗博士發現由昆布提煉生產味精及鮮味調味品之好味道起家，1909 年成立會社，持續發展以胺基酸為主的食品、營養品及藥品，跨及食物機能素材製造（如機能性調味料）、低資源發酵製造（如動植物營養補充劑）及先端醫療素材製造（如

人體胺基酸檢測計等)。所考察之川崎工場，創立於 1914 年，從業人員 3,300 人，占地 35 公頃，位於多摩川旁（圖 41），為該公司在日本主要的生產基地。主要生產風味調味料（牛味、雞味）每年 18,500 公噸，例如「AJI-NO-MOTO」、「Hon-Dashi」、「Cook Do」、「Aji-eki」等食品。



圖 41 味之素川崎工場鳥瞰圖（翻拍自味之素簡報）

川崎工場原本在 1914 年建場時，附近幾無人煙。川崎工場原本為生產氨基酸發酵、處理、精製之一貫工場，廢水來自發酵製程，來自大量糖蜜與水，致廢水量大。而目前該工場已被住宅包圍，周圍一公里內增加至 22,400 人，再加上位於多摩川旁，對環境特別敏感，尤其在高處者可以看該場之生產。該工場原廢水處理設備老舊，自 2007 年開始檢討，檢討生產產品項目，由氨基酸製造改為食品製造，並將廢水處理設施提升並附加脫氮處理設施，以因應味之素排水量減半目標及水質污濁防止法所定總氮 60 mg/L 以下之規制。2010 年 10 月開始建設工事。

川崎工場投資 30 億日圓引進最新處理技術減少氮排放。該廢水處理設施使用當前最新處理技術---微生物脫氮法（Biological Denitrification，BDN 法），占地 3,211 平方公尺，每日處理 4,200 公噸。原先廢水處理方法（UASB+活性污泥法）無法有效分解氮並脫氮，但附加新的 BDN 方法，使用數種微生物來分解氮。該程序為脫氮 I-硝化-硝化-硝化-污泥減積-脫氮 II-再曝氣（圖 42）。在增設 BDN 前，考量到污水處理場所需用地大增，在既有用地上只能處理部分廢水，若要增加用地則成本太高（約 100 億日圓），故該廠花了 28 個月檢討，使排水減半（8,000 CMD 降至 4,500 ~5,000 CMD），最後只花 30 億日圓。

BDN 處理設備，可在厭氧條件下脫氮，但一階段脫氮裝置仍無法使排水總氮達 5 mg/L 以下，運用二段式脫氮程序使排水總氮含量低於 5 mg/L。生物處理後之排水仍殘留懸浮固體 (SS) 及色度，運用混凝沉澱法加以去除。混凝沉澱後之污泥經污泥脫水，作為有機肥原料。(圖 43)

新處理技術使排水中生化需氧量 (BOD) 低於 2~3 mg/L，而造成浮游生物大量生長的總氮量(TN) 低於 5 mg/L，不僅低於法規限值，亦優於多摩川水質 BOD 5 mg/L、總氮 7 mg/L。(表一)

表一 味之素公司廢水處理目標

水質項目	法規限值	味之素目標值	BDN 法處理設備
BOD	60 ppm 以下	10 ppm 以下	3 ppm
TN	60 ppm 以下	5 ppm 以下	4 ppm

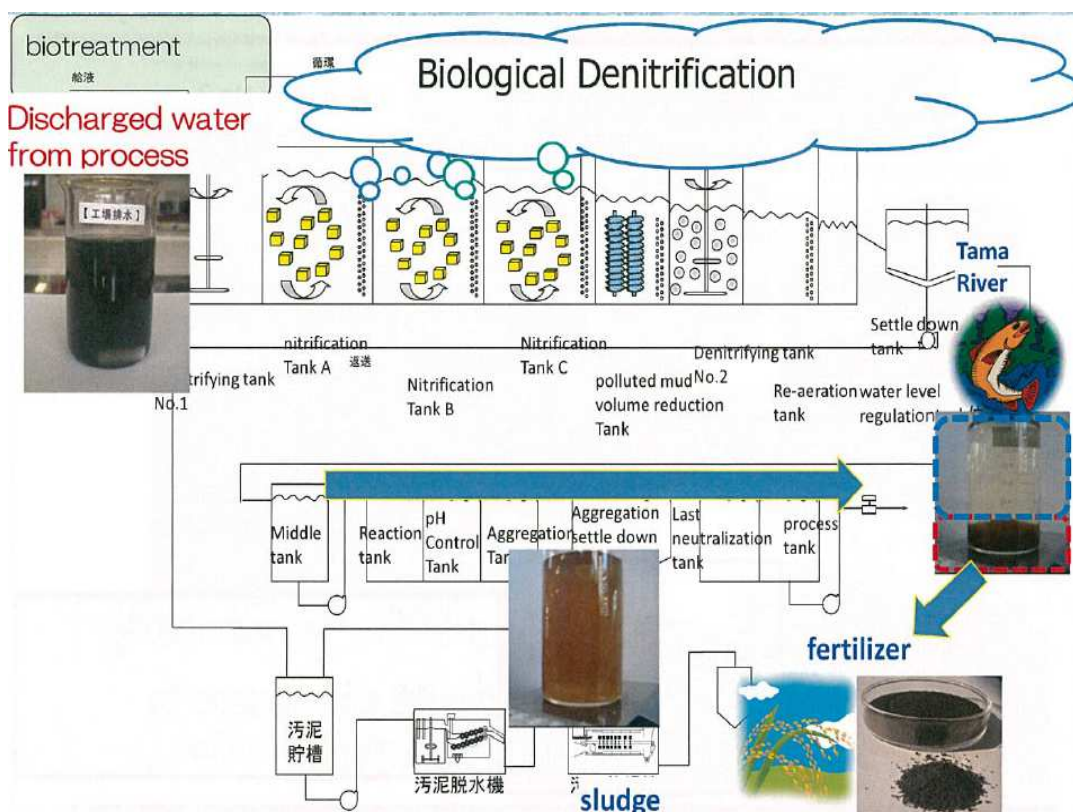


圖 42 BDN 示意圖(摘自味之素株式會社川崎工場提供資料)



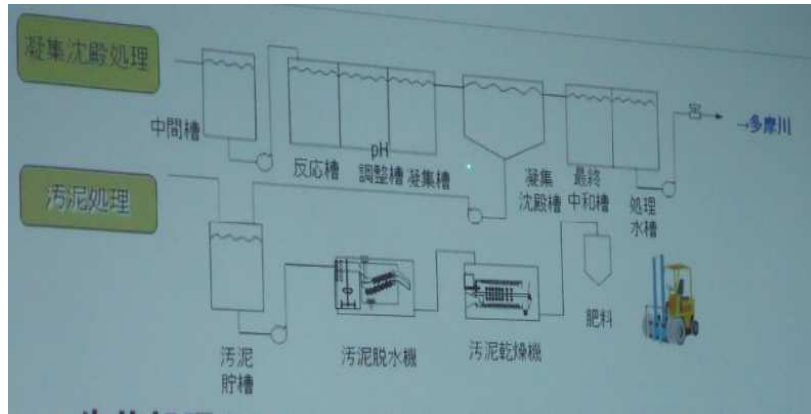


圖 43 凝集沉澱及污泥處理(翻印自味之素株式會社川崎工場簡報)



圖 44 BDN 處理設備及臭氣處理裝置



圖 45 BDN 硝化槽之控制設備

進 UASB 之原廢水總有機碳 (TOC) 約 1,200~2,000 mg/L，UASB 處理後 TOC 降至 500 mg/L，總氮 250 mg/L。現場看時，A 槽 (厭氧脫氮槽) ORP 約 -130 mV，O 槽 (好氧硝化槽) 之 DO 則約在 3~8 mg/L 間，需加入甲醇作為碳源，以及加入鹼度，MLSS 約 6,000 mg/L。UASB 之產氣以焚化產生熱能，再轉成蒸汽利用。全系統停留時間約在 20~25 小時。

## 零排放計畫及共產物 (Co-Product)

該公司為永續經營，持續推動「味之素零排放計畫」(2011-2013年)。「味之素零排放計畫」(2011-2013年)，內容如下：

- (一) 水資源之保全：儘量減少用水，保護水之自然清淨。
- (二) 削減 CO<sub>2</sub>：追求省能、能源交換使用、低環境負荷發酵技術之深化。
- (三) 廢棄物之 3R：削減廢棄物、提升資源化。

雖然目前零排放計畫對該工場而言尚屬目標，但該工場除了致力降低排水量外，並檢討製造程序使廢棄物再利用。川崎工場製造液體調味料，將大豆脫脂，經分解、中和、過濾、濃縮、結晶、調整製品後生產「味液」(一種液體調味料)，最後產生不能分解之腐植質 (Humus，圖 46 及圖 47)，在過去視為廢棄物。這種腐植質以過去的製造程序，會含有很多水分與鹽分，難以轉作燃料。但現在於液體調味料製造程序中加入過濾單元，來降低水分與含鹽量，使可成為生質燃料。該公司一直在思考如何把腐植質轉為燃料，變成一種對環境友善的方案。腐植質生質燃料特點如下：

- (一) 是一種再生能源，亦即不會增加大氣內的二氧化碳濃度 (碳中和) 的生質燃料。
- (二) 與同樣重量的木片含有同樣的熱能，去掉水分後熱量與煤相同。
- (三) 此腐植質係隨生產計畫而生成，未來可穩定供應。

大豆殘渣 (Humus) 的熱值相當於煤，自 2011 年 3 月供應作為川崎市生質能發電廠 (Biomass Electric Power) 之燃料，約每年 3,300 公噸。川崎工場把該物質視為共產物「Co-product」。

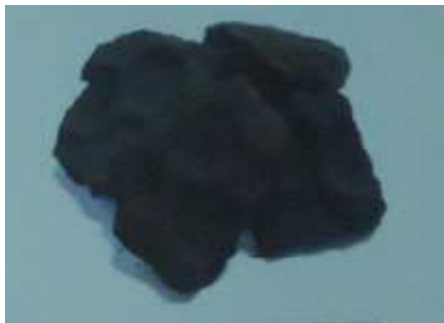


圖 46 腐植質「Co-product」

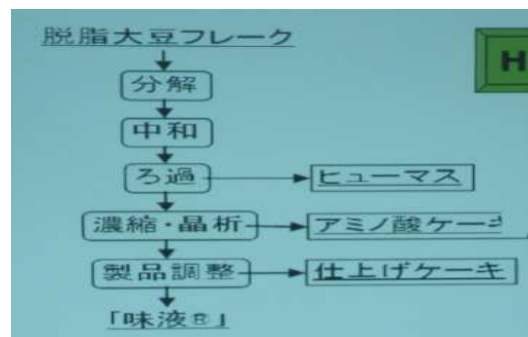


圖 47 腐植質產製過程

## 連線監測與睦鄰

該工場有 4 個放流口，其中有 2 個為總量管制之特定放流口，監測總有機碳（TOC）、總氮（TN）及總磷（TP），每小時將數據傳至川崎市政府環境保護局。其中 TOC 換算成 BOD 與 COD，由環保局之檢量線來換算。現場有總氮總磷監測儀(TP-TN analyzer TPN-6200)（圖 48 至圖 51），以及 TORAY 製的總有機碳總氮監測儀(TOC-TN analyzer TNC-6200)（圖 52、圖 53）；另有 TOA-DKK 製之監測器。

該工場定期因位於多摩川旁，亦被住宅包圍，對環境特別敏感。為免造成困擾，該工場推動下列睦鄰措施：

- (一) 定期召開特別工場見學會，讓民眾、學生、大眾媒體了解工場之運作。
- (二) 異常情形（如奇怪味道及噪音）下，立即召開社區居民環境監測會議。
- (三) 10 年前即展開環境監測制度，選附近居民 30 人協助進行環境監測及記錄，每年 2 次召開會議，收集意見，以即早期因應。
- (四) 其他如環境清理多摩川及川崎市車站週圍等。

該公司亦於網站上，發布日語、英語企業社會責任報告（Corporation Society Responsibility，CSR），2012 年用水及污染排放量如圖 54。



圖 48 總氮總磷自動監測儀



圖 49 總氮總磷自動監測儀面板



圖 50 自動監測儀內部構造



圖 51 自動監測設施操作指引

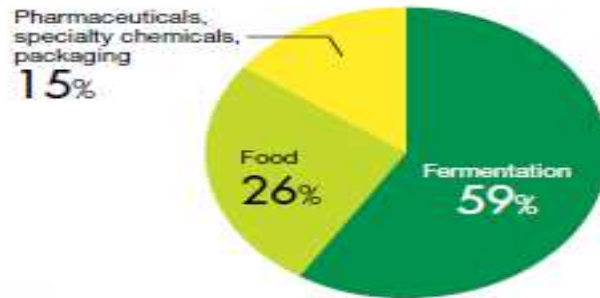


圖 52 總有機碳總氮自動監測儀



圖 53 總有機碳總氮自動監測儀面板

## Water consumption 109,882 kilotonnes

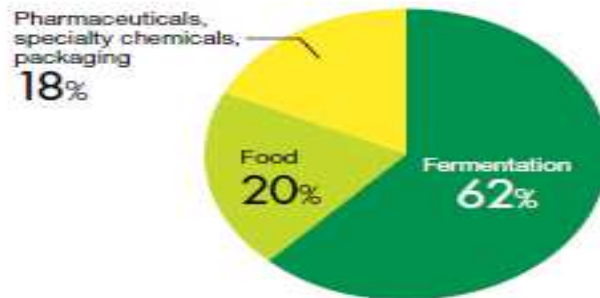


River water	44,197 kilotonnes
Industrial water	39,338 kilotonnes
Well water	21,120 kilotonnes
Tap water, municipal water	5,224 kilotonnes
Others (rainwater, etc.)	2,592 tonnes



## Discharged water, waste

## Discharged water 90,801 kilotonnes



**Discharged to:**

Public waterways (indirect cooling water, etc.)	45,478 kilotonnes
Public waterways (discharged after treatment, etc.)	28,158 kilotonnes
Public sewerage	14,542 kilotonnes
Water for irrigation use	2,622 kilotonnes
BOD	872 tonnes
Nitrogen	822 tonnes

圖 54 味之素企業社會責任報告記載用水及排放量

## 伍、心得與建議

### 一、心得

#### (一) 總量管制考量因素及運作

日本之閉鎖性水域，水體對流不佳，如東京灣、伊勢灣及瀨戶內海等，實施總量管制。東京灣自 1980 年開始實施化學需氧量(COD)之總量管制，期間已歷經 6 次之檢討，目前已為第 7 期之總量管制標準。1980 年開始實施時，東京灣 8 個自治體形成協議會，檢討水質達成情形及調查水質不佳原因，同時檢視新技術討論可否進一步規範新的管制值。如果以新技術尚未能達成水體水質標準，則註記作為下一次檢討，俟有新技術再予檢討修正。

2004 年經檢討水域有優養化造成赤潮現象，水污染情形嚴重，難以達成環境基準，加入總氮、總磷為總量管制項目。以東京灣為例，依水質污濁防止法、神奈川縣條例及川崎市條例規定，一定量以上之排出水有一定之規範值，以濃度管制。再者，因產業及人口之集中，規範化學需氧量、總氮及總磷之總量管制。排水量 50 CMD 以上之特定程序，為總量管制對象。

排水中含有有害人體健康物質（例如鎘、鉛、六價鉻、水銀、苯等），仍以排放濃度管制。

我國目前正研議依水污染防治法第 9 條規定推動總量管制，直轄市、縣市政府應依該水體之涵容能力，以廢污水排放之總量管制之。總量管制仍須以地面水體水質標準所能涵納之污染量為最終削減目標，但執行作法上建議可參考日本東京灣作法，考量技術可達程度，漸近執行總量之削減。

另總量管制下對應之水體水質與執行情形，建議宜有定期 3~5 年之檢討機制，作為下一階段加嚴之準備；跨轄區之水體，建議有跨行政區域之平台。

#### (二) 加嚴放流水標準考量及運作

日本放流水標準，由中央規定一律排水基準，由縣級訂定加嚴標準，市自治體不能再加嚴標準，但可以針對製造程序訂定應遵守之行為與規定，川崎市政府訂有 232 種製造程序加以管制。一律排水基準之訂定，係考量河川及海洋有 10 倍稀釋率，因此排水基準為水體水質標準之 10 倍。

加嚴標準之形成亦會考慮處理技術之成熟度與經濟可負擔性。環保機關會定期調查市面可行技術以檢討標準，由檢討到實施約 5 年期間，使業者有時間準備。

我國依水污染防治法第 7 條第 2 項規定，放流水標準由中央主管機關會商相關目的事業主管機關定之；直轄市、縣市主管機關得視轄區內環境特殊或需特予保護之水體，就排放總量或濃度、管制項目或方式，增訂或加嚴放流水標準。地方政府已有權就環境特殊性加以加嚴放流水標準，國內已有彰化東西二圳、桃園大坑缺溪加嚴標準及加嚴標準之標準作業程序。

### （三）自動監測與連線

日本自動監測設備與連線，係為因應總量管制來驗證排放總量所需而設置。每日平均排水量為 50 公噸以上者為總量管制對象，每日排水量 400 公噸以上，應設置自動監測設備，每小時監測每日申報；每日排水 50 公噸以上至 400 公噸者鼓勵設置自動監測設備。自動監測設備有水量、化學需氧量、總氮、總磷自動監測之標準檢驗方法，載明試藥採取裝置、自動計測器之最大限值、性能基準與性能基準測試程序、管理基準與管理基準測試程序、計測方法、維護管理及故障對策等。

日本化學需氧量之自動監測，除採用 COD 自動監測儀外，亦可採用 TOC 自動計測器、TOD 自動計測器、UV 自動計測器等。與標準方法共同檢測比對製作檢量線，以自動監測值比對標準檢測方法之數值，計算污染排放量。日本訂定各種標準檢測方法進行自動監測。

本次考察中，工場依規定設置各種 TP-TN 自動監測儀、TOC-TN 自動分析儀、COD 自動監測儀，依廢水特性選擇適用的方法。甚有工場設置 2 台不同檢測方法（UV 法、氧化法）之 COD 自動監測儀，比對檢測數值。而與地方政府之連線，基於資訊安全考量原則以電子郵件向川崎市政府申報，並依排水量不同分每日、每週、每雙週及每月向市政府申報。環境局會進場檢查如何檢測。

目前我國推動自動監測並與地方環保機關連線，係針對每日排放水量大於 15,000 公噸以上大污染源及重大違規者應設置自動監測設施並連線，以固定 IP 位址每 5 分鐘檢測、傳輸水溫、氫離子濃度指數及導電度、每小時檢測、傳輸化學需氧量及懸浮固體。二者監測目的不同。惟目前尚無自動監測標準檢測方法，因此，如為因應未來總量管制之執行與驗證，建議如下：

- 1、建立依廢水特性、污水處理方法等不同適用之自動監測方法與建議。
- 2、建立自動監測標準檢驗方法及與不同檢測方法之檢量線。

#### (四) 逕流廢水管理

東亞石油京濱製油所，針對時降雨 52 mm 以內之逕流廢水，仍經油脂截油器除油、混凝沉澱、砂濾及活性碳處理後才放流。逕流廢水處理設施流程中設有收集槽，池槽容量設計依收集面積及 52 mm 之乘積計算，並於下次降雨前一週處理完畢。超過時降雨 80 mm 之貯存量以外之逕流廢水未經處理設施即排放。另該公司於放流口亦設置攔油索備用。

三榮東京工場，在廠內張貼五常法則(5S)，整理(Seiri)、整頓(Seiton)、清掃(Seiso)、清潔(Seiketsu)、素養(Shitsuke)，並嚴格執行。參訪時，場方人員反應無雨水污染的問題。

為削減逕流廢水之污染，物料管理及廠內管理是基本且重要的源頭減污工作，不需在形成水污染後再從水中去除，致多工多能耗，五常法則(5S)廠內管理建議推廣。石化業逕流廢水之收集處理，依我國水污染防治措施及檢測申報管理辦法規定，應提出逕流廢水削減計畫及措施，削減計畫及措施仍未能達到放流水標準，則應收集處理逕流廢水，收集處理量納入個案許可。

#### (五) 零排放生態工業區及零排放執行

川崎市政府將川崎生態工業區定位為「零排放」工業區，其零排放之概念，係為有效持續降低環境負荷、控制排放、推動廢棄物循環、再利用及能源利用，並以「零排放」為目標。實際的作法有公司自訂環境政策、排放較標準更低之污染量、企業協作等。川崎工業區內之三榮紙業東京工場，亦強調該場為零排放造紙廠，充分利用廢棄物，將廢棄物附加價值，使用作為原料；味之素川崎工場推動「味之素零排放計畫」，內容有水資源之保全、削減二氧化碳、廢棄物 3R，並改變製造程序，使多鹽且含水率高不能利用之腐植質，成為該公司之「共產物」(Co-product)，供作生質燃料。

現勘之工場，目前仍有廢水排放，並受一律排水基準及總量管制規範。「零排放」雖尚屬目標，但設立「零排放」之核心任務，仍有利於逐年減量推進。



## （六）廢水處理技術

### 1、膜過濾技術

膜過濾技術有提升、穩定過濾水質、節省操作空間、自動化操作及減少混凝沉澱污泥量之優點，在日本已應用於淨水、污染排水處理以及醫藥、食品、半導體工業製造之超純水特定用途之過濾。

從成本效益分析，建議應同時考慮設置成本及操作成本，以評估決定使用之技術。設置成本包括前處理、膜、閥及管線等成本；操作成本則有能源成本（克服進流的壓力降需電力形成剪力去除膜膠體層或濾餅）、逆洗減少之通量成本、膜的更換率、前處理的化學藥品費、一般操作維護費等元素。

### 2、微生物脫氮（BDN）法

味之素公司為食品業，廢水以 UASB、BDN 及混凝沉澱處理後調整 pH 即放流。該公司原先廢水處理流程為 UASB 及活性污泥單元，經檢討製造程序改變製造流程，廢水產生量減半，並加設 BDN 處理單元，使廢水處理費用及用地面積大幅減少。BDN 法即微生物去氮法，利用脫氮 I-硝化-硝化-硝化-污泥減積-脫氮 II-再曝氣程序，以二段脫氮使處理後放流水質達總氮 4 mg/L、生化需氧量 3 mg/L 以下，較承受水體多摩川水質總氮 7 mg/L、生化需氧量 5 mg/L 為低。

3、三菱總合研究所為協助日本行政機關、民間機構進行為符合較嚴標放流水標準之排水處理處理技術調查，協助分析管制標準所對應之處理新技術、企業相對之投資與因應對策，並預測影響的範圍。

膜處理法及兩段式脫氮法之處理結果，建議供未來訂定管制標準值參考。

## （七）與民眾溝通善盡企業責任

本次參觀之東亞石油京濱製油所、味之素川崎工廠在建廠之初，皆屬人煙稀少處，但隨著發展，附近居民愈來愈多，對環境之要求亦愈趨嚴格。該兩家企業與民間之溝通，除了清掃附近環境衛生整潔，營造正面的企業形象外，兩家公司均每年編撰企業社會責任報告（CSR），說明其對環境保護之努力作為，與每年用水量、水污染排放量等資訊，並公開於網站上，讓民眾了解。

味之素川崎工場之睦鄰措施有，邀請民眾參觀工場了解場內運作，定期與民眾座談了解居民關心的問題，並針對民眾所關心的噪音震動問題裝設消音器、墊片等及味道問題進行尾氣處理等加以改善，另污水處理場密閉並收集排氣處理。另邀請附近民眾協助監測環境發現問題；如有發現問題，便召開居民說明會說明原因及處置方式。這些睦鄰作法值得我國工廠與周遭居民間參考，建立互信及永續發展之基礎。

## 二、建議

- (一) 日本總量管制之實施，係考量閉鎖性水域水質交換不佳，易沉積污染，且區域污染密集以濃度管制仍未能達到水體環境基準，推動削減污染源排放總量管制。總量管制值逐步加嚴，先推動污染排放總量之削減，非一步即達理想值。我國依水污染防治法第九條推動總量管制時，建議以進行總量調查、總量削減為先，以符合地面水體水質為目標，持續削減。
- (二) 日本東京灣總量管制執行下，有 8 個自治體組成協議會，檢討水質及討論總量管制項目及執行。我國推動總量管制時，如涉及跨直轄市、縣市之總量管制對象時，參考設置協議會，協調總量管制之執行。
- (三) 日本地方加嚴標準及逐步加嚴之總量管制值之擬定，皆考量廢水處理技術及當時工業及經濟發展條件。訂定加嚴標準時，建議納入考量因素中。
- (四) 日本水質自動監測設備作為監測驗證排放之總量。有機污染物之自動測定，除高錳酸鉀法外、亦有 UV 法、TOD 法、TOC 法等，可作為比對。我國無論在推動水質自動監測設施用以監視污染排放量大戶、重大違規者，或作總量管制之準備，建議研訂化學需氧量自動監測標準檢驗方法。