

出國報告(出國類別：考察)

河川水質改善現地處理工法 — 礫間接觸氧化法

服務機關：行政院環境保護署水質保護處

職 稱：荐任技士 聘用環境工程師

姓 名：林砬年 陳啟仁

派赴國家：日本

出國時間：94.10.19 至 94.10.23

報告日期：94.12.14

公務出國報告摘要

出國報告名稱：

河川水質改善現地處理工法—礫間接觸氧化法 頁數16；含附件：是否
行政院環境保護署水質保護處/陳啟仁/(02)23117722 轉 2848

出國人員姓名/服務單位/職稱/電話

林珏年/行政院環境保護署/水質保護處/荐任技士/23117722

陳啟仁/行政院環境保護署/水質保護處/聘用環境工程師/23117722

出國類別：考察

派赴地區：日本

出國期間：94.10.19 至 94.10.23

報告日期：94.12.14

內容摘要：

為配合行政院推動「挑戰 2008：國家發展重點計畫—水與綠建設計畫」之「生態治河親水建設」重點工作，本署自民國 91 年起即加強推動河川污染整治，基於我國公共污水下水道系統家戶接管普及率尚有待提昇，故推廣現地截流處理生活污水，採以水質淨化為主軸之近自然生態工法，改善河川水體水質之應急措施減低環境污染負荷量。

鑒於鄰國日本與我國同屬島國且經濟發展、生活環境背景類似，自 1970 年代日本即開始大力推動公共污水下水道建設及事業廢污水管制工作，惟基於公共污水下水道期程長久，為加速改善東京都多摩川河川水質，日本建設省(現為國土交通省)京濱工事事務所，利用多摩川多礫石之特性，研發河川直接淨化方式(礫間接觸氧化法)藉以進一步改善河川水質。藉由本次現地實場觀摩東京都附近松戶市古ヶ崎江戶川淨化施設(Kogasaki Purification System)及谷塚市桑袋伝右川淨化施設(Kuwabukuro Purification System)，瞭解礫間接觸氧化法處理河川水質改善工程案例，吸取他國經驗，以作為業務推展之參考。

關鍵字：礫間接觸氧化設施、曝氣式礫間接觸氧化設施

目錄

壹、 目的.....	3
貳、 過程.....	4
參、 實地參訪.....	5
肆、 心得.....	13
伍、 建議事項.....	14

壹、目的

為配合行政院推動「挑戰 2008：國家發展重點計畫—水與綠建設計畫」之「生態治河親水建設」重點工作，行政院環境保護署自民國 91 年起即加強推動河川污染整治，由上游整治到下游，採近自然生態工法或現地處理工法等方式執行水質改善措施，並以改善河川測站水質污染程度為目標，使測站水質由嚴重污染改善為中度污染或由中度污染改善為輕度污染，以縮短河川嚴重污染或中度污染的長度。

行政院環境保護署所推動之近自然生態工法或現地處理工法，乃基於公共污水下水道系統家戶接管未普及前，推廣現地截流處理生活污水，改善河川水體水質之應急措施減低環境污染負荷量；而且本署所推動之近自然生態工法，係以水質淨化為主軸，伴隨著工程設計時，整體自然環境之考量，提昇場址週遭之景觀改善、生物多樣性及生態教育之功能。

因鄰國日本與我國同屬島國且經濟發展、生活環境背景類似，且其政府為因應經濟發展所引發環境惡化之果，自 1970 年代開使即大力推動公共污水下水道建設及事業廢污水管制工作，逐步控制並改善水質污染情形。惟基於公共污水下水道期程長久，為加速改善東京都多摩川河川水質，日本建設省(現為國土交通省)京濱工事事務所，利用多摩川多礫石之特性，研發河川直接淨化方式(礫間接觸氧化法)，並於 1981 年時於多摩川之支流野川建造第一座礫間接觸氧化淨化設施。

本次考察主要係參觀東京都附近松戶市古ヶ崎江戶川淨化施設(Kogasaki Purification System)及谷塚市桑袋伝右川淨化施設(Kuwabukuro Purification System)並赴東京都庁蒐集相關礫間接觸氧化法之資料。

貳、過程

有關本次日本考察行程(詳表 2.1)，相關考察內容及資料臚列述如后。

表 2.1

日期			行程/地點
月	日	星期	
10	19	三	台北啟程至日本東京
10	20	四	參觀松戶市古ヶ崎江戸川淨化施設 (Kogasaki Purification System)
10	21	五	東京都庁蒐集資料
10	22	六	參觀谷塚市桑袋伝右川淨化施設 (Kuwabukuro Purification System)
10	23	日	日本東京返回台北

參、實地參訪

(一)淨化原理

蜿蜒曲折的自然河川中，雖有河流長度大小之分，但仍可區分為河水流動快速的「瀨」與流動平緩的為「淵」（圖 2.1），此自然形成不同型態的河水流速正是河川自淨作用的重要因素。換句話說，河水流動快速的「瀨」會產生自然的曝氣作用，使得污染物質在此與礫石上的生成的生物膜進行氧化分解、吸收等作用，而礫石上剝落的生物膜及較大的懸浮粒子則在「淵」產生沉澱、堆積等作用。另一方面，當洪水氾濫時，大量的河水沖刷河床所堆積沉澱的污濁物質，便可再恢復河川本身的自淨機能。



圖 2.1 淵與瀨

(資料來源：自然共生研究センター《Aqua Restoration Research Center》, No. 1, 2000.9)

「礫間接觸氧化法(Gravel Contact Oxidation Process)」便是利用此一自然機制，用人為的方式增加河床底部的接觸面積，產生更多的生物膜(Biofilm)，擴大每單位容積的淨化能力(圖 2.2)，期藉由自然生成的生物膜處理污水，以加速河川水質的淨化。

礫間接觸氧化法的淨化機制主要可分為三種：

1. 接觸沉澱

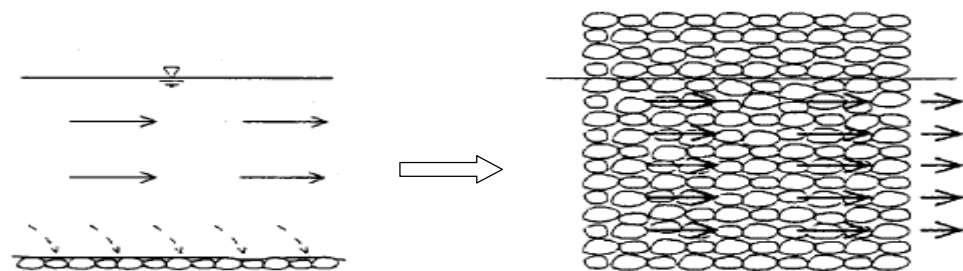
因礫石與礫石之間的空隙為連續性的，當污水通過時，水體中的懸浮物質因接觸礫石表面而產生沉澱，且由於礫石間的空隙非常小且沉澱距離短，比起自然河川其接觸沉澱的效果更加顯著。

2. 礫石表面微生物(生物膜)的附著、吸收、分解

設施內所填充的礫石表面和自然河川中礫石表面一樣，會因微生物自然作用生成之生物膜與水中的有機物質附著、吸收並進行分解作用。就理論而言，有機物質最終是可分解成水及碳酸化物，故流入污水的濃度(有機物含量)與污水停留時間、污水含氧量等因子，必須審慎考量。

3. 沉澱物的移動、分解、減量

淨化槽內礫石間的空隙雖會因懸浮物質的沉澱，使得礫石間空隙逐漸狹小，而使水流呈現平穩狀態。但此一現象，可透過精算後的流速來改善，且因污染物質的沉澱、移動之間會因厭氧、好氧條件的變化，使得污泥進行分解並減量，最終在淨化槽底部堆積污泥。



自然河川

圖 2.2

礫間接觸氧化法

(資料來源：河川直接淨化の手引き，ISBN4-87759-001-3)

(二)適用水質條件

為確保礫間接觸氧化法設施的處理功能，對於入流污水水質必須要有所規範。

1. 生化需氧量(BOD ,mg/L)濃度

據日本的實績經驗顯示，礫間接觸淨化法最高可處理污水中 BOD 濃度達 80 mg/L 的污水。但由於此工法係利用流入污水中的有機物質與水中溶氧間發生化學作用達到水體淨化的效果，故對於溶氧較低之入流污水，有必要利用人為方式增加污水中含氧量。另若污水中 BOD 濃度介於 20~30mg/L 以下時，則可視污水性質再行考量是否須以人為方式增加污水中溶氧量。

2. 溶氧量(DO)

因本工法制係利用生物的氧化分解去除污水中的有機物質及溶解性污染物，所以不適用於妨礙生物活性，含有害物質的入流水。此外，若入流污水中溶氧濃度過低，於淨化槽中會產生厭氧反應，不僅會降低處理效能同時亦會產生臭味(硫化物)。

3. 限制入流水中雜質(垃圾)

為維持淨化槽中處理效能，若淨化槽內流入垃圾，因其較難分解的特性且會妨礙礫石間正常水流，亦使淨化槽內發生局部堵塞，進行降低整體處理效能。

(三)松戶市古ヶ崎江戶川淨化施設

本設施係以設置橡皮壩自然流入方式自江戶川支流板川引水，經分水設施及配水整流後流入礫間淨化槽，淨化槽體前段於礫石下方設有曝氣管線增加流入污水中之含氧量(DO)，以提供淨化槽中微生物分解溶解性有機物所需之氧氣，淨化槽後段礫石層則藉由沉澱及吸附作用去除懸浮固體性有機物質。累積於後段淨化槽體之污泥(包含懸浮粒子及剝落自礫石上之生物膜)再藉由每半年進行一次之反沖洗，與放流水混合後直接排放至江戶川(如圖 2.3)。淨化設施相關基本資料如表 2.2；淨化場址現況如圖 2.4。

表 2.2 松戸市古ヶ崎礫間浄化施設

浄化水量		2.5m ³ /s		
流入水質	BOD	23mg/L		
	SS	24mg/L		
	NH4-N	7.6mg/L		
	2-MIB	0.55 μg/L		
浄化方式		曝氣式礫間接觸氧化法 + 礫間接觸氧化法		
設計去除率	BOD	75%		
	SS	62%		
	NH4-N	70%		
	2-MIB	60%		
停留時間	曝氣礫石層(好氧部分)		1.5hr	
	礫石層(厭氧部分)		0.5hr	
浄化槽設計設計參數			曝氣部分	非曝氣部分
	有效水深	3.0m	--	--
	形狀	寬 125m x 長 28m	長 18m	長 10m
	池數	5 池	--	--
	容量	52,000m ³	33,750m ³	18,750m ³
	礫石形狀	100~150mm	--	--
放流水質	BOD	5.7mg/L		
	SS	9.1mg/L		
	NH4-N	2.2mg/L		
	2-MIB	0.22 μg/L		

圖 2.3 古ヶ崎江戸川浄化施設断面圖

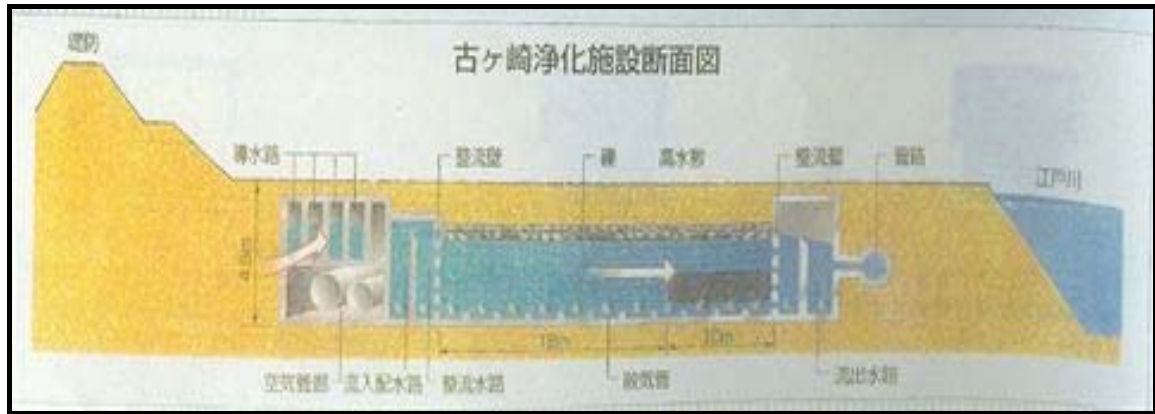


圖 2.4 浄化場址現況



污水進流幹排及取水橡皮壩(2.4-1)



處理設施操作塔及處理場址地面狀況(2.4-2)



現場處理設施宣導告示牌之一(2.4-3)

(四) 谷塚市桑袋伝右川浄化施設

本施設係以沉水泵抽取綾瀬川支流伝右川污水至集水井後，經沉砂及攔污等前處理設施，以物理方式去除較大的污染物質，污水再進入曝氣式礫間接觸浄化槽處理，處理後之放流水，大多數放流至綾瀬川，少部分回收作為處理場址旁親水公園之景觀用水(如圖 2.5)。浄化設施相關基本資料如表 2.3；浄化場址現況如圖 2.6。

表 2.3 谷塚市桑袋伝右川浄化施設

浄化水量		0.22m ³ /s
流入水質	BOD	19mg/L
	SS	7.2mg/L
浄化方式		曝氣式礫間接觸氧化法
去除率	BOD	75%
	SS	62%
停留時間	曝氣礫石層(好氧部分)	1.5hr
	礫石層(厭氧部分)	0.5hr
放流水質	BOD	5.0mg/L
	SS	5.0mg/L

圖 2.5 谷塚市桑袋伝右川浄化施設斷面圖

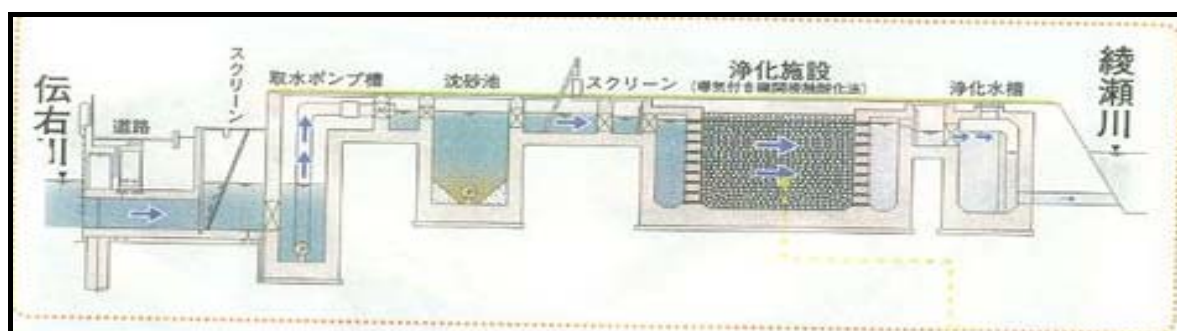


圖 2.6 淨化場址現況



場址上方綠化成一草皮公園(2.6-1)



現場處理設施宣導告示牌(2.6-2)

肆、心得

一、礫間接觸淨化原理係仿效河川自然淨化機制，以去除水中污染物質。當河水流經水深處(淵)，水中污染物質將因流速減緩於水中礫石表面產生沉澱作用；當河水流經水淺處(瀨)，則因水流相對速度較快，產生自然曝氣現象，增加溶河水中溶氧量，此外，鋪設於河床的天然礫石，則可吸附過濾污染物質，而生長於礫石間的微生物則有氧劃分街的功能。當降雨造成河川流量增加時，豐沛的水量可產生沖刷及稀釋的作用將礫石間污泥帶出，使河川再度恢復原有之自淨能力，如此週而復始，生生不息。

二、礫間接觸氧化設施主要考量因素：

- (一) 設施用地取得及土質現況可行性評估。
- (二) 入流污水水質特性及出流水質改善效益。
- (三) 取水方式及經濟性考量。
- (四) 排泥及產生污泥處理方式。
- (五) 場址與週遭環境之協調性。

三、曝氣式礫間(礫間)接觸淨化設施特點：

- (一) 主要藉由礫石間之沉澱過濾作用去除水中懸浮性污染物質及曝氣礫石層氧化分解溶解性污染物質。
- (二) 礫間接觸淨化設施著重於去除水中懸浮固體(SS)或懸浮性生化需氧量(S-BOD)，對於溶解性生化需氧量(D-BOD)、氨氮(NH₃-N)及磷(P)之污染削減效果較不顯著。
- (三) 曝氣式礫間接觸淨化設施則可藉由前段曝氣礫石層去除溶解性污染物質及後段非曝氣礫石層之沉澱作用去除懸浮固體外，對於污水中溶解性污染物質之去除效果亦較顯著。

四、處理場址選擇方面，一般多為堤內用地、河川高灘地及河床等三種，其中：

- (一) 堤內用地因場址所需用地面積較大，取得用地通常較為困難。

(二) 河床高灘地之用地取得教易，但須考量河川防洪、沖刷等問題。

(三) 直接設置於河床中，因處理設施教易遭泥砂、垃圾等異物侵入造成阻塞，須常進行清理維護工作，阻塞嚴重者甚至須放棄整座場址。

五、排泥方式選擇方面，可採用淨化槽內儲存污泥、挖出分離及反沖洗等三種方式，其中：

(一) 槽內儲存污泥，於規劃設計場址之初，即須依場址運轉年限(日本設計多為5年)於淨化槽內預留污泥儲存所需空間，將污泥留置於槽內。

(二) 挖出分離，當設計污泥儲存空間已飽和或淨化槽內阻塞情形嚴重，但處理場址仍有運轉需求時，則須將淨化槽內礫石及堆積污泥掘出，礫石經風乾日曬後以震動方式將可去除表面滋生之污泥(生物膜)。

(三) 反沖洗，於淨化槽礫石下方設置一系列之散氣管，於運轉一定期間後(日本多為6個月)以加壓曝氣方式於淨化槽內進行反沖洗，使堆積物(污泥)及礫石上生物膜剝離，同時隨著放流水排出。

六、污泥處理方式選擇方面，有直接放流至承受水體及收集濃縮後處置等二種，其中：

(一) 直接放流至承受水體，因淨化槽內污泥以堆置達半年有餘，其內有機物成分多已無機化，其性質應與砂土相近，直接排放於河川中應不致造成二次污染(除短暫之懸浮粒子增加)，且以日本經驗若配合下雨期間進行污泥反沖洗動作，將可對水體水質之影響降至最低，此方式優點為不須設置污泥處理設施，可大幅降低操作維護費用。

七、收集濃縮後處置，若承受水體常流量太低或環境因素，污泥直接放流至水體將影響水體用途時，則須設置污泥收集槽，定期以污泥抽取車運送至附近污水處理廠或移動式污泥脫水設備於現場處理後清運等方式，其所需建設費及操作維護費相對較高。

- 八、 本次參觀之 2 座曝氣式礫間接觸氧化設施(松戶市古ヶ崎江戶川淨化施設、谷塚市桑袋伝右川淨化施設)，其主要設計參數為：水流長度至少約為 18 公尺、曝氣礫石層水力停留時間約 1.5 小時、礫石層水力停留時間約 0.5 小時、孔隙率約 35%至 40%、礫石直徑大小約 20 至 150 厘米。
- 九、 不同曝氣式礫間接觸氧化設施因其地理位置不同，結構設施亦有所差異。松戶市古ヶ崎江戶川淨化施設主要處理河川支流河水，其利用河川高灘地，除機電設施架設於洪水位以下，整座設施位於水平面以下，在設施之上則予以覆土植被，整體視覺不致於過於突兀，另考量維之需，預留維修步道，由於高灘地寬廣，其排泥(半年一次)直接排在河川高灘地進行曬乾，而放流水放流至下游高灘地做為人工濕地補助水。谷塚市桑袋伝右川淨化施設主要處理大排河水，其緊臨住宅區，設施採地面方式構造，而設施以公園造景方式處理，放流水部分做為旁邊親水公園之景觀用水。

伍、建議事項

- 一、 增加河川基流量且在用地無虞的情形下，可參考礫間接觸淨化法等現地處理設施，現地處理排水幹渠之污水並現地排放入河川中，不僅可有效降低污染源並可維持生態水量，創造雙贏。
- 二、 本次參訪場址(松戶市古ヶ崎江戶川淨化施設及谷塚市桑袋伝右川淨化施設)，於現地皆設有淨化設施之觀察廊道及現場解說板等宣導設施，增加民眾親近及瞭解政府建設之機會。
- 三、 礫間接觸氧化設施主要的限制條件在於 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值，以及BOD/COD比值，若預定處理之河川水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值過高或BOD/COD比值過低時，並不適合採用礫間接觸氧化法，採用本法處理時宜加注意。
- 四、 礫間接觸氧化設施中所採用礫石(而非卵石)，直徑大小約 20 至 150 厘米之多方型(三角型除外)最為適宜，而國內部分礫間接觸氧化設施設計採用卵石，其生物膜附著力比礫石為差，有其改善空間。
- 五、 礫間接觸氧化設施仍有操作維護問題，設計施工時必需預留操作維護陰井或走道，故不宜於河川行水區直接施作。