

主編的話

虎振雄風留浩氣，兔迎盛世啟新程，COVID-19 疫情時序很快已進入第 4 年，惟在各國應變處理下已漸逐步解封。但另一個全球所面對之嚴峻挑戰-氣候變遷，為達到全球升溫控制在 1.5°C 內之目標，全球碳排放量需於 2030 年減半，並於 2050 年達到淨零排放，世界各國正積極研擬推動相關對策，溫室氣體減量行動已刻不容緩。據此，各國紛紛宣示 2050 年淨零排放之目標，我國亦於 2021 年宣示 2050 年淨零排放，並將目標正式納入氣候變遷因應法。

依據 2022 年版國家溫室氣體排放清冊，我國總溫室氣體排放量（不包括土地利用、土地利用變化及林業（Land Use, Land Use Change and Forestry，簡稱 LULUCF）），自 1990 年約 12,418.4 萬公噸 CO₂e，逐步上升至 2018 年約 28,341.6 萬公噸 CO₂e，嗣於 2020 年略降至約 27,170.0 萬公噸 CO₂e。環境部門排放量則以 1999 年最高達約 1,049.3 萬公噸 CO₂e，隨著廢棄物處理政策轉變，排放量逐年降低，2020 年已降至約 260.7 萬公噸 CO₂e。

而隨著環境部門排放量的轉變，過去以廢棄物掩埋為大宗之排放結構，已逐漸轉為以污（廢）水處理為主，2020 年污（廢）水處理占環境部門排放量達 63.5%，生活污水處理占 29.7%。未來環境部門減量，污（廢）水處理占有舉足輕重之腳色。配合國家第二期溫室氣體階段管制目標，環境部門 2025 年排放量將相較基準年（2005 年）減少 65%，未來環境部門以推動廢棄物、污（廢）水減量及能資源循環再利用策略為主，本期由環興科技公司王慧如工程師及中興工程公司許珮蓓計畫主任主筆之「我國環境部門溫室氣體減量規劃」一文中詳細撰述。

而生活污水進行處理係以提升水環境品質及降低污水溫室氣體直接排放為出發，提升污水處理率為降低溫室氣體直接排放之首要關鍵，如何在降低污水溫室氣體直接排放的同時，亦能考慮減少因污水處理所增加之能資源使用帶來之溫室氣體排放，為長期推動減碳之關鍵。此外，亦須考量因應處理率提升所帶來之工程建造，因工程材料及機具等之使用所帶來之溫室氣體排放。因此，以生命週期排放管理之概念，從設計階段納入低碳思維，透過低碳採購，落實低碳工程目標。而污水處理廠營運，首先應掌握污水處理溫室氣體排放，透過實際盤查掌握排碳熱點。而除盤查掌握排放外，針對污水處理程序產生之溫室氣體排放，亦須透過實際調查以了解排放狀況，未來可透過操作程序之調整，以期能降低污水處理過程之溫室氣體排放。由環興科技公司邱智萱工程師及周武雄技術經理所主筆之「污水下水道系統因應氣候變遷之減碳策略」有詳細說明。

主編的話

目前污水處理之溫室氣體減量，主要透過節能操作措施或高效率設備汰換、新能源導入、厭氧消化回收沼氣等。短期以碳中和污水處理廠為目標，提升能資源循環及再生能源比例；長期仍需要致力於研發污水處理廠高效節能的處理程序運作及人工智慧營運管理系統，追求提高「節能+效能+創能」，並以朝向淨零碳排前進且能兼顧水資源再利用的“水資源回收中心”為目標。本期「低耗能水處理技術推廣」由環興科技公司王朝民協理主筆，綜整污水處理低耗能水處理技術，希冀拋磚引玉從上游的設計顧問到下游的操作維護運營公司共同鑽研討論。

由於廢污水處理廠為產生溫室效應氣體之場所，由中原大學環境工程學系游勝傑教授等主筆之「我國廢污水處理廠溫室氣體排放係數初探」一文，針對北部污水處理廠以及污染負荷量較大之造紙業、食品業以及印刷電路板業等廢水處理廠，進行各處理單元污染去除量以及溫室氣體排放總量之實際採樣分析，並依其結果計算我國上述產業廢污水處理廠平均溫室氣體排放係數，以供主管單位施政之參考。

在資訊分享主題部分，營建署下水道工程處杜鐵生課長及亞磊數研工程顧問公司宋長虹先生撰文之「都市總合治水政策推動」，詳細介紹了內政部營建署「都市總合治水建設計畫（111 至 115 年度）」，以推廣都市總合治水建設、都市跨域防洪、重要設施保全及科技防災運用等，逐年改善提升各都市防洪保護標準。

在政策法令宣導部分，由朱敬平等四人聯名撰寫之「由下水道建設與營運實務展望下水道相關法規研修方向」，為因應全球及我國最新趨勢，如全球氣候變遷議題、國內環保法規日趨嚴格、韌性城市建設、工程新技術發展等，且各級主管機關在推動下水道建設及營運管理上亦面臨許多挑戰，現行下水道法已不符實需，爰對下水道相關法規研修方向予以通盤檢討修正。

在活動報導專題部分，由朱執均等二人研提之「全國下水道局限空間出入坑作業評鑑特色研析」，營建署首次於 111 年 10 月舉辦全國下水道局限空間出入坑評鑑，希望透過評鑑作業，落實局限空間職安相關規定，並藉由活動提升各縣市政府及廠商相關職業安全衛生觀念、持續強化與精進局限空間作業之安全內容。本文將介紹參賽團隊參與評鑑時呈現的相關設備或人員特色進行研析，以期於未來能優化下水道工程於局限空間作業時的職業安全衛生相關內容。另由北科大張添晉特聘教授及中原大學蔡大偉助理教授執筆之「下水道系統淨零之路」，針對台灣水環境再生協會第三十二屆大會所辦理之專題討論，邀請國內重要代表進行「下水道淨零之路」主題論壇，以說明台灣未來整體下水道邁向淨零路徑之政策與推動方向。

主編的話

雖然生活污水處理排放，僅占國家溫室氣體排放不到 0.3%。但在長期國家淨零排放的目標下，污水處理除了本身溫室氣體減量推動外，更應該思考如何跳脫後端廢棄物處理的角色，轉換為國家能源提供中心。本期從污水下水道碳排減量規劃、策略研擬、低耗能水處理技術及排放係數採樣方法推廣，構成本期溫減碳排之主題，除了污水處理達到淨零排放外，也能貢獻國家其他部門之減量，以達成污水下水道系統永續發展的目標。

主要編輯 王朝民

目錄

策略研析

我國環境部門溫室氣體減量規劃 王慧如 . 1

污水下水道系統因應氣候變遷之減碳策略 邱智萱 . 11

技術推廣

低耗能水處理技術推廣..... 王朝民 . 21

我國廢污水處理廠溫室氣體排放係數初探 陳余育 . 37

政策推動

都市總合治水政策推動..... 杜鐵生 . 47

由下水道建設與營運實務展望下水道相關法規研修方向
..... 朱敬平 . 65

傳經送寶

全國下水道局限空間出入坑作業評鑑特色研析..... 朱執均 . 77

下水道系統淨零之路..... 張添晉 . 89



摘要

氣候變遷日益嚴峻為全球正面臨之議題，減緩其所帶來之影響已刻不容緩。為此，各國紛紛宣示 2050 年淨零排放之目標，我國亦於 2021 年宣示 2050 年淨零排放，並將目標納入氣候變遷因應法，由能源、運輸、製造、住商、農業及環境部門共同承擔減量責任。其中，環境部門 2020 年溫室氣體排放量為 260.7 萬噸 CO₂e，占全國排放量 0.9%，並已較基準年（2005 年）減少 64.4%，減量成效主要來自廢棄物處理政策轉變及溫室氣體管制行動方案之落實，惟在我國長期淨零排放願景下，仍需積極減量。環境部門溫室氣體排放來源已由過去之掩埋排放，逐漸轉以污（廢）水處理為主，並於 2020 年占部門排放量 63.5%。因此，部門未來減量策略，除持續提升生活污水處理率外，亦搭配資源循環，減少廢棄物處理量，同時回收能資源以持續降低排放量，逐步邁向淨零排放目標。

我國環境部門溫室氣體減量規劃

王慧如¹、許珮蓓²

1.環興科技股份有限公司水務工程部 / 工程師

2.中興工程顧問股份有限公司環工部 / 計畫主任

壹、前言

氣候變遷使近年來極端氣候事件頻繁，造成許多不可逆之損害。為此，各國紛紛致力於減少溫室氣體排放，以減緩全球暖化所帶來之衝擊。然根據世界氣象組織(WMO)所公佈之報告，2022 年 1 月至 9 月，全球已相較工業革命前時期(1850-1900 年)平均升溫 1.15°C ^[1]，如持續發展下去，將難以達到巴黎協定控制升溫幅度到 1.5°C 內的目標。溫室氣體減量行動已刻不容緩，為達到全球升溫控制在 1.5°C 內之目標，全球排放需於 2030 年減半，並於 2050 年達到淨零排放。

依英國能源與氣候情報部《Energy & Climate Intelligence Unit》資料顯示，截至 2022 年 12 月底止，全球已有 133 個國家宣示淨零排放目標^[2]。我國蔡總統亦於 2021 年世界地球日宣示 2050 年淨零排放，並於 2022 年 3 月，由國家發展委員會公佈我國 2050 淨零排放路徑及策略，以能源、產業、生活、社會四大轉型及科技研發、氣候法治兩大治理基礎為主軸^[3]。此外，氣候變遷因應法亦將淨零目標納入法條，並強化減量對策及調適作為，彰顯我國達到淨零排放之決心。為邁向此長期目標，我國溫室氣體減量責任將由能源、運輸、製造、住商、農業及環境部門六大部門共同承擔，其中環境部門以行政院環境保護署(以下簡稱環保署)

為主要權責機關。

環境部門排放量來自於民眾日常生活及經濟活動所產生之固體廢棄物、生活污水及事業廢水，其處理或儲存過程所產生之溫室氣體。雖環境部門排放量占比不高，廢棄物及污(廢)水之產生與民眾生活息息相關且無法避免，仍需積極減量。

過去經濟發展以「開採、製造、使用、丟棄」的線性經濟為主，現今則強調「資源可持續回復，循環再生」的循環經濟，使廢棄物資源化之觀念愈發重要，同時亦可降低廢棄物處理過程之排放量。因應淨零發展趨勢，處理廢棄物及污(廢)水過程所造成之溫室氣體排放不容忽視，本文主要係透過環境部門歷年溫室氣體排放趨勢及過去之減量作為，提出未來減量方向及策略，以共同邁向我國淨零排放之長期目標。

貳、環境部門歷年排放趨勢

我國自 2014 年起即每年編撰「中華民國國家溫室氣體清冊報告」，以揭露我國自 1990 年起之溫室氣體排放及移除趨勢，並依據 2006 年版政府間氣候變化專門委員會國家溫室氣體清冊指南(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2006 IPCC 指南)的統計方法所計算。溫室氣體清冊報告中分為能源部門、工業製程及產品使用部門、農業部門、土地利用、土

地利用變化及林業部門和廢棄物部門（我國稱環境部門）五大部門，其中環境部門溫室氣體排放源共分為「掩埋處理」、「生物處理」、「焚化處理」、「污水處理」及「廢水處理」五種。掩埋處理排放為掩埋場中之有機廢棄物經細菌及微生物分解所產生，以甲烷排放為主；生物處理排放主要來自於廚餘堆肥，過程中微生物將分解廚餘產生氧化亞氮及甲烷；焚化處理依據 2006 IPCC 指南，僅納入不含能源回收之焚化爐排放，廢棄物如塑膠、皮革橡膠等，其內含之化石碳於焚燒過程中將造成二氧化碳排放；生活污水及事業廢水（以下簡稱污（廢）水）處理排放則來自處理過程中，於好／厭氧情形下所產生之甲烷及氧化亞氮。各排放源中屬於生物成因之二氧化碳排放則不予以列入計算。

依據 2022 年國家溫室氣體清冊報告，2020 年全國溫室氣體排放量為

28,513.1 萬噸 CO₂e（不包括二氧化碳移除量），環境部門為 260.7 萬噸 CO₂e（圖 1），僅占國家溫室氣體排放 0.9%，且較基準年（2005 年）排放量減少 472.2 萬噸 CO₂e，即減量 64.4%^[4]，主要減量來源為廢棄物處理政策之轉變。過去我國以掩埋為廢棄物主要處理方式，而隨著「焚化處理為主、掩埋為輔」及「資源循環零廢棄」等廢棄物處理政策演進，掩埋處理排放自 1999 年起逐年下降。污（廢）水處理排放減量速度較緩，使排放占比逐年升高，至 2014 年起，環境部門溫室氣體排放量以污（廢）水處理為大宗。2020 年污（廢）水處理排放量分別是 77.4 萬噸 CO₂e 與 88.1 萬噸 CO₂e，合計占部門排放量之 63.5%；掩埋處理排放量 59.6 萬噸 CO₂e 次之，占部門排放量 22.8%，焚化及堆肥處理排放則占比較低，分別為 11.7 與 1.9%。

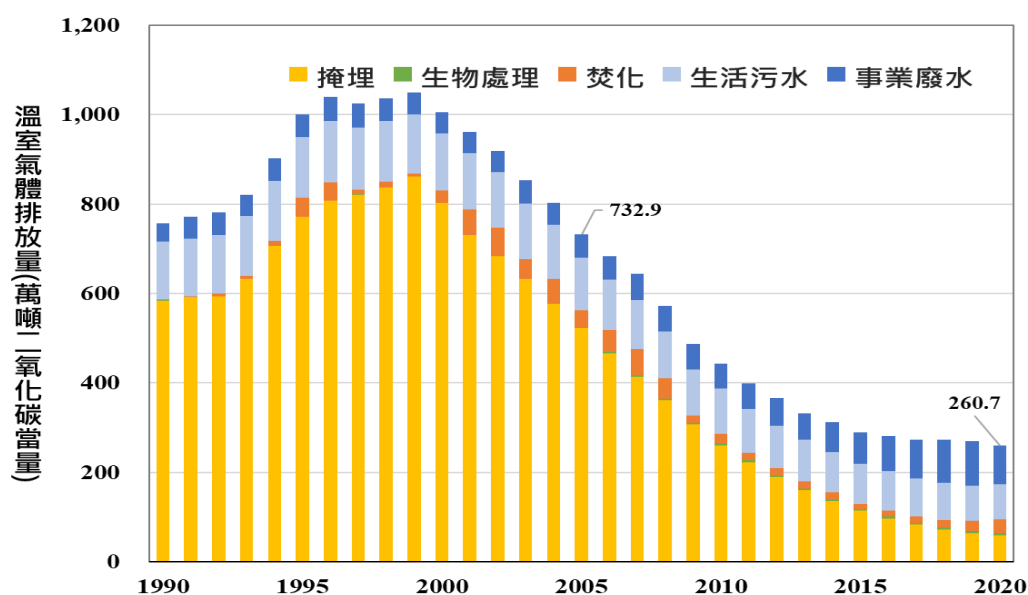


圖 1 環境部門歷年溫室氣體排放量 (1990~2020 年)

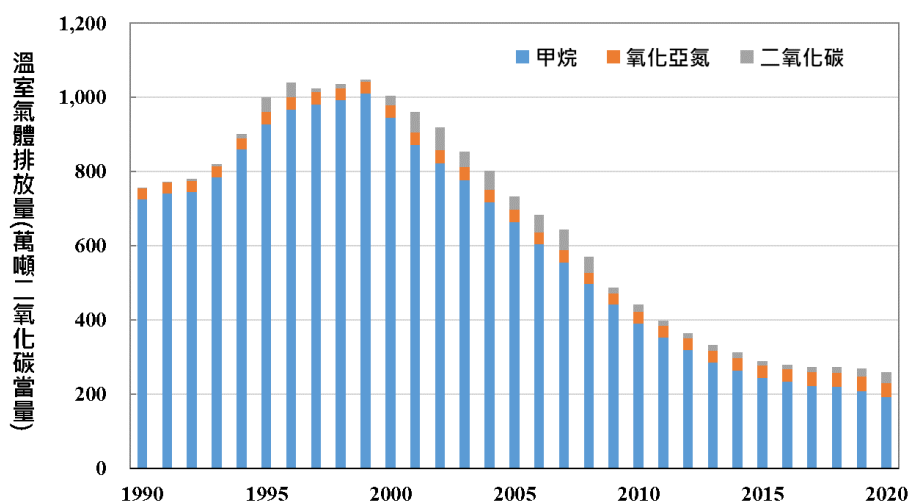
此外，有關溫室氣體排放種類，如圖2所示，環境部門皆以甲烷排放為主，2020年占73.8%，主要源自於掩埋及污（廢）水處理過程所產生；氧化亞氮為次之，占14.8%，主要來自污（廢）水處理；二氧化碳之排放則占11.4%，主要來自焚化處理。

雖環境部門排放量已大幅降低，惟廢棄物及生活污水皆為民眾生活所需下產生，難以避免，使得未來減量難度相對提高。為達到淨零排放之目標，須擴大部門之減量空間，並積極落實減量作為。

參、環境部門減量作為

過去環境部門持續落實減少廢棄物掩

(1)



(2)

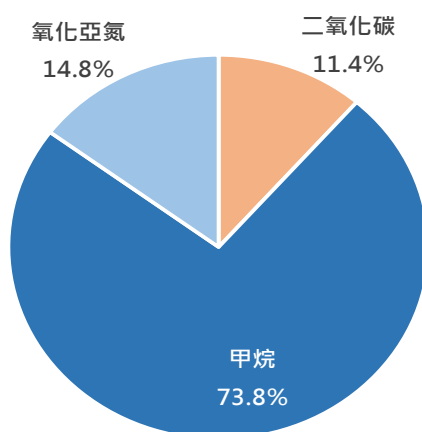


圖2 (1)環境部門歷年溫室氣體種類排放量 (1990~2020年) ; (2) 2020年環境部門溫室氣體排放種類占比

埋、提高污水處理率等政策，並在溫室氣體減量及管理法授權下，透過溫室氣體排放管制行動方案（以下簡稱行動方案）之落實加速減量，在第一期行動方案執行完成（2020 年），排放量已較基準年（2005 年）減少 64.4%。目前已推出第二期階段行動方案，期程自 2021 年至 2025 年，以推動廢棄物、污（廢）水減量及能資源循環再利用策略為主^[5, 6]。有關環境部門主要減量作為，說明如下。

一、減少廢棄物掩埋量

我國過去以掩埋為廢棄物主要處理方式，而隨著 1990 年起轉以「焚化處理為主、掩埋為輔」為主要處理政策，並提出「臺灣地區垃圾資源回收廠興建計畫」，開始興建具能源回收之焚化廠，至今已有 24 座大型焚化廠營運。

2001 年起廢棄物處理政策則演進為「資源循環零廢棄」，推動垃圾強制分類、巨大廢棄物多元再利用等，強調資源回收再利用。由於廢棄物處理政策之轉變，掩埋處理量逐年下降，自 1999 年之 654.5 萬噸降至 2020 年之 27.3 萬噸，溫室氣體排放量則減少 801.2 萬噸 CO₂e（減量 93.1%）^[4]，為環境部門主要之減量來源。

二、掩埋場沼氣發電

由於廢棄物處理政策之轉變，掩埋量已逐年下降，然而已掩埋之有機廢棄物被

土壤中之微生物分解會產生沼氣（以甲烷為主要組成，為一種生質能），若能將沼氣回收進行發電，為有效之能資源再利用方式。我國目前已有四座衛生掩埋場進行沼氣回收發電，分別為山豬窟、福德坑、文山及西青埔。經統計，2016 年至 2021 年底止已藉由沼氣回收減少 32.6 萬噸 CO₂e 排放量，並發電 5,647.7 萬度。

三、提升生活污水處理率

生活污水處理排放分為妥善及未妥善兩種，妥善處理排放為污水經下水道收集至污水處理廠，處理過程中所產生之溫室氣體排放；未妥善處理則為污水直接經化糞池或排放至開放水體造成之溫室氣體排放。由於未妥善處理產生之溫室氣體排放量遠超過妥善處理，因此我國自 1991 年起推動污水下水道建設計畫，使污水處理率自 1990 年之 2.6% 提升至 2020 年之 64.5%，而甲烷排放量從 1990 年之 100.1 萬噸 CO₂e 降至 2020 年之 45.2 萬噸 CO₂e，減量幅度達 54.9%。顯示提高接管率，有助於降低未妥善處理產生之排放量（圖 3）。

四、興建廚餘生質能源廠

我國廚餘再利用方式分為熟廚餘養豬、生廚餘堆肥及厭氧消化產生沼氣發電三種。其中透過厭氧消化產生沼氣發電，不僅可解決廚餘問題，減少生物處理排放量，亦能將廢棄物轉化為新能源，增加我

國再生能源。因此，環保署自 2017 年起推動「多元化垃圾處理計畫」^[8]，並於期間興建台中市外埔綠能生態園區及桃園觀音兩座生質能源廠。臺中市外埔綠能生態園區廚餘生質能源廠已於 2020 年營運，廚餘處理量約 3 萬噸 / 日，發電量 292 萬度 / 年；桃園觀音生質能源廠則於 2021 年 12 月底試運轉，每年約可處理廚餘 4.9 萬噸，發電量 900 萬度 / 年。

肆、環境部門減量方向規劃

環境部門藉由廢棄物處理政策及行動方案之落實，已有顯著減量成效。然而，為逐步邁向淨零，部門仍需積極減量。因

此，本節依據環境部門長期排放量評估結果，提出減量方向及短期執行目標。

一、長期排放量推估

為掌握環境部門未來排放量情形，據以提出減量方向，透過歷史排放變化趨勢、人口成長、產業發展趨勢及相關管理作為，推估部門長期排放量趨勢，結果如圖 4 所示，各排放源之推估原則如表 1 所示。在基準情境（無減量作為）下，2050 年排放量將成長至 346.3 萬噸 CO₂e^[9]，主要是因為經濟發展下，事業廢水處理量將上升，使排放量增加，而焚化處理量亦將因經濟發展漸增，使排放量

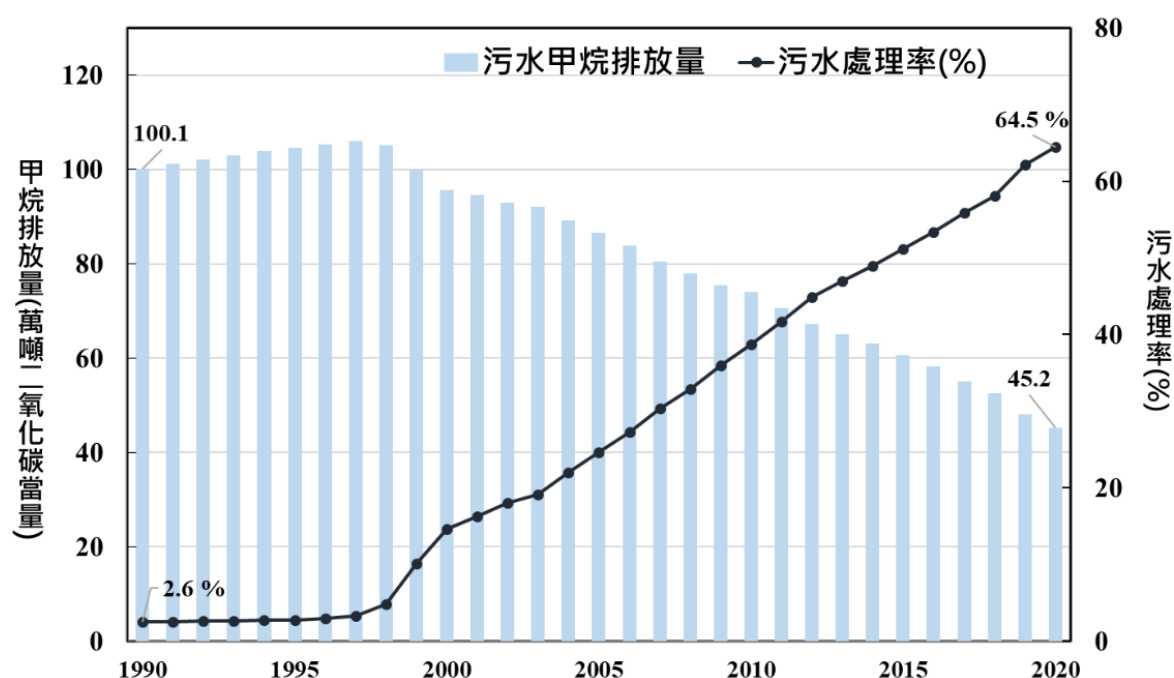


圖 3 生活污水處理率及污水處理甲烷排放量歷年趨勢(1990~2020 年)^[7]

上升。為達到我國淨零排放之長期目標，環境部門仍需積極減量，尤其焚化及污（廢）水處理為未來需加強的部分，因此以下將依部門排放源提出減量方向（圖 5）。

二、部門減量方向

（一）生活污水

生活污水處理排放因接管率之提升已呈現逐年下降趨勢，未來亦將持續提升污

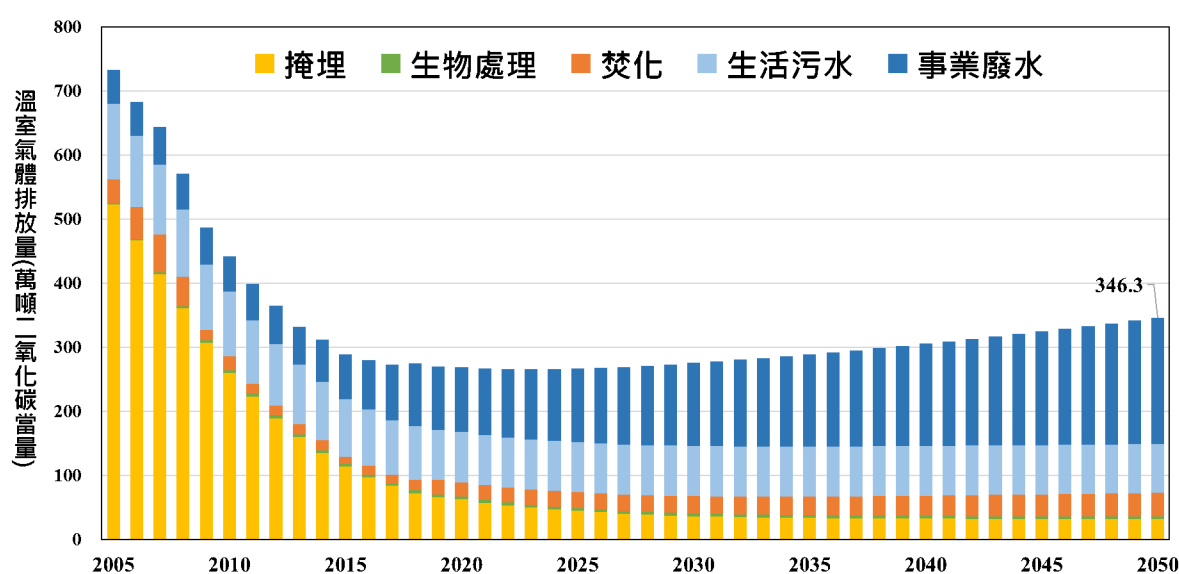


圖 4 基準情境下環境部門長期排放量推估

表 1 基準情境下排放推估原則

排放源	活動數據	推估原則
掩埋	廢棄物掩埋量	近六年之平均值
	垃圾組成占比	近六年之平均值
	沼氣回收量	歷年沼氣產生量趨勢
生物處理	堆肥處理量	中推估人口數及近六年堆肥處理量平均值
焚化	焚化量	依 GDP 產業預測率成長
生活污水	人口數	中推估人口數
	污水處理率	與人口成長數成正比
	污水處理廠處理量	與接管人口數成正比
	蛋白質供給量	近六年之平均值
事業廢水	COD 處理量	依 GDP 產業預測率成長
	總氮處理量	依 GDP 產業預測率成長

註：(1)人口推估數據來自國家發展委員會人口推估查詢系統；(2) GDP 產業成長預測數據來自國發會溫室氣體階段管制目標中長期社經參數推估（2018 年）。

水處理率以減少排放量。此外，有鑑於污泥處理經厭氧消化並回收沼氣再利用，能有效降低處理過程之排放，後續將優先推動設計日處理量超過 3 萬噸之大型二級污水處理廠設置污泥厭氧消化及沼氣回收，另亦將建置沼氣回收申報系統，以掌握我國推動情形，作為減量依據。有關中小型污水處理廠，長期上將推動污泥集中消化處理，不僅可增加經濟效益，提升沼氣產量，亦擴大減碳空間。

（二）事業廢水

近年來因經濟蓬勃發展導致廢水處理污染物量上升，使處理過程之溫室氣體排

放量漸增，2020 年廢水處理排放量占環境部門 33.8%，為最大宗，因此為環境部門未來重點減量對象。

有關有機廢水如食品製造業或造紙業等廢水，因富含有機物質，將以設置厭氧處理及沼氣回收為推動方向，藉能資源循環達到處理排放減量。此外，無機廢水如半導體業、晶圓製造業等廢水，因富含鹽類，通常以化學處理方式處理。因應氣候變遷及水資源匱乏之影響，將推動廢水回收零排放，不僅可回收有價物質，亦降低廢水排放至開放水體對環境之衝擊，在提升水資源再利用率同時，也能減緩製程用水壓力。



圖 5 環境部門減量推動方向及策略

(三) 焚化

焚化處理 2020 年排放量占環境部門 11.7%，且來自於無能源回收之中小型焚化爐。為減少焚化處理排放，短期將以推動固體再生燃料(solid recovered fuel, SRF)為主，將其投入鍋爐燃燒可減少煤、油或天然氣等化石燃料之使用，並提高能源產生效率，達廢棄物能資源化。

此外，由於我國之中小型焚化爐不具能源回收裝置，如能將一般事業廢棄物集中至大型焚化爐處理，除能提高發電量，同時減少環境部門之排放量。另國際上已有廢棄物轉換氫能廠之示範案例，較於傳統焚化發電更具減碳效益，因此於長期推動策略將研發相關新能源技術，以擴大部門之減量空間。

(四) 掩埋

掩埋處理排放量因廢棄物處理政策轉變及掩埋場沼氣發電之實施，排放量自 1999 年最高峰之 860.8 萬噸 CO₂e 降至 2020 年之 59.6 萬噸 CO₂e 排放量，減量幅度達 93.1%。雖掩埋廢棄物量已逐年下降，且「公有廢棄物掩埋場管理規範」限制生垃圾直接進掩埋場，惟偏遠及離島地區仍可掩埋會造成甲烷排放之有機廢棄物如廚餘、落葉及紙類等。因此，後續將持續減少有機垃圾掩埋，以避免溫室氣體產生。

(五) 生物處理

生物處理 2020 年排放雖僅占環境部門排放量 1.9%，如能將廚餘等有機廢棄物能源化，將可擴大減碳效益，並創造再生能源貢獻予國家電網。目前已完成台中市外埔綠能生態園區及桃園觀音兩座廚餘生質能源廠，總計廚餘處理量達 7.9 萬噸 / 年，另營建署「污水下水道六期計畫」規劃建置 1 座污泥廚餘共消化示範廠，預計可處理廚餘 3.7 萬噸 / 年與發電 394 萬度 / 年^[10]，待完成後將增加廚餘處理量能及再生能源發電量。期能透過厭氧消化產生沼氣進行發電之再利用方式，將廚餘全數能資源化。

三、短期減量目標

有關環境部門之減量推動，除上述各排放源之減量方向規劃，短期將主要配合第二期行動方案內容，並預計於 2025 年前達成以下目標：

- 興建 3 座廚餘生質能源廠，將廚餘能資源化，減少生物處理排放量的同時亦能增加再生能源發電量。
- 研擬沼氣回收申報機制，以作為污(廢)水處理之減量依據，納入清冊計算。
- 污水處理率提升至 70.5%，以減少未妥善污水處理排放量。
- 大型二級污水處理廠採污泥厭氧消化之處理污水比例達 90%。

此外，為配合國家第二期溫室氣體階段管制目標，環境部門 2025 年排放量將相較基準年（2005 年）減少 65%。

伍、總結

整體來說，環境部門至今因廢棄物處理政策轉變及溫室氣體管制行動方案之落實，具顯著減量成效，2020 年部門排放量已較基準年（2005 年）減量 64.4%。然為達到我國淨零排放之長期減量目標，仍有積極減量之必要，未來環境部門以推動廢棄物、污（廢）水減量及能資源循環再利用策略為主，將透過減少有機廢棄物掩埋、興建污泥廚餘共消化廠、擴大固體再生燃料占比、提升污水處理率、推動污（廢）水厭氧消化或處理及沼氣回收、無機廢水零排放等推動策略之實施，擴大部門減量空間，以逐步邁向淨零。

參考文獻

1. World Meteorological Organization (2022), Provisional State of the Global Climate in 2022
2. Energy & Climate Intelligence Unit, net zero tracker (<https://zerotracker.net/>)
3. 國家發展委員會（2022 年），臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明
4. 行政院環境保護署（2022 年），中

華民國國家溫室氣體清冊報告

5. 行政院環境保護署（2018 年），環境部門溫室氣體排放管制行動方案(第一期階段)核定本
6. 行政院環境保護署（2022 年），第二期環境部門溫室氣體排放管制行動方案（核定本）
7. 行政院環境保護署（2021 年），環境部門溫室氣體排放管制行動方案成果報告。
8. 行政院環境保護署（2017 年），多元化垃圾處理計畫（核定本）
9. 行政院環境保護署（2022 年），環境部門管制行動方案推展及排放統計精進專案工作計畫
10. 內政部（2020 年），污水下水道第六期建設計畫（110 至 115 年度）核定本



摘要

污水處理廠當今扮演重要角色，將人類於家庭活動所排放的生活污水進行處理，肩負我國民眾生活污水處理、改善水環境之任務，避免生活污水直接排放所造成之環境影響。為因應 2050 年淨零排放目標，提升污水處理率為降低直接排放最直接之手段，然而因應處理率提升所增加之工程施作，及污水處理過程中消耗之能資源，亦會增加溫室氣體排放。如何在降低污水直接溫室氣體排放的同時，亦能考量減少因應污水處理提升所增加之工程與處理程序之能資源使用，為長期污水下水道系統推動減碳之關鍵。

因此，以生命週期排放管理之概念，從設計階段納入低碳思維，透過低碳採購，落實低碳工程目標。污水處理廠營運，除持續提高效率外，並積極推動污水處理轉型為能資源中心，提高再生能源比例，短期以碳中和污水處理廠為目標，長期則以邁向淨零排放之污水處理廠為願景。

污水下水道系統因應氣候變遷

之減碳策略

邱智萱¹、周武雄²

1.環興科技股份有限公司水務工程部 / 工程師

2.環興科技股份有限公司水務工程部 / 技術經理

壹、前言

因應全球氣候變遷，2015 年聯合國氣候變遷綱要公約 (United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 第 21 屆締約國大會 (Country of Party 21, COP 21) 通過《巴黎氣候協定》(The Paris Agreement)，希望於本世紀末全球氣溫升幅控制不超過攝氏 2 度，最理想是控制在 1.5 度以內；另於 2018 年聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 發布《1.5°C 全球暖化特別報告》，提出在增溫不超過 1.5°C 的目標下，須於 2050 年前達到溫室氣體淨零排放。我國亦於 2022 年 3 月 30 日公布國家淨零排放路徑，提出四大轉型策略、兩大治理基礎及十二項關鍵戰略，以達 2050 年之淨零願景。

在長期淨零排放目標下，各部門除既有之減量措施落實外，亦皆尋求新的減量策略，隨科技進展，新的減量技術將逐步納入執行。污水處理廠肩負我國民眾生活污水處理，以改善水環境，且降低生活污水直接排放溫室氣體之任務。惟在降低污水直接排放溫室氣體目標下，因處理過程所需之能源投入，未來應更積極落實。

貳、日本水資源回收中心能資源合技術及管理制度

生活污水來源分為兩種，未接管污水

下水道（即生活污水直接排入化糞池或自然水體），稱之為「未妥善處理」，另一種則是接管至污水下水道系統經污水處理廠處理後排放，稱之為「妥善處理」。

過去我國持續擴增污水下水道接管，以降低直接排放，生活污水排放說明如下：

一、生活污水溫室氣體排放變化

據研究結果顯示，未妥善處理的污水對氣候的影響是排放量的 3 倍^[1]，因此，將污水集中至污水處理廠處理，可有效降低未妥善處理產生之碳排放量。

我國自 1991 年起推動污水下水道設計畫，使污水處理率自 1990 年之 2.6% 提升至 2022 年 12 月之 68.65%^[2]，另根據國家溫室氣體排放清冊報告，甲烷排放量從 1990 年至 2020 年之減量幅度達 54.9%^[3]，顯示提高接管率，亦有助於降低未妥善處理污水產生之排放量，然而，污水納入污水處理廠處理後，原先未妥善處理之排放將轉移至污水處理廠於處理過程中產生的碳排，故仍須檢視溫室氣體排放情形，以追蹤排放量變化之情形，如圖 1 所示。

二、污水處理廠之溫室氣體排放來源

在污水處理廠常見的溫室氣體排放以 CO₂、CH₄ 和 N₂O 三種為主，並可分為直接排放與間接排放。直接排放通常指

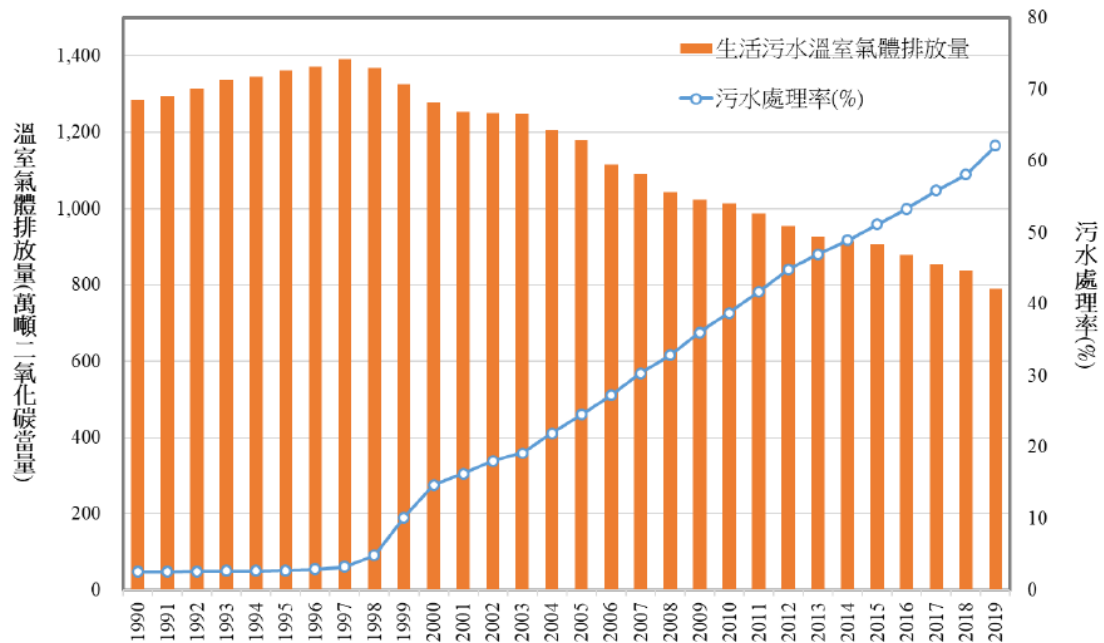


圖 1 生活污水處理率及污水處理排放量歷年趨勢 (1990 ~ 2019 年) ^[4]

污水處理過程中微生物代謝活動產生或污泥處理過程產生之溫室氣體，如：甲烷(CH₄)與氧化亞氮(N₂O)，這兩類皆屬溫暖化潛勢 (Global Warming Potential，簡稱 GWP) 極高的溫室氣體種類，根據 IPCC 第 6 次評估報告顯示，分別等同於 29.8 倍與 273 倍之二氧化碳造成之影響。

間接排放主要來自能資源的消耗，如：電力使用、化學藥劑使用、污泥運輸等，皆屬污水處理過程潛在的碳排放來源。我國污水處理廠主要以生物好氧處理為主，據估計廠內高達 50%以上之能源消耗來自曝氣系統、浦或活性污泥處理過程中所使用之電力。^[5]

三、我國污水處理廠之溫室氣體排放調查結果

為進一步了解污水處理廠溫室氣體排放情形，營建署於 106-107 年度全國公共污水處理廠營運評鑑及碳排放調查計畫^[6]，針對淡水、宜蘭與大溪 3 座水資源回收中心進行組織型溫室氣體盤查工作，結果顯示 3 座污水處理廠之間接能源排放占總排放量 70.5~98.3%，其次為水體逸散排放占 0.18~28.69%，兩者已占整廠排放 98%以上，顯示污水處理廠以電力或能源所使用之間接排放為主。

由上述結果顯示，將未妥善污水納入處理廠處理後，水體所造成之直接排放下降，轉而以能源使用之間接排放為主，因

此，未來對於污水處理廠溫室氣體減量策略，除積極提高污水處理率外，更應兼顧廠內設備操作與能源管理，以有效降低污水處理廠溫室氣體排放。

參、污水處理廠減量措施

生活污水中因含有大量的有機物，經適當處理與轉換後，可做為能資源使用。因此世界各國積極推動污水處理廠轉型並朝向能資源回收發展。以下資說明歐洲、日本與丹麥推動作法：

一、歐洲

歐洲近年積極推動污泥厭氧消化，根據 POWER STEP 計畫研究顯示，污水處理廠潛在之能資源量相當高，該計畫目標希望將生活污水中提取並增加有機物，轉化為沼氣，使傳統耗能之污水處理廠

(Sewage treatment plants, STEP)轉型為能源生產設施(Power production facilities, POWER)。該計畫使用四項關鍵技術，分別是：1.提高初級處理效率，使大量的有機物及污泥能收集至厭氧消化槽，以提高沼氣產量；2.在碳源少的情況下，有效去氮，並減少能耗；3.設置厭氧消化槽，將沼氣中之二氧化碳與氫氣反應生成甲烷，使甲烷純度提升至 90%，並導入電網，有效能源管理；4.處理污泥脫水後濾液中的氮，使迴流後能降低污水處理廠能耗，同時將氮回收做成肥料，有關 POWERSTEP 之處理流程如圖 2 所示。

二、日本

日本在 2014 年 7 月提出「下水道ビジョン 2100」的中長期計畫，希望 21 世紀應擺脫過去污水處理政策，針對水、資

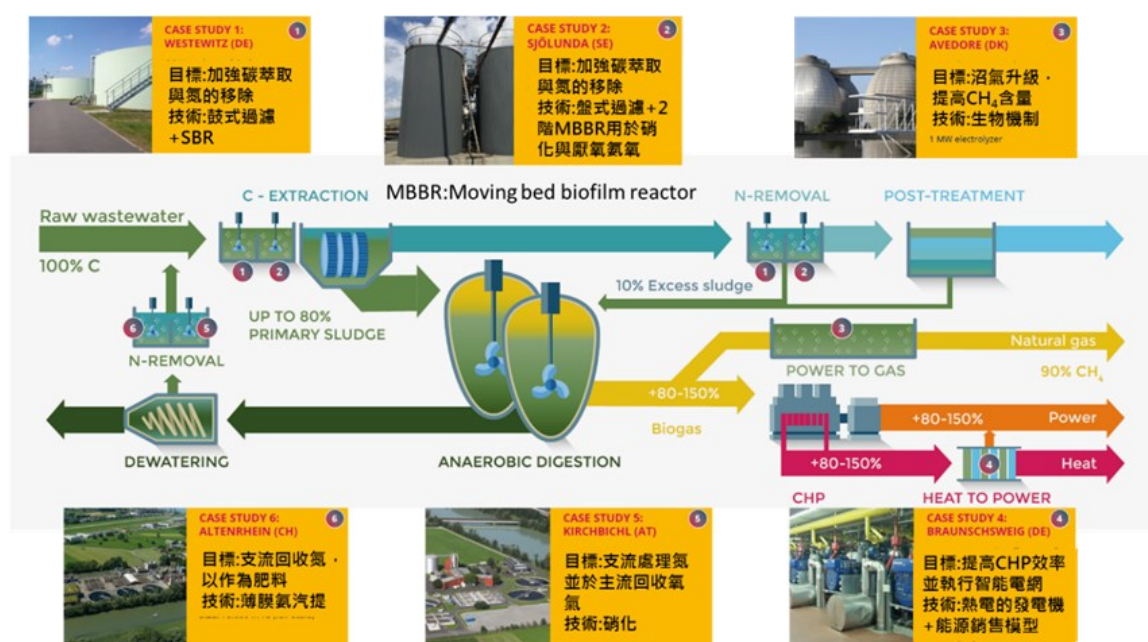


圖 2 POWERSTEP 污水處理廠處理流程^[7]

源及設施再生等三個議題打造循環污水處理廠，以建設 100%能源獨立且不仰賴處理過程中之耗電量與發展再生能源發電為目標。

此外，根據日本下水道協會資料顯示^[8]，下水道溫室氣體排放量以電力排放最高占 54%，其次是污泥焚燒產生的氧化亞氮排放量占 21%，且隨著科技與工業發展，水處理用電導致的碳排放與污泥焚燒所產生的 N_2O 排放量顯著增加。因此需要減少電力使用與污泥處理排放，而污泥中潛在的能源如厭氧消化回收沼氣、污泥進行燃料化處理取代發電廠部分燃料，除可減少溫室氣體排放外，亦可降低污泥

清理費用，如圖 3 所示。

三、丹麥

與歐盟其他成員相比，丹麥污水處理廠領先全球，產生的能源遠遠超過其使用的能源。在國際能源總署《2016 年世界能源展望》報告中，丹麥水務部門被列為節能部門，因丹麥水務部門僅使用丹麥電力消耗的 1.8%，遠小於歐盟和美國 3%。

丹麥第二大城奧胡斯市之 Marselisborg 污水處理廠為實現能源中和的最佳範例，也是世界上資源效率最高的污水處理廠。透過減少能源消耗與增加

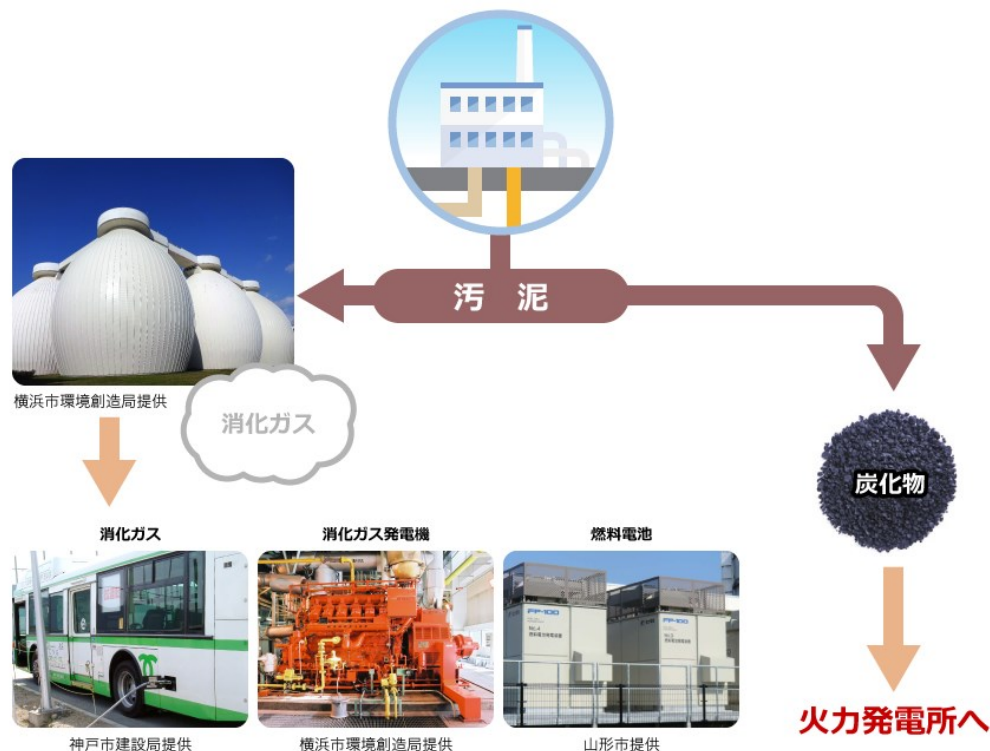


圖 3 日本污水處理廠污泥的能源利用^[8]

能源生產，在「邁向自給自足(Marching towards self-sufficiency)」計畫中，合併 14 個小型污水處理廠為 4 個大型污水處理廠，以擴大處理規模，並降低維護成本。^[5]合併之後實施資料採集與監控系統(Supervisory control and data acquisition, SCADA)控制系統優化其流程、更換為高效的壓縮機、引進 Anammox (厭氧氨氧化) 污泥液處理技術以有效除氮，並替換高效率汽電共生機組提供電力使用，污水處理廠已從能源消耗廠轉變為能源生產廠，能源自給率遠高於 100%。

肆、污水下水道系統邁向淨零排放策略

生活污水處理率之提升，兼顧水環境品質改善，並降低生活污水之直接溫室氣體排放。惟在污水下水道系統之持續擴建下，因工程建造所帶來的工程材料使用及施工機具，增加溫室氣體排放；更因污水處理功能升級，導致能源使用增加。因此，長期污水下水道系統之溫室氣體減量應以生命週期排放管理為基礎，實現淨零排放之目標。

一、污水下水道系統淨零排放願景

為因應我國淨零排放之長期願景，以全生命週期為架構，提出污水下水道系統減量策略規劃及具體建議作為，短期將以碳中和污水處理廠為目標，提升能源循環及再生能源比例，逐步邁向淨零污水下

水道系統之長期願景，如圖 4 所示。

二、生命週期排放管理

為因應氣候變遷，以全生命週期概念之污水下水道系統為架構，從設計階段納入低碳思維，實現低碳工程，逐步降低施工期間所造成之溫室氣體排放，落實減碳。並持續降低營運期間溫室氣體排放量(圖 5)。

工程施作的減碳可透過實際排放盤查，確認排放熱點，回饋設計階段落實減量，並建立基本材料資訊，透過低碳採購機制，實踐材料減碳之目標。營運期間則透過操作條件，降低能源使用，以減少碳排放。短期以碳中和為目標，長期則以淨零排放為願景。

三、污水下水道系統減碳策略

有關減碳作為，建議分為未妥善污水處理排放減量、營運期間溫室氣體排放減量及低碳工程三大面向，建議之推動策略與執行進行規劃如表 1 所示。

四、推動污水處理碳中和示範廠

為邁向淨零排放之長期願景，短期(~2030 年) 以碳中和污水處理廠為推動目標，將結合上述之減量策略，優先掌握排放資訊，並以節能及創能兩大方向。

節能方面，有以下作法： 1.妥善維護處理設施並節能操作，可避免因不良操作



圖 4 淨零排放願景與策略

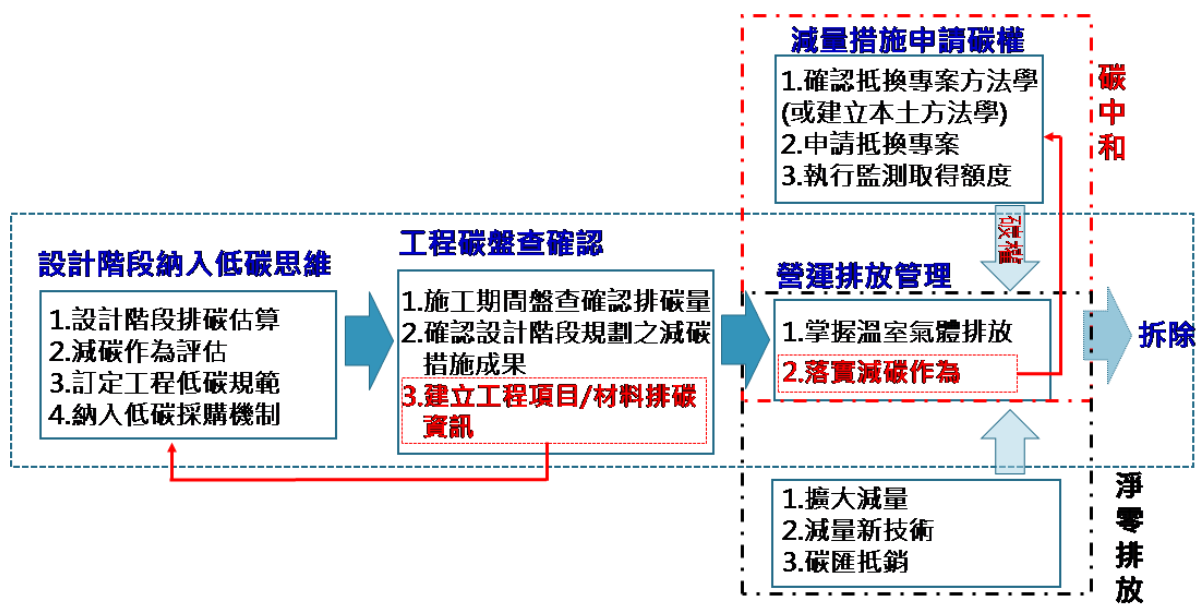


圖 5 污水處理廠生命週期排放管理概念

表1 污水下水道系統減量策略

	執行策略	短期建議作為	中長期目標
未妥善污水處理排放減量	提升污水處理率	依營建署污水下水道建設計畫，每年提高污水處理率 1.0-1.4%。	提升污水處理率至 90~95%
	掌握污水處理溫室氣體排放情形，規劃污水處理廠減量策略	1.建立廠內排放盤查登錄平台。 2.優先盤查大型污水處理廠溫室氣體排放量。依據過去盤查結果，結合新版 ISO14064：2018 盤查要求，規範盤查範疇及項目。 3.完成廠內盤查申報作業要點。	完成污水處理廠溫室氣體盤查
	污水處理廠營運排放減量	1.評估不同設備能耗差異及汰換成本效益。 2.結合成本及減碳效益規劃設備汰換優先順序。 3.依據盤查或申報資料，研訂階段污水處理單位溫室氣體排放目標。 4.研擬節能減碳規範，納入評鑑。 5.參考國際資訊，提高初沉池效率，降低生物處理負擔，減少能源使用。 6.導入能源管理系統。 7.推動污水處理廠管理大樓能效標章制度，並分階段提升能效標準。	導入能源管理系統
	申請抵換專案，取得碳權	執行設備汰換及沼氣回收發電等措施，在符合減量方法學規範下，取得減量額度。	取得減量額度供碳中和使用

表 1 污水下水道系統減量策略 (續)

	執行策略	短期建議作為	中長期目標
污水處理廠營運排放減量	擴大污水處理廠再生能源使用，優先技術成熟之能資源	1.推動大型污水處理廠設置厭氧消化及沼氣回收。 2.評估剩餘廚餘量，推動廚餘污泥共消化廠。 3.提升既有厭氧消化單元效率，如：培養專責人員操作方式或提高初沉池效率。 4.中小型污水處理廠集中污泥共同處理或厭氧消化，提高經濟效益。 5.擴大其他再生能源使用。	1.持續擴大再生能源 2.中小型污水處理廠污泥集中消化 3.新能源開發
	建立碳中和污水處理廠	1.導入新能源技術如甲烷產氫，將污水處理過程中產生之沼氣純化並製成氫氣，作為氫燃料電池。 2.整合能資源技術，將污水處理設施轉型能資源供應中心，建立碳中和示範廠。 3.導入再生能源。 4.依污水處理廠規模/類別，短期評估優先順序，據以推動碳中和。	導入新減量技術
工程排放減量	推動低碳工程，建立污水處理系統生命週期排放評估架構	1.篩選特色工程，執行施工期間溫室氣體盤查。 2.建立材料碳足跡資料。 3.依材料排碳資料庫，建立設計階段排放量推估系統。 4.依實際需求降低工程材料量。 5.研擬綠色採購規範，落實低碳採購機制。 6.優先施工機具低碳化，逐步邁向零碳工程。	1.施工機具零碳排 2.近零工程

而產生的溫室氣體排放； 2.執行設備汰換，導入能源管理系統或雲端化管理流程，掌握各處理單元處理與溫室氣體排放情形，有利未來改善措施之落實； 3.能資源回收再利用，可將污泥進行厭氧消化，不僅減少污泥產量並降低污泥廢棄處置費用，亦可將產生之沼氣轉換為熱能再利用，減少污水處理廠之排放量。

創能方面，評估廠區內剩餘空間，建置再生能源，如：太陽能光電板，提高再生能源比例，加速減量之推動。最終無法減量之部分，則透過抵換專案之執行，取得減量額度進行抵換，以達碳中和。

伍、結論

淨零排放趨勢下，污水處理廠將不再僅限於將污水處理至排放標準，而是在廠的生命週期內透過流程優化提高其附加價值，促進污水處理廠轉型與永續發展，透過節能或高效設備汰換、新能源導入、厭氧消化回收沼氣等，逐步降低溫室氣體排放量，使傳統污水處理廠轉型為自給自足污水處理廠，短期以碳中和污水處理廠為目標，長期則以邁向淨零排放污水處理廠為願景。

參考文獻

1. <https://iwa-network.org/transforming-for-energy-and-climate-neutrality-within-10-years/>

2. 中華民國內政部營建署，全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表。
3. 推動台灣參與氣候變化綱要公約，https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw_nir_2022.php
4. 行政院環境保護署，環境部門管制行動方案推展及排放統計精進專案工作計畫，民國 111 年。
5. Circular Economy: Tapping the Power of Wastewater
6. 內政部營建署「106-107 年度全國公共污水處理廠營運評鑑及碳排放調查計畫」
7. POWERSTEP，<http://euaffairs.brussels/powerstep>
8. 公益社團法人日水道協會 JSWA，<https://www.jswa.jp/recycle/energy/>



摘要

全球暖化與氣候變遷已讓 2022 年成為一個高溫、旱災與洪災的一年，惡劣的氣候環境已經威脅到人類的生存條件。依據環保署公告資料，2020 年環境部門溫室氣體碳排放量占全國 0.9%，環境部門排放來源以污（廢）水最高，合計占部門排放量之 63.5%。營建署轄下 77 座公共污水處理廠，實際處理量約 345 萬 CMD，約只占全國碳排放量 0.33%。雖然碳排占全國比例很低，相關主管機關未來仍宜設定公共污水處理工程階段性減碳的目標，並且在妥善處理污水的前提下，制定節能減碳對策和污水處理碳中和計畫，全面推廣節能措施和創新技術，以減緩地球暖化。本文旨在藉由吾人及國外實廠導入的節能設備與操作經驗，綜整污水處理低耗能水處理技術，希冀拋磚引玉從上游的設計顧問到下游的操作維護運營公司共同鑽研討論，以達成下水道系統永續發展的目標。

低耗能水處理技術推廣

王朝民¹

壹、前言

2022 年實在是多災多難的一年，先不提烏俄戰爭的地緣政治人為因素造成能源吃緊，單單因為全球暖化造成的氣候變遷衝擊，已經使得居住在地球上的人類疲於奔命。不論日本東京氣溫連續 9 天飆破 35 度，創下 147 年有史以來最長「猛暑日」的紀錄；還是印度直飆 50 度熱浪創下 122 年紀錄，逾千隻飛鳥脫水從天上急墜；歐洲各地紛紛出現破紀錄的熱浪襲捲，超過攝氏 40 度的高溫，天乾物燥也讓許多地區引發森林大火。在中國大陸長江流域持續的乾旱，連最大淡水湖鄱陽湖都刷新歷史最低水位紀錄，湖中的千年石島落星墩全部露出水面，乾旱已影響水力發電及農作秋收，鄱陽湖水位過低也造成長江江豚等帶來生存危機。另外巴基斯坦遭受洪災肆虐，大雨洪水已經造成至少上千人死亡，全巴基斯坦 3 分之 1 的土地已被洪水淹沒，甚至無法找到足夠的旱地來抽水救災，高達百萬人流離失所。上述驚悚的新聞畫面，許多開發中與已開發國家都在這一年飽受極端氣候之苦。

由於乾旱與高溫造成用電更為吃緊，節能減碳不再是一句口號而已，已攸關地球生死存亡的迫切議題。依據環保署統計環境部門歷年碳排放量以 1999 年最高達 10,492.6 千公噸 CO₂e，廢棄物處理排放以掩埋為最高，排放量為 8,608.1 千公噸 CO₂e，占部門排放量之 82.0%。隨著廢

棄物處理政策調整成「以焚化處理為主、掩埋為輔」，使掩埋處理排放量大幅下降，惟相對使生活污水與事業廢水（以下稱污（廢）水）年度排放比例從 2000 年起逐年增加，至 2014 年起環境部門溫室氣體排放量轉以污（廢）水處理為大宗。

依據環保署公告資料，環境部門碳排放量占全國 0.9%，2020 年環境部門排放量為 2,607.2 千公噸 CO₂e，其中排放來源以污（廢）水最高，年度排放量分別為 774.2 及 881.5 千公噸 CO₂e，合計占部門排放量之 63.5%，詳如圖 1 所示。

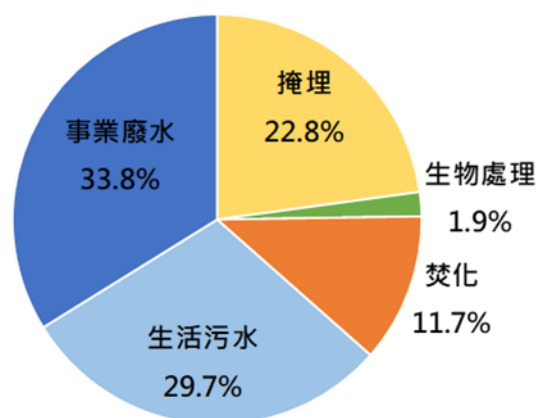


圖 1 環境部門 2020 年排放量占比
(註:本公司彙整統計)

營建署轄下 77 座公共污水處理廠，總設計處理量為 433 萬 CMD，實際處理量約 345 萬 CMD，若以每噸水用電 0.5 度計算，換算電力排放係數計算每日公共污水處理廠溫室氣體排放量約為 876 噸 CO₂e，年排放 319 千公噸 CO₂e，只占全國碳排放量 0.11%，比例上較低。（以

日本為例，2018 年度日本下水道系統碳排放量約 6,000 千公噸 CO₂e，約占全國碳排放量之 0.7%^[1])

目前六都直轄市均已分別訂定 2030 年達成減排 30%或 40%的中期目標，並以 2050 年國家淨零排放為最終目標，且已於今年 1 月 10 日立法訂定了氣候變遷因應法作為國家政策，雖然公共污水處理廠碳排占全國比例很低，但作為污水處理工程對於減緩地球暖化的貢獻，未來相關主管機關仍宜設定階段性減碳作為，並且在妥善處理污水的前提下，制定節能減碳對策和污水處理碳中和計畫，全面推廣節能措施和創新技術，以達成下水道系統永續發展的目標。

污水處理廠為淨化穩定水質，各污水、污泥處理設施及泵站系統用電量約占全廠總用電量 90%以上，來自國外的報告已指出可實現自發電力的案例，除了由有機物的高回收率增加創造產生能源，還指出經由控制曝氣風量和氨氮濃度連控的高效處理技術，均能促進有效的節能。

以下將藉由吾人及國外實廠導入的節能設備及操作經驗，綜整污水處理低耗能水處理技術，以達成節能減碳的目的。

貳、節能操作技術 14 招

污水處理廠須根據處理設施的特性、設備的狀況、條件，進行適當的節能操作。其中，廠內各主要泵浦（不包括鼓風

機用電）用電量約占 10~17%^[2]，抽送泵浦的操作運營管理可透過泵與泵之間的間歇操作運轉、控制泵浦均勻穩定的泵出水量，而能達成適當的節能操作。

一、抽砂泵間歇操作、依池數順序交互運轉

抽砂泵只有在進流水中沉砂量累積到一定程度後才需要啟動運轉，並非是 24 小時連續運轉抽送，這需要一定期間之操作運轉觀察，因此可以透過間歇運轉來達到節能的目的。另外也可以在夜間低負荷時段累積沉砂，可平衡運行的能耗負荷而達到節能的目的。

二、根據進流量控制運轉的池數

如果有好幾股污水量分流進入渠道時，則可以透過閘門開關，來控制集中輸送至某幾條渠道的方式輸送至有設備運轉的池數（例如洗砂池攪拌機或沉澱池刮泥機等），如此可停止未輸送污水渠道上的設備，如攔污柵、渠道曝氣管等停止運轉來達到節能的目的，特別是在低流量的情況時，比較有時間做操作上的應變。

三、操作泵浦有效率的運轉

1. 台數控制

污水量較小時，可控制泵浦的數量或是維持小容量規格泵浦操作，使運轉的泵浦數量接近實際運轉的額定值，可提高運轉的效率來達到節能的目的。

2. 轉速控制

考慮到設計全流量的系統操作及運轉的調整，需透過調整控制閥的開度來達到背壓的水頭損失及馬達轉速的變頻導入，亦能達到節能的目的。

一般調整控制閥的開度，利用水頭壓損來調節降低流量，對馬達負載的變化不大，但若利用泵浦馬達轉速的親和定律 (affinity laws)，其流量與轉速成正比，揚程與轉速 2 次方成比例，軸馬力數則與轉速成 3 次方成比例。因此降低轉速的變頻操作即能減少流量，進而減少馬力的負荷，但是變頻操作有一點須特別注意，當泵站系統的「靜吸揚程」(或稱靜水頭)很高的時候，若泵浦轉速降低時將會造成泵浦揚程 2 次方的降低，亦即無法克服原泵站設計的總動水頭 (total dynamic head, 縮寫 TDH)，這樣恐會影響整個泵站輸送揚水的功能而泵不出水，這是在設計階段時就須予以特別注意及檢討，故設計採用變頻操作並非是節能的萬靈丹，吾人從事設計工作者務必理解親和定律

(affinity laws)在泵浦揚程上之變化，因此，尚有一種「高液位控制」操作的方法，也就是降低系統水頭的節能操作。

3. 高液位控制 (降低系統水頭)

由於離心泵浦的機械特性，將隨著輸送系統水頭 (背壓) 的降低，而能泵送出的流量增加，利用此種特性經常維持泵站濕井在高液位的條件下使總動水頭 (TDH) 降低，泵浦出流量因此增加，如此一來，單位出水量的負載功率就變小，由於泵浦操作運轉的時間縮短，亦能有節電的效果。表 1^[3]是日本某污水泵站試算年節電量的案例。

無論是「乾井式」或是「濕井式」既設的泵站，對於想要改變採用高液位控制 (降低系統水頭) 的操作模式，仍須先檢討其原始泵站設計的條件限制，其中「乾井式」泵站首要考慮的，是否因為控制濕井液位提升而造成前端進流渠道流速降低，freeboard (出水高) 減少，使前處理設備如攔污柵阻塞率增加造成溢流之風

表 1 日本年節電量試算的案

	用電量(kwh)	節電量(kwh)
年用電量 (額定揚程運行)	8,053.411	-
年用電量 (液位上升 0.5m 運行)	7,393,058	660,353
年用電量 (液位上升 1.0m 運行)	6,920,471	1,132,940
註：泵站組成：Φ 800 × 500kW × 6 台，Φ1000 × 650kW × 2 台，Φ 1500 × 1450kW × 1 台		

險。另外，在「濕井式」泵站，是否會因為濕井液位提升造成前端進流管呈現「滿管流」而迴水現象，也喪失原先污水收集輸送管「重力流」的設計，造成「重力水頭壓力管」的輸送流況，前述兩種情形已無法呈現抽水泵站的設計條件，由於本節並非探討抽水泵站的設計，有關其設計準則及限制條件可另詳參考文獻資料^[4]。

四、控制泵浦均勻穩定的出水量

泵站前的進流管線（從泵站入口到第一個銜接人孔之管頂高程的容積）可以當作污水貯留體積空間，換言之就如同抽水泵站的「濕井」一樣，作為調節進流量的波動變化，透過泵浦輸送量的平衡均勻操作，亦能平緩後續污水處理設施的均等化負載，達到泵浦在最高效率下操作運轉。特別要說明的，與污水處理設施並列的污水調節池，透過其污水貯留再揚水至後續的操作單元是沒有節能效果的。

五、沉澱池刮泥機間歇運轉

1. 定時器操作

依據過去操作經驗，在低負荷的條件下，利用定時器來設定刮泥機啟停的動作。

2. 控制污泥界面

利用污泥界面儀量測沉澱池污泥累積的上昇濃度，當到達觸動開關時，則啟動刮泥機的運轉。

六、消泡設備間歇或停止運轉

消泡設備是為了去除曝氣池所產生的浮渣泡沫，由於各處理廠條件各異，季節間之風向差異亦有所不同，透過消泡水泵（或是廠內的回收水恆壓變頻套裝設備）的間歇或停止運轉，亦能達到節能的目的是。

七、水中攪拌機間歇運轉

安裝在缺氧或厭氧反應槽中的水中攪拌機，透過轉速控制來達成節能的目的是，也能經由間歇操作來節省能耗。

八、避免加氯過量

雖然加氯消毒加藥機設備能耗量低，但若根據過去水質水量的特性，控制加氯量在最佳的消毒效果，亦能節省部分能耗。

1. 採用次氯酸鈉溶液消毒時，利用餘氯量的回饋與處理水量做比例控制來調整，此種回饋控制可避免次氯酸鈉的過量注入。
2. 若採用固體氯錠時，則需要更嚴謹的控制氯溶出量，以防止過量加氯。

九、調整與控制污泥濃度

沉澱池操作營運管理是否良好，主要是在是否有適當的排泥，因污泥濃縮及消化設施的運行操作也受其排泥操作的影響。因此透過日常的管理，掌握每個季節產生

之污泥量及預計之排泥量，根據此種特性來安排平日、假日、日間、夜間之排泥及污泥處理系統之操作程序，經由適當的安排規劃，亦能達到最佳化操作節能的目的。

十、硝化程序控制系統^[5]

1. 說明

為達到處理水質氨氮的放流濃度要求

及鼓風機節能的要求，需要將水質水量與曝氣風量做適當的控制組合，不要過量曝氣造成能源浪費，也不要因為曝氣不足造成硝化反應不全。氨氮濃度亦可以當作處理的指標，控制方式及說明，詳如表 2。

硝化控制適用於除氮處理程序中的一種適切方法，透過設定目標值，持續測量及調整風量來達到目標值的方法。圖 2 為控制硝化曝氣風量來節省能耗的案例。

表 2 控制曝氣風量的方法

控制方式	固定風量控制	超額風量控制	DO 溶氧控制	硝化控制
控制說明	保持固定風量	曝氣風量與流入水量成正比	調整曝氣風量控制反應槽 DO 不變	調整曝氣風量控制反應槽 NH ₃ 不變
調節風量指標	曝氣風量	進流污水量	DO 濃度	NH ₃ 濃度
適用性	穩定的進流水質水量	進流水質水量不是很穩定	進流水質水量變化快速	需要做除氮硝化處理
水質穩定度	水質水量變動將不是很穩定	水質水量平衡被破壞變得不穩定	水質水量急遽變化將變得不穩定	處理水的 DO 濃度將變得不穩定
控制反應度	良好	良好	與設定值一致有困難	與設定值一致有困難

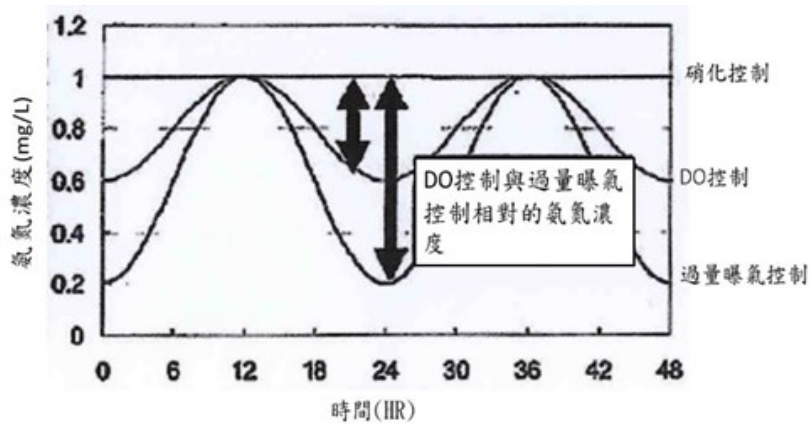


圖 2 控制硝化曝氣風量節省能耗案例

2. 硝化程序中控制曝氣風量節能系統

可以使用氨氮監測傳訊計作為即時 (real time) 反應槽鼓風量的控制方法。

該方法通過氨氮監測傳訊計測量反應槽中氨氮的濃度，通過即時控制空氣流量可以提供所需的氧氣量。

氨氮監測傳訊計可以測量的氨氮與污水處理設施所需的空氣量有關（與鼓風機的運行時間有關）。通過測量該值，可以在一定程度上預測所需的空氣量。因此，可以最小化鼓風機的操作並且可以降低功耗，也可以進行自動操作。

為了使用氨氮監測傳訊計控制風量，需要測量進水水質隨時間變化的數據，了解反應池所需風量隨時間的變化關係，通過計算建立出所需風量與初沉池進水口氨氮濃度的相關方程式，根據從安裝在初沉池出口的氨氮監測傳訊計獲得的數據計算

必要的空氣量，並控制鼓風機的運行。氨氮監測傳訊計安裝位置示意圖如圖 3 作為參考。在這裡，氨氮監測傳訊計裝在初沉池的流出部分和反應池的後半部分，計算所需的空氣流量並確認其效果。

3. 環境負荷減輕效果

(1) 節能化

在生物除氮處理程序經由硝化-DO 串聯控制之日本實廠節能控制案例中，在大多情況下，節能曝氣風量通常低於常規的 DO 控制模式，曝氣風量已經得到確認約可節省 7~13%。

(2) 改善處理水質的效果

控制出水 DO 在較低的濃度，可以確保後續硝化液返送至脫硝槽在厭氧狀態，可以有效進行較好的脫硝效率。經過節能的風量控制與傳統的 DO 控制比較，在反應槽出口的總氮 (TN) 濃度約降低了

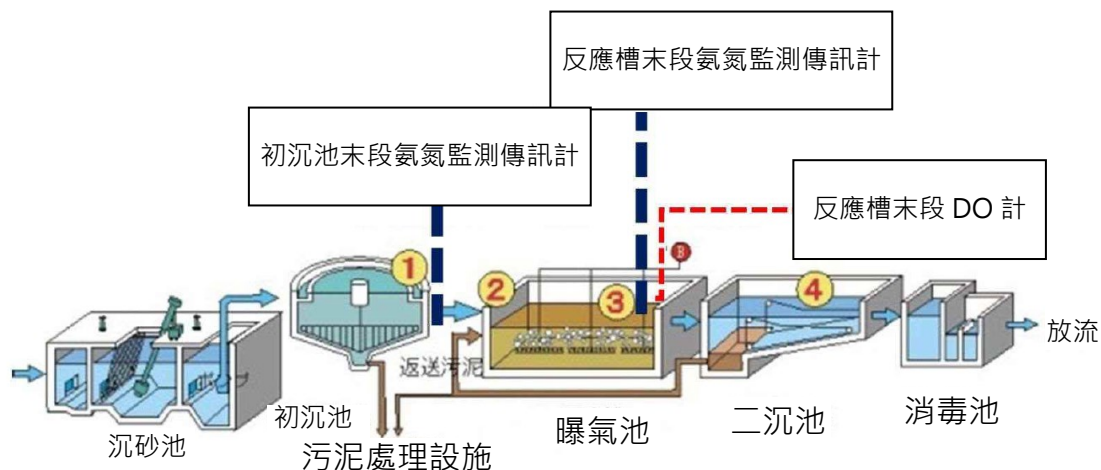


圖 3 氨氮監測傳訊計安裝位置

10%。

4. 硝化控制問題

硝化控制系統技術的導入，開啟了水質改善與能源消耗的平衡關係，目前由於案例較少，對於運行中污水處理廠特性及 N_2O 排放尚缺乏了解，未來仍須有持續不斷的模廠實驗及調查研究。

十一、優化反應槽管理

在標準活性污泥法或 MLE 生物除氮法的處理程序中，使生物反應槽 MLSS 降至 1,500 mg/L (此時污泥迴流率已降至 25%，DO 也已減少到 1.0 mg/L)，透過控制廢棄污泥量，實現低 MLSS 濃度操作。本法適用於低負荷情況下之操作，公共下水道系統建設初期，用戶接管數尚未提升，污水處理廠初期運轉大都在低負荷之情況下操作。

十二、提高初沉池的 SS 去除量

引進超高效固液分離器等，提高初沉池的 SS 去除量，即能減少生物反應槽的攪拌及曝氣動力能耗，進而增加厭氧消化污泥之甲烷產生量。

十三、增加消化氣體甲烷的產生量

日本案例^[6]指出處理厭氧消化污泥過程中，透過注入 50 mg 臭氧量，消化氣體甲烷產生量約增加一倍。

十四、引進高效率機器設備

直接引用高效率的節能環保設備於污水處理廠是最為有效益的，例如用電量較大的生物曝氣反應槽可引入高效能的空氣擴散器，可以使氧氣的傳輸效率提高一倍以達到節能的效果。下一節將提出污水處理廠處理單元所可能引進之節能處理設備。

參、導入節能處理設備^[7]

一、高效率散氣裝置

生物曝氣反應槽採用傳統高效率超細氣泡散氣裝置，雖可降低鼓風機風量需求，但壓損偏高為其缺點。目前已開發出低壓損型膜式散氣裝置，氧傳效率與高效超細氣泡散氣裝置相同，但壓損與傳統細氣泡散氣裝置一樣小，低壓損型膜式散氣裝置結構如圖 4^[8]所示。低壓損型膜式散氣裝置的原理是通過散氣裝置上的孔隙形狀設計來減少壓損，進而達到節能效果，其特點如下：

1. 產生氣泡直徑小，氧傳效率高。
2. 風量調控範圍廣，即使停止也不易發生堵塞。
3. 壓損比傳統膜片散氣裝置小，約與散氣板差不多。
4. 既有處理廠若採用非膜式之散氣裝置（如散氣板、水中攪拌器等），倘若僅部分汰換為傳統高效超細氣泡散氣裝置組合使用時，一般需要考慮壓

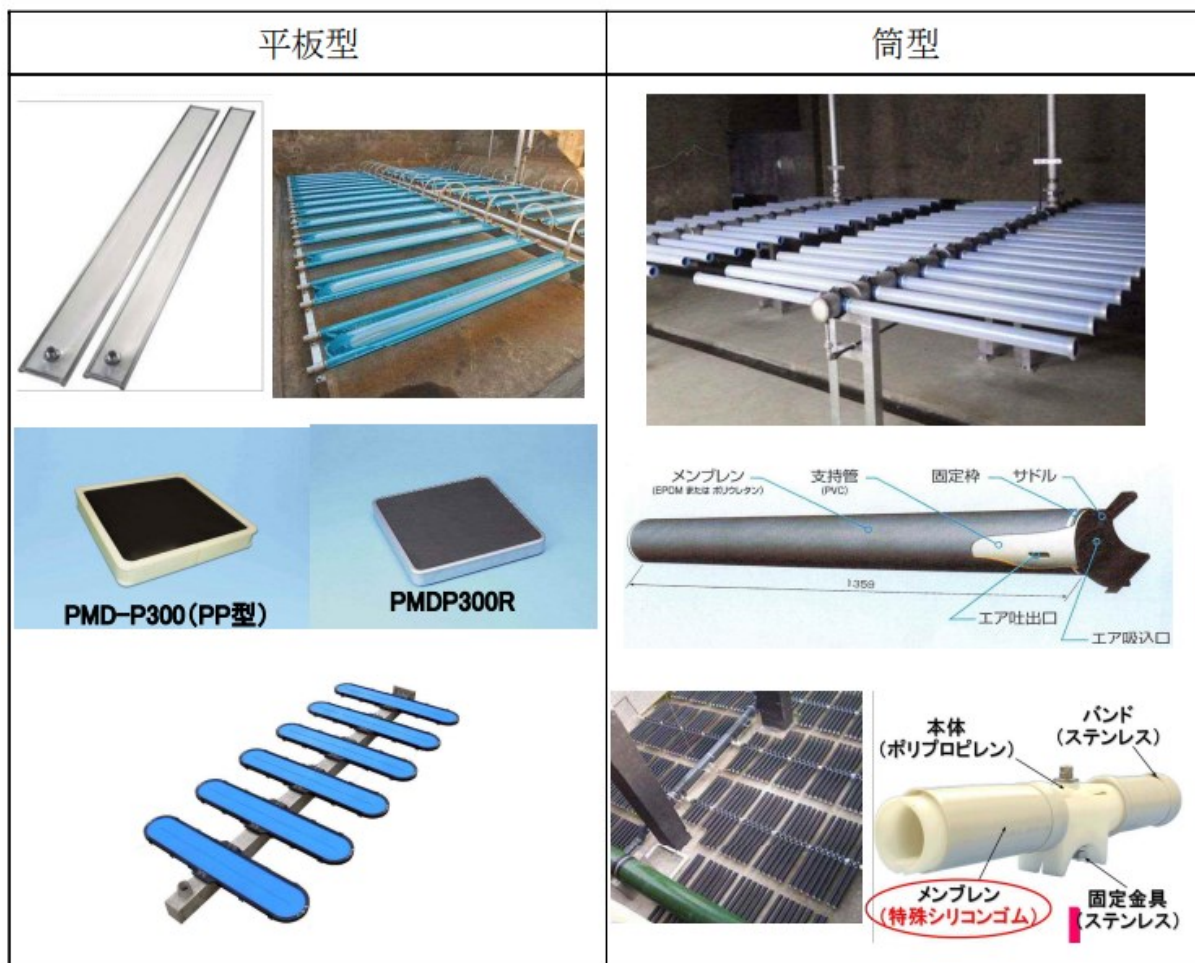


圖 4 低壓損型膜式散氣裝置結構

力平衡，欲安裝之傳統高效超細氣泡散氣裝置因壓損較大需安裝在較淺深度，但若汰換為低壓損型膜式散氣裝置，因壓損與既有散氣裝置接近，因此可以安裝在相同的水深處。

5. 不需要因防止操作壓力上升而設置排污裝置（如空氣吹洩管閥）。

二、高效率攪拌機

供作生物曝氣槽以外的槽體如厭氧槽、缺氧槽之攪拌，可採用以下五種節能

型高效率攪拌器：

1. 螺旋槳（葉輪）式
2. 雙曲面型攪拌葉片
3. 導流管式
4. 直結式
5. 附旋轉機構的螺旋槳式

其特性、功能及外觀如表 3 所示。

表 3 反應槽節能攪拌器特點概述一覽表

型式 特徵項目	螺旋槳 (葉輪)式	雙曲面型 攪拌葉型	導流管式	直結式	附旋轉機構 的螺旋槳式
驅動裝置 位置	槽頂上	槽頂上	槽頂上	槽頂或水面 上	槽頂或水面 下(螺旋槳)
攪拌葉片直 徑(mm)	φ1400 φ2200 φ2500	φ1500 φ2000 φ2300 φ2500	φ400	φ200-300	φ300-368
轉速(min^{-1})	10~50	20~30	300~500	1200~1500	850 以下
軸心流向	向下或向上	向下	向下	向下	水平方向
攪拌葉片 位置	水面下 幾公尺	槽底以上 152-350mm	距水面約 1m	水面以下	反應槽底部
外觀照片					

三、低揚程硝化液循環泵

在 MLE 處理程序中，進行硝化液反送循環所需克服的揚程極低，但因反送流量極大（至少 2 倍設計流量），即便採用高效率沉水泵或螺旋離心泵，耗電量仍大。針對低揚程的污水處理循環泵因而被開發出來應用，如圖 5 所示。硝化液循環泵採用超低揚程（1~5 m 左右）可節能操作。另外，透過變頻器控制轉速，能控制循環水量而達到高效運轉。表 4 為日本案例，顯示豎軸式軸流

泵相較於傳統沉水泵、螺旋離心泵，在同樣泵送 2 m 左右揚程，估計約可減 50% 的硝化液循環泵的電力消耗。

四、差速旋轉螺旋式濃縮機

圖 6 為差速旋轉螺旋式濃縮機概念圖，外筒篩網旋轉使篩網持續具有過濾效果，與外筒篩網反向旋轉的螺旋葉片刮集正在濃縮的凝聚污泥，同時移送至出口的方向，在濃縮效率、維護性、能耗、清洗水、藥品減量上，均優於傳統污泥濃縮機，溫室氣體排放量將減少。

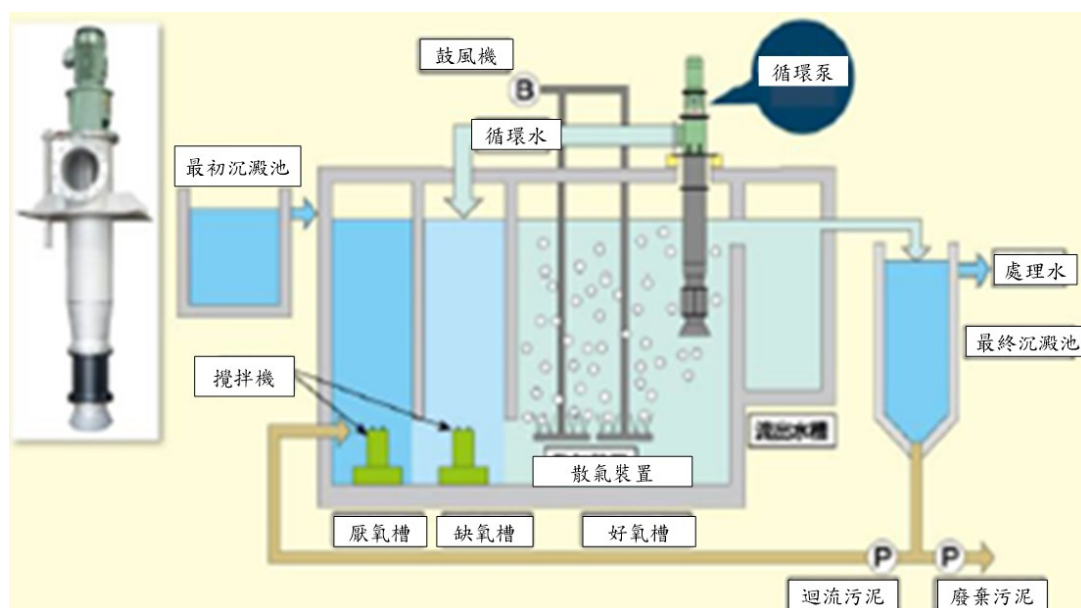


圖 5 硝化液循環泵的應用

表 4 豎軸式軸流泵、傳統沉水泵、螺旋離心泵耗電量比較表

泵型式	豎軸式軸流泵 (節能技術)	可拆式水中離心泵 (傳統技術)	吸入螺旋的離心泵 (傳統技術)
泵規格	口徑φ250 排出量 6.3 m ³ /min 揚程 2.6 m	口徑φ250 排出量 6.3 m ³ /min 揚程 4.0 m	口徑φ250 排出量 6.3 m ³ /min 揚程 4.0 m
電動機規格	額定輸出 5.5 kW 電壓 400 V 頻率 60 Hz	額定輸出 11 kW 電壓 400 V 頻率 60 Hz	額定輸出 11 kW 電壓 400 V 頻率 60 Hz
能量消耗	211.2kWh/日 (對於傳統技術▲ 50%)	422.4 kWh/日	422.4 kWh/日
註：電力是假設負載率為 80%和 24 小時運行的計算值			

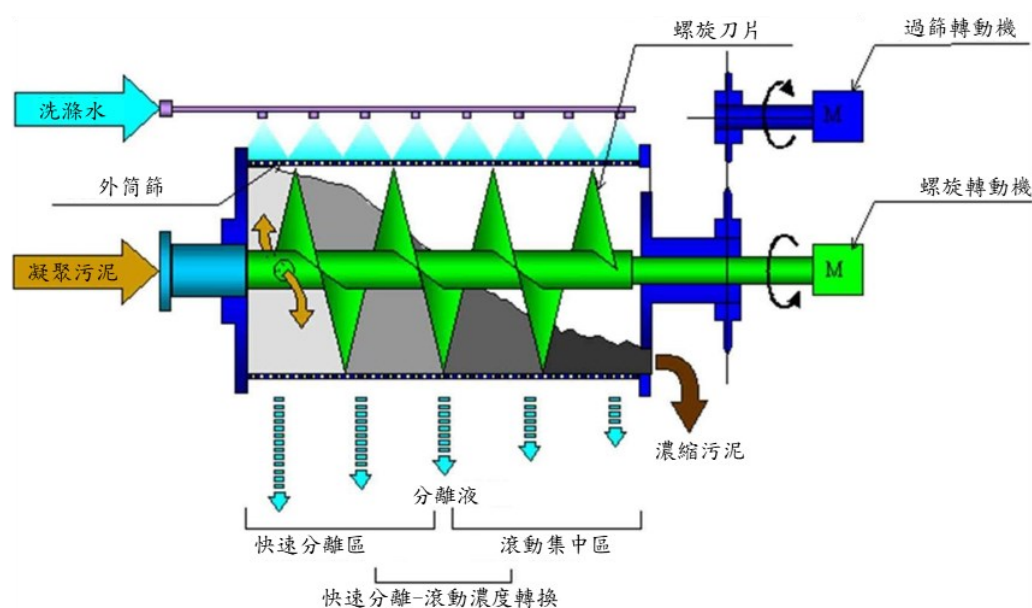


圖 6 差速旋轉螺旋式濃縮機概念圖

差速旋轉螺旋式濃縮機的尺寸通常以篩網直徑表示，範圍從 $\phi 300\text{mm}$ 到 $\phi 1,200\text{mm}$ 。隨著篩網直徑的增大，篩網面積增加，處理量也增加。

在日本能耗案例檢討中，基本條件如表 5 所示，差速旋轉螺旋濃縮機與離心濃縮機的能耗比為 27%。

表 5 能耗比案例基本條件

污水量	70,000 $\text{m}^3/\text{日}$
進流 SS	200 mg/L
放流 SS	10 mg/L
生物處理程序	標準活性污泥法
濃縮對象	剩餘污泥
進流污泥濃度	0.6%
運轉時間	24 小時/日

另外，帶濾式濃縮機由於耗電量小，在日本亦列為節能型污泥濃縮機，但因仍有清洗水用量大、占地面積大、臭味逸散仍需要設置除臭設備，造成周邊設施眾多等問題，若列為節能型設備仍有待商榷。

五、節能污泥脫水機

日本使用之污泥脫水機中，帶濾式脫水機占比最大，約占 41%，其次是螺旋壓濾式脫水機和離心式脫水機。

相較於傳統離心脫水機，可節省 20%至 60%能耗的四種脫水機已被開發出來：

1. 混合壓入式螺旋壓榨脫水機

如圖 7 所示，該技術濃縮段和脫水段為獨立分開的結構，濃縮段可獨立調節，

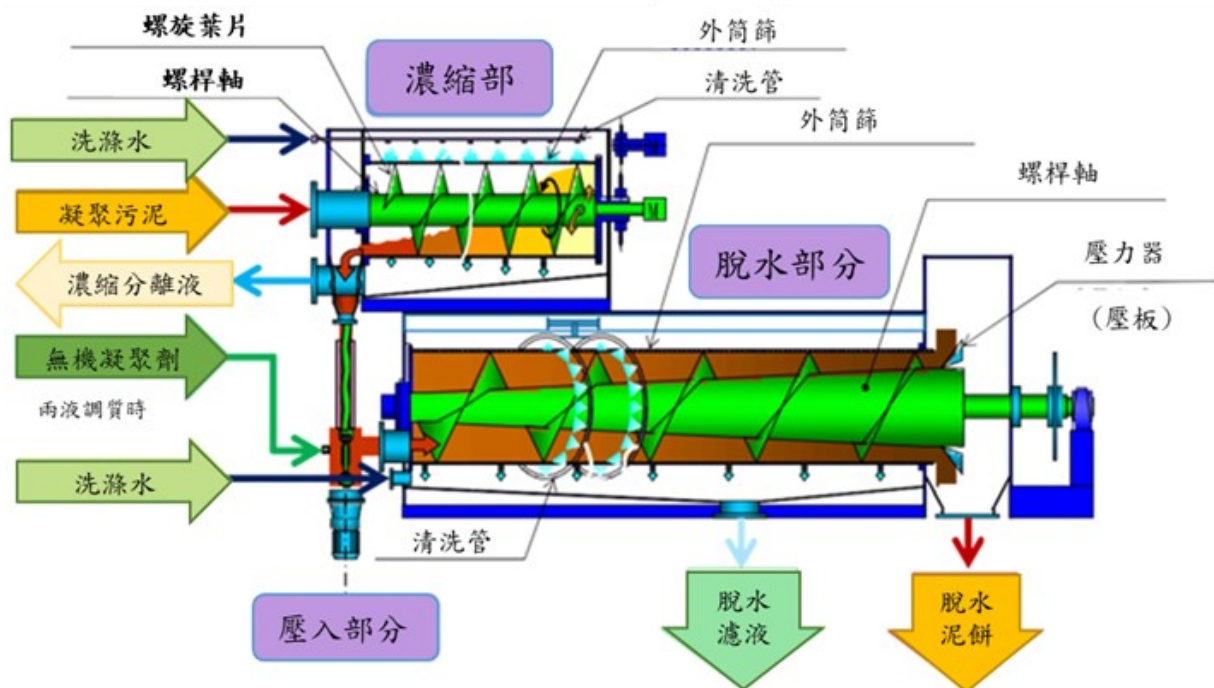


圖 7 混合壓入式螺旋壓榨脫水機構造示意圖

提高凝集污泥濃度。作為脫水段的污泥填充率增加，通過加長脫水段來延長脫水時間。在能耗案例研究中（最大日污水量 $50,000 \text{ m}^3/\text{日}$ ），混合壓入式螺旋壓榨脫水機與離心脫水機的能耗比估計省 22%。

2. 高效率雙螺桿壓榨脫水機

高效率雙螺桿壓榨脫水機具金屬過濾介質（沖孔金屬等）製成的外體篩網，水平方向垂直平行排列的兩個螺桿，和背壓壓榨機，由驅動裝置、清洗裝置、絮凝器（混凝混合槽）等組成。高效率雙螺桿壓榨脫水機結構，如圖 8 所示。

在計畫最大日污水量 $30,000 \text{ m}^3/\text{日}$

能耗案例中，中型廠高效率雙螺桿壓榨脫水機與離心脫水機能耗比為 25%；大型廠估計與離心脫水機能耗比為 18%。

3. 筒型離心脫水機

如圖 9 所示，具有臥螺式旋轉部件，上述不同構造，其特點是在濾餅排出部分設有直筒碗狀和間隙結構。然後通過轉筒和螺旋輸送機的旋轉部件高速旋轉產生的離心力進行脫水。

在計畫最大日污水量 $200,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 能耗案例中，直筒型離心脫水機與離心脫水機能耗比，中型廠消化污泥（最大日污水量 $30,000 \text{ m}^3/\text{日}$ ）對象能耗比為 59%，大型廠混合生污泥能耗比為 53%

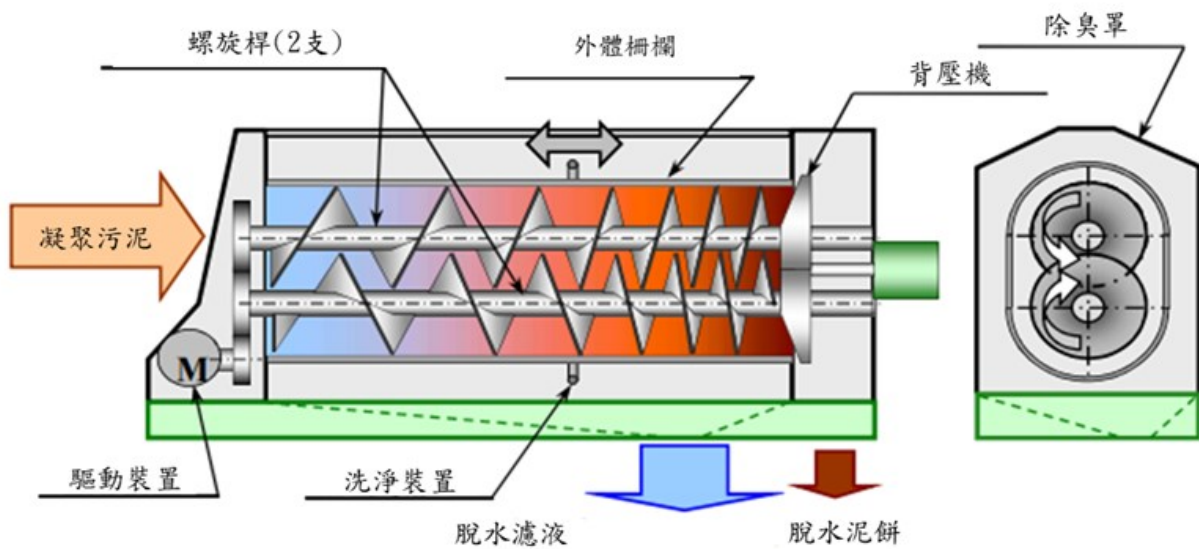


圖8 高效率雙螺桿壓榨脫水機

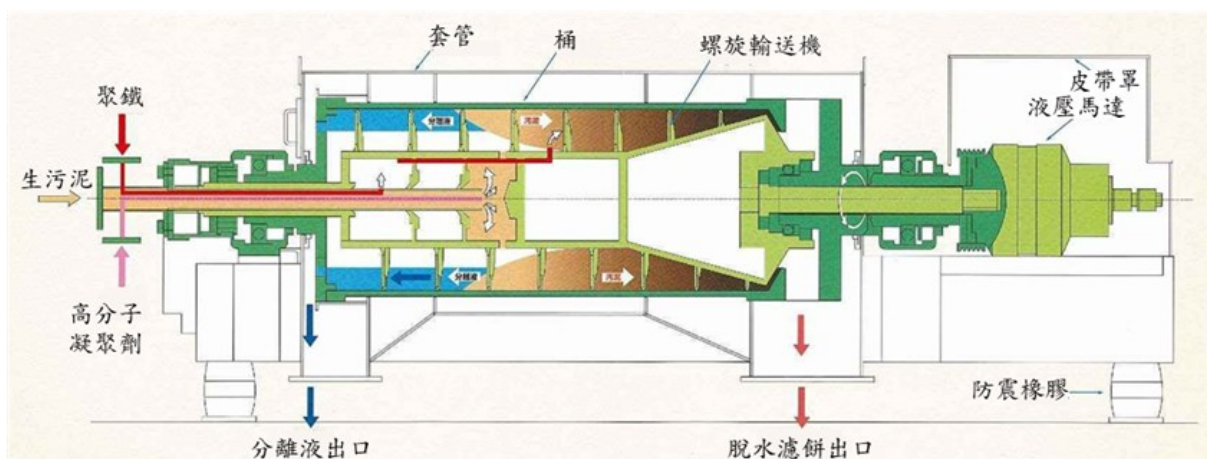


圖9 直筒型離心脫水機構造示意圖

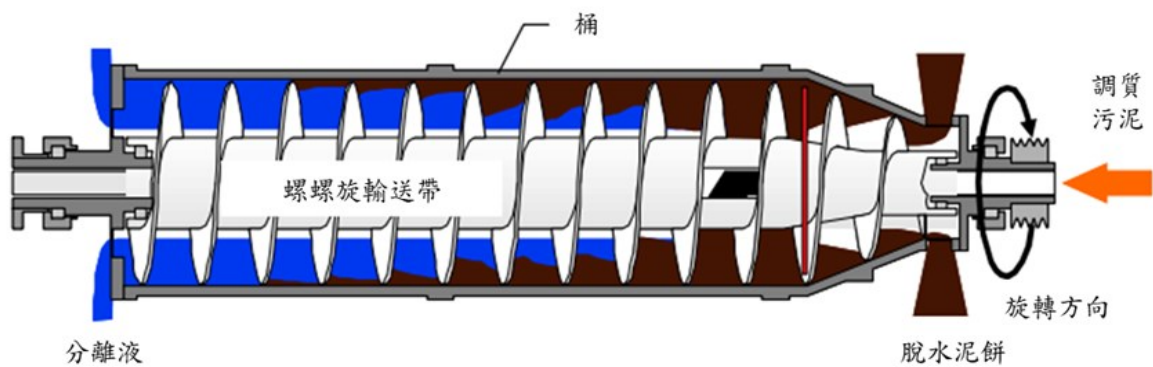


圖10 節能型離心脫水機構造示意圖

4. 節能型離心脫水機

節能型離心脫水機如圖 10，由離心轉筒和輸送脫水泥餅的螺旋輸送機組成，脫水機軸徑小，通過減小分離液排放半徑來節省電力。

伍、結論

為因應全球淨零碳排的目標，最快速有效率的減排成效即是持續推動節能措施。未來在污水處理範疇仍需持續深化節能操作的知識訓練，深化且擴大污水處理設施的節能治理量能，引進高級處理技術本土化操作經驗值，並提升處理設備效率，透過觀摩學習以達節能經驗分享與推廣，節能創新技術持續投入與突破等。

日本現有 2,000 多座污水處理廠，曾選取 100 座處理能力較大的處理廠，考慮處理能力大，有大量溫室氣體排放，其處理量約占全國 52%，溫室氣體排放總量占 51%，試圖找出一個特定排碳模式。其中，一般活性污泥處理程序之單位排放量為 $0.26 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ，但 BNR 處理程序之 N_2O 排放量則明顯降低至與一般生物處理程序大致相同，故其單位排放量亦為 $0.26 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ，雖然 BNR 處理程序電力消耗有所增加，但污水處理之 N_2O 排放明顯降低，評估減碳措施效果，採用 BNR 處理程序的處理廠其減碳效果更大。在日本節能措施案例中，單位排放量可以從原本的 $0.25 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ 降

低至 $0.15 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ 。採用節能措施減少約 40% 之碳排放量，結果顯示單位碳排放量可以顯著減少。

展望未來，仍需要致力於研發污水處理廠高效節能的處理程序運作及人工智慧營運管理系統，方得以減少污水處理設施的溫室氣體排放，追求提高「節能+效能+創能」，並能兼顧水資源再利用的“回收中心”為目標，以朝向淨零碳排前進。

參考文獻

1. 国土技術政策総合研究所 下水道研究部長 南山瑞彦，下水道における脱炭素に向けた取組，2021 年 12 月 20 日
2. 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部，下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル（案），第 12 頁，（2019 年 6 月）
3. 公益社團法人 日本下水道協會，下水道維持管理指針實務編，第 482 頁，（2014 年版）
4. 王朝民，傳統污水抽水站濕井設計解說，中興工程 121 期，（2013 年 10 月）
5. 公益社團法人 日本下水道協會，下水道維持管理指針實務編，第 758~759 頁，（2014 年版）

6. 福嶋俊貴 西村文武 下水処理施設からの温室効果ガス排出量と低減策に関する検討 下水道協会誌 第12頁・(2022年2月 vol59 / No.712)
7. 国土交通省・環境省 下水道における地球温暖化対策マニュアル・下水道部門における温室効果ガス排出抑制等指針の解説・(2016年6月)
8. 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部・下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル(案)・第52頁・(2019年6月)。



摘要

廢污水處理廠亦為產生溫室效應氣體之場所，本文以實際採樣分析之方式調查六座食品業廢水處理廠、七座造紙業廢水處理廠、三座 PCB 業廢水處理廠以及四座公共污水處理廠各處理單元之污染去除量以及溫室氣體排放總量之實際採樣分析。其結果發現都市污水處理廠 CH_4 及 N_2O 溫室氣體排放係數分別為 $1.54 \times 10^{-2} \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$ 及 $1.63 \times 10^{-4} \text{ kgN}_2\text{O}/\text{kgN}$ ，造紙業分別為 $3.23 \times 10^{-4} \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$ 及 $6.70 \times 10^{-6} \text{ kgN}_2\text{O}/\text{kgN}$ ，食品業分別為 $7.05 \times 10^{-4} \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$ 及 $4.46 \times 10^{-5} \text{ kgN}_2\text{O}/\text{kgN}$ 以及印刷電路板業分別為 $1.18 \times 10^{-3} \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$ 及 $1.57 \times 10^{-4} \text{ kgN}_2\text{O}/\text{kgN}$ 。

我國廢污水處理廠

溫室氣體排放係數初探

陳余育¹、李靖婷²、游勝傑³

-
1. 中原大學化學工程學系 / 助理
 2. 中興工程顧問股份有限公司環工部 / 工程師
 3. 中原大學化學工程學系 / 教授

壹、前言

氣候變遷導致我國旱澇頻繁早已是這幾年常見的新聞，其中各部門排放溫室氣體導致之氣候變遷更為其重中之重，根據統計，我國溫室氣體總排放量從 1990 年 137.9 百萬公噸二氧化碳當量成長至 2020 年 285.1 百萬公噸二氧化碳當量，30 多年來大幅約 2.1 倍。二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)與氧化亞氮(N₂O)為影響大氣暖化現象最重要之三種溫室氣體，其中 CH₄ 與 N₂O 之排放量僅次於 CO₂，值得進一步關切其排放來源。CH₄ 為一反應性強之氣體，所造成之溫室效應約為 CO₂ 之 21 倍，調查顯示 2005 年 CH₄ 濃度為 1870 ppbv，為工業化前 580-773 ppbv 之 2.4-3.2 倍，增加幅度高達 1,774 ppbv，我國鹿林觀測站之歷史資料亦顯示 2006 年至 2015 年間，CH₄ 濃度由 1825 ppbv 上升至。CH₄ 約佔釋放至大氣中溫室氣體總量的 10.5%，僅次於 CO₂，但由於其於大氣中之生命週期長達 12 年，若以 20 年為統計單位，CH₄ 所造成之全球暖化潛勢值約為 CO₂ 之 72 倍。

N₂O 雖然釋放到大氣的排放當量僅佔大氣中溫室氣體的 4.3%到 5.0%，明顯低於 CO₂ 的 81.3%，大氣中的 N₂O 濃度已由工業化前時期原來的 280 至 290 ppbv 增加至 1996 年 311 ppbv，增加幅度約為 1.1 倍，而我國鹿林站亦監測到 N₂O 濃度已由 2006 年之 321.5ppbv 增加至

2015 年之 329 ppbv，年增幅度遠大於全球幅度。另根據政府間氣候變化專門委員會之數據，N₂O 所造成之溫室效應約為 CO₂ 的 310 倍，而其大氣環境停留時間高達 150 年，其影響潛勢遠大於 CO₂。

廢污水處理廠雖為降解水中污染物質不可或缺之處理設施，但其亦為產生溫室效應氣體之場所，其所產生之 CO₂、CH₄ 以及 N₂O 等氣體亦將貢獻廢棄部門溫室氣體產量。為保護承受水體，並期增加水體分類合格率，我國目前正積極推動下水道建設，預計未來每年增加 1.0%之速度提高下水道普及率，而放流水中污染物質並非為 0 排放，其處理過程亦可能將溶解性污染物質轉為氣態污染物質，若發生如曝氣池短流導致局部厭氧後產生 CH₄，或是溶氧不足致使硝化不完全以及溶氧過高導致脫硝不完全等所產生之 N₂O 等溫室氣體問題，均可能使未來廢污水處理廠產生的溫室氣體大幅增加，將導致全球暖化效應及氣候變遷更為嚴重。

本文針對北部污水處理廠以及工業局統計污染負荷量較大之造紙業、食品業以及印刷電路板業等廢污水處理廠進行實際各處理單元之污染去除量以及溫室氣體排放總量之實際採樣分析，並依其結果計算我國上述產業廢污水廠平均溫室氣體排放係數，以供主管單位施政之參考。

貳、實驗設計

1. 廢污水處理廠選擇

根據工業局相關數據之調查，我國廢水有機負荷量較高之行業前三名為造紙業、食品業以及印刷電路板業，另我國北部都市污水處理場多有敲除化糞池，且多為營養鹽去除程序，其水質較能代表實際都市污水廠，因此本研究針對北部四座都市污水處理廠（編號 A 至 D）、七座造紙業廢水處理廠（編號 E 到 K）、六座食品業廢水處理廠（編號 L 到 Q）以及三座印刷電路板業廢水處理廠（編號 R 到 T）進行實際之採樣，並分析各單元之進出流水質與該單元之溫室氣體排放量，再據此計算出溫室氣體排放係數。由於各廠之單

元設計不同，以某都市污水處理廠為例（圖 1），其單元包括攔污柵、沉砂池、初沉池、生物反應池、終沉池、消毒池、污泥濃縮池等，而工業廢水則可能尚有調勻池、浮除池、芬頓池等，為簡化數據之處理，因此本文數據之處理僅就各廠不同單元之溫室氣體排放總量除以水質去除總量進行平均計算出各廠溫室氣體排放係數，之後再將各廠之平均數據再進行平均，而未依各廠之水量進行加權計算。

2. 溫室氣體採樣與量測方式

本研究溫室氣體量測方法為採用聯合國教科文組織(UNESCO)及國際水力發電協會(IHA)建議之「水庫溫室氣體量測指引(GHG Measuerment Guidelines for

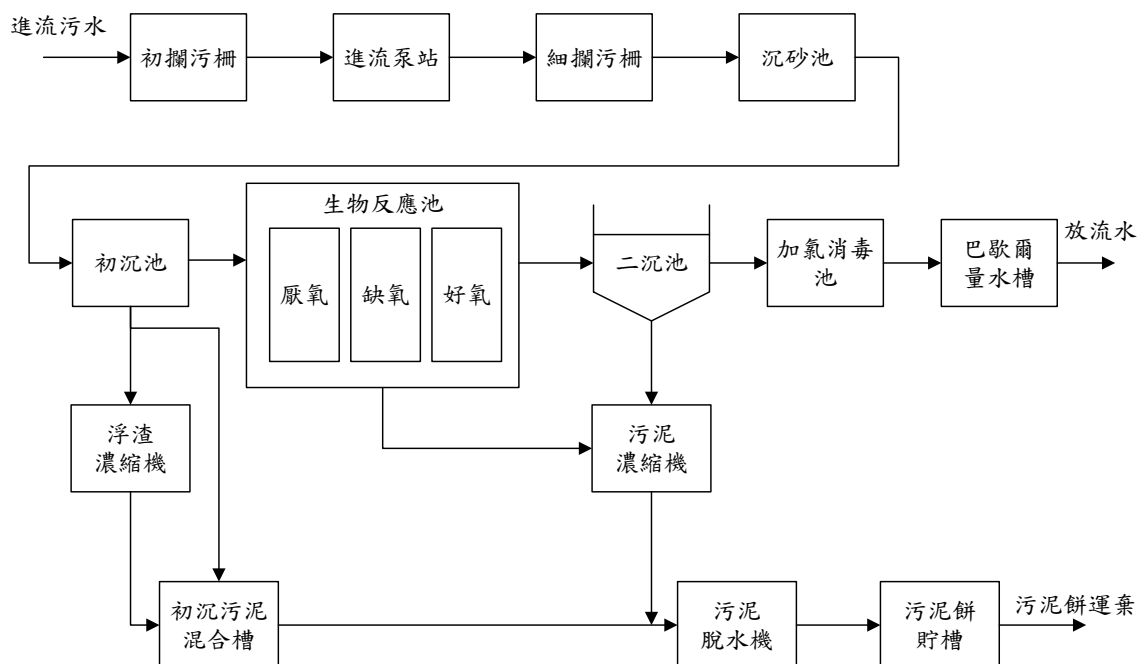


圖 1 北部某都市污水處理廠處理流程示意圖

Freshwater Reservoirs)」，以密閉式浮箱法採樣，搭配離線實驗室分析（如圖2），量測一定時間穿過水-氣界面的溫室氣體濃度差異，據以計算氣液界面溫室氣體通量，此方法又稱為非穩定與非流通式

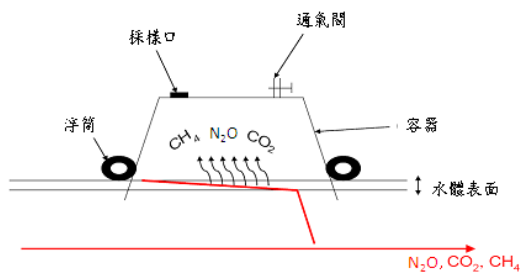


圖2 採樣設備示意圖

浮箱法(non-steady state, no-through flow chamber)，量測廢水處理廠處理單元之溫室氣體類型包括CH₄及N₂O。

量測時保持箱內空氣在與外界沒有任何交換的情況，在特定時間間隔前後由聚乙烯管採集氣體樣品，採樣完成後再將氣體收集袋攜回實驗室進行檢測分析，取得樣品濃度後的通量計算如下式。

量測時以浮箱（如圖2及圖3所示）罩住待測處理單元之水體水面，部分浮箱

$$F_a = \left(\frac{V}{A} \right) \left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \right) \left(\frac{P \times F1 \times F2}{R \times (273.15 + T)} \right)$$

F_a = 溫室氣體通量(mg/m²/day)；

V = 採氣罩之體積(m³)；

A = 採氣罩之截面積(m²)；

ΔC = 0 時與 t 時間之溫室氣體濃度差(ppmv)；

Δt = 二次採樣之時間差異(min)；

P = 當下環境的大氣壓力(kPa)；

$F1$ = 氣體分子量，CO₂ 為 44；N₂O 為 44；CH₄ 為 16 (g/mole)；

$F2$ = 時間轉換因子(1,440 min/day)；

R = 氣體常數(8.3144 JK⁻¹mole⁻¹)

273.15 = 溫度單位由攝氏(°C)轉換為絕對溫度(K)之轉換因子

T = 環境當下溫度(°C)

外殼需浸入水面，保持箱內空氣與外界沒有任何交換的情況，浮箱內水面上方空氣的氣體濃度會隨著時間而明顯變化，並於設定時間間隔採集氣體樣品，時間間隔原則為 30 分鐘（可能依實際量測點位狀況調整），第 0 分鐘量測濃度代表背景濃度，第 30 分鐘量測濃度代表空間浮箱內增加後的濃度，兩者相減即為累積濃度，進而換算氣體排放通量，並同時量測採樣當下的環境溫度；氣體採集後，樣品送回實驗室，並以氣相層析儀 (Gas Chromatography, GC) 進行分析。

除氣體採樣與分析外，本研究同時進行水質採樣，針對上述廢污水處理廠採集各單元之進流水與出流水（以圖 1 為例，

初沉池之放流水即為生物反應池之進流水），進行 COD、BOD、TKN、 NH_4 、 NO_2 、 NO_3 等水質分析。上述空氣與水質分析均採三重覆分析。

參、結果與討論

1. 都市污水處理廠溫室氣體排放係數

表 1 所示為我國北區四座都市污水處理廠之溫室氣體排放係數（行政院環境保護署，2020），由表 1 可看出用去除 COD 計算之 CH_4 排放係數介於 70.547×10^{-4} 到 $293.601 \times 10^{-4} \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$ 之間，用去除 BOD 計算之 CH_4 排放係數介於 89.729×10^{-4} 到 400.396×10^{-4}



圖 3 浮箱採樣裝置實體設備

kgCH₄/kgBOD 之間，而在 N₂O 方面，在以去除單位 TN 為計算基礎的 N₂O 排放係數部分，四廠排放係數介於 0.841×10^{-4} 到 2.170×10^{-4} kgN₂O/kgN 之間。由表 1 亦可計算得到我國北區四座都市污水處理廠溫室氣體平均排放係數，分別是 154.117×10^{-4} kgCH₄/kgCOD、 221.629×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 以及 1.631×10^{-4} kgN₂O/kgN。

2. 造紙業廢水處理廠溫室氣體排放係數

表 2 所示為我國七座造紙業廢水處理廠之溫室氣體排放係數，由表 2 可看出用去除 COD 計算之 CH₄ 排放係數介於 8.65×10^{-5} 到 8.29×10^{-4} kgCH₄/kgCOD 之間，用去除 BOD 計算之 CH₄ 排放係數介於 1.334×10^{-4} 到 20.210×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 之間，而在 N₂O 方面，在以去除單位 TN 為計算基礎的 N₂O 排放係數部分，四廠排放係數介於 4×10^{-6} 到 2.170×10^{-4} kgN₂O/kgN 之間。由表 2 亦可計算得到我國造紙業廢水

表 1 四座都市污水廠各廠溫室氣體排放係數

	kgCH ₄ /kgCOD	kgCH ₄ /kgBOD	kgN ₂ O/kgN
A 廠	0.0075885	0.0113583	0.0001673
B 廠	0.0176434	0.0282808	0.0001839
C 廠	0.0293601	0.0400396	0.0002170
D 廠	0.0070547	0.0089729	0.0000841
平均排放係數	0.0154117	0.0221629	0.0001631

表 2 七座造紙業廢水處理廠各廠溫室氣體排放係數

	kgCH ₄ /kgCOD	kgCH ₄ /kgBOD	kgN ₂ O/kgN
E 廠	0.0000994	0.0001334	0.0000067
F 廠	0.0001501	0.0002349	0.0000063
G 廠	0.0001266	0.0001594	0.0000047
H 廠	0.0001948	0.0002580	0.0000102
I 廠	0.0000865	0.0002018	0.0000076
J 廠	0.0008297	0.0011394	0.0000040
K 廠	0.0007759	0.0020210	0.0000072
平均排放係數	0.0003233	0.0005926	0.0000067

處理廠溫室氣體平均排放係數，分別是 3.233×10^{-4} kgCH₄/kgCOD、 5.296×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 以及 6.7×10^{-6} kgN₂O/kgN。

3. 食品業廢水處理廠溫室氣體排放係數

表 3 所示為我國六座食品業廢水處理廠之溫室氣體排放係數，由表 3 可看出用去除 COD 計算之 CH₄ 排放係數介於 1.666×10^{-4} 到 16.036×10^{-4} kgCH₄/kgCOD 間，用去除 BOD 計算之 CH₄ 排放係數介於 3.173×10^{-4} 到 23.8×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 之間，而在 N₂O 方面，在以去除單位 TN 為計算基礎的 N₂O 排放係數部分，四廠排放係數介於 5.8×10^{-6} 到 1.146×10^{-4} kgN₂O/kgN 之間。由表 3 亦可計算得到我國食品業廢水處理廠溫室氣體平均排放係數，分別是 7.058×10^{-4} kgCH₄/kgCOD、 12.798×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 以及 4.46×10^{-5}

kgN₂O/kgN。

4. 刷電路板業廢水處理廠溫室氣體排放係數

表 4 所示為我國三座印刷電路板廢水處理廠之溫室氣體排放係數，由表 4 可看出用去除 COD 計算之 CH₄ 排放係數介於 6.624×10^{-4} 到 20.279×10^{-4} kgCH₄/kgCOD 之間，用去除 BOD 計算之 CH₄ 排放係數介於 18.361×10^{-4} 到 33.642×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 之間，而在 N₂O 方面，在以去除單位 TN 為計算基礎的 N₂O 排放係數部分，四廠排放係數介於 9.57×10^{-5} 到 2.296×10^{-4} kgN₂O/kgN 之間。由表 4 亦可計算得到我國印刷電路板業廢水處理廠溫室氣體平均排放係數，分別是 11.773×10^{-4} kgCH₄/kgCOD、 28.468×10^{-4} kgCH₄/kgBOD 以及 1.570×10^{-4} kgN₂O/kgN。

表 3 六座食品業廢水處理廠各廠溫室氣體排放係數

	kgCH ₄ /kgCOD	kgCH ₄ /kgBOD	kgN ₂ O/kgN
L 廠	0.0009663	0.0014983	0.0000058
M 廠	0.0003559	0.0004224	0.0000066
N 廠	0.0002641	0.0007604	0.0000076
O 廠	0.0016036	0.0023800	0.0001146
P 廠	0.0008786	0.0023005	0.0000447
Q 廠	0.0001666	0.0003173	0.0000885
平均排放係數	0.0007058	0.0012798	0.0000446

表4 三座印刷电路板業廢水處理廠各廠溫室氣體排放係數

	kgCH ₄ /kgCOD	kgCH ₄ /kgBOD	kgN ₂ O/kgN
R 廠	0.0008416	0.0033642	0.0002296
S 廠	0.0020279	0.0018361	0.0000957
T 廠	0.0006624	0.0033402	0.0001456
平均排放係數	0.0011773	0.0028468	0.0001570

5. 我國廢污水處理場溫室氣體排放係數與其他國家之比較

表5所示為我國都市與工業廢污水處理廠溫室氣體排放係數與其他國家之比較，由表1可看出本研究經採樣分析求得我國都市污水處理廠之CH₄溫室氣體排放係數為 1.54×10^{-2} kgCH₄/kgCOD，與IPCC建議都市兼氧/淺厭氧塘 5.00×10^{-2} kgCH₄/kgCOD相近，較IPCC建議都市厭氧塘/厭氧槽 2.00×10^{-1} kgCH₄/kgCOD差了一個order，而IPCC建議都市好氧處理廠之排放係數為0 kgCH₄/kgCOD。就學理來看，好氧槽若是曝氣均勻，將不會有CH₄產生，相反的厭氧槽則將產生相當高濃度之CH₄，由IPCC之建議係數來看，單純曝氣池與單純厭氧池之CH₄排放係數分別為0及 2.00×10^{-1} ，亦符合此學理。本研究排放係數高於IPCC建議之好氧槽排放係數而低於IPCC建議厭氧槽排放係數之原因為本研究進行採樣之都市污水處理廠均為併同碳、氮、磷去除之污水處理廠(三座TNCU、一座VIP)，其單元包含好氧、

缺氧與厭氧等三種反應槽，可能其氧化還原電位與單純好氧槽及厭氧槽不同所導致。而我國營建署自106年起辦理的8廠碳盤查，因各廠次規模與處理流程不同，因此排放係數為一大範圍的區間，如CH₄盤放係數。由 2.17×10^{-2} - 6.27×10^{-4} kgCH₄/kg COD；N₂O排放係數為 3.75×10^{-3} - 1.01×10^{-4} kgN₂O/kg TNrev與國際間差異不大。

在造紙業的部分，本研究求得之CH₄溫室氣體排放係數為 3.23×10^{-4} kgCH₄/kgCOD，較其他國家低了1-2個order，而N₂O溫室氣體排放係數為 6.70×10^{-6} kgN₂O/kgN，較其他國家低了1-4個order。

在食品業的部分，本研究求得之CH₄溫室氣體排放係數為 7.05×10^{-4} kgCH₄/kgCOD，與日本相近，較德國低了1個order、較澳洲低了3個order，而N₂O溫室氣體排放係數為 4.46×10^{-5} kgN₂O/kgN，較其他國家低了1-3個order。

在印刷電路板業的部分，本研究求得之 CH_4 溫室氣體排放係數為 $1.18 \times 10^{-3} \text{ kgCH}_4/\text{kgCOD}$ ，由於無其他國家印刷電路板之資料，因此本研究與日本其他製造業相近，但較 IPCC 之事業廢水廠排放係數低了 2 個 order，而 N_2O 溫室氣體排放係數為 $1.57 \times 10^{-4} \text{ kgN}_2\text{O}/\text{kgN}$ ，較日本其他製造業低了 1 個 order。

整體來看，我國各項溫室氣體排放係數均較文獻上其他國家低，由於目前文獻上可找到之資訊均為溫帶國家之研究成果，推測其與本研究之差異可能為廢污水水溫不同導致生物反應不同之結果。本研究為初步之調查成果，建議相關單位應可持續調查不同產業之溫室氣體排放係數，最後訂出符合我國氣候條件之合理排放係數。

表 5 我國都市與工業廢污水處理廠與其他國家溫室氣體排放係數比較

	平均排放係數	$\text{kgCH}_4/\text{kgCOD}$	$\text{kgN}_2\text{O}/\text{kgN}$
都市污水廠	我國(本研究)	1.54×10^{-2}	1.63×10^{-4}
	我國(營建署)	$6.27\text{-}217 \times 10^{-4}$	$1.01\text{-}37.50 \times 10^{-4}$
	日本清冊本土係數 ^a	5.29×10^{-4}	$1.2\text{-}14.2 \times 10^{-6}$
	IPCC 都市好氧處理廠	0	1.60×10^{-2}
	IPCC 都市兼氧/淺厭氧塘	5.00×10^{-2}	0
	IPCC 都市厭氧塘/厭氧槽	2.00×10^{-1}	0
造紙業	我國(本研究)	3.23×10^{-4}	6.70×10^{-6}
	日本	2.50×10^{-3}	1.40×10^{-5}
	德國	6.20×10^{-3}	1.00×10^{-2}
	澳洲	7.50×10^{-2}	5.29×10^{-4}
食品業	我國(本研究)	7.05×10^{-4}	4.46×10^{-5}
	日本	1.20×10^{-3}	4.70×10^{-4}
	德國乳製品加工業	5.29×10^{-4}	1.00×10^{-2}
	澳洲乳品業	1.75×10^{-1}	5.29×10^{-4}
印刷電路板業	我國(本研究)	1.18×10^{-3}	1.57×10^{-4}
其他製造業	日本	3.00×10^{-3}	5.30×10^{-3}
事業廢水廠	IPCC	2.00×10^{-1}	--

a. 日本清冊本土係數單位為 kgCH_4/m^3 以及 $\text{kgN}_2\text{O}/\text{m}^3$

肆、結論

1. 我國都市污水廠、造紙業、食品業、印刷電路板業廢污水處理廠溫室氣體 CH_4 排放係數分別為 1.54×10^{-2} 、 3.23×10^{-4} 、 7.05×10^{-4} 以及 $1.18 \times 10^{-3} \text{ kgCH}_4 / \text{kgCOD}$ ，而 N_2O 排放係數分別為 1.63×10^{-4} 、 6.70×10^{-6} 、 4.46×10^{-5} 以及 $1.57 \times 10^{-4} \text{ kgN}_2\text{O} / \text{kgN}$ 。
2. 我國各項溫室氣體排放係數均較文獻上其他國家低，可能與廢污水水溫不同所導致。
3. 應持續調查不同產業之溫室氣體排放係數，最後訂出符合我國氣候條件之合理排放係數。

參考文獻

1. 台灣水環境再生協會 (2013) 下水道節能、減碳及創能實務。
2. 行政院環境保護署 (2012) 廢污水處理中 N_2O 生成機制及控制技術研究。
3. 行政院環境保護署 (2020) 污水處理廠溫室氣體排放係數建置之研究。
4. 邱智萱、呂建志、許珮蓓、周武雄、游勝傑 (2020) 污(廢)水處理設施溫室氣體本土排放係數建立成果與評析，環境資訊與規劃管理研討會，中壢。



摘要

我國都市防洪治理，過往均以雨水下水道為主要建設，政府單位於民國 60 年代起，考量經濟快速發展，都會土地大量開發造成都市排水問題日益嚴重，著手辦理各都市計畫區之雨水下水道規劃；因雨水下水道建設經費龐大且地方財力不足，中央爰以特別預算專案計畫補助辦理，歷年已補助計畫目標分別為「易淹水地區水患治理計畫（95-102 年）」補助各縣市政府加速辦理雨水下水道規劃檢討、興建及清淤；「流域綜合治理計畫（103-108 年）」嘗試導入「都市總合治水」、「低衝擊開發」及「韌性城市」等新思維；「前瞻基礎建設計畫-水環境建設計畫-水與安全-縣市管河川及區域排水整體改善計畫（106-114 年）」持續加強都市區排水整體改善。世界銀行報告指出，受氣候變遷的影響，各國旱澇情況日益嚴重，國際間已開始重視氣候變遷及劇烈降雨問題，並重新調整都市治水之政策方向。內政部營建署為我國下水道主管機關，上述既往推動計畫均以補助各縣市政府改善急迫性都市排水效能為主，惟面對極端氣候，深知「人力難以勝天、工程有其極限」，為使整體都市防洪能力得與時俱進，內政部營建署乃研訂「都市總合治水建設計畫（111 至 115 年度）」以推廣都市總合治水建設、都市跨域防洪、重要設施保全及科技防災運用等方式，逐年改善提升各都市防洪保護標準。

都市總合治水政策推動

杜鐵生¹、宋長虹²

- 1.內政部營建署下水道工程處 / 課長
- 2.亞磊數研工程顧問有限公司 / 董事長

壹、前言

傳統之都市計畫區治水係以雨水下水道建設為基礎，我國雨水下水道設計始自民國 47 年前省府時代公共工程局，逐年辦理各都市計畫區之雨水下水道規劃建設工程，歷經數十年之推動建設，至今已具規模。惟因雨水下水道建設年代不一，部分設施老舊或環境條件改變（諸如都市計畫區發展，氣候變遷），超過設計基準以上之短延時高強度豪大雨頻率遽增，導致都市地區淹水風險提昇。在現實條件下，欲全面提昇雨水下水道設計標準有其困難，且雨水下水道投資建設有其極限，此外，河川排水管理概念轉變，增立法規（如出流管制）之限制，都市地區治水思維亦須配合調整。

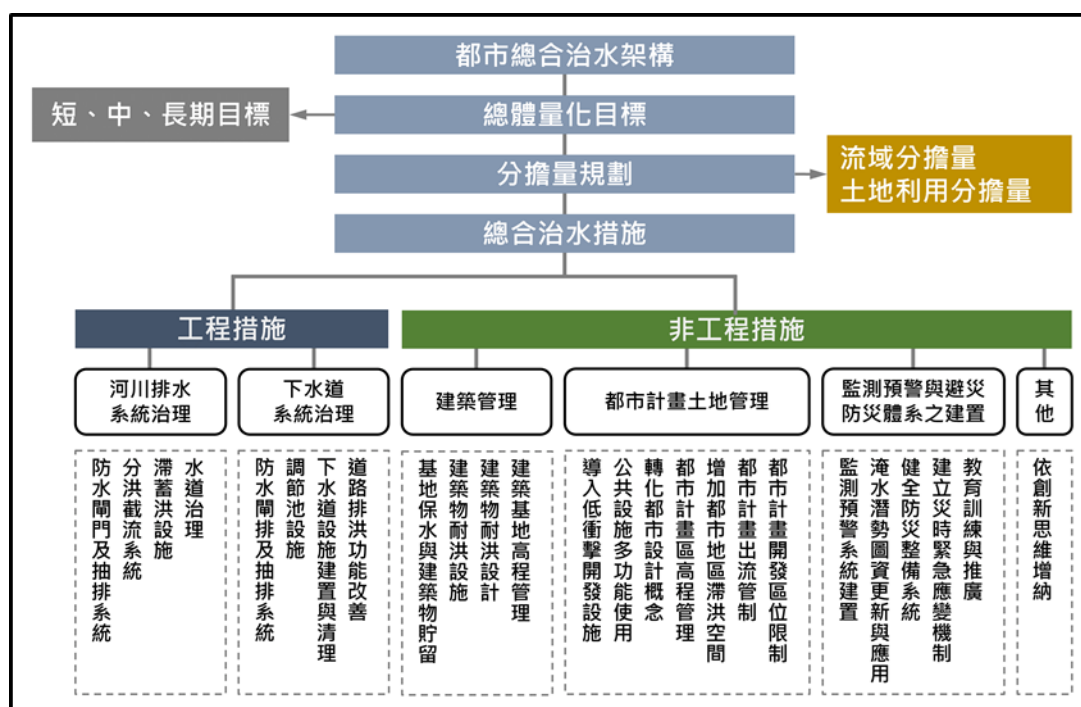
營建署為積極整合現有資源，透過《都市計畫法》與《建築管理技術法規》持續落實防洪減災，以確保國土資源永續利用，提高整體調適能力，曾於民國 103 年辦理「都市總合治水綱要」計畫，提出都市總合治水綱要，作為未來施政方針。「總合治水」概念係以流域整體治理觀點所提出之治水方式，而總合治水計畫係為透過土地利用管制、防災策略、工程措施、非工程措施與相關技術規範規劃等方法，達成地區保護基準下之洪水分配與出流管制之目標。整體而言，河川流域上、中、下游之治理依林地、平地與海岸地區各有不同之管理面向與目標，其權責

亦歸隸不同之主管機關。總合治水需建立主動積極之洪水管理之觀念，首重防洪目標水量之權責分配，確定逕流出流量，釐清整合問題，跨管理機關規劃系統性的解決策略。

「都市總合治水」之防洪架構，首須訂定總體量化目標，據以訂定都市計畫區整體分擔量與各土地利用分擔量後，再研訂各項總合治水措施。總合治水措施可分為工程措施及非工程措施，其中工程措施包括河川排水系統及下水道系統治理，透過水道治理、道路排洪功能改善、建置下水道設施及疏通、出流管（抑）制設施建置，使都市整體防洪能力於工程上達提升之效果；而非工程措施則係採以管理面及管制面配套，於建築、都市計畫土地層面法規規範導入流出量體管制及耐洪設計概念；同時納入土地高程管理及監測預警系統，建置防避災體系，以提升整體都市總合治水成效，都市總合治水架構請參見圖 1 所示。

貳、計畫目標及工作項目

民國 110 年 5 月 24 日行政院核定「都市總合治水建設計畫（111 至 115 年度）」（院臺建字第 1100009193 號函），計編列 20 億計畫經費，以推廣都市總合治水建設、都市跨域防洪、重要設施保全及科技防災運用等方式，逐年改善提升各都市防洪保護標準。「都市總合治



資料來源：內政部營建署「都市總合治水綱要」計畫，民國 103 年 7 月。

圖 1 都市總合治水推動架構

水建設計畫（111 至 115 年度）」主要目標為因應環境變遷及科技趨勢，研訂調適策略，同時提升都市防洪保護標準、改善都市地區淹水、維持雨水下水道系統抽排功能發揮，以及健全都市治水防災預警應變系統。擬列之工作項目，包括：(1) 都市總合治水創新防災管理規劃，(2) 政策法規調適及非工程措施。(3) 辦理防災系統精進計畫及都市水情監測，以及(4) 淡水河流域抽水站維護管理。整體效益以「增加保護面積」為總衡量指標，並依工作項目區分有「治水調適策略」、「防災精進作為」及「健全排洪功能」為主要衡量指標，且分別訂定預期的達成數量及保護程度作為績效指標，本計畫民國 111

至 115 年各年度工作項目量化指標值列，如表 1 所示。指標訂定方式說明如下：

一、增加保護面積

為呈現本計畫提升都市整體防洪效能，以保護面積為本計畫總衡量指標，以反應本計畫各執行項目總體績效。

二、治水調適策略

以中央應辦事項為主要工作，係中央主管機關因應氣候變遷及科技趨勢，配合跨部會治理目標，進行滾動檢討各項政策面向之重要工作，研擬建構都市總合治水創新防災管理規劃之規劃架構。同時辦理

非工程措施，包含成立服務團定期辦理預警及防災之教育訓練，透過多媒體及網路科技，對民眾進行宣導。因此除營建署業務外，將透過委辦計畫執行相關工作，績效及評估指標以計畫件數統計。

三、防災精進作為

1. 智慧警戒、防災系統精進，係延續辦理都市排水規劃模式檢核作業，以輔助預警分析應用，加強都市溢淹示警之即時性及精度提升，因此以委辦件數統計。

2. 都市水情監測計畫係為提升防災意識及救災效率，依據縣市政府為單位，依其需求辦理智慧防災預警計畫，以為在地都市防災應用。縣市政府應提列系統需求，包含智慧感測設施數量、預警系統建置計畫，以利整體效益評估。

四、健全排洪功能

淡水河流域抽水站維護管理計畫，以委辦縣市政府為統計標準，現階段將分年委託新北市政府及基隆市政府辦理相關工作。

表 1 都市總合治水建設計畫分年工作項目績效指標及評估基準表

衡量標準	績效指標	年度績效指標及評估基準					合計
	年度 指標項目	111 年	112 年	113 年	114 年	115 年	
增加保護面積	保護面積（平方公里）	0	1	1	2	2	6
治水調適策略	都市總合治水創新防災管理規劃（件數）	2	4	6	6	8	26
	法規策略調適及非工程措施（件數）	1	1	1	1	1	5
防災精進作為	智慧警戒、防災系統精進計畫（件數）	1	1	1	1	1	5
	都市水情監測計畫（站數）	20	460	460	480	500	1920
健全排洪功能	淡水河流域抽水站維護管理（委辦數量）	0	0	0	0	78	78

資料來源：內政部「都市總合治水建設計畫（111至115年度）」（核定本），民國110年5月。

參、執行策略及方法

「都市總合治水建設計畫(111至115年度)」推動主要面臨課題，包括：

- (1) 現行特別預算計畫內，無法完全涵蓋中央應辦事項，
- (2) 跨縣市及跨區之治理，需透過中央協商以釐清權責，
- (3) 因應都市地區環境條件遽變，應滾動調整治理方針，
- (4) 應用科技融入大數據資料庫及智慧防災管理系統，
- (5) 因應氣候變異需持续提升都市地區防洪保護標準。

衡酌未來環境變化，諸如氣候變遷、科技發展趨勢、跨域防洪之整體思維，以及超前部署理念「都市總合治水建設計畫(111至115年度)」應辦事項包含跨域治理工作協調、滾動檢討治理標準、科技應用政策研訂、風險管理超前部署、防災預警智慧管理等工作，以發揮防洪治理最佳功能，提升都市防洪保護標準，加強都會區防災避災能力，落實風險管理策略降低洪災風險，協助提升城市韌性，促進區域經濟發展、保障生活品質、建立永續發展城市為目標。

「都市總合治水建設計畫(111至115年度)」研定辦理工作項目中，以治水調適策略成果之引導性為其關鍵，其中，政策法規調適及非工程措施之研訂將影響計畫推動之理念架構與權責分工，主要工作目標為：

一、法規政策調適及整合修訂

依《下水道法》規定，同時因應未來環境變化，依據所研訂之區域下水道計畫範圍及內容，辦理區域下水道計畫內容轉置整合作業。此外，水利署所辦理「出流管制及逕流分擔」計畫核定後，屬於都市計畫區之治理工程，將可能歸屬於營建署補助範圍。應事先建立協議審查機制，透過法規修訂，規範治理工程之都市滯洪效益、營運管理權責及經費分工來源等模式；並配合相關調適策略進行內政部各類法規整合及調整修訂工作。以確定分工模式，避免權責不清。

二、非工程措施

隨雨水下水道智慧感測及防災預警系統逐漸普及化，為令全國人民居安思危提升防災意識，應積極宣導政府機關智慧警戒作業流程。結合產官學界力量，以村里為單位，針對民眾不分性別年齡，進行防災預警、都市排水設施維護管理、救災避難措施等項目之教育訓練課程與說明會。透過相關課程引導民眾，說明重大都市防洪法規政策及相關案例成效；並宣導於豪大雨災害發生前中後應如何整備、因應及配合政府相關作為，以深化教育達成韌性城市目標。

「都市總合治水建設計畫」之政策法規調適及非工程措施涉及研究之主題可概分為三項：

1. 規劃面：都市整體防洪規劃原則作業

規範及原則訂定與修正。

2. 管制面：建築基地流出抑制作業規範之擬定與修正。
3. 管理面：都市洪水基準高程擬定與作業要點訂定及修正。

依據營建署 107 年「全國都市防洪保護標準相關指標訂定（核定本）」指出，規劃保護標準可區分為「設計基準」與「保護標準」。「設計基準」是由水利建造物之設計角度出發，以水路之通洪能力能滿足某一計畫流量為目標（如雨水下水道設計基準）；其中計畫流量為基於區域治水考量下，該水利建造物於區域保護標準下之分攤流量。而「保護標準」係從防災角度出發，以保護特定區域或重要設施，滿足某一重現期之暴雨、洪水或暴潮所設定（如都市總合治水保護標準）。此

外，為避免都市地區持續開發，造成計畫流量隨之提升，可藉由建築基地「流出抑制」方式進行管制。當降雨超過「都市總合治水保護標準」時，則需透過「洪水基準高程」方式進行建築物高程管理，以達到都市總合治水之實質防減災目的（如圖 2 與圖 3 所示）。

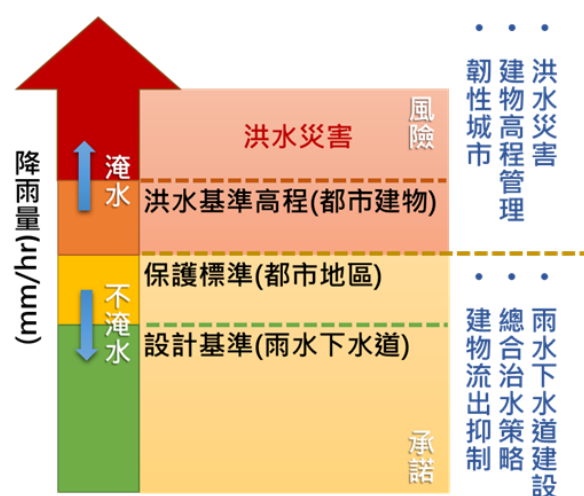


圖 2 都市總合治水保護標準與設計基準關係圖



圖 3 都市總合治水規劃-管制-管理架構圖

為依《下水道法》擘劃整體都市排水治理之政策發展方向，並肩負中央治水機關協調及跨縣市間都市排水整合等事項之責任；營建署於「都市總合治水建設計畫」中將推動跨區域、跨領域之整體都市防洪規劃。因此，為能具體協助推動該項工作，本計畫以都市地區之總合治水為目標，整體考量其所在之流域上、中、下游通洪流量；透過釐清不同權責單位之排水現況及規劃限制，逐步評估都市地區入出流（管制）標準、都市地區與非都市地區總合治水；同時配合推動建築基地流出抑制及洪水基準高程等措施，進而實現總合治水創新防災管理，逐步提升都市地區整體保護標準。有關都市地區整體防洪規劃涉及各類排水系統關聯性如圖 4 所示。其中，區域排水受《水利法》「逕流分擔與出流管制」規定，其為降低土地開發之衝擊，推動流域出流管制，土地開發利用或變更使用計畫應優先運用低衝擊開發方

式，以增加透水、滯洪與綠地面積及不增加下游河川、排水系統負擔為原則，並不得妨礙原有水路之集、排水功能，且不能阻礙其上游地區之地表逕流通過。「出流管制計畫書與規劃書檢核基準及洪峰流量計算方法」及「建築技術規則建築設計施工編」雖已明定個案開發基地減洪之量體及其計算方法，但尚未針對流域出流管制做明確法規制定，然而唯有控制各類排水系統之出流量，才可能達到不增加下游河川、排水系統負擔之目標。表 2 為各類排水之設計基準。

一、都市總合治水規劃

都市總合治水之規劃係為因應都市土地開發引致逕流增加及氣候變遷降雨集中、強度增加之現象，或提高都市防洪保護標準所採取之防洪措施，除應管制災害潛勢區之過度開發外，應透過利用都市中



圖 4 都市地區總合治水涉及各類排水系統關聯圖

表2 各類排水之設計基準

排水類型	河川	區域排水	都市排水	坡地排水	農田排水
相關規範	經濟部水利署「河川治理及環境營造規劃參考手冊」	經濟部水利署「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」	內政部營建署「雨水下水道設計指南」	行政院農業委員會「水土保持技術規範」	流域綜合治理計畫「農田排水工程規劃設計原則參考手冊」
設計基準 (重現期)	200年(淡水河) 100年(中央管河川) 25-50年(縣(市)管河川)	10年(加出水高)・25年洪水不溢堤	1-5年	10-25年	10年
降雨延時	長降雨延時・通常採用24~48小時・或3日暴雨量	長降雨延時・通常採用24小時暴雨量	短延時降雨或長延時颱風雨・一般採60~120分鐘	集流時間一般採60分鐘	長降雨延時・通常採用一日暴雨量
頻率分析	採用一般極端值分布、極端值一型分布、皮爾遜第三型分布、對數皮爾遜第三型分布、三參數對數常態分布、兩參數對數常態分布進行檢定統計分析		採用 Talbot、Sherman 或 Homer 降雨強度公式	採用不同重現期之無因次降雨強度公式	採用不同統計分布並經檢定
雨型分析	以同位序法、SSGM 及 Homer 為主		以 Homer 或 SSGM 為主	無雨型	建議採用水利署之相關方法
洪峰流量推估	1. 有雨量、流量站之集水區建議採無因次單位歷線、瞬時單位歷線、地貌型瞬時單位歷線及水筒模式 2. 有雨量但無流量資料之集水區・建議採無因次單位歷線、三角形單位歷線、合成單位歷線或合理化公式 3. 雨量、流量資料缺乏之集水區可利用迴歸經驗法或比流量等方法推估之		1. 合理化公式 2. 歷線法 3. 電腦模擬	1. 有實測資料時・採用單位歷線分析法 2. 無實測資料時・採用合理化公式	建議採用水利署之相關方法

各類可利用空間，設置雨水入滲、儲流、滯洪設施，增加開發基地保水效果，或透過都市計畫之手段，檢討土地使用分區配置，或經由土地使用分區管制規則之變更，以增加都市空間之滯洪能力，另配合都市雨水下水道及排水系統之定期檢討規劃，發揮建築、道路、綠地、水系對雨水之吸納與緩釋作用，提升都市地區滲水、蓄水、涵養水之能力，增加都市地區因應暴雨災害之彈性與韌性。涉及之法規涵括都市計畫土地管理、建築管理與基地保水、雨水下水道規劃設計檢討等面向，分述如后。

1. 都市計畫土地管理層面法規

都市計畫土地管理層面法規可概分為「都市土地管制」、「都市計畫擬定及通盤檢討」及「都市計畫個案變更」等分類。「都市土地管制」主要受《都市計畫法》所規範，依各都市計畫區之整體均衡發展角度制定，防止開發進入災害潛勢區則透過不同法令，如《環境影響評估法》、《水利法》、《建築法》、《水土保持法》等進行管制限制。「都市計畫擬定及通盤檢討」：依據都市計畫法第 26 條規定，都市計畫每 3~5 年內至少應通盤檢討一次，而近年修訂了「都市計畫通盤檢討實施辦法」第 6 條則明訂：「都市計畫通盤檢討時，應依據都市災害發生歷史、特性及災害潛勢情形，就都市防災避難場所及設施、流域型蓄洪及滯洪設施、救災路線、火災延燒防止地帶等事項進行

規劃及檢討，並調整土地使用分區或使用管制。」意即藉由通盤檢討的方式有系統的規劃都市滯洪、土地使用之調整等，以達到都市防洪之目的。「都市計畫個案變更」：而都市土地如有重大事變或需防止重大災害，可依都市計畫法第 27 條進行分區變更，透過調整土地使用分區作為滯洪池之方式進行防洪作為。

2. 建築管理與基地保水層面法規

建築管理與基地保水層面包含對開發基地及建築物之限制與管理，係透過土地使用管制規定及《建築法》之規範，以及中央與地方有關滯洪量體計算技術規定體現。其中有關都市計畫公共設施亦可依據《都市計畫公共設施用地多目標使用辦法》第 2 條第 1 款，管制其開發前後之逕流量。土地使用管制規定則依《都市計畫法》第 22 條規定，如都市計畫法臺灣省施行細則第 35 條其主要的項目包括土地及建築物之使用、最小建築基地面積、基地內應保持空地之比率、容積率、綠覆率、透水率、基地內前後側院深度及寬度、建築物附設停車空間、建築物高度與有關交通、景觀、防災及其他管制事項等，未來可作為本計畫在進行總合治土地管理策略時之參考依據。而依據《建築法》第 97 條所訂之建築技術規則建築設計施工編，於民國 102 年修訂第 4-3 條條文，規範建築物應設置雨水貯集滯洪設施，並依據建築技術規則第 307 條，訂定建築基地保水設計技術規範供基地保水設

計之參考。最新訂定的地方政府自治條例則包含「新北市政府辦理公共設施用地開發透水保水實施要點」與「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」。

3. 雨水下水道規劃設計檢討

都市計畫中雨水下水道之建設係由《下水道法》所規範，而相關雨水下水

道、抽水站之規劃設計，因涉及之計算分析方式複雜，則由雨水下水道設計指南所訂定。雨水下水道規劃設計檢討之相關法規列於表3所示。

二、建築基地流出抑制

「都市總合治水建設計畫」整合都市設計概念，以管制面之流出抑制作業，減

表3 雨水下水道規劃設計檢討相關法規

位階	法規	法條內容	適用性
中央	下水道工程設施標準第10條	土地開發利用而增加之逕流量，足以影響下游防洪及排水系統者，應設置雨水調節池及沉砂池。	設置雨水下水道雨水調節池之條件
	下水道工程設施標準第11條	雨水調節池設置規定如下： ● 位置應依下游既設管渠、抽水站及排水承受水體等排水能力選定。 ● 調節池設計之容量至少應採用五十年以上一次頻率之降雨強度計算開發後之雨水最大逕流量。 ● 調節池容量之決定，應考慮開發前後逕流係數之改變、下游排水設施之排水能力及設計集流時間等因素。 ● 雨水調節池之構造為堰堤式、掘進式或地下式，應以重力方式放流。	雨水下水道雨水調節池之設計標準
	雨水下水道設計指南	規範雨水下水道（包含抽水站）之設計施工標準	雨水下水道及抽水站設計施工標準
地方	臺北市下水道管理自治條例第九條（地方自治規範）	基地開發時，基地使用人應依排入雨水下水道逕流量標準，排放雨水逕流。前項標準由市政府定之。基地使用人對依第一項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。	基地逕流排入雨水下水道應符合標準
	臺北市雨水下水道設施規劃設計規範	規定雨水下水道設施計畫流量估算方式、各項設施之設計重現期規定、暴雨流係數參考值以及抽水站之設計標準。	臺北市雨水下水道與抽水站設計施工標準

抑都市發展引致之逕流增量，確保都市綜合治水措施與雨水下水道系統保護標準效能。「建築技術規則建築設計施工編」第 4-3 條已明確規定，除合乎該編第十三章山坡地建築已依水土保持技術規範規劃設置滯洪設施、個別興建農舍、建築基地面積三百平方公尺以下及未增加建築面積之增建或改建部分者外；其餘應於法定空地、建築物地面層、地下層或筏基內設置水池或儲水槽，以管線或溝渠收集屋頂、外牆面或法定空地之雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統。雨水貯集滯洪設

施得於四周或底部設計具有滲透雨水之功能。若採用密閉式水池或儲水槽時，應具備泥砂清除設施。倘雨水貯集滯洪設施無法以重力式排放雨水者，則應具備抽水泵浦排放；並應於地面層以上及流入水池或儲水槽前之管線或溝渠設置溢流設施。惟「建築技術規則建築設計施工編」第 4-3 條，僅規定雨水貯集滯洪設施設，並未針對流出抑制設施及流出量體訂定相關規定。本計畫規劃依據第相關研究成果，參考地方政府相關自治法規（如表 4 所示），研訂建築基地流出抑制作業規範，

表 4 地方政府開發基地流出抑制相關自治法規

分類	法規	條號	內容
縣市政府開發基地流出抑制相關法規	臺北市基地開發排水下水道逕流量標準 (108.12.20)	4	基地開發有下列各款情形之一者，其基地使用人應依本自治條例第九條規定設置雨水流出抑制設施： 一、建築物新建行為。 二、建築物改建行為。 三、增加建築物第一層樓地板面積行為。 四、其他經水利處認定之開發行為。 前項基地開發之面積計算基準如下： 一、建築物新建行為：依目的事業主管機關核准開發或利用之基地面積計算。 二、建築物改建行為：以實際改建建築面積除以建蔽率計算。 三、增加建築物第一層樓地板面積行為：以實際增建建築面積除以建蔽率計算。
		6	基地開發增加之雨水逕流量，透過雨水流出抑制設施，應符合最小保水量及最大排放量。 前項所指最小保水量以基地面積每平方公尺應貯留 0.078 立方公尺之雨水體積為計算基準；市府所屬各機關學校之公共設施用地開發行為，以基地面積每平方公尺應貯留 0.109 立方公尺之雨水體積為計算基準；最大排放量以基地面積每平方公尺每秒鐘允許排放 0.0000173 立方公尺之雨水體積為計算基準。
		7	雨水流出抑制設施採用機械抽排者，為避免機組故障影響設施之安全，應設有備用機組及必要之溢流措施。

表4 地方政府開發基地流出抑制相關自治法規(續)

分類	法規	條號	內容
縣市 政府 開發 基地 流出 抑制 相關 法規	臺北市下水道管理自治條例(101.02.16)	9	基地開發時，基地使用人應依排入雨水下水道逕流量標準，排放雨水逕流。 前項標準由市政府定之。 基地使用人對依第一項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。
	桃園市建築基地開發排入雨水下水道逕流量標準(108.09.26)	4	建築物之新建、增建或改建，除有下列情形之一者外，其建築物基地使用人應設置雨水流出抑制設施： 一、山坡地建築已依水土保持技術規範設置滯洪池設施。 二、個別興建農舍。 三、建築基地面積三百平方公尺以下。 四、未增加建築面積之增建或改建部分。
		6	雨水流出抑制設施貯集雨水逕流量，其設計容量不得低於最小貯集滯洪量；排放雨水逕流量，其設計排放量不得低於容許排放量百分之八十五，且不得高於容許排放量。 前項所稱最小貯集滯洪量，以建築基地開發面積，每平方公尺應貯集零點零五一立方公尺之雨水體積為計算基準；容許排放量，以建築基地開發面積，每平方公尺每秒鐘允許排放零點零零零一四立方公尺之雨水體積為計算基準。
	桃園市下水道管理自治條例(106.01.25)	9	基地開發時將產生之排水直接排入雨水下水道者，基地使用人應檢具排水計畫向水務局申請，經核定其排水量後，應依核定之排水量排放。 基地使用人對依前項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。 第一項之排水量應依雨水下水道逕流量標準核算；其標準另定之。

透過管制作為使建築基地開發時，將流出抑制設施導入設計考量；以降低建築基地逕流流出，增加雨水下水道之容受力，達成提升都市防洪能力目標。

三、防洪基準線

劃設「都市地區防洪基準線」可顯示都市地區在特定水文重現期下之淹水深度，提供作為建築物進行防洪設計時，訂

定建築基地地面高度之參考依據；即國際建築規範(International Building Code, IBC)所稱建築設計防洪基準線(Design Flood Elevation, DFE)。另，都市地區民眾可依據此淹水水位基準線，於颱風暴雨來臨前進行相關因應措施之整備，諸如堆設沙包或設置防洪閘板高度之決定，藉此提升建築物耐洪避災之能力，提高人民生命財產之保障，另一方面亦可減輕政府進

行災後復原之經濟負擔。基本上，在氣候變遷極端水文現象頻仍情形下，都市地區僅以雨水下水道或排水治理等工程手段防洪、減災，以保護人民之生命財產安全，有其限度。須輔以非工程措施，提升都市之耐洪及耐災韌性；即當都市地區發生超越工程設施設計標準之洪災事件時，依「都市地區防洪基準線」進行建築基地高程設計之建築，可提供都市防洪最後一道防線。換言之，都市計畫單位可參考「都市地區防洪基準線」進行新訂都市計畫區之高程管理。建築管理單位則可參考「都市地區防洪基準線」決定建築設計基準線之相關設計；如建築物一樓樓板高程、出入口高程、防洪閘板高度，或一樓使用方式等。洪水基準線之劃設及推動涵括建築管理及水利二部分，國內目前僅有建築技術規則建築設計施工編第 4 條、第 4-1 條及第 4-2 條，屬於與洪水基準線相關之法規，而水利相關部分，尚無洪水基準線之相關定義及規定，惟洪水基準線劃設之目的在保護建築物防止積潦之危害，屬《水利法》及《水利法施行細則》所述之防洪項目，而洪水基準線產製方式則符合《水災潛勢資料公開辦法》中關於水災潛勢之定義。

依《建築技術規則設計施工編》第 4 條規定：「建築基地之地面高度，應在當地洪水位以上，但具有適當防洪及排水設備，或其建築物有一層以上高於洪水位，經當地主管建築機關認為無礙安全者，不

在此限」，所指當地洪水位已有洪水基準線之概念，唯無明確之定義。睽諸都市地區內水係屬於《水利法》第 78 條之 4 但書的市區排水，不適用《水利法》，而應由目的事業主管機關依其法令管理之。而依《下水道法》第 1 條：「為促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理，以保護水域水質，特制定本法」，都市地區內水管理應適用《下水道法》，依該法第 3 條，其中央主管機關為內政部。都市地區外水是河川，其防洪事業管理則適用《水利法》，依《水利法》第 4 條，中央主管機關為經濟部。建築管理原則適用《建築法》，而《建築法》因管理分工之不同，而有其特殊的主管機關之規定；「建築法」第 2 條第 1 項原則規定：「主管建築機關，在中央為內政部；在直轄市為直轄市政府；在縣(市)為縣(市)政府。」，但在第 2 項有例外規定：「在第三條規定之地區，如以特設之管理機關為主管建築機關者，應經內政部之核定。」；同法第 3 條則第 1 項規定：「本法適用地區如左：一、實施都市計畫地區。二、實施區域計畫地區。三、經內政部指定地區。」，第 2 項規定：「前項地區外供公眾使用及公有建築物，本法亦適用之。」，因此，非屬上述地區且非屬供公眾使用及公有建築物者，不適用《建築法》。

另，《建築技術規則》係依據《建築法》第 97 條授由中央主管建築機關訂定之

法規命令。因此，《建築技術規則設計施工編》第4條所稱之「當地洪水位」之解釋權或採用解釋之權在內政部，並宜會商《下水道法》及《水利法》之中央主管機關。然要特別留意《建築技術規則設計施工編》第4條有「行政保留」之規定：「經『當地主管建築機關』認為無礙安全者不在此限」，即真正決定權係在「當地主管建築機關」。此外《民法》及《水利法》針對承水義務訂有相關規定。《民法》第775條第1項定有「承水義務」，由高地自然流至之水，低地所有權人不得妨阻來水，而必須承納來水，若因此而淹水，也必須承擔。在相鄰土地間，有自然而來而非人的行為所生的水流動時，被影響的土地有承納（自然流進與流出）的義務，若有違背，受有不利影響的土地所有權人得依《民法》規定請求去除之；另外《水利法》第66條規定與《民法》第775條第1項（修正前）規定相同。

肆、作業規範研析及初步規劃

一、都市總合治水策略

以往都市排水均以雨水下水道為主，依近年災後分析結果反映，除極端降雨恐超過既有排水保護標準外；都市排水與上游入流的坡地排水、農田排水、其他都市地區跨區排水，以及下游出流的河川（區排）等排水系統間的連接介面，仍存在許多整合性問題。以都市地區治水管理為規

劃考量，為達成減緩都市地區溢淹且降低都市排水出流量，可參考營建署「雨水下水道系統規劃原則檢討」、「雨水下水道設計指南」、「雨水調節池設計參考手冊」、「水環境低衝擊開發設施操作手冊」等手冊，透過雨水下水道幹線檢討、興建雨水調節設施、使用低衝擊開發設施或公共空間多目標滯洪等方法，以符合流域逕流分擔原則。

若該都市地區仍無法滿足現況出流限制需求，則應再納入上游入流的坡地排水、農田排水、區外都市排水或其它入流等影響條件，進行都市地區整體入出流檢討評估。利用上游排水繞道、管道調整分流，以及雨水貯集滯洪（滯洪池、非滯洪池）等措施，達成減緩都市地區溢淹；並降低都市排水出流量，進而解決區域淹水問題，提升整體防洪保護標準。此外，再向外延伸結合非都市計畫區或鄰近都市計畫區範圍，進行區內、區外整體性之總合治水規劃考量，商議確認經濟可行之方案對策。而後再依相關分析流程與示範成果，持續進行滾動調整與評估確認，據此擬定「都市總合治水入出流標準作業規範」。最後，配合相關調適策略及既有作業參考手冊內容，擬定「都市整體防洪規劃原則」。

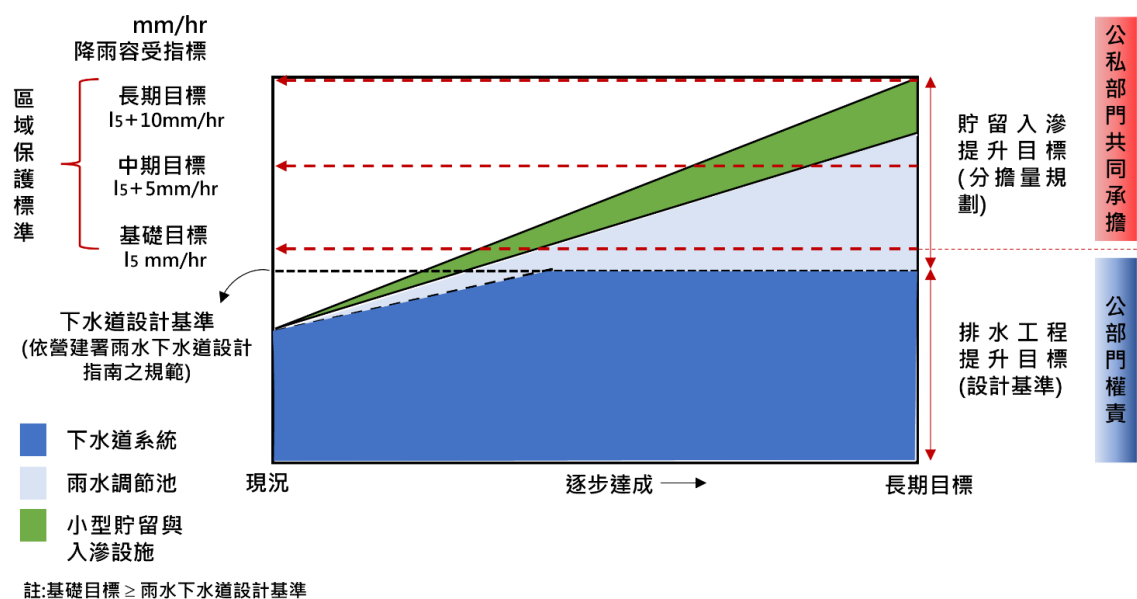
二、入出流標準作業規範及都市整體防洪規劃原則

營建署民國103年研訂之「都市總

合治水綱要」考量政策目標訂定之合理性與政府財政負擔之可行性及執行優序之配合諸項層面，建議都市計畫區降雨容受指標值以 5 年重現期降雨強度為基礎目標值（此即為短期目標）；在此目標值且符合下游區域排水出流管制前提下，藉各項工程與非工程措施之統整規劃，達成都市地區不溢淹之防洪保目標。為能因應氣候變遷及環境條件之改變，中長期應逐步提昇降雨容受指標值，茲訂定之中期目標為基礎目標值加上 5 mm/hr，長期目標為基礎目標值加上 10 mm/hr（請參見圖 5）。惟此中長期目標值應依據實施成果定期檢討，依其可行性與施行成效採滾動式調整。規劃參考經濟部民國 108 年 2 月 19 日發布「逕流分擔實施範圍與計畫之審定公告及執行辦法」規定，配合都市

防洪總體目標及都市計畫區整體分擔量與土地使用類型分擔量之規劃訂定，檢討修訂內政部營建署「雨水下水道系統規劃原則檢討」及「雨水下水道設計指南」等規範。

「都市總合治水建設計畫」，整合都市設計概念，導入規劃面之都市總合治水措施，提升都市防洪保護標準。以管制面之流出抑制作業，減抑都市發展引致之逕流增量，確保都市總合治水措施與雨水下水道系統保護標準效能。以管理面之洪水基準線劃設，提升建築物洪災防護能力，降低洪災損失提升都市地區防洪韌性。我國「建築技術規則建築設計施工編」第 4-3 條已明確規定，除合乎該編第十三章山坡地建築已依水土保持技術規範規劃設



資料來源：內政部營建署「都市總合治水綱要」計畫，民國 103 年 7 月。

圖 5 都市總合治水總體目標推動示意圖

置滯洪設施、個別興建農舍、建築基地面積三百平方公尺以下及未增加建築面積之增建或改建部分者外；其餘應於法定空地、建築物地面層、地下層或筏基內設置水池或儲水槽，以管線或溝渠收集屋頂、外牆面或法定空地之雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統。雨水貯集滯洪設施得於四周或底部設計具有滲透雨水之功能。若採用密閉式水池或儲水槽時，應具備泥砂清除設施。倘雨水貯集滯洪設施無法以重力式排放雨水者，則應具備抽水泵浦排放；並應於地面層以上及流入水池或儲水槽前之管線或溝渠設置溢流設施。

惟「建築技術規則建築設計施工編」第4-3條，僅規定雨水貯集滯洪設施設，並未針對流出抑制設施及流出量體訂定相關規定。規劃相參考關研究成果，參考地方政府相關自治法規，研訂建築基地流出抑制作業規範，透過管制作為使建築基地開發時，將流出抑制設施導入設計考量；以降低建築基地逕流流出，增加雨水下水道之容受力，達成提升都市防洪能力目標。

三、都市洪水基準高程訂定作業要點及相關落實推動法規

「都市地區洪水基準高程」，係指在特定水文重現期，防洪設施完善，正常運作，且在符合出流管制原則之前提下，都市地區內水積淹之水位高程。前揭所稱防洪設施完善運作正常，係指都市地區內

之排水系統（包括雨水下水道與防洪抽水站），以及其外水之河川或區域排水，依治理規劃報告所規劃之工程，均興建完成且相關設施運作正常，無外水溢決泛濫之情形者。

劃設「都市地區洪水基準高程」可顯示都市地區在特定水文重現期下之淹水深度，提供作為建築物進行防洪設計時，訂定建築基地地面高度之參考依據；即國際建築規範(International Building Code, IBC)所稱建築設計防洪基準線(Design Flood Elevation, DFE)。另，都市地區民眾可依據此淹水水位基準線，於颱風暴雨來臨前進行相關因應措施之整備，諸如堆設沙包或設置防洪閘板高度之決定，藉此提升建築物耐洪避災之能力，提高人民生命財產之保障，另一方面亦可減輕政府進行災後復原之經濟負擔。規劃運用水理模式模擬分析之都市地區淹水潛勢深度，據以研訂都市地區不同重現期降雨條件下之「洪水基準線(Base Flood Elevation, BFE)」及「建築物防洪設計基準線(Design Flood Elevation, DFE)」，以進行建築基地高程管理，提升都市防洪韌性。國際建築規範(IBC)依據洪水基準線加計出水高訂定建築物防洪設計基準線；其出水高之訂定，係依照建築物使用型態訂出四類風險等級(I至IV)：

1. 第I級為低風險類別，歸類為倉儲或暫時性設施，人群密度低之建築類別。

2. 第Ⅲ級為高風險類別，歸類為公共場所等人群聚集之建築類別。
3. 第Ⅳ級重要/緊急設施類別，則是以特殊建築功能分類，緊急救災功能或潛力造成災害之建築作為最高風險類別。
4. 建築無法歸類於第Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ類別者，均歸類到第Ⅱ級類別，這些建築通常是私人住宅，人聚集密度低且無特別重要之機能建築。

伍、結論與建議

內政部營建署為依《下水道法》擘劃整體都市排水治理之政策發展方向，並肩負中央治水機關協調及跨縣市間都市排水整合等事項之責任，進行跨區域、跨領域之整體都市防洪規劃。考量相關都市排水改善政策係為一系列長久性工作，亟需有穩定財源得持續辦理中央應辦及跨區都市整體排水改善事項，協助各縣市政府以新思維、新制度、新建設以因應極端氣候之衝擊，爰以編列公務預算 20 億元推動執行辦理「都市總合治水建設計畫(111 至 115 年度)」。

衡諸都市地區防洪治理涉及層面廣泛，治水策略已轉為系統性治理，亟須綜納工程與非工程措施，採超前部署，跨域整合策略，主動面對挑戰，以嗣應環境變化，降低都市計畫區內水患威脅，減少洪災損失，達成永續經營都市水環境之目標。

然都市總合治水建設為長期工作，非一蹴可及，須賴政府各相關主管機關跨部門合作，及民眾正確防災意識建立，採以多元措施相互配合，滾動檢討修正以因應環境快速變遷。



摘要

「下水道法」自民國 73 年公布施行，僅有 3 次修正，為因應全球及我國最新趨勢，如全球氣候變遷議題、國內環保法規日趨嚴格、韌性城市建設、工程新技術發展等，且各級主管機關在推動下水道建設及營運管理上亦面臨許多挑戰，現行下水道法已不符實需，爰應予以通盤性檢討修正。本次下水道法修法過程參照前述趨勢，以及各級主管機關與目的事業主管機關之管理經驗，將導入相關重要元素於下水道法中，包含下水再生能資源之開發、用戶流出抑制相關規定、明確專用下水道之管理權責、增訂下水道管理應遵行事項與禁止事項、成立下水道基金以達專款專用綜效，以及配合增訂之遵行事項與禁止事項訂定對應罰責以制裁不法行為等。目前下水道法修法相關法制作業內政部營建署仍積極辦理中，並同步檢討修正既有子法，以及研擬配合母法修法所待增訂的各項子法草案；希冀藉由本次修法作業，強化下水道相關法令規範，俾利加速推展我國下水道建設，並完善其營運管理，達到下水道永續發展之目標。

-
- 1.財團法人中興工程顧問社 / 副主任
 - 2.財團法人中興工程顧問社 / 副研究員
 - 3.內政部營建署下水道工程處 / 課長
 - 4.內政部營建署下水道工程處 / 幫工程司

由下水道建設與營運實務展望

下水道相關法規研修方向

朱敬平¹、李佳育²、葉信宏³、楊書豪⁴

壹、國內背景

下水道為現代化都市不可或缺的公共設施之一，其功能在於解決都市雨污水排水問題，促進都市健全發展，確保居住環境衛生，提升人民生活品質。隨社會生活水準提高，各界對於過去藏身於地底下水道建設，重視程度亦日趨增加。

內政部營建署每年編列逾百億之預算，辦理雨水及污水下水道之公共建設及營運管理，並依據下水道法等相關法規掌管業務，督促地方政府落實管理。相關建設所遵循之下水道法，自民國 73 年公布迄今已近 40 年，期間雖曾針對部分條文修正，惟隨當年立法背景較之於現今情勢，已變化甚大，實有檢討必要。

我國近年因應環境永續及氣候變遷已有全新之上位政策；就各類公共、專用下水道系統之管理需求，營建署為加速下水道建設，暨強化相關設施之管理保護，已逐步彙整下水道建設實務問題，以及各下水道業務單位執法情形，自民國 107 年起展開下水道法及相關法規修正作業。

本文首先分別說明國內污水下水道系統與雨水下水道系統建設現況，並從此一基礎，介紹目前下水道相關法規之修法重點。

貳、污水下水道系統

一、污水下水道業務執行歷程

公共污水下水道為國家重要之基礎建設，為促進其建設與管理，並改善都市污染及環境衛生、降低河川污染以提升國民生活品質，民國 73 年 12 月 21 日總統公布施行「下水道法」。內政部營建署依據該法訂定「污水下水道發展方案」，於民國 77 年 8 月 18 日由行政院核定辦理。

為配合國家建設六年一期計畫，行政院乃於民國 80 年重新檢討修訂污水下水道發展方案，於民國 81 年開始推動污水下水道第一期 (81 至 86 年度) 及第二期 87 至 92 年度) 建設計畫，於民國 85 年為提前達到接管普及率目標，調整相關進度，並據此擬定後續建設計畫，於民國 87 年核定通過第二期建設計畫 (87 至 92 年度)，並修訂「污水下水道發展方案」。

為引進民間活力、資金、技術及效率參與污水下水道之建設，於民國 94 年 1 月 19 日通過修正污水下水道第三期建設計畫，依「促進民間參與公共建設法」導人民間機構參與下水道建設，訂定「促進民間參與污水下水道系統建設推動方案」，確立污水下水道採「政府自辦」及「民間參與投資興建」兩種方式雙軌併行，藉以加速建設，進一步帶動相關產業發展。

後續則為配合政府於民國 98 年之重要政策「愛臺 12 建設」，以加速推動用戶接管工程為目標，研提並於民國 98 年

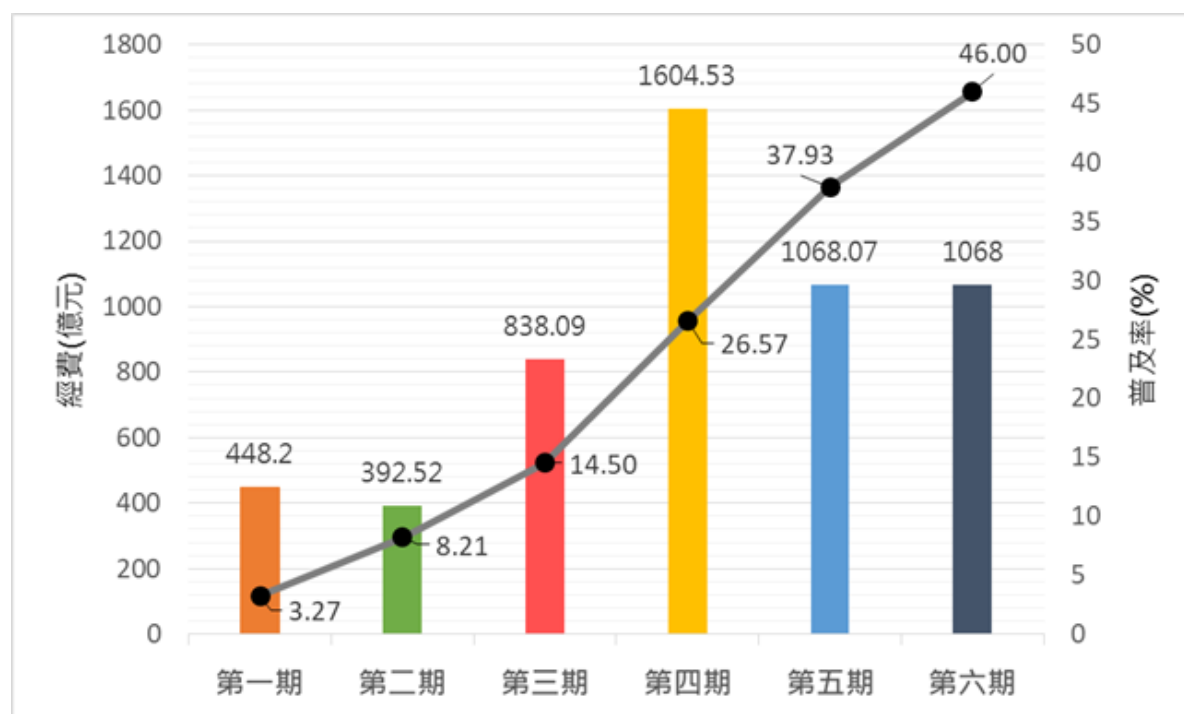
核定通過第四期建設計畫（98 年至 103 年度），另於民國 103 年核定之第五期下水道建設計畫（104 年至 109 年度）。目前第一至五期建設計畫已執行完成，第六期計畫於民國 109 年核定通過，經費為 1,068 億元，分期建設經費及預算詳圖 1 所示。

考量國際永續發展趨勢，除接續建設污水下水道外，開展永續面向的工作亦為重點，故自第五期建設計畫（104 至

109 年度）起，將污水下水道建設由以往「工程建設」既定印象，提升轉換為「環保永續」新思維，並於第六期建設計畫（110 至 115 年度），以「持續公共污水下水道建設」及「建構永續及智慧化系統」為策略，期望逐步循序完備「新世代下水道循環體系」。

二、污水下水道建設推動挑戰

我國污水下水道建設之挑戰，包含技



註 1：第六期為「污水下水道第六期建設計畫」(核定本)內預估值

註 2：用戶接管普及率以人口數統計

資料來源：污水下水道第六期建設計畫核定本。

圖 1 污水下水道建設計畫建設經費及用戶接管普及率

術、人力、興建、營運、財政、及其他等相關層面，如圖2所示，分述如下：

1. 技術面

國內污水下水道建設雖已推動半世紀，惟相較歐美日等國，具有自有專業設備與技術之廠商相對較少；隨社會環境變遷，新施工與營管需求持續出現，仍有待持續與系統性地引入國外廠商之新穎工法、設備與經驗，提升我國技術水準，並帶動相關產業規模與自有技術之成長。

2. 人力面

污水下水道除初期系統建設外，接續的管網維護、系統營運管理等均為長期重要工作；估計約每普及人口1,000人，即需增加一位下水道從業人員，顯示下水道事業必須有充足人力，始能有效發展。惟現階段各地方政府組織擴充甚為困難，人

事更迭頻繁；在私部門方面，因為高科技產業磁吸效應，專業工班人力同樣不足，包括下水道工程規劃、設計、監造，以及用戶排水設備技能檢定合格技工等各類專業人員；無論公私部門均亟待強化技術人才之培育，俾利推動下水道建設計畫之執行。

3. 興建面

我國污水下水道建設起步較晚，而地下既有管線眾多，造成下水道施作空間受限，需透過不斷協調各管線單位，尋求最佳遷移方案，惟實務常因僅能透過協商機制處理，致延緩主體工程施工。另外由於下水道施工於既有道路下方，受限於交通影響考量，常因路證未能及時取得，影響工作進展；在用戶接管面上，因用戶對下水道工程之必要性理解不足，常需克服民眾抗爭，施工前說明會、鑑界、違建查報、拆除等作業，皆需耗費甚多時間，以



圖2 污水下水道系統建設與管理面臨之挑戰

致影響接管進度；未來有必要優化機關間之協調機制，並透過法規強制（公告下水道開始使用地區，強制接管）、都市環境營造，以及不動產交易資訊揭露等措施，進一步提升社會各方面對於公共污水下水道建設之認同、配合度與需求，避免工程進度或用戶接管之執行受到限制；另外亦需強化在都市計畫審議中，配合排水計畫與下水道建設相關規劃，保留下水道所需之相關用地。

4. 營運面

目前多數政府自辦系統主要由各地方政府負責營運後續之管線與廠站，由民間參與投資興建與營運之系統仍屬少數；在可預見的未來，公共污水下水道建設完成後之營運仍為地方政府未來重要課題；如前述，目前公部門人力不足，私部門業人力亦面臨斷層，因應環保法令加嚴，營運管理階段之挑戰日漸增加。目前營建署已透過「縣市評鑑」與「廠站評鑑」等機制，促使各地方政府設置營運管理維護單位，逐步落實公共污水下水道妥善管理所需的各項配套，包括定期專業技術訓練、完備營運管理規章、以及健全廠站代操作與管線巡檢等相關採購機制等；另外現有下水道法規與地方政府下水道規章主要針對施工、用戶接管等層面，對於設施保護，節能延壽，亦有待加強，以延長相關設施之服務年限。

5. 財政面

除技術面與行政面，污水下水道系統的建設暨營運期程長達數十年，過程中所需經費龐大；在各地方政府中，除臺北市自有財源較為充裕外，其餘縣市多有財源籌措不易，建設經費大比例仰賴中央補助之情形。

隨部分系統廠站與管線建設年限過久，出現管線老舊及設備損耗之問題，未來各地方政府應視下水道設施之營運現況，編列充足之維護更新費用，透過財務健全，促使廠站得以真正永續經營。

另在污水下水道系統維護管理費用係由地方政府自行籌措；隨國民環保意識提升，民眾對於使用污水下水道之受益開始有完整認知，部分縣市已依下水道法規定向家戶與事業用戶開徵下水道使用費，未來除應依法普遍辦理外，費率亦應考量營運所需逐漸合理化，以支應污水下水道及其附屬設施營運管理所需費用。

另一方面，在持續進行的公共污水下水道建設中，考量國家整體財政，除政府資源外，下水道建設自第三期起，已開始引進民間資訊及擴大民間參與；惟因近期國內景氣受到 COVID-19 疫情與通貨膨脹之波及，以及社福、國防等經費之競爭，公共建設經費未必能持續穩定成長，如何透過誘因、獎勵措施，以及其他配套（如再生水、再生能資源之共同經營）等，提升民間投資意願，藉由促參案的擴大推動，與公辦工程相輔相成。

6. 其他因素

近年來民眾環保意識抬頭，對於生活、健康以及自然生態之要求持續提高，亦使環保法規朝向嚴格管制發展。公共污水下水道建設雖屬增進地區水環境品質之工程，惟目前仍常有設施因為氣味、車輛進出等問題，面臨「鄰避效應」而影響建設，實有待強化相關規範，以及積極轉型為「水再生資源暨生質能中心」，強化對地方之全面性效用，以化解民眾疑慮。

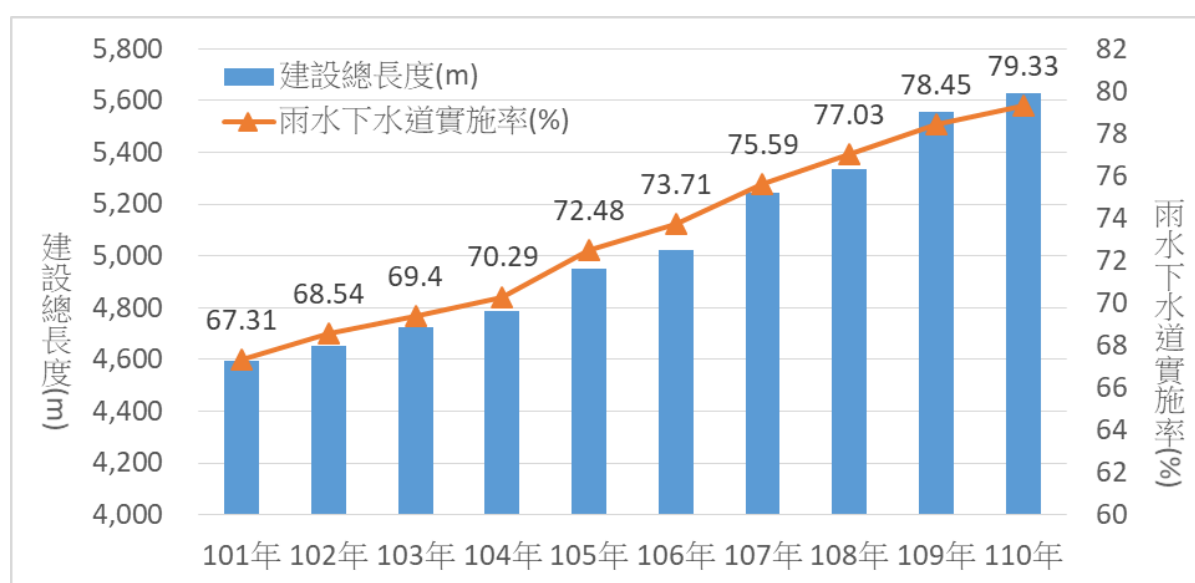
而營運期間產生之下水污泥，在十餘年前曾出現非法棄置問題，因此受到外界嚴格檢視，各地方政府必須強化其下水污泥處置相關管理規定外，亦需加強推動減量與資源化再利用，消弭下水污泥造成之環保問題。

最後除了由地方政府負責建設管理之公共污水下水道系統外，其所未及區域所設置之各類「專用污水下水道系統」，包括工業區、社區等，亦為共同維護水體環境之重要設施，其雖屬其他政府機關或私部門之權責，是否妥善管理目前亦為各界高度關心，未來亦有待主管機關投入資源進行輔導；或於公共污水下水道到達或可容納時，亦應考慮促成專用污水下水道系統之落日，以整併相關資源，透過規模經濟之理念，優化處理效能。

參、雨水下水道系統

一、雨水下水道業務執行現況

臺灣省住宅及都市發展局自民國 68 年起開始辦理各都市計畫區之「雨水下水道系統規劃」，啟動之初考量所需經費龐



資料來源：內政部營建署台灣地區雨水下水道系統規劃及實施率。

圖 3 雨水下水道建設總長度及雨水下水道實施率

大，行政手續繁雜，係針對水患頻繁且有區域性河川貫穿之重要都市計畫區及其主要排水幹線，列入「都市計畫區重要下水道工程實施計畫」中優先編列預算辦理。

民國 80 至 85 年間，配合國家建設六年計畫，內政部營建署進一步加速雨水下水道工程建設，實際執行 269.6 億元經費，使雨水下水道施築長度提升至 3,007.52 公里，此時雨水下水道實施率提升至 46.89%；87 至 92 年間，營建署啟動「臺灣地區雨水下水道第二期六年建設計畫」，實際執行經費達 185.878 億元，雨水下水道施築長度提升至 3,831.43 公里，雨水下水道實施率則提升至 57.76%。

在 90 年代中期後，雨水下水道建設配合國家重大計畫而有持續進展；配合行政院於 95 年 5 月 3 日核定之「易淹水地區水患治理計畫」，營建署在三階段治理計畫中，雨水下水道合計辦理 71 件應急工程、165 件治理（改善）工程及約施築 86 公里之雨水下水道系統，進一步提升雨水下水道實施率。98 至 101 年，營建署配合行政院「振興經濟擴大公共建設計畫」，研提「加速都市雨水下水道建設計畫」；民國 103 年至 108 年配合行政院「流域綜合治理計畫」，持續執行雨水下水道之規劃及治理，並以「滯洪」、「減洪」及「分洪」之綜合治水理念，重新檢討規劃以提高保護，該計畫 6 年期間至少增加保護面積 100.59 平方公里；

而自 106 年起辦理的「前瞻基礎建設計畫-縣市管河川及區域排水整體改善計畫」，進階使整體都市防洪能力得與時俱進，擴大保護區域。

截至民國 110 年底，我國雨水下水道系統之完成規劃總面積為超過 4,340 平方公里，完成規劃總長度為 7,096 公里，完成建設總長度為 5,629 公里，雨水下水道實施率達 79.33%；目前最新的雨水下水道建設計畫為 111 年內政部營建署研提「都市總合治水建設計畫」，計畫期程為民國 111~115 年。

二、雨水下水道建設推動挑戰

如前述，國內雨水下水道建設早於污水下水道，實施率已達八成；惟面臨全球氣候變遷，目前亦迎來新一波挑戰，包含技術、興建、營運及氣候變遷等層面，如圖 4 所示，分述如下：

1. 興建面

現階段雨水下水道建設大部分皆依原規劃報告系統施作；相關規劃報告完成時間距今已有 20 年以上，隨都市細部計畫道路開闢，側溝走向也可能不符原規劃集水分區之劃分，導致現有雨水下水道幹支線常有排水容量不足，致成水災之狀況。有別於雨水下水道過去以各支幹線系統之建設為重點，考量在發展成熟的都市計畫區，周邊已存在大量而密集的地下管線，導致現地改善不易，幹線容量擴建困難，

主管機關必須透過兩項手段，一為強化要求私領域之逕流收集，達到流出抑制效果，降低公領域既有系統之負荷；另一為利用分流、截流、滯洪等手段，並與公園等公用設施結合，在既有都市空間配置限制下，進一步提升排水能力。

2. 營運面

隨雨水下水道實施率提高，高度都市化地區，如六都，其雨水下水道業務已由傳統的雨水下水道關建，走向設施的維護管理；就全國層面而言，雨水下水道之管理未來亦將漸成為主流。

為確保雨水下水道之功能，地方政府每年必須辦理清淤及定期巡視，並配合智慧化管理強化特定區段之維護；是以營運管理業務之順遂推動決定於地方政府投入人力與以及財務健全，未來實有必要有明

確編列之固定預算，以利雨水下水道之永續經營。

3. 氣候變遷面

全球氣候變遷導致旱澇不均，自民國 108 年後，常出現全年無颱風侵台而導致嚴重缺水，但亦有受颱風外圍環流影響而出現延時 1 至 3 日之暴雨，造成台灣西部地區之水患災情；另外短延時強降雨之出現也更為頻繁而難以預測，在在使得現有雨水下水道系統及都市計畫區內的側溝排水不足支應，成為雨水下水道建設最大挑戰。

受氣候變遷之影響，既有系統排水能力確實受限於涵渠尺寸、坡度無法無限制擴充，若以整體城市防災之考量，應推行韌性策略 (resilience)，配合海綿城市的理念，進一步調整相關設施標準與法規，



圖 4 雨水下水道系統建設與管理推動面臨之挑戰

擴充城市對於洪氾之容受程度。

4. 技術面

承上，受限於公共設施用地空間不足，對於已完成雨水下水道系統之高度都市化地區，在工程技術面上需採各項策略予以因應。首先，雨水下水道主管機關需與下游區域排水、河川管理之目的事業主管機關協商，釐定整體治水對策，其中規劃中之雨水下水道需配合參照最新水利法規定，依區域之逕流分擔計畫，將雨水下水道幹管建設、大型滯洪設施，以及計畫區內用戶流出抑制整體考量，以減少對下游承受水體衝擊；而相關用地亦需配合區域排水計畫與下水道規劃，納入都市計畫，並做定期檢討。

再則進一步將都市地區排水分為「設施」與「保護對象」；若以「建築物」為保護對象時，則以溢淹程度不超過建築物一樓地板（或以道路緣石或騎樓）為原則，同步配合現行市區道路中心高程之訂定，當暴雨超過雨水下水道排水能力時，利用道路蓄水空間作為緩衝，增加建築物之洪水保護標準。查國內目前道路與建築法規相關技術規範，規定尚不完備，考量國內各都市計畫區發展程度不一，未來納入此一作法須視各都市地區之發展特性個別實施。

第三為充分利用最新之物聯網、資訊網路傳輸技術、都市地貌 3D 技術、水文

模擬軟體，以及雷達迴波等氣象資料，在降雨發生時，針對暴雨發生機率，評估可能發生淹水之地區，再即時以抽水廠站之運作優化，強化區域排水能力。

肆、下水道法相關法規之檢討

一、下水道法

內政部營建署刻正推動下水道及相關法規之修正作業，基於前述污水下水道與雨水下水道建設與營管之問題，在下水道法方面，修法重點包括：

1. 因應環境永續及氣候變遷影響，界定下水再生能資源之定義（包括再生水、再生能源與資源等）；再生水相關設備與污水處理廠併同建設或共構時，準用本法規定。
2. 增訂區域性下水道計畫應定期檢討之規定，且都市計畫通盤檢討時應考量下水道容受力；並增訂下水道用戶之流出抑制相關規定。
3. 強化專用下水道之管理，明定專用下水道建設費之徵收、開發者須於施工前提送管理計畫報地方主管機關核准，且地方主管機關應輔導其設施之操作及維護。
4. 明定可能影響下水道工程設施及下水道用戶排水設備正常功能或排水量之禁止行為或應取得主管機關許可之行

為，並明定違反者之處罰，提高罰則。

5. 公共下水道使用費及下水再生能資源所產生之衍生收入，授權主管機關成立下水道基金，並定明基金收入來源及用途，以穩定財源。

二、下水道法體系既有子法

依據中央行政機關法制作業應注意事項第 16 點規定，主管機關應於母法公布施行後 6 個月內完成配套子法之發布，至遲不得逾法律公布施行後 1 年。意即下水道法修正之法制作業進行時，應同步配合檢討或研擬相關子法。現行下水道法授權訂定之子法共有 6 個，其中技能檢定辦法已依據內政部 88 年 7 月 30 日台內營字第 8806175 號函，交由技能檢定主管機關勞動部辦理技能檢定；下水道法修正條文經立法院三讀通過後，待修訂之子法有 5 個，分述如下：

1. 下水道法施行細則

細則為關於法規之實行或補充事項，亦即各機關就法規特定範圍內，為詳細的規定者稱細則，為因應下水道法之修法精神及條文文字，有必要針對細則進行檢討修正，配合前述下水道法修法方向，細則將做下述修訂：

- (1) 為明確專用下水道管理單位及納管範圍，增訂開發及納管範圍應一

致。

- (2) 補充區域性下水道計畫的啟動、規劃、審議與實施階段內容。
- (3) 增加設置下水道能資源循環利用、下水道用戶流出抑制設施之定義及考量。
- (4) 明定下水道機構及地方主管機關得依用戶不同分別擬訂下水水質標準及下水道使用費費率。

2. 下水道工程設施標準、下水道用戶排水設備標準

下水道工程設施標準已逾 10 年未檢討修正，部分設施或相關參數有不合時宜之情況，刻正就兩方向進行修法檢討，分別是「既有參數調整」及「設備技術增訂」。「既有參數調整」針對業界常用之營建署公告設計手冊，與現行下水道工程設施標準進行參數比對，研議條文修正方向；「設備技術增訂」則納入具有廣泛性、普遍性、成熟性、理論基礎完善及統一性之新興技術、單元或設備，如下水道工程設施標準建議增訂硝化脫硝生物處理單元、去氮除磷生物處理單元、活性污泥膜濾法(Membrane bioreactor)等；另外下水道用戶排水設備標準則配合下水道法修正與實務需求，建議增訂用戶流出抑制設施、油脂截留器等。

3. 下水道用戶排水設備承裝商管理規則

本管理規則於民國 96 年依下水道法第 21 條第 2 項規定發布，經民國 98 年 4 月 14 日修正第 7 條後，至今已有 10 年以上未檢討修正，考量部分規定已有不合時宜之情況，爰建議可參考其他部會所訂之承裝商（業）管理法令進行修法檢討，包含納入技工及承裝工作資格（現以行政規則公告之）、回訓規定、回訓費用、停業、廢止承裝商登記及技工訓練合格證書、加入同業公會等相關規定。

4. 專用下水道建設費徵收辦法

本辦法自民國 76 年 3 月 9 日依下水道法第 8 條第 3 項規定訂定發布，相關規定已沿用餘 30 年，因目前我國專用下水道多為建商或專用下水道管理單位直接建設之，專用下水道建設費徵收辦法尚無應用；惟後續可能會有都市計畫區工業用地製造業廢水納管問題，仍有依據專用下水道建設費徵收辦法收取其新建專用下水道建設費之可能，後續將搭配母法修正，將此情境納入規範。

三、因應下水道法修法待增訂子法

配合前述下水道法修正方向，目前規劃增訂之子法主要有二，分述如下：

1. 專用下水道管理輔導辦法

參照下水道法目前專用下水道相關修法方向，專用下水道由各該開發機關或機構建設、管理，並由直轄市、縣（市）主管機關給予輔導，爰增訂本輔導辦法，俾各地方政府有所依循，並促使專用下水道管理機關或機構善盡操作及維護責任，完善專用下水道之功能。

2. 違反下水道法罰鍰額度裁罰準則

因應下水道法規劃修正之罰則增訂許多樣態，且大幅提升罰鍰上限，以致處分裁量空間較大，為協助裁罰機關就違反本法義務行為人裁處罰鍰之額度計算有所依循俾符比例原則，建議依據違反程度及違規行為紀錄來計算應處罰鍰，並研擬違反下水道法罰鍰額度裁罰準則。

伍、結論

下水道法及其子法乃推動下水道建設之基石，隨著下水道相關工程技術與觀念之演進，並配合各級下水道主管機關行政管理之需求，內政部營建署正辦理下水道法及相關子法通盤性檢討修正，希望透過本次修法，將城市韌性、下水道容受能力、再生水暨下水再生能資源、下水道基金、專用下水道管理、公共設施永續經營等理念，予以納入下水道法，俾利於推動下水道建設與完善營運管理，同時亦希望能符合韌性城市與聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals，SDGs）等全球趨勢。

參考文獻

1. 臺灣下水道協會，臺灣下水道發展紀實，中興工程科技研究發展基金會，R-03-EV-01-4，2003 年 12 月。
2. 歐陽嶠暉，下水道與資源再生利用，財團法人中興工程科技研究發展基金會，2004 年。
3. 內政部營建署，振興經濟擴大公共建設投資計畫-加速都市雨水下水道建設計畫（核定本），2009 年。
4. 審計部，我國污水下水道建設計畫執行情形，2010 年。
5. 內政部營建署，下水道誌，2011 年 7 月。
6. 內政部營建署，污水下水道第五期建設計畫（核定本），2014 年 9 月。
7. 經濟部水利署，易淹水地區水患治理計畫第 3 階段實施計畫執行情形及績效報告（備查本），2015 年。
8. 經濟部水利署及內政部（2017）流域綜合治理計畫截至 104 年底執行情形及績效報告，行政院農業委員會，2017 年 1 月。
9. 陳志偉、張建偉、周世銘、黃瑀、王郁萱、朱敬平，由下水道建設與營運實務展望下水道相關法規研修方向，中興工程季刊，141，3 - 8，2018 年 10 月。
10. 內政部營建署，污水下水道第六期建設計畫（核定本），2020 年 7 月。



摘要

我國污水下水道建設截至 111 年底，公共污水下水道普及率已達 41.1%，經初步統計，全國每年有超過 300 件之下水道工程正在進行，污水用戶接管逐漸普及的世代已經到來，我們正面臨各個大小污水系統操作營運及維護管理的階段，建設較久遠的污水系統恐面臨設備或設施汰舊換新需求、剛建設完成的系統恐面臨放流水管制加嚴或操作優化等需求，各項興建中或營運中的下水道設施，仍須由作業人員進入到第一線辦理或執行各項作業，若無安全作業環境及設備，人員進入局限空間恐易衍生事故或災害，有鑑於此，營建署首次於 111 年 10 月舉辦全國下水道局限空間出入坑評鑑，希望透過評鑑作業，落實局限空間職安相關規定，並藉由活動提升各縣市政府及廠商相關職業安全衛生觀念、持續強化與精進局限空間作業之安全內容。

全國下水道局限空間出入坑評鑑於 111 年 10 月 28 日、10 月 31 日及 11 月 1 日舉辦，共有 17 個縣市報名參加，獲得優等獎項的有 3 個縣市，獲得佳作獎項有 5 個縣市，並於 112 年 1 月 11 日舉行頒獎典禮，本篇將介紹參賽團隊參與評鑑時呈現的相關設備或人員特色進行研析，以期於未來能優化下水道工程於局限空間作業時的職業安全衛生相關內容。

全國下水道局限空間出入坑作業評鑑特色研析

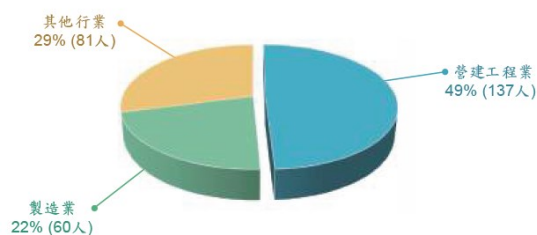
朱執均¹、胡祺嚴²

- 1.內政部營建署下水道工程處 / 課長
- 2.內政部營建署下水道工程處 / 約用人員

壹、下水道職業災害統計

依據勞動部職業安全衛生署 111 年 7 月編印「110 年勞動檢查統計年報」統計 110 年度重大職業災害死亡人數以營造業 137 人，占比為 49%最高，統計示意圖詳圖 1，而以災害類型比較，顯示以墜落災害致死占比最高，達 47%，死亡 129 人，統計示意圖詳圖 2。

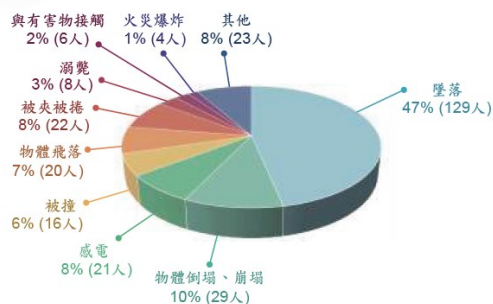
110 年度營建工程業、製造業與其他行業重大職災死亡人數比較



資料來源：110 年勞動檢查統計年報

圖 1 110 年重大職災死亡人數統計

110 年度災害類型比較

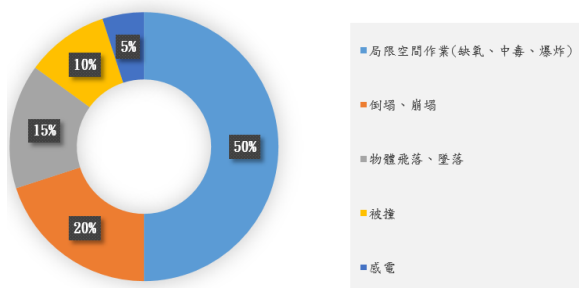


備註：1. 括號內為職業安全衛生法適用行業工作場所重大職業災害死亡人數。
2. 其他為其餘16類災害類型，且均低於4%。

資料來源：110 年勞動檢查統計年報

圖 2 110 年重大職災類型統計

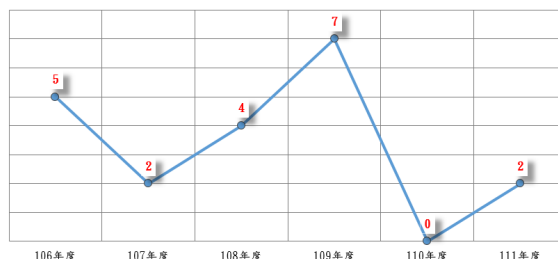
106~111 年全國下水道職災發生類型統計圖



資料來源：內政部營建署下水道工程處統計資料

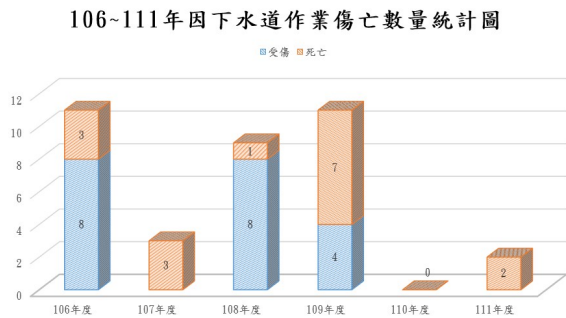
圖 3 106~111 年全國下水道職災類型統計圖

106~111 年全國下水道職災發生件數統計圖



資料來源：內政部營建署下水道工程處統計資料

圖 4 106~111 年全國下水道職災件數統計圖



資料來源：內政部營建署下水道工程處統計資料

圖 5 106~111 年下水道作業傷亡數量統計圖

貳、致力降低下水道職業災害

一、訂定作業規定-建立制度

職業安全衛生設施規則第 19-1 條針對局限空間有明確定義：「局限空間係指非供勞工在其內部從事經常性作業，勞工進出方法受限制，且無法以自然通風來維持充分、清淨空氣之空間」。對於下水道作業，包括污水下水道管線推進、污水管線維修、管線檢視、污水處理廠或揚水站設備維修及保養、雨水下水道清淤、雨水抽水站設備維修檢視及保養等，有很多作業環境需求需要作業人員進入局限空間執行工作，為降低職災風險，故須訂定相關作業規定並加以落實執行。

內政部營建署為維護下水道從業人員於局限空間作業之安全，落實職業安全衛生設施規則第二章第二節之局限空間規定，避免因不安全的行為或不安全的環境而發生工安意外，於 110 年 5 月 14 日參採勞動部職業安全衛生署訂定之「職業安

全衛生法」、「職業安全衛生法施行細則」、「職業安全衛生管理辦法」、「職業安全衛生設施規則-局限空間作業危害預防」、「缺氧症預防規則」、「營造安全衛生設施標準」、「職業安全衛生教育訓練規則」及其相關表單等，制定「內政部營建署下水道局限空間作業規定」，針對雨、污水下水道及廠站，不論是管線維護、管渠維護、維修、保養、勘查或檢視，只要有機會進入局限空間之作業，主辦單位均需於標案發包前檢視預算書圖是否依照內政部營建署下水道局限空間作業規定編列相關設施、人員等經費，並納入招標文件內，俾利監造及施工單位確實依規定作業。

下水道作業之安全不僅是需要主辦單位於發包前納入契約並編列經費，更需要監造單位與施工單位在第一線作業時落實下水道局限空間作業規定及相關職業安全衛生法規、確實填寫相關表單、正確佩掛相關安全設備及操作動作，降低職災風險。

二、編製職災案例彙編-加強宣導

下水道作業環境中存在著各式各樣的危害風險，施工時亦需要繁複操作機具設備、吊掛管材、深開挖或高處作業等，若稍有不慎則容易發生職安意外，而作業環境也包含了局限空間作業，作業人員於下水道環境因進出方法受限制，容易發生缺氧、中毒或物體飛落等危害，發生危害時

也將導致救援難度增加而擴大災害。

為使作業人員清楚認知下水道作業常見之危害與風險，內政部營建署彙整編製「106~108 年下水道工程職災案例彙編」、「109-110 年下水道工程職災案例彙編」，公布於營建署網站並函請各直轄市及各縣市政府加強宣導，希望主辦機關、設計監造人員、施工廠商及現場作業人員等透過宣導提升職業安全風險辨識能力及加強防災意識，並使類似災害不再發生。

三、錄製 Full-HD 帶-教育訓練

為持續有效推動提升污水下水道工安教育訓練，內政部營建署持續辦理「下水道職安衛宣導 Full-HD 帶」錄製作業。111 年度下水道職安衛宣導內容係針對污水下水道工程之「局限空間危害預防」、「管溝開挖危害預防」、「墜落危害預防」等三個主題作為拍攝主軸製作 Full-HD 帶。

Full-HD 帶除分送各直轄市及各縣市政府外，也一併將本次錄製之工安教育宣導影片上傳至本處架設之 YouTube 下水道教育網上，希望藉由影片之宣導，加強提升相關人員工安及辨識場域施工風險之觀念與認知。

四、修訂抽查要點-落實督導管理

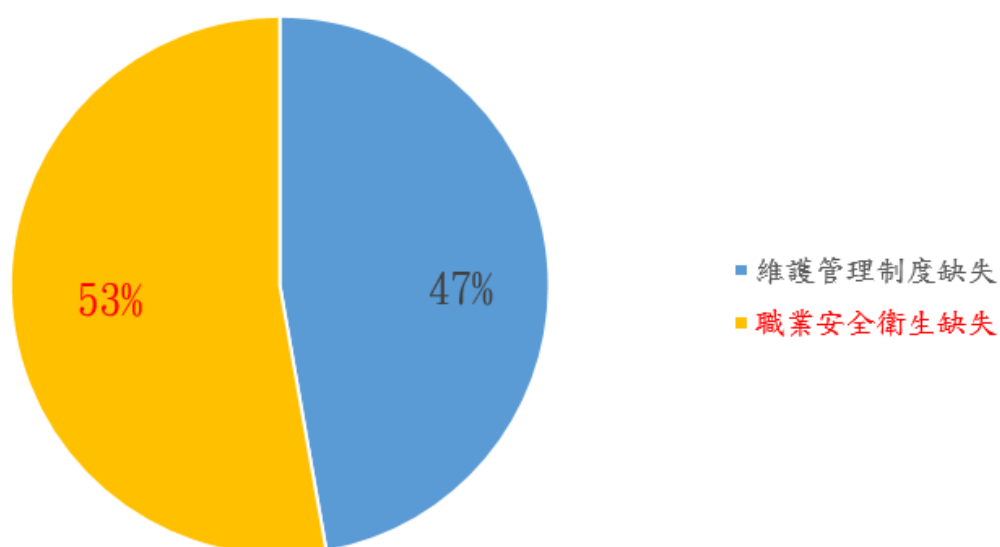
內政部營建署下水道工程處為落實

「公共工程施工品質管理制度」及加強提升施工安全，已於民國 95 年訂定「內政部營建署下水道工程處工程品質暨施工安全衛生抽查小組設置暨作業要點」，針對下水道在建工程進行抽查，並於 110 年辦理修正，以期提升工程品質並降低職業災害發生風險。

惟因下水道管線老舊，進行維護管理時的風險也急劇提升，近年，管線維護時已發生多件職業災害，故針對污水下水道維護管理部份，內政部營建署於 110 年頒訂「內政部營建署公共污水下水道管渠維護管理抽查要點」，針對各縣市政府自籌經費辦理污水管渠維護及巡檢標案辦理抽查，以期各直轄市及縣（市）政府能加強及重視污水管渠維護時之職安措施，第一線作業人員是否能依照程序及規定落實執行。並檢視各縣市政府管渠維護管理制度是否正常，以瞭解整體污水管渠系統運作情形以及是否可維持其設施功能正常。

經內政部營建署統計 111 年度公共污水下水道管渠維護管理抽查，職業安全衛生缺失比例約占 53%，缺失統計簡圖如圖 6 所示，而細分後，則可發現職業安全衛生現場演練（即局限空間作業演練）缺失占比達 3 分之 1，缺失統計詳圖如圖 7 所示，表示關於維護管理階段的職業安全衛生還有很大的進步空間。

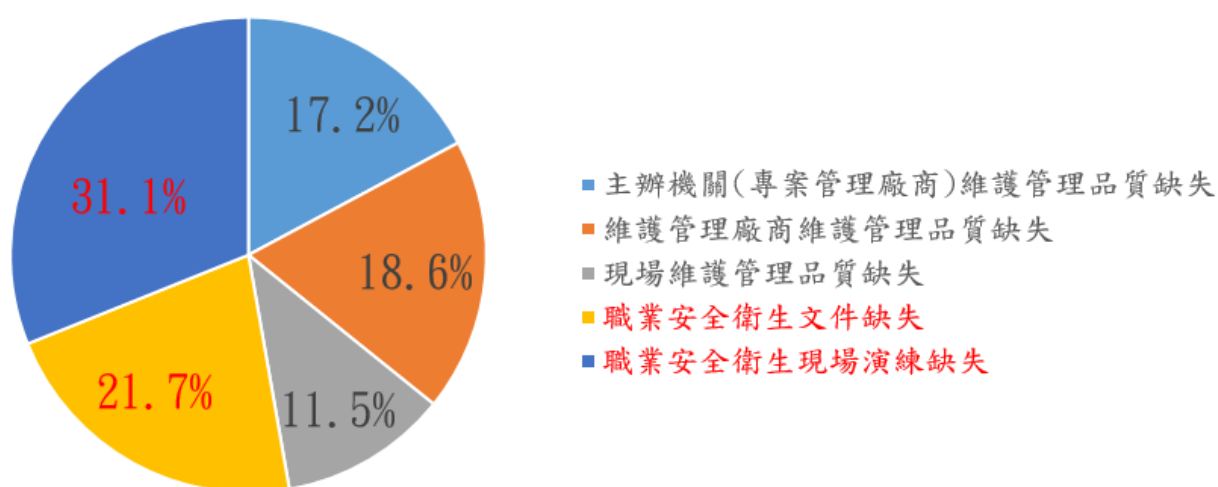
111年度內政部營建署污水下水道管渠及設施抽查缺失統計簡圖



資料來源：內政部營建署下水道工程處統計資料

圖 6 111 年度污水管渠抽查缺失統計簡圖

111年度內政部營建署污水下水道管渠及設施抽查缺失統計詳圖



資料來源：內政部營建署下水道工程處統計資料

圖 7 111 年度污水管渠抽查缺失統計詳圖

參、全國下水道局限空間評鑑作業

經統計 106~111 年下水道作業職災發生類型中，從事局限空間作業時所發生的職業災害高達 50%，有鑑於此，為持續加強下水道從業人員於局限空間作業之安全意識，故於 111 年 10 月 28 日、11 月 1 日及 11 月 2 日舉辦「全國下水道局限空間出入坑作業評鑑」，透過評鑑作業加強推廣及落實局限空間作業規定，並藉由活動提升各縣市政府及廠商相關職業安全衛生觀念、持續強化與精進局限空間作業之安全觀念。

本次局限空間出入坑評鑑作業，係內

政部營建署第一次舉辦，協辦單位為勞動部職業安全衛生署及高雄市政府，評鑑地點位於高雄市鳳山水資源中心附近的保仁街既設污水人孔，並於 111 年 10 月 28 日開幕祈福儀式時，邀請全國 22 縣市政府下水道單位局處首長共同簽署「下水道作業安全宣言」，期望能與全國各縣市政府下水道主管機關的共同攜手努力朝零職災的目標前進。

經過 111 年 10 月 28 日下午、11 月 1 日及 11 月 2 日共 2 天半的評鑑作業，共有 17 個縣市報名參加，評鑑結果如表 1 所示。

表 1 111 年全國下水道局限空間評鑑結果

縣市政府	代表參賽廠商	獎項
澎湖縣政府	東鑫龍營造有限公司	優等
臺中市政府	順捷營造有限公司	優等
臺南市政府	順鑫專業營造股份有限公司	優等
宜蘭縣政府	山林水環境工程股份有限公司	佳作
臺北市府	廣信工程股份有限公司	佳作
屏東縣政府	振勝營造有限公司	佳作
高雄市政府	新宏興營造股份有限公司	佳作
金門縣政府	金門縣自來水廠	佳作

資料來源：內政部營建署下水道工程處

本次評鑑作業榮獲優等之縣市政府及其代表之參賽廠商的評鑑特色，以及其他團隊設備巧思及特色介紹如下：

一、澎湖縣-東鑫龍營造

※ 研發「人員進出自動管制系統」

東鑫龍營造研發「人員進出自動管制系統」，可即時監測坑底四種氣體濃度並將訊號同步上傳至坑外的螢幕系統，使監視人員能即時監測坑內氣體濃度並設定警報值，研發個人晶片系統並予以配戴，使得所有人員皆能透過晶片與系統連結並可顯示該人員目前位置，並以顏色顯示是否該作業人員入坑出坑的歷史時間紀錄，並能設定人孔內部氣體含量警界值及行動值並發出警報。螢幕系統顯示示意圖如圖 8、參與評鑑團隊圖片如圖 9 所示。

二、臺中市-順捷營造

※ 五件式大型救援系統及特製風管

有別於以往的吊掛設備，順捷營造引入高階五件式大型救援系統，材質為高強度鋁材製成、上吊臂可上下左右方向移動、也可以調整高度， Γ 型底座可調整長度搭配開口尺寸，底座及吊臂可分開拆卸方便搬運。

使用特製風管掛置於人孔處，使得風管不會因為不夠堅固而有彎折現象發生，風量經過檢核符合需求且於護欄處有適當開孔以利風管通過。



資料來源：東鑫龍營造公司

圖 8 人員進出自動管制系統



資料來源：東鑫龍營造公司

圖 9 東鑫龍營造參與評鑑團隊人員



資料來源：順捷營造公司

圖 10 五件式大型救援系統及特製風管

三、臺南市-順鑫專業營造

※ 客製化訂製吊掛護欄設備

順鑫專業營造結合安全護欄、三腳架與捲揚器功能客製化訂製吊掛護欄設備（如圖 11），可更有效率的執行安全吊掛、安全防护及緊急應變措施。使得人員進出局限空間時更加方便及安全。



資料來源：順鑫營造公司

圖 11 客製化訂製吊掛護欄設備

四、其他團隊設備巧思及特色

1. 設置臨時防墜設備

開啟人孔過程、設置防墜設施作業過程或相關開口周邊作業時，恐有人員不慎墜落風險，故有臨時防墜設備增加安全，如圖 12 所示，避免人員產生墜落風險。



資料來源：局限空間評鑑現場拍攝資料

圖 12 臨時防墜設備

2. 設置臨時防墜設備

開啟人孔過程、設置防墜設施作業過程或相關開口周邊作業時，恐有人員不慎墜落風險，故有臨時防墜設備增加安全，如圖 13 所示，避免人員產生墜落風險。

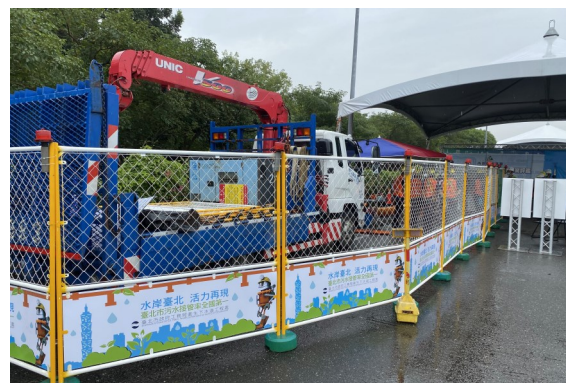


資料來源：局限空間評鑑現場拍攝資料

圖 13 現場即時監視及 APP 回報系統

3. 施工圍籬配置快速完整

現場佈設施工圍籬快速完整、作業人員動作熟練確實，充分區隔作業區、確保作業人員安全，如圖 14 所示。



資料來源：局限空間評鑑現場拍攝資料

圖 14 施工圍籬配置快速完整

4. 工作車輛設置前後車輪擋

現場工作車輛停放時，放置前後車輪擋，避免車輛移動，或避免作業人員操作不慎引發意外，確保作業人員及車輛附近人車安全，如圖 15 所示。



資料來源：局限空間評鑑現場拍攝資料

圖 15 工作車輛設置前後車輪擋

5. 作業人員解說明確、動作熟練

參與評鑑團隊作業人員解說局限空間作業流程清晰明確，動作熟練確實，對於每一個操作過程都有說明，且人員亦配合說明演練作業程序，落實作業標準程序，如圖 16 所示。



資料來源：局限空間評鑑現場拍攝資料

圖 16 作業人員解說明確、動作熟練

肆、本次評鑑活動特色及效益

一、活動特色

本次活動可以綜整出五大特色：1.首次舉辦全國性下水道局限空間出入坑評鑑。2.首次邀請各縣市政府下水道單位局處首長共同簽署「下水道作業安全宣言」，如圖 17 所示。3.首次將人員(假人)從局限空間救援之相關作業程序納入演練及評鑑項目之一。4.首次將參賽縣市納入年度污水下水道建設計畫考核評鑑加分項目內。5.首次將獲佳績廠商名單正式函請各縣市政府納入工程採購評選之職安相關加分項目內予以考量。

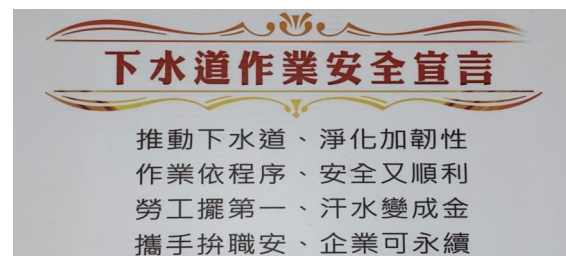


圖 17 下水道作業安全宣言

一個作業人員的背後代表著一個家庭，我們應致力改善下水道作業環境，保障作業人員安全，故需要落實職安作業程序及規定，內化為基本的文化，所以特別大力疾呼，作業人員務必要依照作業程序執行。

本次活動要特別感謝勞動部職業安全衛生署及高雄市政府積極協助並擔任本次活動協辦單位，從評鑑項目及評分標準、

活動場地確認及選定、參賽人孔及周邊環境整理、參與評鑑委員並提供專業意見及分析、路權申請及整體活動等作業，皆積極協助及支援，使本次活動圓滿順利。

二、活動效益

本次活動預期效益如下：

1. 鼓勵各縣市政府下水道主辦單位加強宣導、落實並重視職業安全作業程序及規定，透過評鑑活動、簽署下水道作業安全宣言、媒體報導、精進設備及人員熟練度，希望能攜手全國各縣市政府下水道主管機關、下水道產業相關廠商、共同努力朝向零職災目標前進。
2. 希望透過活動舉辦，加強下水道從業人員進入局限空間作業時，落實相關作業程序並減少職災發生。
3. 透過本次活動，參與評鑑的團隊於評鑑過程中的影片、照片放置於活動網頁上，讓各廠商相互學習各團隊實務經驗及巧思，推廣相關可精進的程序或措施，提升作業安全。

伍、結論

下水道是埋在地底下日常看不見，但又攸關民眾生活品質的重要民生基礎工程，所以相關作業人員常常必須深入地底進行施工與養護，其第一線工作環境往往是密閉空間或者是通風受限的局限空間，

為確保其作業時人員安全，務必要落實風險評估、因應風險製訂降低或避免風險的措施，即可有效降低下水道職災發生。

全國下水道局限空間出入坑作業評鑑，主要是要求下水道作業人員進入局限空間作業時，務必落實局限空間相關作業規定程序，並透過評鑑活動鼓勵各下水道主辦單位加強宣導、落實並重視職業安全，也使各廠商能互相吸取彼此實務經驗及巧思，推廣相關可精進之程序或措施，提升作業安全，與全國各縣市政府下水道主管機關共同努力，朝零職災的目標前進。

參考文獻

1. 內政部營建署 111 年 6 月，「109~110 年下水道工程職災案例彙編」。
2. 內政部營建署 110 年 5 月 14 日營署水字第 1101089707 號函，「內政部營建署下水道局限空間作業規定」。
3. 內政部營建署 110 年 11 月 11 日營署工務字第 1101225205 號函，「內政部營建署下水道工程處工程品質暨施工安全衛生抽查小組設置暨作業要點」。
4. 內政部營建署 111 年 4 月 15 日營署水字第 1111067022 號函，「內政

部營建署公共污水下水道管渠維護管理抽查要點」。

5. 勞動部職業安全衛生署，「109 年勞動檢查統計年報」。
6. 內政部營建署網頁，<https://www.cpami.gov.tw/>。
7. 勞動部職業安全衛生署網頁，<https://www.osha.gov.tw/>。



摘要

根據 WEF 出版 2022 全球風險報告，「氣候行動失敗」躍升為風險排名第一名，造成生物多樣性流失、自然資源缺乏、生態崩潰等風險隨之提升，而世界各國普遍共識所提出重要解決方案為發展「淨零」，因此淨零路徑議題在各國漸受重視。透過「下水道淨零之路」專題論壇的舉辦，特別邀請到主管國家水資源管理之主要單位包括營建署與環保署，以及國內重要水資源協會—臺灣下水道協會共同進行研討，也藉此可清楚深入瞭解我國未來水資源淨零發展重要方向。營建署分享在下水道建設的面向，目前配合「氣候變遷因應法」通過，持續針對氣候法治進行法務相關調適與修正，來推動全國水廠之碳盤查與申報管理，並以發展可自給自足的下水道系統為重點。而下水道協會在水資源淨零技術面向，考量推動淨零教育、研擬企業淨零誘因、針對高排放係數溫室氣體管理與扶植智慧水務產業將為未來發展重點。另在水環境品質方面，環保署以發展自給自足水資源中心、推動污水處理創能與發展智慧水務節能管理為下一階段執行重點。而在氣候變遷這個跨部會共同議題下，臺灣正積極推動 2050 淨零轉型之目標，水環境重要政策如下水道建設轉型、強化節能創能解決方案與推廣智慧水務技術應用均為執行方案重要一環，期望未來可藉由各水資源部門政策資源整合與合作，共同讓臺灣水環境邁向淨零路徑之目標。

下水道系統淨零之路

張添晉¹ / 蔡大偉²

1. 國立臺北科技大學環境工程與管理研究所 / 教授

2. 中原大學 / 助理教授

壹、前言

臺灣水環境再生協會為推動國內下水道建設，定期每年辦理下水道及水環境再生研討會專題論壇，本年度為第三十二屆大會，以促進臺灣下水道與水再生領域專家學者之交流與研討，共同擘劃國家下水道建設未來推動方針。本屆大會特別搭配「下水道·水再生期刊」新期刊發表，辦理「下水道淨零之路」專題討論（如圖1），邀請國內重要代表進行研討於下水道範疇之淨零具體方向與未來規劃。筆者為臺灣水環境再生協會監事，有幸擔任本論壇主持人，本論壇邀請營建署於望聖副主任、臺灣下水道協會駱尚廉理事長及行政院環保署葉俊宏主任秘書擔任與談人，分別請三位與談人針對「下水道淨零之

路」主題進行與談，以說明臺灣未來整體下水道邁向淨零路徑之政策與推動方向。

貳、下水道的淨零未來

首先由內政部營建署第二辦公室於望聖副主任針對我國下水道建設與淨零未來進行說明，內政部營建署主管國家整體下水道建設規劃與推動，首先必需先瞭解最新氣候變遷發展情形。目前全球的氣候變遷衝擊已漸趨嚴重，尤其是在世界各地都更頻繁的發生一些以前想像不到的災害。根據臺灣過去的紀錄與經驗，自然災害主要為每年颱風造成的水災，以及大約十年會來一次旱災，但就目前臺灣的現況來看，幾乎是每年都會有水災及旱災，甚至是同一年度同時須面臨水災跟缺水的問題。另外根據世界經濟論壇 (WEF)



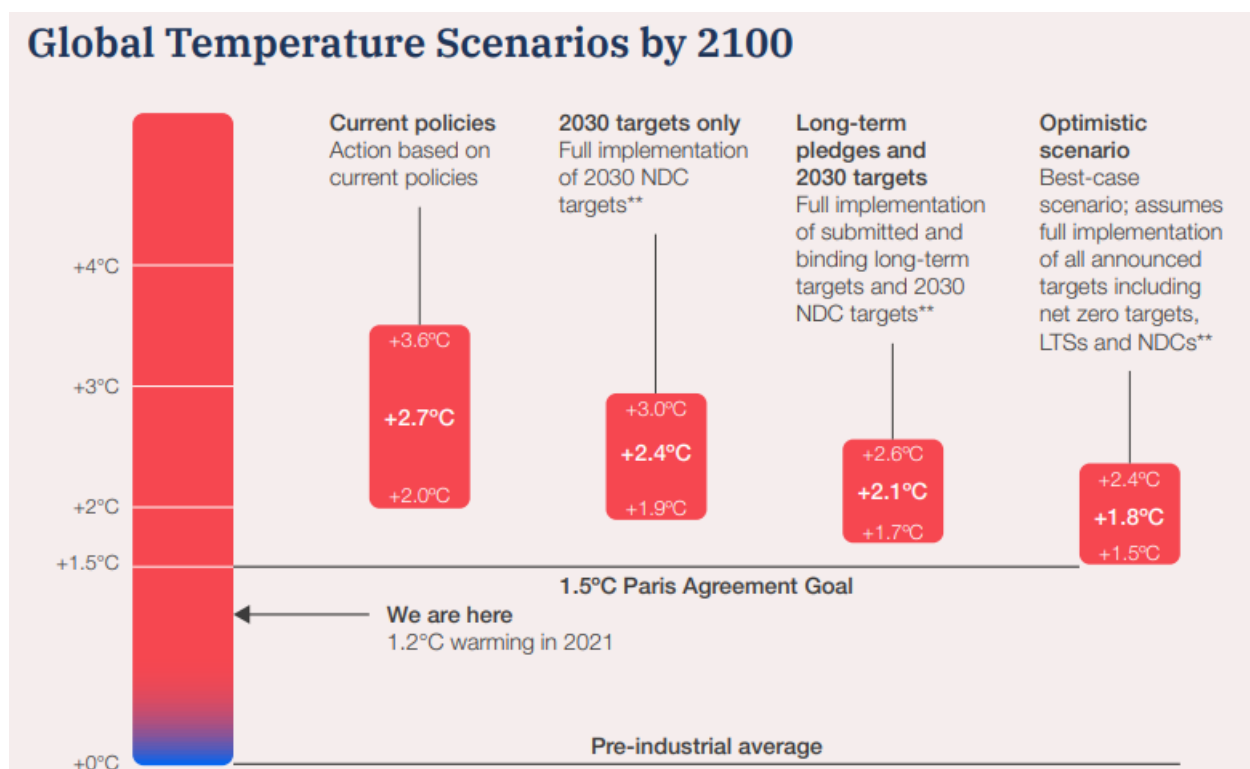
圖1 臺灣水未來論壇花絮

《2022 全球風險報告》，比較特別注意到的一點就是須重視對風險問題整個對策上應對失敗，將成為未來重大衝擊最主要的一個因素，所以在這個論壇裡須特別強調，目前情勢來看大家對全球升溫控制在 1.5°C 這件事情，已經不再保持樂觀的態度，也就是說當我們未來可能面臨的情勢是升溫已經超過 1.5°C 以上（如圖 2），必須開始思考要如何來因應與處理（張，2022；徐等，2022），而且這個處理必須要快，如果再不快速因應可能情況會更嚴重。

根據報導臺灣目前上升均溫比全世界目標約高了 0.1 度，臺灣升溫情形大約是

1.6 度，因此在 2022 年的三月份國發會也特別針對臺灣的淨零轉型這件事情做一個淨零路徑報告，在基於科技研發和法制面考量的基礎上，提出四大轉型策略，分別為能源轉型、產業轉型、生活轉型及社會轉型，各個面向均與下水道建設息息相關，可在許多面向進行著力與推動，即便是氣候法治的部分，在環保署的氣候變遷因應法之下，下水道方面可能也要做因應的調適，在相關的基礎準則去做規定以及未來的相關因應策略。

接著請於副主任針對下水道建設淨零與各相關部會淨零措施關聯性進行說明，在環保署這邊氣候變遷因應法中已將



資料來源：WEF，2022。2022 全球風險報告。

圖 2 全球升溫情境模擬

2050 臺灣淨零的一個目標納入這個法裡面，希望能夠順利通過（目前已於 2023 年 1 月 10 日立法院三讀通過）；另外在經管會部分，2022 年開始也規定上市櫃公司在 116 年前必須完成碳盤查，這些相關部會的淨零措施對下水道一些未來淨零方向是一個很大的幫助，一旦規定開始執行之後，對下水道的廠商而言就會慢慢形成一個市場！根據環保署的報告，能源的部分還是佔溫室氣體減量最大宗，廢棄物的部分很少，所以下水道實際上雖然對整體溫室氣體排放影響不大，可是下水道走的方向不再侷限於對整體影響大小，而是能不能從中找到對的方向去發展市場，藉此提供支持下水道正常維運所需的經費，這是個人比較在意的部分，報告也提到污水下水道運轉率提升，2019 年的整體排放量已低於比 1991 年的排放量（行政院環保署，2016-2021），所以營建署其實很早就注意到這個問題。

在營建署推動下水道的路程中，可以分成幾個階段，第一階段從 2002-2012 年開始的十年，這十年專注在下水道用戶接管的鋪排，然後第二階段 2012 年到 2021 年著重在再生水的推動，因為用戶接管已經有了基礎，且也正常的在運行，所以開始有足夠的水量做再生水；而在下一階段 2021 年到 2031 年個人的想法是想推動整個系統的整合，包含大數據的建立等，透過這些數據再來做以後的事情，可是沒想到氣候變遷的速度實在太快，快

到我們不得不把碳排提前到現在來做，不然對以後的下水道系統來說就太慢了。

目前營建署也開始在污水處理廠做一個碳排放的調查，以 2017-2018 年為基礎盤查三座污水處理廠，包括淡水、宜蘭兩座大型的污水處理廠與大溪的小型污水處理廠，做它的碳排放資料來進行調查分析，希望透過這個分析，以後開始循著三個步驟來建立公共污水處理廠碳排放量的調查與管制：第一個是建立我國營運污水處理廠溫室氣體排放係數與碳盤查作業手冊的一個工具，再逐廠進行碳盤查作業，最後做溫室氣體排放的基線建立與減碳的策略。預計未來全國的公共污水處理廠甚至工業污水處理廠都可以參照目前訂定的規定，來執行碳排放量盤點並訂定減碳的目標。計畫中第一個部分是污水處理廠溫室氣體申報與管理，最重要的是建立管理的制度，擬定「公共污水處理廠溫室氣體盤查申報與管理作業要點」，但目前還是草案，草案中在盤查的廠站裡以每日 250 噸的處理水量來做區分，未來在大於 250 噸之處理廠需每年進行一次外部盤查的驗證，在小於 250 噸的廠站 3 年進行一次驗證。在盤查作業中會在建立因應公共污水處理廠組織進行溫室氣體排放調查作業手冊，來做大於 250 噸污水處理廠的盤查作業依據，小於 250 噸的廠站只要進行排放調查表單的填報就可以。由於 2017 年 ISO 的規定還沒修正，基本上以 2006 年的規定來做依據，到 2022

年配合到 ISO 2018 年公布的新規定，我們就更新相關盤查作業的要點，也把手冊更新為「營運中公共污水處理廠組織型溫室氣體排放調查作業手冊」。未來在大於 250 噸的處理廠中有特別針對污泥來做一個調查與盤查，小於 250 噸則不用，只針對用電的部分，初步調查報告如圖 3 所示，基本上大型廠的平均用電會比較低，溫室氣體排放量也較低。

總結未來營建署的淨零有幾個可能規劃方向，第一是資源能源的部分，下水道在水處理的部分，下水道系統整個污水處理廠中能耗成本佔整個處理廠大概四成，如何降低能耗目前署裡重點放在「節能」，所以正進行很多盤點包含低能耗設備的更換，或是延遲設備的使用壽命，希

望藉由壽命的延長使用能夠減少在製程產品上的碳排，後續著重在流程上，發展低能耗的處理流程；再來就是收集處理廠能耗跟操作的數據，最後再強化營運的管理。另外一個面向就是「創能」，如果在整個水處理過程中，把這些能量抓出來，現階段重點為沼氣發電 - 厭氧消化槽的部分，也嘗試在高雄臨海做廚餘共消化處理，初步只做廚餘，未來將嘗試污泥共消化，這個部份正在跟環保署合作進行推動。未來在相關技術逐步成熟後，污水處理廠將不再是個收支無法平衡又不得不做的事業，而是可以從它去產生足夠的經費來去支持整個污水處理系統，甚至還可以有更多的其他貢獻。

借鏡國外如美國與日本的經驗，都是

廠名 項目	淡水廠	宜蘭廠	大溪廠	恆春廠	竹東廠	鳳山廠	桃園北區廠	民雄廠
處理程序	標準活性污泥	標準活性污泥	TNCU	氧化渠	A ² O	MLE	TNCU	延長曝氣
規模	大型	大型	小型	小型	中型	大型	大型	小型
盤查年度處理水量 (噸/年)	9,938,514	10,494,340	1,001,878	897,337	2,483,109	27,776,218	17,855,415	921,385
盤查年度用電量 (度/年)	3,174,500	3,555,780	869,400	435,920	1,139,520	9,320,072	6,438,000	497,600
處理每噸水用電量 (度/噸)	0.32	0.34	0.87	0.49	0.46	0.34	0.36	0.54
盤查年度溫室氣體 排放量(ton CO ₂ e/year)	2,382.784	2,545.936	498.900	267.629	898.508	4,928.189	4,211.27	263.64
處理每噸水溫室氣 體排放量 (kg CO ₂ e/噸)	0.24	0.24	0.47	0.30	0.36	0.18	0.24	0.29

資料來源：營建署，2022。

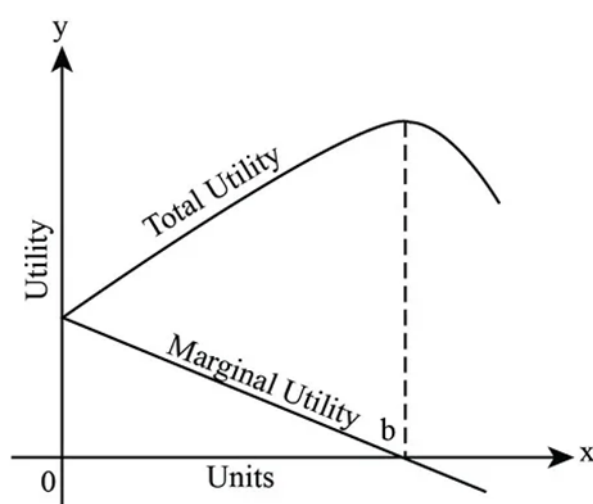
圖 3 臺灣公共污水處理廠碳盤查初步成果

政府提供資金資助鼓勵發展創新技術應用，但國外水廠大多是私部門營運，而臺灣則是幾乎都是公共水廠，所以在國內的做法上可能又不太一樣。營建署希望未來能夠變成一個新技術的平台，能夠跟學校、研究機構、產業或者是廠商來合作，包括整個研發資訊的流通彙整，其實在學校有很多好的研究，培育許多優秀學生做出很好的論文與研究，跟一些新的技術性的方法，很可惜這些研究後續大多都沒辦法商業化去應用，所以署內希望可來支持相關的研發。另外署內會進行實廠驗證，如臨海污水處理廠已經建立一個示範廠域，但需要一些驗證的依據跟規範；在完成驗證後，將協助進行技術移轉，將這些技術實際用到廠商端去，去創造更大的市場。再來就是相關法規修訂與人力的培訓，我們希望用這個平台來達成這幾項工作，讓未來污水下水道是一個可以營利的事業，營建署願意跟大家一起攜手共創永續未來。

參、未來水資源淨零技術

在水資源淨零技術發展歷程的部分，很榮幸邀請到臺灣下水道協會駱尚廉理事長進行分享，協會以研究下水道學術，交換下水道工程經驗，協力發展下水道建設為宗旨，多年來致力於協助推動下水道建設具卓越貢獻。駱理事長提到有關 2°C 的極限理論，早在 1975 年就已由耶魯大學教授提出，但當時全球未引發重大響應，

之後在漸受重視後被稱為「1975 倡議」，教授也於 2018 年獲得諾貝爾經濟學獎。而在理論提出的 40 年後，2015 年 180 多個國家元首就在巴黎簽訂 Paris agreement，在這裡面出來的報告赫然發現才 40 年全球升溫就達到 1°C，所以實際上 2015 年的時候大家過於樂觀，要讓每個國家做貢獻報告，每五年更新一次，希望在本世紀末不要超過 2°C，甚至以不超過 1.5°C 為目標，但是實際上跟管理有關或心理有關的理論都提出來過，比如早期 19 世紀 Daniel Bernoulli 提出「邊際效益遞減」（如圖 4），之後有兩個心理學家 Daniel Kahneman 和 Amos Tversky，他們研究了很多股票市場，人在有利的時候有一種趨向保險的心態，不利的時候趨向更冒險，所以就可以推論到為何從 2015 到現在大家都是這種心態，



資料來源：MBA Knowledge Base, 2021.

圖 4 邊際效益遞減假設示意圖

在比較好的情況大家又會比較保守，覺得 2050 年淨零跟自己沒什麼關聯；但不利的時候，又說不會在有生之年碰到吧？若這種心態一直持續下去，將很不利於減碳工作的推動。個人認為很多東西靠宣導是效果有限的，要腳踏實地推出具體制度或成果，甚至要制定誘因，才能進行實務上的推動並取得成果。

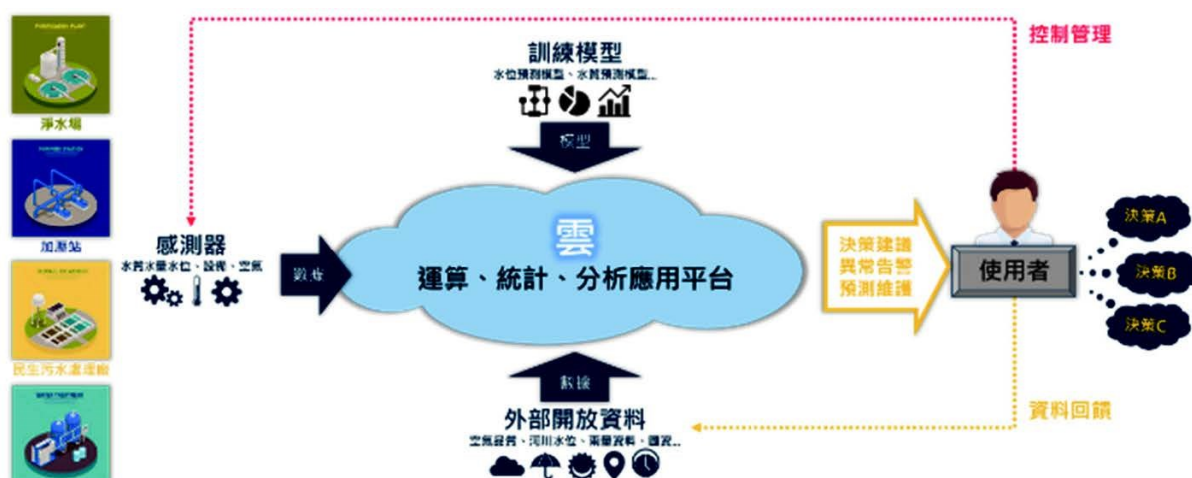
此外，駱理事長提到參與 COP26 的經驗，會議重點為未來十年要把甲烷氣體的排放減 30%，很多人不清楚為甚麼不講二氧化碳只講甲烷氣體，實際上跟我們下水道有關的重要溫室氣體除了二氧化碳外，一個是甲烷氣體，另外一個是氧化亞氮，這兩種溫室氣體的潛勢分別是 CO_2 的 30 倍到 300 多倍，另外一個特徵是這兩種氣體半衰期很長，半衰期相對二氧化碳高達百年以上，過去排放到大氣裡面無法被消耗掉，但是二氧化碳十年就幾乎衰減掉，在這種情況下大家發現其實最有效的控制方法為趕快把甲烷氣體排放減量，未來十年如果達成，全球的溫室氣體排放就會馬上降低，估計將下降 0.2 到 0.5°C。

污水處理廠從過去污水處理到水資源回收慢慢的要走向淨零排放，甚至要從節能到另外一個就是產生能量，關鍵來源就在甲烷氣體，所以實際上我們特別要重視整個排放二氧化碳、氧化亞氮的控制，甚至比加嚴放流水氨氮標準更為重要，因為這個東西要嚴格控制，讓大家都把污泥拿

去轉化後產生能源。但是污泥處理現在仍面臨到許多待克服的問題，如排放的污泥濃度過稀，還有很多脫水問題，都需要研發新的技術來克服。以個人的研究為例目前正在研發要在控制閥之前裝置檢測環，這個環上面設置很多 sensor，不同位置的 sensor 來檢測如電導度等水質狀況，然後就可清楚知道污泥的濃、稀狀況，每 1-3 秒就會監測一次，馬上透過數據的傳送計算，即時的資料來做最好的污泥排放與控制，應用 AIoT 控制技術來優化整體處理流程（如圖 5）。所以整個污水處理廠甚至下水道我們也發現還有很多的應用，譬如在人孔裝設了水位監測器，配合氣象局雨量等等的資料，很多自動檢測的水位資料送進來，讓我們就可以馬上了解積水的情況，甚至有沒有下水道破洞，是否有大量雨水滲進來的情況。若有發現雨水滲進來的情況，就可以趕快進行管線的洩漏維修等等，其他有關水塔的節能需求都跟 AIoT 有關。未來臺灣下水道協會努力跟學術單位進行合作，共同規劃一些相關最新技術的進修課程，來協助我們一同來推動下水道工程技術上的提升。

肆、水環境品質之淨零

最後邀請行政院環保署葉俊宏主任秘書為大家說明有關水環境品質在淨零面項重要作為與成果，以及未來努力的方向。首先是應用污水處理廠生產清潔能源，根據德國的一個污水處理廠案例，這個廠產



資料來源：鄭詠紘等，2021。

圖 5 智慧化系統平臺示意圖

生的電力已可以滿足自己日常維運需求，主要包括沼氣的回收和在出水口安裝小水力發電，由此可以看出小水力發電應該具可行性，臺灣 2023 年亦啟動國內第一座示範場域（如圖 6）。所以建議也許將來做公共污水下水道系統的時候，或許可以把碳排放的評估納入污水處理廠設計的其中評估的一項，看什麼樣的處理流程可以將碳排放到最少。另外再分享一個德國案



資料來源：宜蘭縣政府，2023。

圖 6 全台首座微水力示範場域

例，由於他們自來水跟污水是在同一個單位操作，所以他們在廢水處理攔截下來的廢棄物，可以變成沼氣發電的原料，若沒辦法沼氣發電的部分，就利用焚化爐去焚化產生熱能電能等能源，所以一樣都可以在處理廠從供水、進水到處理進行整個系統的綠能產電。

環保署近期推動重點第一步就是要創能，舉例來講在斗六有一個畜牧場，在濁水溪的旁邊，畜牧場養了兩萬多頭的豬，前兩三年開始做厭氧消化後，現在一個月的躉購電費的收入可以到 60 萬，也就是說一年光養豬的躉購就可以到七百多萬，所以技術上是可行的，而且現在的脫硫技術非常的成熟，不管是生物脫硫還是化學的脫硫。此外，污泥的熱值回收部分，目前大部分的污泥還是進掩埋場，少數的污泥進焚化廠，有一個彰化案例正在蓋流體

化床，將來流體化床可能就專門收這些生物污泥的處理焚化；此外在使用太陽光電的部分，因為污水處理廠的面積都很大，目前正在評估池槽的上方是否有可能做太陽光電；還有就是小水力發電。第二當然就是節能，主要在污水的處理營運跟設施的維護優化兩個部份；還有就是新興的處理技術的研發，未來應該朝向 4L 的方向發展（低污染、低耗能、低成本跟低度的空間使用），另外就是循環經濟 4L+C 的一個方向邁進。最後一個方案就是污水處理的雲端統整的運籌，建立於發達的監測技術基礎，可以把水廠內的各個操作參數彙整後到平台，然後從中了解什麼樣的操作是最節能的模式。以活性污泥為例，過去多數養豬場均採三段式設計，到最後活性污泥都是過量曝氣，因為沒有去控制 DO 的最佳操作量，如果能引進 IoT 或是 AI 的技術，去控制曝氣量等重要參數，就可減少過量曝氣達到節省能源的目地，所以如何結合監測的技術，達到最優化的操作也是一個重要的發展方向。

有關未來環保署對於水處理淨零新型技術發展重點方向，目前署內重點規劃如下：

1. 法規：法規會引導技術的研發，如環保署在 2017 年放流水標準修正的時候增加氨氮的管制，過去認為氮跟磷都是營養鹽，所以只有在水源區管制，後來發現科技廠裡面有很多含有高氨氮的廢液，因此在放流水標準裡

面納入一些科技業或者是電鍍業、金錶業的管制。從此開始各界投入新興處理技術的研發，如氨氮廢水電解的系統，將氨氮的廢水回收再利用可以回收氨水跟液氨，然後可以純化變成電子級的液氨，又可以回到製程做使用；如電容去離子技術，用奈米電化學水處理技術，在水中把氨離子、硝酸鹽、重金屬去除，然後氨氮利用提濃程序，以及電鍍廢水中再利用，從而達到資源再生；此外，氣提及結晶技術模型處理，把氨氮的濃度提高後再做氯化銨結晶，就可以回到製程使用；另外產製硫酸銨技術，透過吸收氣體的方式結晶，再把硫酸銨銷售到國外。

2. 厭氧回收：以上流式的厭氧污泥床 (UASB) 技術為例，可把產生的甲烷轉換成電力跟熱量。
3. 廢水回收轉化：把廢棄物變成資源，比如說印刷電路板及半導體的業者蝕刻廢液裡含高濃度的銅，過去的銅離子可能是用混凝沉澱變成污泥，然而這些污泥則會變成含銅的有害污泥，因此現在很多業者會用還原的技術，把高濃度的銅離子還原成銅棒，成為新的商機，而處理後污泥也會從有害污泥變成一般污泥，以上這些技術的轉變都有助於減碳。此外，流體化床均質結晶的技術，有助於回收重金屬、非金屬的鹽類，還有捕集二氧化

碳，因此可以把煙囪的二氧化碳吸收轉化成碳酸鹽，然後結晶成碳酸鈣的結晶粒。那另外針對半導體業者產生的氫氟酸，過去可能都加料變成氟化鈣，產生很多氟化鈣的污泥，那現在已有技術可以把氫氟酸的廢液，轉變成鋁工業所需要冰晶石助溶劑，均有助於減少二氧化碳的排放量。

4. 染料廢水：過去的染料廢水很多是用吸附的方式，吸附下來再處理這些染料，目前已研發出非熱電漿技術來處理染料廢水，可不用加藥不產生污泥，然後有處理的速度快佔地小等優點。

個人覺得新技術的研發是未來 2050 達到淨零排放非常重要的一件事，若以現有可行技術是達不到 2050 年淨零排放目標的，必須要研發更多新興技術，才有更高機會達到。

關於國內下水道有機污泥的情況，比如說八里污水處理廠、幸福水泥的東澳廠，其所含的熱值大概是 2,000~3,000 千大卡左右，另外淡水污水系統的污泥是送到八里焚化廠，而迪化的污水處理廠是到木柵、內湖及北投的焚化廠，那八里的蛋型消化槽，設計 6 座消化槽，過去雖然有提到建造水肥或廚餘的消化廠，但附近居民都反對，所以目前僅啟用 4 座（啟用 3 座、1 座休息），那其他的地區的污泥大部分還是送掩埋場。至於其他地區送

掩埋場就所以沒有回收熱值，所以過去很多的污水下水道系統都有設置厭氧發酵槽，但一開始處理量少，產生的生污泥量也少，要去啟動厭氧發酵槽很不經濟，將來如果要結合廚餘、水肥或其他有機質的部分也有可能去走共消化這個方向，讓已經蓋好的厭氧發酵槽可以充分使用，如花蓮集中生質能源中心(圖 7)，避免下水道系統蓋厭氧發酵槽閒置。但要處理水肥還要另外再蓋水肥處理廠，要處理廚餘的話還要再蓋生質能處理廠，可能有重複投資的疑慮，所以必須要跨部會的合作才有辦法達到，最後國內的廢水處理在創能與節能還有很大的進步空間，下水道要邁向淨零之路還有很長的路要走，仍需要產官學大家共同努力。



資料來源：中央通訊社，2021。

圖 7 臺灣首座集中生質能源中心

伍、結語

透過臺灣主管國家水資源管理主要單位與重要協會研討，可以描繪我國未來水資源發展淨零的藍圖，茲彙整重要的臺灣水資源淨零願景如表 1，而有關實現願景的主要做法，在下水道建設的面向，在「氣候變遷因應法」的架構

表 1 臺灣未來水資源淨零路徑願景

水資源面向	未來願景
下水道建設	配合「氣候變遷因應法」通過，持續針對氣候法治進行法務相關調適與修正，來推動全國水廠之碳盤查與申報管理；另外重點將在資源面上推動可自給自足的下水道系統，以協助持續改善國家水環境品質。
水資源淨零技術	根據「邊際效益遞減」理論，大眾對淨零推動意識仍需加強，以獲得更多支持推動污泥再利用、再生能源、智慧水務等淨零技術。
水環境品質	發展自給自足型水資源中心為重要推動方向，需搭配厭氧消化、污泥處理、再生能源、智慧水務、碳捕捉等節能創能新興技術推廣，讓國內廢水處理走向淨零路徑。

下，下水道建設除了更以淨零的角度強化相關規劃，如污水廠碳盤查機制、溫室氣體申報管理、協助發展淨零技術等重要措施外，如何把握契機加強整體系統經費自主性亦為重點。在水資源淨零技術研發面向，考量推動淨零教育、研擬企業淨零誘因、針對高排放係數溫室氣體管理與扶植智慧水務產業將為未來發展重點。在水環境品質方面，發展自給自足水資源中心、推動污水處理創能與發展智慧水務節能管理為下一階段執行重點。而氣候變遷是國際共同面對的艱鉅挑戰，臺灣正積極推動 2050 淨零轉型之目標，水環境重要政策如下水道建設轉型、強化節能創能解決方案與推廣智慧水務技術應用均為執行方案重要一環，期望未來可藉由各水資源部門政策資源整合與合作，共同讓臺灣水環境

邁向淨零路徑之目標。

參考文獻

1. 中央通訊社(2021)。畜牧糞尿沼氣發電 花蓮建首座集中生質能源中心，<https://www.cna.com.tw/news/alog/202103160261.aspx>
2. 行政院環保署(2016-2021)。我國國家溫室氣體排放清冊報告。
3. 宜蘭縣政府(2023)。宜蘭水 POWER 打造全台首座自發自用微水力示範場域，縣政新聞。
4. 徐健銘、周桂田(2022)。解讀 2022 年全球風險報告：接受崎嶇不平的轉型過程。學會會刊 2022 年第 4 期，台灣風險分析學會。

5. 張睿寧(2022)。世界經濟論壇(WEF)《2022 全球風險報告》重點整理，風險社會與政策研究中心。
6. 鄭詠紘、駱尚廉(2021)。建置智慧物聯網工業園區以即時監測管理廢污水系統，中國土木水利工程學刊，第三十三卷(6)，p.451-459。
7. 營建署(2022)。110-111 年度全國公共污水處理廠營運評鑑及碳排放調查計畫。
8. MBA Knowledge Base. (2021). The Law of Diminishing Marginal Utility. <https://www.mbaknol.com/managerial-economics/the-law-of-diminishing-marginal-utility/>
9. Ulrike Franzke (2011). Sewage Sludge Treatment in Large Cities Using the Example of Berlin. WASTE MANAGEMENT, Volume 2, Vivis.
10. World Economic Forum. (2022). The Global Risks Report 2022. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.

下水道·水再生期刊稿約

壹、誠徵稿件

- 一、本期刊為內政部營建署針對下水道領域所發行之期刊，每年三、七、十一月下旬出版，誠徵稿件。
- 二、歡迎下水道從事人員以及設計、產銷有關下水道工程之器材業者提供相關文稿，如創見或新研究成果；國外新知或工程報導；下水道工作現場發表感想；國內有關下水道發展之研究計畫；國內、外與下水道相關之新書介紹等。
- 三、惠稿每篇以伍千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限，本期刊對於文稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法出刊之稿件將儘速通知。
- 四、惠稿（含圖表及著作權讓渡同意書，並請提供一張圖片作為封面圖片）請用電子檔寄至 twea900606@gmail.com，並請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 五、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。

貳、稿件格式

- 一、版面設定：頁面紙張請以 A4 規格 21cm * 29.7cm 直式編排；本文版面規格：版面上下左右邊界各為 1.27 cm；內文段落採單行間距，並設定左右對齊。除摘要，其餘皆以兩欄型式呈現。內文首行需位移 2 字元。
- 二、字型設定：字體中、英文請採微軟正黑體字型。字體大小：頁首頁尾及頁碼採 12 號字，標題採 18 號粗體字（置中）作者姓名、任職單位及職稱採 12 號字（置右），“摘要”標題採 14 號粗體字（置中），各章節標題採 14 號粗體字（置左），內文採 12 號字，圖表標題採 11 號字。
- 三、文章篇幅：每篇文章以 10 頁為限（含所有內容及圖表）
- 四、文章架構：
 - ◆ 標題：宜簡明
 - ◆ 作者姓名、任職單位及職稱：請以置右方式依序條列
 - ◆ 摘要（300 字為限）

◆ 本文 (章節之編序以：壹、一、1、(1)、... 為原則)

◆ 參考文獻

五、圖表配置：本文中之圖表請隨文插入 (與文字排列)，圖表之編號一律以 1,2,...等阿拉伯數字表示，圖標題請以置中方式標註於圖下方；表標題以置中方式標註於表正上方。

六、數據規範：內文中之數字請以阿拉伯數字呈現，並採用半型，可量化數字超過 3 位數請以逗號區隔，如 1,234 ；年份請以西元紀年；文中所使用數據單位請以公制單位，如：min、℃、mg/L 等，數字及單位之間請空半形 1 格。

七、參考文獻格式

期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。

書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。

機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。

【參考文獻 格式範例】

1.歐陽嶠暉，下水道工程學，長松出版社，增訂版，第 45-56 頁，臺北(1992)。

2.黃國文、李方中、於望聖、陳志偉、顏慧敏、施上粟、林旺德、林佳薇 (2017)，公共污水下水道維護管理訪評計畫之研訂與推動，農業工程學報，63(2)，第 1-10 頁。

3.陳余育、劉振宇、鍾淑女、李金靖、陳怡寧、游勝傑，“臺灣地區性水資源回收中心新冠肺炎病毒檢測初探”，中華民國環境工程學會 2021【廢水處理技術研討會】研討會，110 年 8 月 19 日，第 132 頁(2021)。

八、文章內文格式範例 (請洽本期刊編輯組)

參、本期刊內容將刊載於內政部營建署下水道資訊入口網 (<https://sewergis.cpami.gov.tw>) 歡迎各界參閱。

著作權授權使用同意書

_____(作者/機關名) 保證除本次投稿至「下水道·水再生」期刊之文章 _____(文章名) _____，相同內容未專屬授權至國內外其他有版權之期刊或有抄襲之情事，若有涉及著作權之侵權或其他不法行為，本人願負相關之法律責任。

_____(作者/機關名) 同意將本篇文章之著作權自接受刊登日起，授權內政部營建署有重新編排並將本篇文章置於所屬網站及刊物等刊載供外界查詢之權利，但需註明本文章作者。

此 致

內政部營建署

立 書 人：

通 訊 處：

聯 話 電 話：

(親簽後掃描為電子檔與文稿一併寄送至編輯組)

中 華 民 國

年

月

日

中華民國 一百一十二年三月出刊

第 2 卷第 1 期

發行人：吳欣修

指導委員：宋德仁、於望聖、林志峯、范世億、陳志偉、劉振宇、蔡長展、
韓榮華（依姓氏筆畫順序）

編輯委員：王朝民、朱錫麟、阮春騰、邱敏錦、周黎明、林舜宏、侯嘉洪、
洪俊雄、胡念英、康世芳、張添晉、莊順興、陳立儒、黃成龍、
黃良銘、黃靖修、楊仁彰、廖宗銘、鍾志成、蘇玫心（依姓氏筆
畫順序）

總編輯：曾淑娟

副總編輯：周世銘、鄭惠君

執行編輯：游勝傑

出版單位：內政部營建署

地址：臺北市松山區八德路 2 段 342 號

電話：(02)8771-2345

網址：<https://www.cpami.gov.tw/>

執行單位：社團法人台灣水環境再生協會

地址：臺北市松山區復興南路一段 1 號 1204 室

電話：(02)2777-2675

網址：<https://www.twea.org.tw/contact.html>

GPN:2011100010 ISSN:27913805

★★★本刊文章版權所有，非經同意不得轉載★★★

★本刊文章屬個人學術發表，不代表內政部營建署立場★