



畜牧糞尿資源化對河川水質改善效益分析—以東港溪為例

環境部水質保護司技正 / 王瑞鎡

磐誠工程顧問股份有限公司副總經理 / 許盈志

磐誠工程顧問股份有限公司經理 / 蔡孟蓁

磐誠工程顧問股份有限公司工程師 / 魏嘉儀

關鍵字：畜牧糞尿資源化、東港溪、氨氮削減、負荷延時曲線

摘要

受全球氣候變遷影響，降雨頻率和分布不均，臺灣河川涵容能力下降，易引起水質惡化環境議題。特別是畜牧場集中之中南部流域，如東港溪、二仁溪和急水溪等地區，氨氮水質達成率低，來自畜牧業的廢水污染對河川水質的影響顯著。為改善畜牧業廢水影響河川水質，我國自民國 105 年開始推動畜牧糞尿資源化政策，期能有效將畜牧廢水資源化，減少污染流入河川，將錯置資源有效運用，以達畜牧糞尿全循環利用目標。

本研究聚焦於東港溪流域，並以中下游東港溪水質惡化污染熱區關鍵測站興社大橋

測站為主，進行畜牧廢水資源化對河川水質改善效益分析，並利用負荷延時曲線（LDC）方法，分析不同流態下河川涵容能力及氨氮污染負荷變化。

推動畜牧糞尿資源化政策以來，興社大橋測站氨氮負荷有明顯下降趨勢，但仍高於河川涵容能力，說明現況資源化比例仍無法使關注污染物氨氮達成乙類地面水體水質標準。

另結合現況水量模擬結果顯示，即使達成 100% 畜牧糞尿資源化利用，氨氮濃度（1.9 ~ 2.2 mg/L）仍無法符合乙類地面水體水質標準，但參考 RPI 標準，已可有效脫離氨氮嚴



重污染程度 (3 mg/L)。若將資源化比例提高到 65% 以上，可使測站 75% 以上的時間脫離嚴重污染狀態。

綜上所述目前列管之畜牧污染源全數移除後，仍有其他污染源持續匯入，如民生、事業或非列管之污染源等，如家禽、水產養殖場等影響，導致仍無法達到乙類地面水體水質標準。

建議後續策略可針對前述事業推動輔導改善，除提升資源化比率，納入家禽、水產養殖場之管理，期降低水體水質污染匯入，使氨氮脫離嚴重污染，達成聯合國永續發展目標「確保所有人都能享有水、衛生及其永續管理」。

一、前言

臺灣的河川主要依賴降雨作為水源，然全球氣候變遷導致降雨頻率和時空分布不均，部分地區因長時間乾旱，導致河川稀釋及降解污染物的能力減弱 [1]。另外經濟發展和人文活動也加劇河川污染，主要來自生活污水、畜牧廢水和工業廢水排放，超過河川自淨能力。聯合國永續發展目標 SDG6「確保所有人都能享有水、衛生及其永續管理」，強調提供乾淨水資源，我國在過去 20 年通過加強源頭減量、污水截流現地處理等實際作為下，使 50 條主要河川的嚴重污染段比例由民國 101 年的 14% 降至民國 113 年的 2.5%，水質明顯改善。

惟依「地面水體分類及水質標準」規定，全國河川水體氨氮水質達成率仍不理想，以

氨氮為關鍵項目，主要原因包括工廠及畜牧廢水等污染匯入。其中南部流域受畜牧污染影響顯著，如二仁溪、急水溪、東港溪等，氨氮達成率低 [1]。

為進一步改善河川水質，環境部積極推動畜牧糞尿資源化政策，將畜牧糞尿經厭氧處理發酵後，還肥於農田，並建立及推動農村經濟循環模式，將錯置資源有效運用，以達畜牧糞尿全循環利用目標。

畜牧糞尿為高有機及含氮物質，現行畜牧廢水處理方式多以固液分離、厭氧（兼氣）發酵及好氧處理之三段式設施處理，然多因業者操作技能不足及為節省成本而未妥善處理即排放污染河川，對水體環境產生顯著影響，故妥善處理畜牧廢水為環境管理上重要議題。

除利用廢水處理系統進行污染削減思維外，在國外已有許多國家，如歐盟主要畜產國家（丹麥、英國、德國）及澳洲、紐西蘭等，透過畜牧糞尿厭氧消化後，產生沼渣沼液，作為農地肥分使用，沼氣則用以發電或產生蒸氣熱能及汽車生質燃氣之應用，有效將畜牧廢水資源化，建立農村經濟循環模式。

環境部為推動河川水質改善，針對畜牧業廢水污染問題，自民國 104 年 11 月 24 日修正「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，擬訂「沼液沼渣農地肥分使用」之專章，並於民國 105 年展開畜牧糞尿做為農地肥分使用推動，相關推動沿革如圖 1 所示。



圖 1 畜牧糞尿資源再利用推動沿革

有關畜牧糞尿管理策略，於環境部主要推動沼液沼渣作為農地肥分使用及符合放流水標準回收使用等 2 部分，另農業部亦推動農業事業廢棄物個案再利用，透過環保單位與農政機關的加強合作，共同推動畜牧糞尿資源化利用。

截至民國 114 年 11 月全國列管畜牧家數為 5,084 家，總廢水產生量為 48,085,668

(公噸／年)，全國已核准通過資源化家數為 4,223 家(扣除申請兩種資源化家數 371 家)，約占全國畜牧戶 83% (圖 2)，核准施灌量為 11,577,041 公噸／年，約佔全國畜牧業廢水排放量 24%。推動家數以沼液沼渣肥分計畫居多，約占 56.3%，然核准施灌量部分則以符合放流水標準回收澆灌使用較多，約占 50.3%，分佈如圖 3 所示。

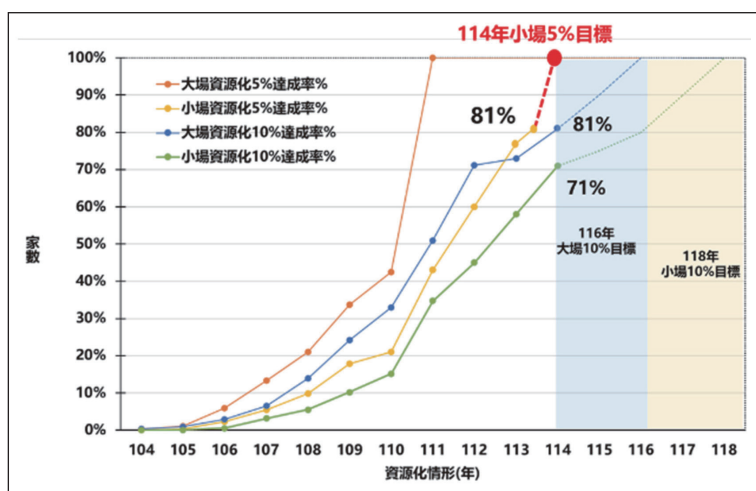


圖 2 資源化推動進度圖

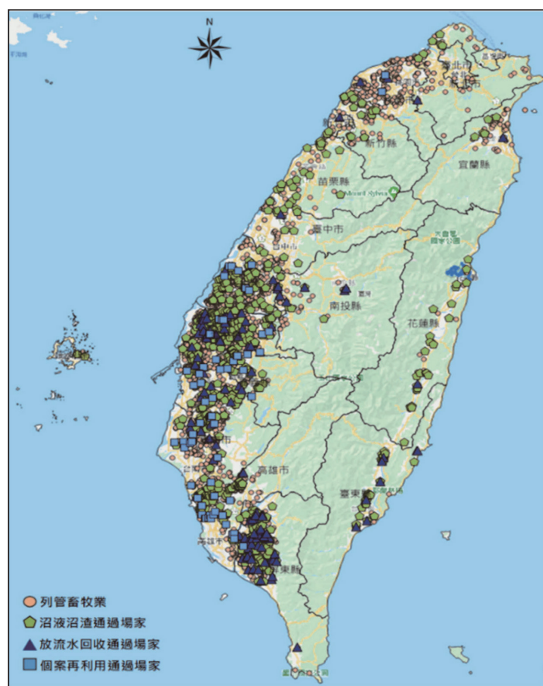


圖 3 已核准資源化場家分布圖

另考量小型畜牧場廢水處理單元效能較不足，不易滿足資源化厭氧處理所需單元功能，環境部亦推動補助民間企業興設生質能集中處理中心及大代小處理場，協助收集小型畜牧場廢水進行厭氧處理，並將厭氧處理後產生之沼氣進行發電躉售再利用，成為再生能源之一環。

生質能集中處理中心及大代小處理場推動迄今共計有 21 案，其中 9 案為「生質能集中處理」類別，共收集 108 場小場，總處理頭數豬 70,600 頭，總處理頭數牛 13,882 頭，總處理廢水量 3,274CMD，沼氣發電裝置容量 1,064 kW。其餘 12 案為「大場代小場」類別，共處理 32 場，收集 19 場小場，總處理頭數 114,275 頭，總處理廢水量 1,997 噸／日，沼氣發電裝置容量 1,191 kW。各案場分布如圖 4 所示。

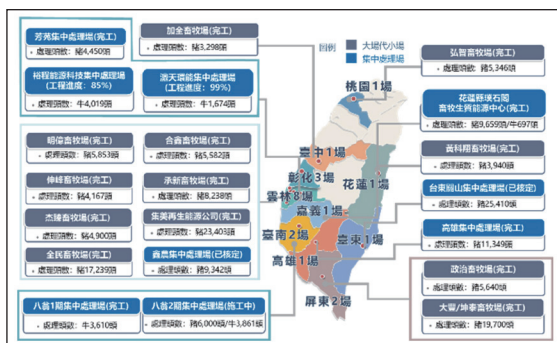


圖 4 大代小或集中處理推動情形

為瞭解資源化推動效益，本研究以臺灣南部重要畜牧區域之河川，選定以屏東縣東港溪作為分析案例，東港溪流域人口數有 24 萬 6,164 人，列管事業總計 461 家，畜牧業（非草食性動物）家數 352 家，畜牧業（草食性動物）家數 27 家，其他事業家數共計 82 家，豬隻核准飼養頭數為 44 萬 6,783 頭，牛隻核准飼養頭數為 3,191 頭。

整體流域水質自潮州大橋測站後之下游河段開始惡化，為重要污染熱區，故選定下游鄰近之興社大橋測站（污染熱點中游且非感潮河段）為研究地點，分析河川常態分佈流量，套入資源化比例間關係，並對應水質及氮氮污染量變化，以研析資源化政策於河川水質管理效益。

二、研究方法

水中氨氮會消耗溶氧致水質惡化、水中生物死亡、水體產生令人不悅異味，影響民眾觀感，本研究以評估台灣畜牧糞尿資源化對水環境氨氮削減成效之影響進行評析，研究方法程序包括目標河川選定、背景資料



蒐集、代表水文年區間篩選擬定、水文／水質／畜牧糞尿資源化等 3 大資料數值檢核處理，並配合水文、水體污染負荷變化及負荷延時曲線等，藉以評析資源化政策推動效益，詳圖 5。

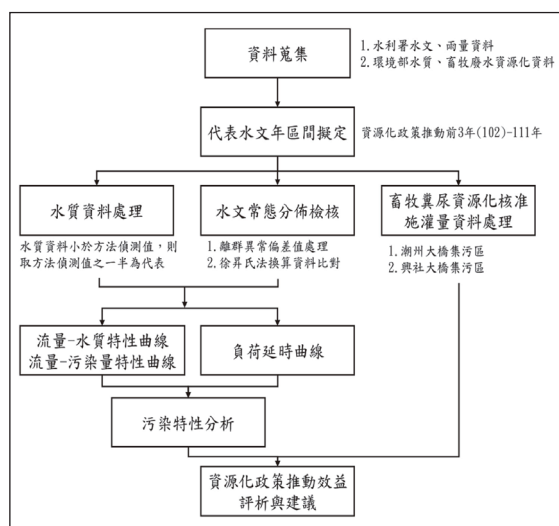


圖 5 研究方法流程圖

1. 東港溪畜牧糞尿資源化現況

截至民國 114 年底，東港流域人口數有 24 萬 6,164 人，列管事業總計 673 家，畜牧業 589 家，其他事業家數共計 84 家。

其中興社大橋測站集污區範圍畜牧業者統計有 375 家，豬隻核准飼養頭數為 36 萬 741 頭及牛隻核准飼養頭數為 2,384 頭，其廢水排放量為 5,227,202 公噸／年。計算興社大橋測站集污區內氨氮污染組成以畜牧廢水 73.6% 為最高，其次為生活污水 23.2% 及事業廢水 3.2%。

有關畜牧糞尿資源化利用達 283 家，總計核准施灌量達 3,005 公噸／年，畜牧糞尿資源利用比率達 30%。

2. 負荷延時曲線 (Load Duration Curves, LDC)

負荷延時曲線 (Load Duration Curves, LDC) 係以水文超越機率概念分析不同流態下河川之納污能力，能視覺化呈現河川流量與涵容能力的關係 [3]，為美國環保署於總量管制 (TMDL) 方法改善受損水體水質政策下所開發出來的輔助工具，可配合不同流態下的水質觀測數據以簡單的概念傳達水質符合度、水質受損關鍵條件、河川允許負荷量及需削減量的關係 [4]。負荷延時曲線之建立可概分為以下三個主要步驟：

(1) 建立流量延時曲線 (Flow Duration Curve, FDC) 及流態條件

計算代表水文年日流量超越機率並建立 FDC，此 FDC 之 X 軸為流量超越機率，Y 軸為流量。其中超越機率 0% ~ 10% 區間表示在這個河段內排名前 10% 的日流量數據，也就是說在這個河段可能發生超越這個區間流量的機率小於 10%，可定義為高流量區 (High flow)。以此類推，10% ~ 40% 為豐水期流量區 (Moist condition)、40% ~ 60% 為平流量 (Mid-range flow)、60% ~ 90% 為枯水期流量區 (Dry condition)、90% ~ 100% 則為低流量區 (Low flow)。

(2) 設定河段水質目標

本研究以環境部民國 106 年 9 月 13 日



公告之地面水體分類及水質標準作為水質目標，東港流域分類屬乙類地面水體，且主要關注污染物為氨氮，故以乙類地面水體氨氮標準 0.3 mg/L 作為水質目標。

(3) LDC 評估現況水質

監測水質乘以該日流量，再配合該筆流量對應之超越機率，可在 LDC 上套繪出監測負荷，當監測負荷在豐水期有超過 LDC 的情形，可研判豐水期可能是水質受損關鍵時期，而污染來源主要是非點源；反之若觀測負荷只在枯水期有超過 LDC，可研判枯水期是水質受損關鍵時期，而污染來源主要是點源 [5]。

三、結果與討論

1. 測站負荷現況

統計歷年水質顯示環境部推動畜牧糞尿資源化政策後，興社大橋測站氨氮負荷呈逐年下降趨勢，以氨氮負荷及 LDC 繪製結果如圖 6。

然興社大橋各時期污染負荷均遠高於 LDC 之曲線，顯示河川污染程度仍高，水質污染濃度均高於水質標準，顯示興社大橋測站各時期污染負荷超過河川水體涵容能力。

2. 模擬資源化比率提升對水質的影響

結合東港溪興社大橋現況水質之氨氮污染負荷，推估畜牧糞尿未辦理資源化或 100% 全數資源化之氨氮污染負荷，並與河川涵容能力進行比較，如圖 7 所示。

興社大橋執行資源化後，河川污染負荷有下降趨勢，以枯水期（超越機率介於 60% ~ 100% 之間）污染負荷降低較多，其中於平流量至枯水期（超越機率介於 40% ~ 90% 之間）有三處較明顯低於污染涵容能力之波谷，可能原因為採樣當下河川整體氨氮污染負荷低。

經預測達成 100% 資源化後，水質可明顯改善，然排除前述三處波谷數據，興社大

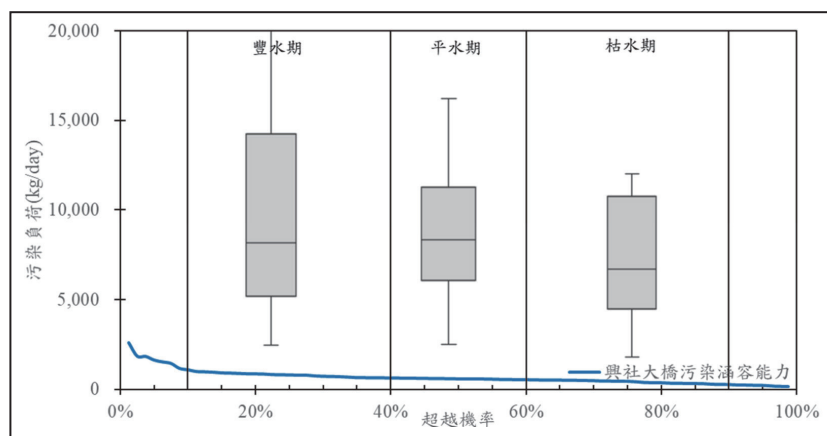


圖 6 興社大橋涵容能力及負荷圖

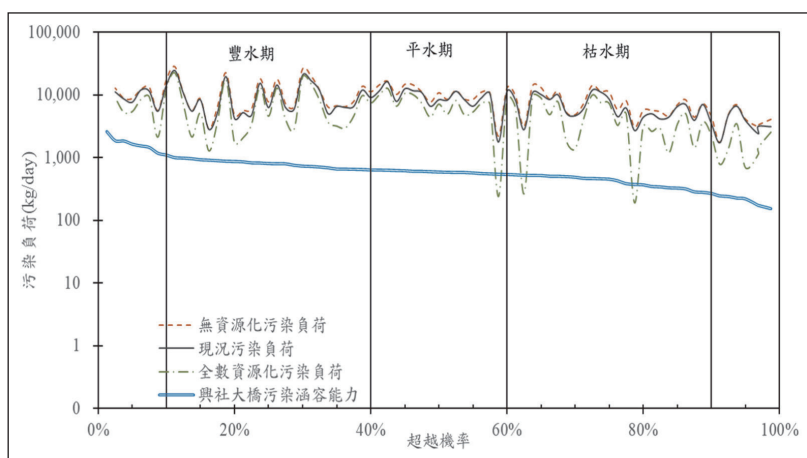


圖 7 興社大橋河川涵容能力及資源化比率污染負荷圖

橋於各流態皆無法低於河川污染涵容能力，顯示可能仍有其他點源（民生、事業、養鴨等）及非點源污染（農業活動）於潮州大橋至興社大橋間匯入。

隨著影響興社大橋測站之畜牧糞尿資源化程度越高，氨氮濃度越明顯下降，然模擬

推測畜牧糞尿全數資源化，不排入東港溪時，水體氨氮濃度約介於 1.85 ~ 2.16 mg/L 之間，雖無法達成乙類地面水體水質標準，但顯見可脫離氨氮嚴重污染（3 mg/L）；另由圖 8 可知，若要使興社大橋測站的水質至少 75% 以上時間脫離嚴重污染程度，則需將畜牧糞尿資源化比率提升 65% 以上比例之程度。

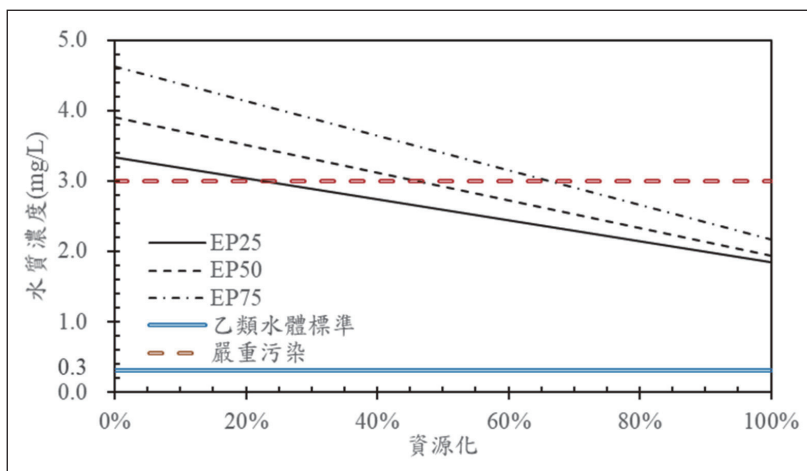


圖 8 不同超越機率下執行資源化政策後之興社大橋水質濃度



綜上所述目前列管之畜牧污染源全數移除後，仍有其他污染源持續匯入，如民生、事業或非列管之畜牧污染源等。

四、結論

東港溪污染熱區興社大橋站，不論豐水期或枯水期污染負荷均遠高於 LDC，顯示河川污染程度高，污染負荷遠超過河川水體涵容能力，污染來源推測除點源污染外，現況亦有可能遭受非點源污染情形。模擬結果顯示，若要使潮州大橋測站的水質至少 75% 以上時間符合乙類地面水體水質標準，則需要將畜牧糞尿資源化比率提升到約 65%。

若以畜牧糞尿全數資源化（比率 100%）不流入地面水體時，水體氨氮濃度約介於 1.9 ~ 2.2 mg/L 之間，雖無法達成乙類地面水體水質標準，但顯見可脫離氨氮嚴重污染（3 mg/L）。

畜牧糞尿全量資源化後，受損時段氨氮仍未能符合乙類水體，推估應為流域非點源及養鴨場影響，建議第二階段可針對養鴨、合理化施肥進行策略研擬推動，期改善水體水質，使氨氮脫離嚴重污染。

參考文獻

1. 環境部（2024），113 年精進畜牧糞尿資源利用推動計畫。
2. 屏東縣政府環境保護局，112 年屏東縣畜牧廢水氨氮回收推動及關鍵測站總量削減計畫，屏東縣(2023)。
3. Kim, J., Engel, B.A., Park, Y.S., Theller, L., Chaubey, I., Kong, D.S., Lim, K.J., 2012. Development of Web-based Load Duration Curve system for analysis of total maximum daily load and water quality characteristics in a water body. *Journal of Environmental Management* 97, 46-55.
4. Chin, D.A., 2012. The Relationship between Flow and Bacteria in Streams. *Water Environment Research* 84, 227-236.
5. 洪偉軒、張智華（2013）。以負荷延時曲線分析台灣河川在不同流態下之水質與污染特性。中華民國環境工程學會，2013 環境資訊與規劃管理研討會。