

參考閱讀

漫談水污染

李公哲 台大環境工程研究所

1. 何謂水污染

水乃指任何形狀的地面水（包括海洋）及地下水，存在於河、川、湖、泊、海洋或其他體系。水污染是指水因某種物質、生物或能量之介入，而變更其品質，以致影響其品質或其正常用途，進而危害國民健康及生活環境者。

水之正常用途，主要有自來水水源、農業用水、水力發電、工業用水、水產養殖用水、航運、環境保育及遊憩等用途。各項用途其用水均有一定之最低水質要求，惟因人類活動或天然來源，使污染物介入水體而妨礙其正常用途。

2. 水污染來源

本省水污染來源主要有：

一、都市污水：如家庭污水、學校、醫院及商業區污水等。都市污水含有固體、糞便、油脂、廚餘等，內有很多病菌及有機物，對環境衛生影響極大。

二、工業廢水：各種工業製造之用水，除蒸發、吸收、再利用及轉入成品外，餘均排棄成爲廢水，如製造程序廢水、冷卻廢水、鍋爐排水及沖洗廢水等。工業廢水通常量大而濃度高，有時並含多量的毒性物質，如重金屬、氰化物等，故常爲造成嚴重水污染及危害農、漁業的主要因素。

三、農業污染：經由灌溉排水路及雨水沖刷，將農地上噴灑的農藥以及施用的化學肥料帶入河川、湖泊等，而造成污染。此外，農業固體廢棄物、牲畜糞尿等，也是農業污染的來源。

四、市鎮暴雨逕流：暴雨初下，雨水逕流沖刷屋頂、街道及溝渠等，將污泥及有機物等，帶入水體。

五、礦場廢水：洗礦水常含多量泥砂及銅、鐵、鋅、鉛等溶解後的有毒物質。同時，煤礦多在河川上游，洗煤廢水及礦坑排水便構成污染的來源。

六、其他：如森林砍伐，公路修築等自然環境的改造，垃圾堆置及傾倒，水肥任意傾倒等，均可造成水污染問題。

上述污染源中，以都市污水、工業廢水及農業污染最爲重要，工業廢水中尤以紙漿、染整、製革、電鍍及食品業廢水爲甚。

3. 污染物質之種類及其影響

導致水污染之污染物質，可歸納爲耗氧物質、懸浮固體、顏色、臭味、毒性物質、酸鹼、高溫、產生泡沫物質、病原菌及微生物、放射性物質、油脂、無機溶解性

礦物質及植物養分等十三類。

耗氧物質及懸浮固體均可為有機或無機物。耗氧物質可消耗水中溶氧（dissolved oxygen），造成水之腐敗，產生臭味。水中耗氧有機物之含量通常以生化需氧量（biochemical oxygen demand，簡稱 BOD）表示，BOD 之測定係以 20°C 為準。同時，工業廢水有顯著顏色，令人厭惡。酸鹼、泡沫及油脂可影響生態環境外，也影響淨水及污水處理效率。高溫易造成水中氧的缺少及微生物活動增加。水中含有植物養分（氮、磷物質）過多，促進藻類之生長，造成優養（eutrophication）現象，也可產生不同的臭味。

自衛生觀點而論，水中如含有致病之微生物，則絕對不可飲用。胃腸性傳染病之病原體常藉糞便污染水源，而由水媒傳染，主要之水媒傳染病有霍亂、傷寒、副傷寒及痢疾等，其他如肝炎、血吸蟲病、小兒麻痺症、腸胃炎等也可能傳染。至於水中的毒性物質，如重金屬、農藥、放射性物質等，也均可能對人體健康造成危害，現列如表一。

上述物質，如污染飲水水源，則影響國民健康甚鉅。再者，水污染影響農業亦甚嚴重，其結果可造成農作物收穫量的減少，品質降低，可破壞土壤的透水性、孔隙率、通氣性、化學組成及土壤微生物的種類，亦可造成農地廢耕。同時，水污染影響灌溉水質，也可使施肥不能控制，農藥失效，進而影響作物病蟲害預防效果。

水污染對水產方面的影響，主要使魚發育不良，魚肉變味，不但減產或失去市場價值，嚴重時可造成急性死亡。再者，重金屬、農藥及放射性物質等，會經由食物鏈（food chain），而在生物體內造成生物累積作用（bioaccumulation），致產生生物放大作用（biomagnification），使其中魚貝內之濃度可數百倍，甚至數十萬倍於水中原有之濃度，對人體健康威脅極大。日本熊本縣水俣灣居民所得之「水俣病」（Minamata disease），即為食用為汞所污染的魚體，所造成之公害病，此為一例。

放射性物質對人體造成之危害，主要為驅體效應（somatic effects）及遺傳效應（genetic effects）。前者會增加或減低細胞組織之生殖機能，造成不育症，或使細胞變形生長，造成白血病性貧血症等。遺傳效應是發生在生殖機構的被損傷，而在下一代或數代內出現畸形。

4. 台灣地區水污染現況

根據台灣省水污染防治所就本省主、次要河川 54 條中，選擇 37 條定期採樣分析，調查結果如下：一、嚴重污染 19 條；其中上游段 3 條，下游段 16 條。二、中度污染 8 條；其中上游段 2 條，下游段 6 條。三、輕度污染 4 條。四、未受污染僅

有 6 條。

由上可知，本省之水污染問題已甚為嚴重，加強防治，為刻不容緩之事。現就主要受污染的河川，其污染情況及其引起之損害概況舉例說明如下：

一、淡水河

淡水河水系包括新店溪、基隆河及大漢溪等三大溪流。其污染實況以新店溪言，自下龜山橋至碧潭間，水質良好；碧潭至秀朗橋段，由於景美溪之匯入，在枯水期為輕度污染；迄中正橋下游，由於家庭污水及工廠廢水之相繼注入，形成嚴重污染。迫使台北市自來水源上移至青潭；板橋市自來水源放棄，改引大漢溪水源之三峽淨水廠供應。並於民國六十五年春，由於溶氧量之劇降，氨量之劇增，引致魚類之大量死亡。其次另一支流基隆河言，由北五堵以下，溶氧趨降，河水為灰黑，具氣泡及臭味，引致汐止及南港自來水源之放棄。至大漢溪則自浮洲橋以下，溶氧量趨零，生化需氧量可高達 213mg/，已屬嚴重污染河段。

二、中港溪

中港溪流經三灣、頭份、竹南、造橋等鄉鎮，自頭份鎮內灣橋以上河段，溶氧量平均為 7mg/以上，生化需氧量平均為 1mg/以下，水質良好。內灣橋以下，由於頭份鎮、竹南鎮內家庭污水及工廠廢水之排入，溶氧量趨於零，生化需氧量平均為 100mg/，最高時達 380mg/。

三、朴子溪

朴子溪發源於阿里山山脈，穿越嘉南平原，其出海口外海，有一大傘沙洲阻擋，使其出海口之沿岸淺灘，形成台灣西南沿海之最佳魚貝養殖漁場。惟以該溪流經嘉義市後，受家庭污水及工廠廢水之注入，使水質急遽惡化，至月眉潭橋以下，溶氧量為零，溪水為黑褐色，可聞及臭味。由於冬季枯水期間，廢水注入，形成沉積河床現象，翌年春季，豪雨初降，河床廢污沉積，隨流而至海口迴流，常引致沿海養殖魚貝之大量死亡，損失成億。

四、急水溪

急水溪發源於關子嶺，流貫台南縣境，由於上游先後建有尖山埤、德元埤及白河等水庫，攔蓄大部分水量，使下游河川自淨能力受流量有限趨減，自興隆寺以下，枯水期流量僅 0.9 每秒立方公尺，復被新營鎮自來水、工廠用水悉數引用，致下游沿岸內排水於二港仔者，悉為工廠廢水，出海口南北兩岸沿海魚貝養殖及魚塢於漲潮引海水入池時，常有廢水混入，引致魚貝死亡，糾紛時起。自民國五十四年以還，為應養殖業之需要，於春秋二季，工廠停工各 20 餘天，以供魚類幼苗及越冬之需。

五、後勁溪

後勁溪流經高雄縣境內，原由高雄農田水利會引水灌溉草潭埤 1,360 公頃之農田，並為魚塭 210 公頃之用水水源，惟以近年來，沿溪工業區、工廠相繼開發及設立或擴充，以致自後勁橋後溶氧量為 2.6mg/l，右昌橋後更趨降至 0，污染嚴重，影響及損害原有農田之耕作及魚塭之養殖。

5. 河川自淨能力

河川本身除具有稀釋廢污水之作用外，更重要是具有自淨能力（self-purification capacity），可涵容（assimilation）排入河川中之污染物。以工程手段解決水污染問題時，並非完全禁止任何污染物排入水體，而應在不妨害水體正常用途情況下，充分應用河川之自淨能力，也可減低廢污水處理費用。

河川自淨作用進行之關鍵，在於水中溶氧之消耗及增加。河流中排入廢污水後，其溶氧因供給廢污水穩定其有機物所需之氧量而被消耗減少，此謂之「祛氧」（deoxygenation）作用，而祛氧作用之結果則為水中生化需氧量及溶氧之減少，但同時河流之水面與空氣接觸過程中，空氣中之氧氣輸送入河水中，而補充河水中之溶氧，此謂之「再氧化」（reaeration）作用，而再氧化作用之結果則為水中之溶氧可予以增加。以上兩項作用同時進行，可以曲線表示，稱之為「氧垂曲線」（oxygen sag curve）。（見圖一）

圖一之氧垂曲線，代表祛氧作用及再氧化作用之合成效應，可用下列公式表示：

上式：D 為在七天後河水中溶氧之不足量。

t 為流過時間。

D_0 為開始時溶氧之不足量。

L_0 為開始時之河水中生化需氧量。

K1 為祛氧作用係數。

K2 為再氧化作用係數。

運用氧垂曲線公式，可以預測在河流中下游任何地點之溶氧及生化需氧量情況，並可估計廢污水所應採之處理程度及稀釋所需程度。

污水排入河流後，污染與自淨作用同時進行，其水質變化情形在各河流不盡相

同，且一般可歸納為四典型之分段，最上游為開始分解段（zone of degradation），再次之為積極分解段（zone of active decomposition），然後為復原段（zone of recovery），最後又回復到與未受污染水質一樣之清水段（zone of clear water）。各段之特徵如下：

一、開始分解段：在此段溶氧因被有機物所消耗，原來接近飽和值之溶氧量，逐漸減少至飽和值之 40% 左右，水色漸渾，日光隔絕，藻類逐漸死亡，角類雖可能仍有生存，但環境已不利其生活，淤泥開始沉積。

二、積極分解段：在此段內溶氧再度減少而至用竭，但由於再氧化作用可能又逐漸增加至相當於飽和量之 40% 左右。水色較前段更趨灰暗，無魚類生存，河底淤泥增加，產生硫化氫、沼氣等氣體，河面有氣泡上浮及浮渣。

三、復原段：河中溶氧繼續增加至接近飽和值，水色逐漸變清，藻類及魚類又逐漸出現，生物之種類又逐漸增加，水生植物重複生長。

四、清水段：溶氧接近飽和，水色已清，魚類及水生植物繁殖。

6. 河川水質標準

前已言及，水之正常用途可為自來水源、農業用水水源、工業用水水源、水生物及野生物用水、美感及遊憩用水、航運、水力等；實際上也應供作污水、工業廢污之承受水體以傳送廢污物。以上各項用水均應有其一定之水質要求，以免妨礙水體之正常用途，而水污染防治之目標也就應使水體維持或回復到各種河川用途所需之最低水質要求，以充分利用河川水之功能，而經濟地利用水資源，是項配合河川之各項不同正常用途，所訂定各項不同正常用途之水質需求，稱為河川水質標準（water quality standard）。

7. 廢水處理

水污染防治之最大投資及最有效策略之一是為應用廢污水處理技術，將廢污水中之污染物質（如生化需氧量、懸浮固體等）加以去除。一般廢污水處理方法依其處理程度之不同，分成下列三級：

一、預先處理或初步處理（pretreatment or primary treatment）：目的為去除漂浮物、懸浮固體等。對於工業廢水，有時需增加油脂去除、中和或 pH 調節，調勻流量或濃度，去除毒性物質等，以便於後階段之處理，處理方法以物理及化學法為主。

二、二級處理（secondary treatment）：目的為去除廢水中之溶解性有機物，所用

方法以生物處理為主，有時也用物理或化學氧化法。

三、高級處理（advanced treatment）：目的在於提高廢污水處理廠之出水水質，廢污水再用或作為一般生物處理法相當之替代方法。如高級處理係用於提高二級處理出水的水質，以去除所含之少量懸浮固體、溶解性有機及無機物、植物養分等，稱之為三級處理（tertiary treatment）。一般可採物理、化學或生物處理法。

有關前述不同處理程度處理法之廢污水處理流程如圖二所示。廢污水處理所產生之污泥（sludge）之處理及處置（disposal）法也在圖二中一併示出。

8.結語

水為國家之資源，關係國計民生及國民健康至鉅，本省因都市人口集中及工商業發達，水污染問題已日趨嚴重，加強防治已為一刻不容緩之急務。水污染防治除有直接有形效益外，其獲得之無形效益更為鉅大，如環境衛生之改善、土地利用價值之提高、國民健康之獲得保障及生活品質之提升；故水污染防治工作深值大家重視及關心。