

第五章 永續水資源

摘自 康世芳 張麗秋 水環系

含課本重點整理，惟仍應研讀課本之詳細內容

前言

- ✓ 地球上的水資源分布相當廣泛，依循著水的循環讓水資源得以生生不息。從歷史文明發展史來看，古文明發展來自於大河流域、許多戰爭也跟水有很大的關係。
- ✓ 由於人口急遽膨脹、經濟發展、工業發達與用水習慣改變，全球用水量每20年增加一倍。近兩年來，世界各地頻傳洪水與乾旱等大災情，災情經常延續了數日甚至數月之久，不斷地刷新歷史的新紀錄，引發水資源議題成為全球性的共同話題。

內容大綱

- 5.1 全球與台灣水資源現況
- 5.2 水資源的戰爭
- 5.3 水資源的挑戰
- 5.4 台灣水資源有效利用
- 5.5 台灣水資源保護

與台灣水資源現況(1/5)

一、全球水資源

1.水循環

地球上的水是藉由水循環(water cycle)以固體、液體與氣體三態的形式相互轉換進行循環，而太陽就像是個馬達一般，驅動了整個水循環，使海洋、湖泊、河川的蒸發、以及植物與土地的蒸散，將水變成水蒸氣，上升到大氣層中凝結形成雲，在適當的條件下，降到地面形成降雨；經由土壤入滲、植物攔截、形成地表逕流再匯入河川流入大海、或形成湖泊、地下水。



5.1 全球與台灣水資源現況(2/5)

2.全球水資源分布

比較全球的降雨分布圖與世界各國每人每年用水量分布圖。中非國家地區因降雨量少，每人每年所分配到的用水量不到100立方公尺；反觀北美洲、澳洲、中西亞部分國家、泰國及非洲蘇丹共和國等國家每人每年用水量超過1,000立方公尺，形成相當大的對比。



5.1 全球與台灣水資源現況(3/5)

二、台灣水資源

1.台灣水資源分布

台灣降雨量十分豐沛，年降雨量超過世界平均值的2.5倍；但每人每年可利用的水資源僅世界平均值的1/5，依照世界標準來看，我們屬於缺水地區。造成台灣地區水資源匱乏的原因除了上述降雨量在時間與空間分布極不平均外，加上河川短、山坡陡峻，大部分的降雨量無法長時間停留在河川，多在數小時之內即流入海洋。



5.1 全球與台灣水資源現況(4/5)

2.台灣水污染現況

- ✓ 我國水污染防治法之定義:水污染指水因物質、生物或能量之介入，而變更品質，致影響其正常用途或危害國民健康及生活環境。
- ✓ 河川水質污染來源分為點源與非點源
 - 點源:家庭污水、事業廢水與農業畜牧廢水。
 - 非點源:農業季節性施肥耕作、遊憩活動、偶發性之坡地崩坍與土壤沖蝕、暴雨地表逕流沖刷、公共工程、濫墾濫建及各項違規污染。
- ✓ 河川污染整治綜合性策略須以河川流域整體為整治對象，透過跨域整治，即整合或協調河川流域內相關縣市、中央與地方等行政單位，研擬污染整治綜合性策略。
舉例:淡水河整治



5.1 全球與台灣水資源現況(5/5)

- ✓ 依據溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、氨氮等4個監測項目計算河川污染指數，以判斷河川污染程度，分為未(稍)受污染、輕度污染、中度污染、及嚴重污染等四個等級。依環境保護署民國99年度河川水質監測年報，民國99年臺灣地區河川污染程度，未(稍)受污染占11.7%；輕度污染占9.5%；中度污染占39.2%；嚴重污染占11.7%。



5.2 水資源的戰爭(1/6)

一. 國家水權爭奪戰

(1) 中東國家：飽受缺水之苦

- ✓ 在中東，水是最重要的戰略資源，由於受到缺水之苦，為了充分使用有限的水資源，以色列發展出高科技，早已使用95%的再生水資源。
- ✓ 目前最有可能發生水權爭奪的河流：約旦河、幼發拉底河與底格里斯河、尼羅河。



5.2 水資源的戰爭(2/6)

(2) 亞洲國家：人口密集

- ✓ 水資源問題逐漸影響世界局勢，而水資源戰爭將是亞洲下一場戰爭。
- ✓ 最有可發生奪水衝突：中亞裏海沿岸五國、南亞的印度河、恆河與東南亞的湄公河流域。



5.2 水資源的戰爭(3/6)

二.跨國企業水權爭奪戰

- ✓ 水又被稱為藍金(blue gold)，原本是生命基本需求的元素藍金成了財團與企業利益豪奪之戰。
- ✓ 水權爭奪戰從武力奪取變成了利益豪奪、國家衝突變成壓榨消費者。水資源被商品化，水價節節上升，大規模的水資源出口，影響進出口地區的水平衡、造成生態系統的衝擊，未來會造成不可預期的災難。



5.2 水資源的戰爭(4/6)

- ✓ 目前全球水利產業兩大巨頭為蘇伊士集團(Suez Group)與斐凡迪環球公司(Vivendi Universal)，兩家集團在世界水資源市場佔有率高達70%以上；蘇伊士集團分布在130個國家，斐凡迪集團分佈在90個國家。



5.2 水資源的戰爭(5/6)

三.台灣水權爭奪戰

- ✓ 高科技產業豪奪農業水權
- ✓ 台北市與新北市
- ✓ 南化水庫越域引水戰

中央 北市 誰在擁水自重？

林秀姿

2002/07/12 第329期

中央、北市面對彼此的供水調度，皆各懷鬼胎，既缺乏解決民生問題的誠意，無論機制好壞，恐怕都難以協商共同抗旱。

抗旱六十多天當中，最受人矚目的議題就是水權爭奪戰。

台北市獨立行使水權，旱災時，卻產生和中央不同調，以及支援水的鋪統必較，讓中央和北市府打起「擁水自重」的戰爭。根據台北市自來水處處長蔡輝昇的說法，過去北市自來水廠除了提供台北市區的供水，也提供北縣轄區，包括三重市、中永和、汐止等。另外，對於板橋、新店、深坑、淡水等區，蔡輝昇說，「台北市是二話不說就支援的！」

過去在沒有乾旱的時刻，台北市「支援」水給板新地區，以及淡水地區，的確二話不說，因為被支援的地區是付費買水，一噸水五、九元。費用低廉，但是，這真是「支援」嗎？板新與淡水地區是被「支援」地區嗎？

出自:新台灣新聞週刊 <http://www.newtaiwan.com.tw/bulletinview.jsp?bulletinid=1283>



5.2 水資源的戰爭(6/6)

四.萊茵河水資源管理

- ✓ 萊茵河是歐洲最重要的河流之一。
- ✓ 由國家層級到國際性流域組織各層級的水資源管理，以合作的方式持續地進行，整合了這一條流經各國的河川，以整體水資源的管理概念將橫跨各國的整個集水區視為一個流域，並未因國家利益的衝突或爭論，影響了水資源管理的概念，使得萊茵河的水資源得以永續發展。



5.3 水資源的挑戰(1/3)

□ 沒有石油，人不會死，只是生活多了不便；沒有水人大概活不過一個星期。近十年來，自然災害頻傳，破紀錄的洪水災害、乾旱災害多發期、土石流災難頻傳在顯示全球水資源分佈的不平衡，自然的水文循環正被全球氣候變遷與人類大肆破壞。

一.乾旱的災難

- ✓ 沙塵暴
- ✓ 森林大火
- ✓ 糧食危機
- ✓ 蝗蟲災害



5.3 水資源的挑戰(2/3)

二.洪水的災難

- ✓ 近十年來，可看出世界各地的洪水災情頻傳。例如2011年1月在澳洲東北部發生了百年洪水，宛如遭遇「內陸海嘯」衝擊，遭洪災的面積相當於德國與法國面積總和，成為自1893年來最嚴重的水患。



5.3 水資源的挑戰(3/3)

三.解決方案

- ✓ 過去50年間，人類因水資源的供應，使得人類的的生活獲得了全面性的改善，水的調節、供應與其產生的相關利益(如透過灌溉生產糧食或水力發電產生能源)一直是改善人類福祉的關鍵因素。

四.現階段解決水資源危機的方法

- ✓ 現代解決缺水方法
 - 興建水利設施 ex:修建水庫與水壩、開鑿運河或渠道
 - 增加水資源開發 ex:海水淡化、融化冰山、抽取地下水源
- ✓ 現在防洪方法
 - 興建各種水利設施達到防洪目的
ex:利用水庫、湖泊降低洪峰流量、整治河道使洪水易於宣洩..等
- ✓ 現代管理方法
 - 減少洪水損失 ex:建置洪水預警系統、保留洪水氾濫平原..等



5.4 水資源有效利用 (1/8)

□ 台灣地區雨量

- ✓ 依經濟部水利署統計顯示，台灣地區年降雨量為世界平均值2.5倍，由於台灣人口密度高，地形限制以及季節分布不平均，平均每人每年的均賦量僅為4,074 m³，僅約全球平均值1/5，被聯合國列入為第十八位缺水國家，屬於水資源匱乏地區。
- ✓ 隨氣候變遷引起水文降雨極端豐枯，水資源不確定性增加，為調適氣候變遷對水資源衝擊，推動水資源有效利用以達到用水合理化乃調適策略之一。



5.4 水資源有效利用 (2/8)

- ✓ 水利設施如台北翡翠水庫、桃園石門水庫每年操作3或4循環，換言之，水庫蓄水容量可穩定供水3或4個月，若枯水期間持續乾旱少雨，天然河川取水量驟減，則如民國91年與99年面臨缺水或啟動調度水資源，以供應各標的用水。
- ✓ 依政府政策環境影響評估通過「台灣地區水資源開發綱領計畫政策評估說明書」，對今後至民國110年台灣地區水資源開發與運用已提出明確政策方向，水資源總量管制。



5.4 水資源有效利用 (3/8)

□ 水資源量與各標的利用量

- ✓ 各用水標的可分為
 - 生活用水
 - 工業用水
 - 農業用水
- ✓ 依經濟部水利署民國97年度年報近10年(民國87—96年)水資源量與利用量



5.4 水資源有效利用 (4/8)

□ 水資源有效利用策略

- ✓ 台灣水環境再生協會(2010)指出，台灣地區每日生活污水量228萬噸、工業廢水58萬噸及農業廢水476萬噸，回收再利用率僅1%。
- ✓ 隨下水道普及率提高，生活污水處理率提高，推動生活污水與工業廢水回收再利用，作為新興水資源，可減緩水資源開發與興建水庫之壓力。
- ✓ 生活污水與工業廢水回收再利用，可應用於生活次級用水、工業利用、農業利用及環境保育等四大類型。

28

5.4 水資源有效利用 (5/8)

□ 各標的水資源有效利用策略之實施

- ✓ 生活用水合理化

前述生活用水合理化策略之實施主要措施為：(1)提升自來水有效供水率，與(2)家庭用水等之合理化，其實施現況如下：

 1. 提升自來水有效供水率
 - 提升自來水有效供水率重要工作為改善自來水系統漏水率，民國97年台灣自來水公司與台北自來水事業處漏水率分別為21.95%與23.51%，較其他國家或都市之漏水率高。
 - 改善漏水率主要工作項目為汰換管線以降低漏水，推動小區計量以檢測並控制漏水。

30

5.4 水資源有效利用 (6/8)

2. 家庭用水之合理化

- 水利署更於民國97年訂定發佈「鼓勵民間參與省水技術研發獎勵辦法」，鼓勵開發節水器材(如洗衣機、馬桶、水龍頭等)，自來水事業單位發配節水墊片給自來水用戶使用。
- 依台北自來水事業處民國98年度統計年報(台北自來水事業處，2010)，其供水轄區每人每日生活用水量，已由民國89年之約375公升降至98年之332公升。
- 依國際水協會(IWA)統計2008年各國生活用水(Household)，台灣地區每人每日生活用水量高於許多國家(韓國與美國除外)，顯示今後仍須加強生活用水合理化。



5.4 水資源有效利用 (7/8)

✓ 工業用水合理化

- 工業用水佔用總用水量之10%，且工業用水量由民國71年之15億噸，增為民國97年之16.68億噸，僅增加1.68億噸，相對於生活用水增加17.5億噸，則工業用水增加量少，顯示經濟部工業局與水利署多年檢討並推動工業用水合理化，達到抑制工業用水量高度成長之成效。
- 依經濟部水利署「用水計畫書審查作業要點」，或依環保署「環境影響評估審議規範」等使開發單位工業用水合理化。
- 前述我國工業用水17年來僅增加1.68億噸，今後政府施政促進經濟成長之際，為穩定地供應工業用水量，除由農業用水調撥外，仍須推動工業用水合理化，以有效利用水資源。



5.4 水資源有效利用 (8/8)

✓ 農業用水合理化

- 前述台灣地區近10年農業用水佔總用水量178億噸之71%，日本農業用水佔總用水量之65.8%。若以農業灌溉及畜牧用水佔總用水比例，則我國、日本與南韓之比例分別為48%、62%與62.5%。
- 農業用水中灌溉用水雖然高達110億噸，但約10億噸均為不穩定河川攔水(非水庫供水灌區)，無充裕調蓄水量之水利設施；尤其，每年12月至5月枯水季節之農業耕作，灌溉用水中約80%取自不穩定河川，經常面臨灌溉缺水問題。
- 農田水利會取用農業回歸水總量約6億噸，但約50%水量水質超過灌溉用水標準，影響水資源調度與運用，今後應加強回歸水再利用，以因應枯水期或乾旱缺水。

35

5.5 水資源保護 (1/11)

□ 河川水質保護

- ✓ 下水道功能
 - 下水道可分為雨水下水道與公共污水下水道。
 - 雨水下水道乃排除降雨時都市街道之雨水，避免都市淹水。
 - 公共污水下水道乃排除住民日常生活及生產活動所排出之污水，經處理後放流，以保護河川、水庫及海域之水質的公共設施。
 - 下水道是提供住民健康舒適的生活環境，同時也是保護水域不可欠缺的設施。

36

5.5 水資源保護 (2/11)

✓下水道是提供住民健康舒適的生活環境，同時也是保護水域不可欠缺的設施，其功能可分為改善生活環境與保護公共水域水質加以分述之：

1. 排除降雨雨水

台灣地區為一降雨量大的地區，必須有雨水下水道以排除降雨之地面逕流，防止淹水。尤其是都市化地區，由於綠地、農地的減少，雨水的滲透及貯留能力降低，雨水的逕流量明顯的大為增加，因之下水道的加速建設為必要的措施。

2. 改善居住周邊環境

住民生活及生產活動所排出的污水，若滯積於住宅周邊，會滋生蚊、蠅及惡臭，有礙環境衛生，影響居住生活環境品質。下水道建設可有效迅速排除污水，提升居住周邊生活環境。

37

5.5 水資源保護 (3/11)

3. 拆除化糞池提升生活環境

都市住宅及建築物都設置化糞池，用以處理糞尿，一般化糞池處理效率低，且只處理生活排出物中之糞尿，其他雜排水(廚房、洗澡、浴室)未收集處理。化糞池位於住宅周邊，清理不便，時生惡臭，必須藉下水道直接收集處理生活污水，而拆除既有化糞池，提升生活環境品質。

4. 保護水域水質

生活及生產活動所排出之污水(糞尿、廚房排水、洗衣排水、洗澡排水等)，若未經收集處理，而直接流入水域，為導致水污染之主要原因。下水道的建設，直接收集污水，經處理後始排放，將可保護水域水質。

38

5.5 水資源保護 (4/11)

✓ 公共污水下水道

- 依內政部營建署民國100年三月統計資料，台北市、新北市、高雄市與臺灣省之都市公共污水下水道普及率分別約為100%、37.37%、39.27%與3.41%，台灣地區公共污水下水道普及率偏低僅為26.47%，有12個縣、市公共污水下水道普及率約低於6%，使家庭污水為都市河川水污染主要來源。
- 公共污水下水道為由下水道管、抽(揚)水站及污水處理廠所構成之設施，下水道管渠、抽(揚)水站。



5.5 水資源保護 (5/11)

✓ 河川污染整治

為整治河川以改善水質，點源污染控制措施為：

1. 興建污水下水道的建設
2. 管制事業與農業畜牧廢水
3. 無下水道建設計畫區域，推動建築物污水處理設施與生態工法(如人工濕地)
4. 加強河川水體水質、底泥監測
5. 加強事業與農業畜牧污染源排放稽查、管理
6. 獎勵事業與農業推動清潔(綠色)生產、污染改善投資減免
7. 實施水污染排放費徵收，健全水污染整治財源
8. 民眾教育宣導與民眾參與(如志工)



5.5 水資源保護 (6/11)

□ 自來水水源與水庫水質保護

- ✓ 自來水水源水質水量保護區劃定
- 極端氣候條件造成水資源水量、水質不穩定，致使缺水風險提高。為確保水資源水量、水質穩定，政府興建水庫以貯留調節水量，依自來水法第11條劃定自來水水質水量保護區，以保護水質與涵養水源。
- 發揮「使用者付費，受限者得償」之公平正義原則，由自來水用戶之自來水水量中附徵「水源保育與回饋費」，以補償保護區內受限居民。



5.5 水資源保護 (7/11)

- ✓ 水庫功能與優養化
- 水庫調蓄水資源，具防洪減災與水力發電功能，亦發揮穩定供水作用。水庫水資源之利用標的依序為公共給水(自來水)、農業與工業用水。
- 公共給水為水資源利用之首要標的，隨全球氣候環境變遷，為確保自來水水源之水量穩定性與水質安全性，加強水庫集水區管理，以減少水庫淤積量及防止水質惡化(如優養化)，成為水庫永續經營管理之努力目標。



5.5 水資源保護 (8/11)

► 優養化

- 水庫水質優養化乃水體中含過量氮、磷化合物之營養源，水中藻類利用這些營養源，配合適當的日照與溫度條件下，造成藻類異常增殖，使水體增加有機物與異臭味，影響自來水品質。
- 環境保護署根據水體中葉綠素a(代表藻類數量)、透明度及總磷濃度，計算卡爾森營養指數值(Carlson trophic state index)以評估湖泊水庫營養狀態，並依水庫水質判斷水庫為優養、普養與貧養狀態。
- 優養表示水體營養源多且受污染，貧養表示水體營養源少且受污染較少。



5.5 水資源保護 (9/11)

✓ 大台北自來水水源保護

- 防止水庫淤積與水質優養化
採取以下措施以防止水庫淤積與水質優養化
 - (1)種植水源森林
 - (2)興建下水道系統
 - (3)水土保持
 - (4)水質與淤積監測
 - (5)管理與管制集水區土地開發利用等措施



5.5 水資源保護 (10/11)

- 廣植樹木，形成水源森林以保護水源

水源森林具四大功能：

- (1) 涵養水源，使雨水量涵蓄於土壤中，緩和逕流量。
- (2) 具水土保持功能，防止土石沖刷或土石流。
- (3) 淨化水質，可過濾或吸附逕流水中之氮、磷優氧化營養源與有機物，減低污染物流入水體。
- (4) 光合作用吸收大氣中二氧化碳，並供給氧氣，減緩都市溫室效應。翡翠水庫集水區水域周圍廣植樹木，形成水源森林以保護水源。



5.5 水資源保護 (11/11)

- 集水區內進行水土保持工程與溪流整治
 - ▶ 為削減家庭污水之點源污染，政府於翡翠水庫集水區及新店、烏來地區興建污水下水道系統，家庭污水經污水處理場處理後排放至水體以減少污染負荷量，民國96年下水道普及率可達約80—85%，與台北市同為污水下水道高普及率之地區。
 - ▶ 為防止坡地崩坍與土壤沖蝕等土石流入水庫，減少水庫蓄水容量與使用年限，集水區內進行水土保持工程與溪流整治。



結語

- 台灣中程水資源規劃以多元化開發水資源，在防治洪水災害方面，則辦理區域排水整體性改善、環境營造、維護管理，並積極研擬易淹水區域水患治理計畫。
- 未來人類福祉需透過水資源管理改善水的使用、控制洪水、提供運輸、灌溉農業、水力發電和污染控制。
- 水資源去商品化、水利事業公有化、修復水文循環系統、建立健全的水資源管理策略等制訂共同目標與原則。
- 「人類若不珍惜水資源，最後一滴水資源是人類的淚水」
- 「有水當思無水之苦，珍惜每一滴水資源」



解釋名詞 (1/5)

➤ 沙塵暴(Sandstorm)

- 所謂沙塵暴係指強風捲起大量沙塵，使能見度惡化的沙塵天氣。
- 基本上是乾旱與沙漠化氣候環境的產物，氣象學家上把地面能見度低於1公里者稱「沙塵暴」，強烈的沙塵暴可能使能見度小於50公尺，俗稱黑風。



解釋名詞 (2/5)

➤ 生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, BOD)

- 水樣在 20 °C 恆溫培養箱中暗處培養 5 天後，測定水樣中好氧性微生物在此期間氧化水中有機物所消耗之溶氧 (Dissolved Oxygen, 簡稱 DO)。
- 可求得 5 天之生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, 簡稱BOD₅)。

51

解釋名詞 (3/5)

➤ 環境影響評估(Environmental impact assessment)

- 指開發行為或政府政策對環境包括生活環境、自然環境、社會環境及經濟、文化、生態等可能影響之程度及範圍，事前以科學、客觀、綜合之調查、預測、分析及評定，提出環境管理計畫，並公開說明及審查。
- 環境影響評估工作包括第一階段、第二階段環境影響評估及審查、追蹤考核等程序。

52

解釋名詞 (4/5)

➤ 河川污染程度指標(River Pollution Index, RPI)

- 環境保護署用於評估河川水質之綜合性指標為「河川污染程度指標, River Pollution Index」簡稱「RPI」。
- 係河川污染分類指標, 用以判斷河川污染程度, 由懸浮固體物、生化需氧量、溶氧及氨氮等四項物化水質參數組成, 四項水質參數之濃度值, 來計算所得之指標積分值, 判定河川水質污染程度。
- 分為未受污染或稍受污染、輕度污染、中度污染亦或嚴重污染。
- $RPI = (1/4)\sum Ni$ 式中, Ni 為污染點數值, i 為水質項目, RPI 為河川污染指數, 介於1~10間, $RPI=2$ 以下代表未(稍)受污染。

53

解釋名詞 (5/5)

➤ 卡爾森營養指數值(Carlson trophic state index, CTSI)

- 環保署乃定期監測水庫水體中葉綠素a含量、透明度及總磷。
- 卡爾森計算營養指數值(TSI), 用於評估湖泊水庫營養狀態, $CTSI < 40$ 為貧養狀態, $40 \leq CTSI \leq 50$ 為中養狀態, $CTSI > 50$ 為優養狀態。

54

一、解釋名詞：

1. 沙塵暴
2. 生化需氧量
3. 優養化
4. 河川污染程度指標(RPI)
5. 環境影響評估

二、簡答題與申論題：

1. 由國家層級到國際性流域組織各層級的水資源管理，以合作的方式持續地進行，整合了這一條流經各國的河川，以整體水資源的管理概念將橫跨各國的整個集水區視為一個流域，並未因國家利益的衝突或爭論，影響了水資源管理的概念，使得萊茵河的水資源得以永續發展。
2. 台灣地區年降雨量為世界平均值2.5倍，由於台灣人口密度高，地形限制以及季節分布不平均，平均每人每年的均賦量僅為4,074 m³，僅約全球平均值1/5，被聯合國列入為第十八位缺水國家，屬於水資源匱乏地區。
3. 試述水質污染來源有哪兩大類？並請分別說明之。
4. 家庭污水中，含有微生物可以分解的有機物，一般以生化需氧量表示之。
5. 通常依據哪四個監測項目來計算河川污染指數，以判斷河川污染程度？
6. 現階段解決水資源危機的方法有哪些？
7. 水資源有效利用，依用水標的可分為哪三大類？
8. 試述河川污染程度指標(RPI)包括哪四項物化水質參數？並請分別敘述之。