

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

總計畫暨子計畫一：循環型社會之策略研究(1)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2621-Z-002-015-

執行期間：92年08月01日至93年09月30日

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫主持人：於幼華

共同主持人：李鴻源，童慶斌，馬鴻文，單信瑜，張益誠

計畫參與人員：杜偉榮、江金鴻、陳思璋

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 12 月 3 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

『循環型社會之策略研究(I)』總計畫暨子計畫一：

循環型社會之策略研究(I)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2621-Z-002-015

執行期間：92年8月1日至93年7月31日

計畫主持人：於幼華 教授

共同主持人：李鴻源 教授

童慶斌 教授

計畫參與人員：杜偉榮、江金鴻、陳思璋

成果報告類型： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢。

涉及專利或其他智慧財產權，一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學環境工程學研究所

中華民國九十三年十二月三日

摘要

本總計畫除了協調與整合三個子計畫之研究進度與成果外，另取台灣地區之水資源作為研究主題，以物質流方法進行調查、分析與研究，來探討此項資源之質量在台灣之進出與循環狀況。

工業生態學中之物質流分析是提供產品和物質從人類經濟活動到環境中流動過程資訊的分析工具，這些資訊可被用來開發更全面的物質管理策略，以有效減低物質的使用量。因此，本計畫以水文圈以外觀點，進行淡水河流域與高屏溪流域水資源供需量(包括自然水文系統之各項資料收集與分析及人為系統之供給與需求)之調查、彙整與研究其流向與流量。另選定淡水河流域大漢溪BOD₅與SS作為研究主題，探討大漢溪流域污染物質之物質流。

本研究建立大漢溪、新店溪、高屏溪之系統動力模式。另外，研究結果顯示位於浮洲橋與新海橋之間的截流站，每日BOD₅排放量佔大漢溪沿岸有紀錄截流站總排放量約72%，每日SS排放量佔大漢溪沿岸有紀錄截流站總排放量約70%。其他未經記錄之BOD₅、SS物質來源包括大漢溪兩岸住家、工廠排放量、天然來源等，可透過新海橋水質測站所計算出之BOD₅、SS物質總量扣除截流站排放量推估之。由此計算未經紀錄排放量之BOD₅約介於81000kg/day至3310kg/day，SS約介於5440000kg/day至12000kg/day。

關鍵詞：循環型社會、工業生態學、物質流分析、水資源分析、BOD₅、SS、淡水河流域、高屏溪流域

Abstract

The purpose of this study is to explore and research the potentialities and strategies for the future recycle-oriented society in Taiwan. There are three sub-projects in the first year. Apart from serving as a coordinative project for the other three studies, it is also made to investigate the water resources and material flow in two basins in Taiwan.

Key words: Recycle-Oriented Society, Industrial Ecology, Material Flow Analysis, Water Quality, BOD₅, SS, Water Resources Analysis, Tamsui River Basin, Kaoping River Basin

一、前言

水是人類文明發展不可缺少的資源。以水資源而言，台灣屬於缺水型的地區之一，因水文、地理條件特殊而使水資源分配受到限制，且水文不確定性高，每人平均所能分配的水源並不多。且在社會經濟環境快速發展與極度開發下，造成台灣單位人口用水量飛快飆漲、地下水超抽等問題。就水質面來看，天然的河川有其自淨能力，在有機污染物質進入之後，會造成河川水質的惡化，但隨著河水的流動，經再曝氣作用與污染物的分解與沈澱後，污染物質濃度逐漸降低。當污染物質排入的速率大於河川分解的能力，河川會出現缺氧(厭氧)狀態，產生臭味，並對於其中的生物造成危害。

就水資源利用觀點而言，瞭解水文循環是維持環境永續性之重要關鍵。台灣地區年平均降雨量 2,515mm，屬於雨量相當豐沛之地區。但基於全島三分之二為山地，地勢陡峻，河短流急，在降雨過後地表水除了入滲至地下外，地表逕流進入河川，快速排入海中，加上缺少興建水庫之良好位址以儲存水資源，因此台灣地區水資源可供應量相當有限。就產業觀點而言，不管是農業、工業與民生均需水資源之供給。因此本研究探討目前淡水河與高屏河流域水資源流向與流量，進行實例分析，透過瞭解水資源可供應總量，可對未來社會環境發展可能遭受之限制預先擬定對策。

就水質面而言，在經濟發展的過程中台灣的許多河川受到嚴重的污染，因此對於河川水質的規劃與整治，一直是政府施政的重點。其中以淡水河系污染整治為最，早自民國 58 年政府已展開與淡水河污染整治相關工程。本研究所選定的淡水河流域大漢溪，為淡水河最長之支流(約 135 公里)，中游段河床採砂場林立，下游段多屬工業區，影響水質甚鉅，尤其三鶯橋往下游兩岸人口漸多的樹林、新莊、板橋等鄉鎮，排入大量都市污水與工業廢水，構成河川水質嚴重污染之威脅。透過物質流分析，可對大漢溪污染主要來源之流量與流向有所瞭解。

本文內容將區分為四節，在本節概要說明之後，第二節將說明所使用方法，第三節將將簡介研究成果，最後則提出研究結論與建議。

二、研究方法

(一) 淡水河流域大漢溪之 BOD、SS 物質流分析

1.1 物質流分析概念

物質流分析(Materials Flow Analysis, MFA)的主要流程首先為決定何種物質與區域，再則研究的目標與相關問題經資訊的使用者同意並確定後，所需的計算程序如圖 1 所示,即:

- 選擇單項物質或設定一項關於某一物質(如 Cd、Cr、Cu、Al、N、P 和耐火有機化合物已有被研究的案例)，在本研究中以 BOD₅、SS 為例。
- 定義研究的區域或範圍，在本研究中以大漢溪流域為研究範圍。

- 選擇對該項物質有重要性的產品(如圖 1 中之 1 - 6) 和過程(如圖 1 中之 O,A,B,C,X,Y) (這部分的設定可能需要有反覆的研究方法和經驗法則判斷的直覺)。
- 透過上述決定的過程，進行產品中物質總量的平衡，然後了解該項物質在該區域經濟活動中流動的情形。

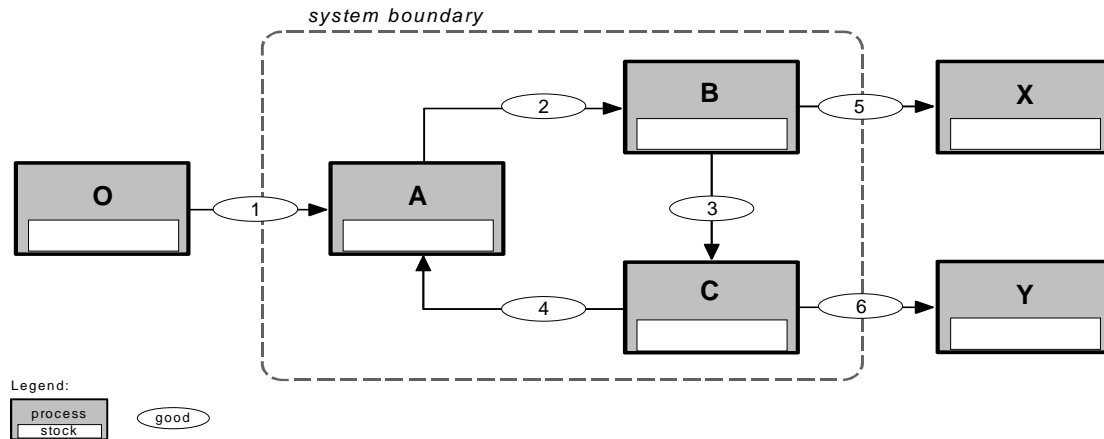


圖 1 產品與製程所組成的物質流系統理論設計圖 (Baccini and Brunner,1991, p21)

有了這些資訊後，不管現在或未來某一元素在某區域中的流動情形都能被調查與檢驗。而且，不同物質管理階段能用物質流分析來做設計和測試，用以比較物質流入環境中的數量變化情形或提出環境承载力可接受的臨界值。物質流的分析方法在有限的財物力支援下，可完成各種產品數量與所含物質質量資料庫的建立和了解物質如何透過製程被分割的發展，所以利用此種方法在經濟性考量下是最可行的 (蕭登元，2003，p2-11)。

區域物質計算(Regional Material Accounting，RMA)為 MFA 的應用，且概念大致相同。進行 RMA 時，必須先界定系統的邊界(system boundary)：為一個區域 (或是一個集水區) 的水平地理邊界，並包括垂直的行星邊界層或是大氣層，以及系統內的地下層，如第一層的地下水。在邊界之內，過程(process)所描述的為系統內與質量循環有關的所有活動(activity)，定義為物質的傳輸、轉換或儲存。區域物質計算的時間尺度可任意選擇，一般選擇以年作為資料收集的基礎 (Zessner M. et al，1996)。

Zessner M.等人(1996)應用 RMA 的概念平衡 Upper Austria 河川中氮的流動，指出在許多的報告中預估已開發國家的河川流域中，其營養鹽的負荷 (特別是氮) 逐漸增加，有些甚至快速增加。像是歐洲的多瑙河流域，在 1960 至 1990 年間，氮的負荷增加了 10 倍，磷的負荷增加了 13 倍。剛思考這個問題時，會認為人口的改變為該現象的驅動力，但該地區在該時段的人口增加率小於 20%，因此單就人口增加而言，無法解釋氮負荷的增加。額外的因素還包括生活形態的改變、排水系統中土地與水的交互作用，以及人類排泄物使用型態隨時間的改變。由此衍生出來的問題包括：我們可以找出一個合理且具有足夠證據的方式，指出哪些活動是造成氮排到水環境中的主因？是哪些人造成這樣的行為？如何利用 RMA 準確描述造成氮負荷增加的來源與原因？我們如何將點源與非點源排放的研究加以整合？同樣的概念適用於河川中 BOD₅、SS、NH₃-N 等水質的管理。

1.2 大漢溪流域範疇界定

大漢溪原名大嵙崁溪，主流長 135 公里，流域面積 1163 平方公里，平均坡度 1/37，發源於品田山，流經新竹縣之尖石鄉、關西鄉與桃園縣之復興鄉、龍潭鄉、龜山鄉、大溪鄉，及台北縣之三峽鎮、鶯歌鎮、樹林鎮、土城市、板橋市、新莊市、三重市，於江子翠匯入淡水河。其上游泰崗溪與白石溪在秀巒會合後稱秀巒溪，流經高台後稱玉峰溪，至三光納入三光溪，以下稱為大漢溪。主要支流有永福溪（又稱烏塗窟溪）及三峽河。本流上游為石門水庫集水區，集水面積 759 平方公里；水庫上游主河道已建有巴陵、榮華與義興三座攔砂壩（陳明業,2002,p16）。大漢溪自大漢溪口至浮洲橋屬感潮河段，長約 9 公里。

本流域上游為山谷地，中下游為台地及沖積平原，境內交通發達，中下游地區工廠林立，人口密集，土地高度開發，屬大台北都會區，地位日趨重要。從發源地至石門水庫水體分類為甲類，石門水庫至板新水廠取水口水體分類為乙類，板新水廠取水口至浮州橋水體分類為丙類，浮州橋至匯流口水體分類為丁類（李宜欣，2002，p2-4）。

1.3 大漢溪 BOD₅、SS 物質流資料之蒐集與估計

1.3.1 大漢溪水質監測資料的取得

淡水河流域內之水質監測站網分別由有關單位依其業務需要及監測目的的不同而設立，自民國 58 年由台北市衛生下水道工程處辦理淡水河污染調查的研究開始，陸續有台灣省環保處、台北市環保局、前經濟部水資會、行政院環保署、台北縣環保局及台北水源特定區管理委員會等單位都曾在淡水河流域進行水質監測工作，而省自來水公司及台北自來水事業處亦定期檢驗水源區之水質（環保署，1998，p9-35）。自 81 年起因為環保署進行水質監測工作，因此部分機關停止水質監測工作，目前尚在大漢溪監測單位包括：台北市環保局、行政院環保署、台北縣環保局、省自來水公司及台北自來水事業處等六處。台灣目前的水質主管機關為環保署，在各主要、次要河川設有水質監測站，定期採樣分析 DQ、BOD₅、SS、NH₃-N、pH、大腸桿菌群、導電度、水溫、COD、氯鹽、濁度（以上為每月採樣一次）、總磷、總氮、TKN、NO₃-N、NO₂-N、重金屬（以上為每季採樣一次）等水質分析項目。大漢溪、三峽河與淡水河本流目前由環保署設置的水質監測站相關資料如表 1。

表 1 淡水河本流與大漢溪各水質測站

測站編號	測站名稱	所在河川名稱	與匯流口距離(公里)	經度	緯度
1004	淡水河口*	淡水河本流	2.25	121 25 19	25 10 21
1003	關渡橋*	淡水河本流	6.95	121 27 27	25 07 28
1002	重陽橋*	淡水河本流	14.15	121 30 09	25 05 03

1001	忠孝橋*	淡水河本流	18.00	121 30 14	25 03 25
1017	新海橋*	大漢溪	2.53	121 27 17	25 02 00
1016	浮洲橋*	大漢溪	8.65	121 26 07	24 59 42
1039	後村圳取水口	大漢溪	19.77	121 22 58	24 57 34
1015	三鶯橋	大漢溪	20.59	121 21 08	24 56 37
1014	板新取水口	大漢溪	22.89	121 20 34	24 55 47
1013	大溪橋	大漢溪	32.51	121 17 11	24 53 18
1036	後池堰	大漢溪	40.78	121 15 26	24 49 29
1042	三峽橋	三峽河	5.00	121 22 29	24 56 05
1041	醒心橋	三峽河	8.00	121 23 29	24 54 37

資料來源：環保署水質保護處網站。

註 1：與匯流口距離為距離入海口或下游河川匯流處之長度

註 2：* 者表感潮河段監測站。

1.3.2 大漢溪水量資料的取得

大漢溪水文水資源主管機關為水利署，於各主要、次要河川設有水文監測站，每日監測紀錄河川流量、水位，並定期測定含砂量、河川段面等項目。目前仍運作中的流量測站如表 2。由於目前水質與流量測站除三鶯橋同時具備外，其他測站未能同時取得水質與水量資料，因此必須假設新海橋之流量為三鶯橋、橫溪、三峽河、大漢溪沿岸市鎮排水量之總和，進行大漢溪邊界（新海橋）流量之推估。

表 2 大漢溪與三峽河水量測站（由上游至下游排序）

站號	站名	縣市	所在河川名稱	集水面積(公頃)	標高(m)	記錄年份	統計年數
1140H001	玉峰 (馬利哥灣)	新竹縣	大漢溪	33529	688	1936~1941 , 1957~2002	52
1140H002	稜角	桃園縣	大漢溪	10776	525	1937~1941 , 1957~2002	51
1140H041	秀巒	新竹縣	大漢溪	11593	827	1957~2002	46
1140H043	高義	桃園縣	大漢溪	54203	438	1957~2002	46
1140H054	霞雲	桃園縣	大漢溪	62280	249	1963~2002	40
1140H067	三鶯橋	台北縣	大漢溪	84200	33	1970~2002	33
1140H048	三峽(2)	台北縣	三峽河	12534	30	1957~2002	46
1140H049	橫溪	台北縣	三峽河	5288	20	1958~2002	45

資料來源：水利署，水文水資源資料管理供應系統；本研究整理

69	578	372 (64%)	40 (7%)	166 (29%)	38 (23%)	124 (77%)	162
70	1066	775 (73%)	40 (4%)	251 (24%)	38 (23%)	128 (77%)	166
71	827	608 (74%)	40 (5%)	179 (22%)	38 (22%)	133 (78%)	171
72	833	612 (73%)	40 (5%)	181 (22%)	42 (22%)	149 (78%)	191
73	864	621 (72%)	40 (5%)	203 (23%)	42 (23%)	142 (77%)	184
74	1038	742 (71%)	40 (4%)	256 (25%)	41 (22%)	143 (78%)	184
75	931	671 (72%)	40 (4%)	220 (24%)	41 (22%)	143 (78%)	184
76	882	634 (72%)	40 (5%)	208 (24%)	41 (22%)	142 (78%)	183
77	900	648 (72%)	40 (4%)	212 (24%)	63 (34%)	123 (66%)	185
78	839	605 (72%)	40 (5%)	194 (23%)	63 (33%)	127 (67%)	190
79	1132	862 (76%)	40 (4%)	230 (20%)	63 (32%)	133 (68%)	195
80	762	531 (70%)	40 (5%)	191 (25%)	71 (40%)	104 (59%)	176
81	943	678 (72%)	40 (4%)	225 (24%)	71 (40%)	105 (59%)	177
82	592	381 (64%)	40 (7%)	171 (29%)	71 (42%)	100 (58%)	171
83	947	677 (71%)	40 (4%)	230 (24%)	71 (40%)	105 (60%)	176
84	689	490 (71%)	40 (6%)	159 (23%)	57 (30%)	131 (70%)	188
85	1030	733 (71%)	40 (4%)	257 (25%)	59 (33%)	122 (67%)	181
86	786	558 (71%)	40 (5%)	188 (24%)	63 (35%)	118 (66%)	180
87	1196	834 (70%)	40 (3%)	322 (27%)	59 (35%)	109 (64%)	169
88	749	532 (71%)	40 (5%)	177 (24%)	57 (34%)	111 (66%)	169
89	840	599 (71%)	40 (5%)	201 (24%)	57 (32%)	121 (68%)	178
90	1108	825 (74%)	40 (4%)	243 (22%)	57 (31%)	128 (69%)	185

(資料來源：水利署-台灣地區水資源永續發展指標綜合性評估專家座談資料，與本研究整理)

由每年的降水量、河道逕流量及假設每年均為 40 億噸的地下水補注量條件下，可求得蒸發散損失量。在這些水文量中河道逕流量與蒸發散量值得進一步探討：河道逕流量實為地表水利用量與流入海洋水量之和，其監測之位置將影響河道逕流量的計算，而蒸發散損失量歷年來皆以其他三個水文量推算而得。當河道逕流量有量測上的不確定性及地下水補注量未知，且蒸發散損失量既非實測、推估上有其不確定性時，則蒸發散損失量必須進一步釐清。在一年之時間尺度下，方程式(2)之平衡關係未必成立，尚必須考量土壤水分之變化。

水文循環中蒸發散量往往以蒸發皿量測值為依據，然而，從許多中央氣象局監測資料中可見有些測站年皿蒸發量往往大於年降雨量，因此即有相關人員下結論說有沙漠化危機，其實是皿蒸發量並非實際蒸發散量所致。實際監測之皿蒸發量資料可用於湖泊及水庫等蒸發量之估算，但不適用於推估地表土壤與植生的蒸發散量，主要因水分於水體或土體中受蒸發的機制並不相同。其次，如全省地下水補注量多年來以 40 億噸為每年計算值亦不甚合理，地下水補注量為地表水入滲至地下的水量，其量的多寡與土地利用型態及土層特性等有關。其中，土地利

用型態隨時間受人為活動直接影響地下水補注量甚大，而並非定值。因此，蒸發散量及地下水補注量推估的不確定性將影響後續水資源可供應量計算的不確定。

2.2 水資源可供應量與需求量

水資源可供應量則除上述水文分析外，尚須加入人為水利設施與供水系統方可決定，分為貯藏在地面及地下的水量，兩者貯藏水量的多寡將視降雨量及本身的容積而定。水資源需求與社會與經濟發展有關，為農業、工業及民生實際需用水量的總和，其需用量隨人口增加及產業發展而逐年增加，與水資源可供應量相較下，還會不斷地增加。

3 水資源分析方法

有關水資源供需部分，本研究以物質流分析中基於質量守恆原則，藉以描述物質流入系統與流出系統及在系統中的生產能力，以推估水量之流向與各產業的流量。配合系統動力模式可模擬物質隨時間演進的情形；透過單元化，將建立一水資源系統。藉由系統動力模式之單元元件可了解水資源質量平衡的情形，目前本研究分別針對北部地區淡水河流域及南部地區高屏溪流域水資源供水系統建立初步的系統動力模式。

水資源系統與時間具密切的連動關係，而系統動力模式之優點在於處理時間變化的因素，因此系統動力模式是一個非常適合應用於水資源系統研究的工具。現代的系統動力動態學軟體（如 Vensim）在操作上比一般的語言程式簡單，優勢在於運用視窗化的操作介面可輕易的建立起所需的系統模式架構圖，清楚呈現系統的整體架構以及透過圖形呈現連接關係，同時每一元件亦只需建立其數學函數關係方程式即可反映出其隨時間之變化特性，所以操作起來非常方便且容易上手。水資源系統架構非常複雜，若是能將每個相關因子元件化，並賦於適當之數學式，再將這些原件組合起來成一個系統，便可建立一水資源系統動力模式，並透過此模式，輕易地針對各項策略，探討水資源系統變化之情形。

系統動力模式中，最主要的三個原件分別為儲存(stock or level)、流量(flow or rate)、助動(converter or auxiliary)元件，而元件之間則以具有箭頭線段鍵結，以表示原件間相互關係。儲存是描述系統中的資源量，也就是描述在特定的時間內量的變化情形，在此研究中便以水庫或攔河堰作為儲存。流量則可以告訴我們儲存變化的情形，所以儲存量之變化會受到流量的影響，像是水庫的入流量、蒸發量、標的供水量，便是流量的一種，流量可能是增加儲存量的(水庫的入流量)，亦可能是出流量以減少儲存量(蒸發量)。助動原件則是應用於輔助描述儲存或流量，例如攔河堰的操作規則等。

本研究採用水平衡法(Water Balance Method)作為分析工具，所謂的水平衡法是指於某一特定區域內，於某一時間中，水之流入(Input)與流出(Output)之間平衡關係，而依據的原理為質量不滅定理。當界定出集水區範圍也就是訂出特定空間後，再來就要決定時間尺度。由於短時期的水平衡分析牽涉到地下水變動量，

而地下水變動量與地下水位變化、地質特性等因素有關，而大部分地下水觀測井都分佈於下游之台北地區，少有分佈在上游地區，故所能蒐集的地下水資料非常少，因此本研究針對長時期之水平衡關係作一分析：對於長時間尺度，可以假設地下水變動不大，處於平衡狀態。一般來說集水區的水平衡法，其公式如下：

$$P+G_I=E+O+G_o+\Delta S \text{ 或 } E=(P+I+G_I)-(O+G_o)-\Delta S$$

其中 P：降水量、I：地表水流入量、 G_I ：地下水流入量、E：蒸發散量、O：集水區流出量、 G_o ：地下水流出量、 ΔS ：集水區貯蓄改變量。

在研究區域新店溪流域中共有福山、下盆、桶後、四堵、泰平、坪林、雙連埤、四十份、屈尺九個雨量測站，但由於資料的缺乏及各個測站記錄資料的年份有所不同，最後選定桶後、屈尺、泰平三個雨量測站作為推估本區域降雨量資料來源，分析時間設定為 1990 年至 1999 年，並以徐昇氏法計算出三個雨量測站的控制面積，進而求出整個集水區 1990 年至 1999 年十年來所累積之總降雨量 P。至於地下水流入量(G_I)、地下水流出量(G_o)，假設為處理動態平衡的狀態，也就是地下水流入量等於地下水流出量， $G_I=G_o$ 。本研究區域內會影響貯蓄量(ΔS)的因子為翡翠水庫。若分析時間縮短為一年，藉由翡翠水庫年初與年末的水位差，可推算出翡翠水庫貯蓄量的改變，也就是此集水區的 ΔS ，但由於這裡所要探討的時間尺度屬於長期性的，故將假設 ΔS 為零。

另外在集水區流出量(O)方面，主要代表系統的流出量。本研究分析的系統為秀朗測站集水區，因此系統流出的水量都會通過秀朗測站。故先找到秀朗測站之流量資料後，便可計算出集水區在 1990 年至 1999 年流出的總量 O。

上述因素都屬於大自然水文循環之範疇，另外還有一項人為因素，屬於此系統之流出(Output)：秀朗測站上游處有兩取水口，分別為直潭、青潭取水口，因此在取水量方面將以臺北自來水事業統計年報的資料為主，將長興淨水場、公館淨水場、直潭淨水場實際供水量在 1990 年至 1999 年之間加總，求出這十年來取水之總量。確定了水平衡法各個項目後，將整個水平衡法(Water balance method)重新改寫成

$$P=E+O+U$$

其中 P：降雨總量、E：蒸發散總量、O：秀朗測站流量總量、U：取水總量

三、研究成果

(一) 淡水河流域大漢溪之 BOD₅、SS 物質流分析

由大漢溪各水質測站資料可知目前污染物質濃度最高為浮洲橋與新海橋測站附近，到忠孝橋下以下河段濃度降低。由河川污染程度分類，BOD₅ 大於 15 為嚴重污染，介於 5 至 15 為中度污染，介於 3 至 4.9 為輕度污染來看，後村圳取水口至忠孝橋之間為中度污染至嚴重污染，如圖 3、圖 4 為 92 年 7 月至 93 年 6 月各測站 BOD、SS 監測值分佈。

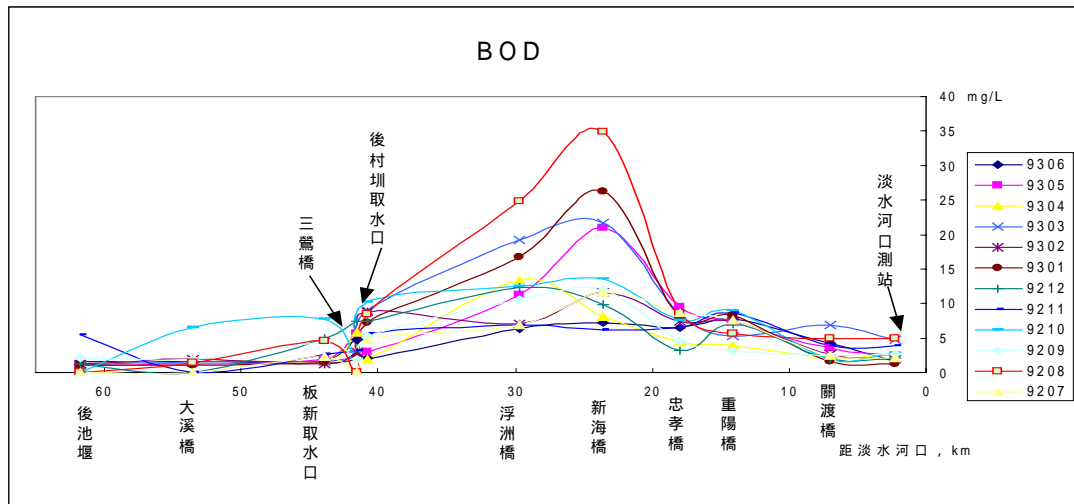


圖 3 92 年 7 月至 93 年 6 月大漢溪後池堰至淡水河口 BOD 濃度變化

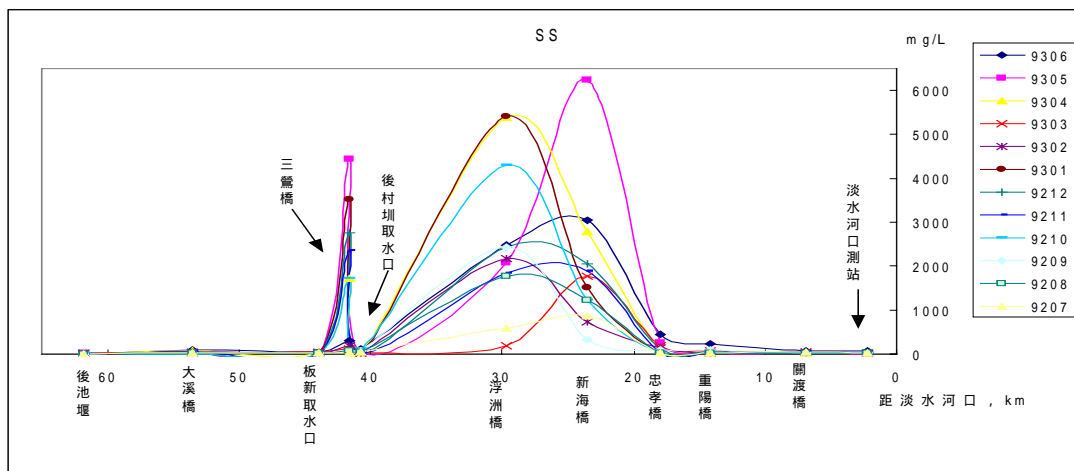


圖 4 92 年 7 月至 93 年 6 月大漢溪後池堰至淡水河口 SS 濃度變化

在 BOD、SS 物質流分析方面，由初步分析得知以水質乘以流量法所建立的河川水質物質流分析，主要有兩項參數：水質資料與流量資料。對於水質資料而言，由於後池堰至新海橋測站間具備 7 個測站，因此水質變化趨勢可明顯得知。就流量資料而言，除三鶯橋測站具備流量測量外，其餘測站必須透過其上游流量測站資料的推估，方能獲得通過該水質測站的流量資料。雖然以此法所計算的 BOD₅、SS 通量會隨著水量的變化而有所起伏，但由大漢溪沿岸的截流站廢水排放資料可知，位於浮洲橋與新海橋之間的截流站，每日 BOD₅ 排放量佔大漢溪沿

岸有紀錄截流站總排放量約 72%，每日 SS 排放量佔大漢溪沿岸有紀錄截流站總排放量約 70%。其他未經記錄之 BOD₅、SS 物質來源包括大漢溪兩岸住家、工廠排放量、天然來源等，但因缺乏統計數據，因此只能以新海橋水質測站所計算出之 BOD₅、SS 物質總量（表 5）扣除截流站排放量（表 4）推估之。西元 1992 年至 1999 年每日通過新海橋 BOD₅ 之通量介於 30671kg/day 至 87898kg/day；SS 通量介於 78873kg/day 至 860165kg/day。由此計算未經紀錄排放量之 BOD₅ 約介於 3310kg/day 至 81000kg/day，SS 約介於 12000kg/day 至 5440000kg/day。本研究推估後池堰（距淡水河口 61.78km）至新海橋（距淡水河口 23.53km）之 BOD₅、SS 物質流空間分佈趨勢如圖 5、6 所示。

表 4 後池堰至新海橋水質測站間每日來自截流站 BOD₅、SS 排入量推估值

項目	單位	第一季	第二季	平均
SS	kg/day	71892.91	62001.61	66947.26
BOD ₅	kg/day	33977.57	20730.12	27353.84

表 5 西元 1992 年至 2000 年每日通過新海橋之 BOD₅、SS 平均通量

	kg/day	kg/day
年份	BOD flux	SS flux
2000	108562.99	5507453.59
1999	31182.00	226473.71
1998	87898.15	860164.94
1997	55840.34	357867.69
1996	50550.63	422363.80
1995	45971.03	230746.22
1994	79919.98	302320.08
1993	30670.51	78873.31
平均*	54576.09	354115.68

*註：不包含西元 2000 數值

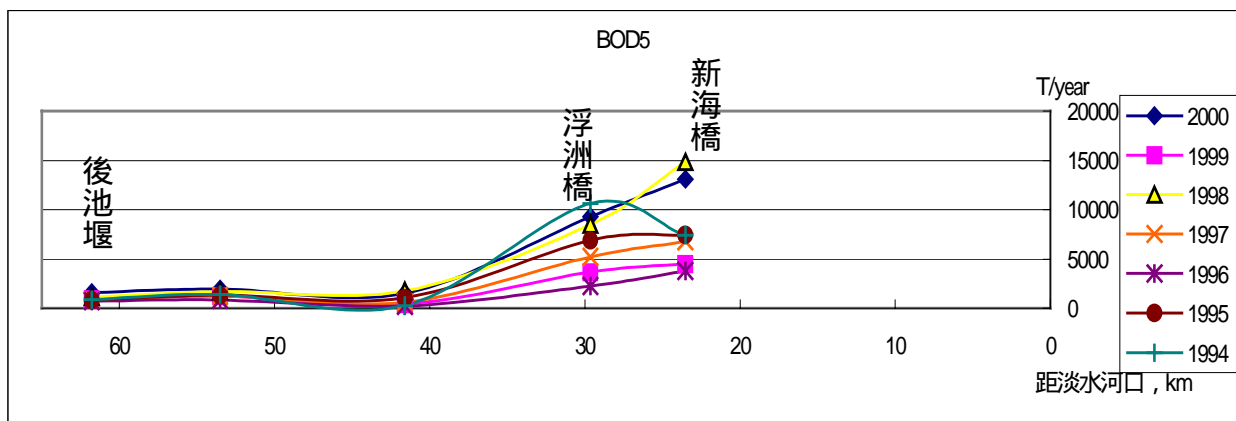


圖 5 1994 年至 2000 年大漢溪上游至下游 BOD₅ 年平均流量

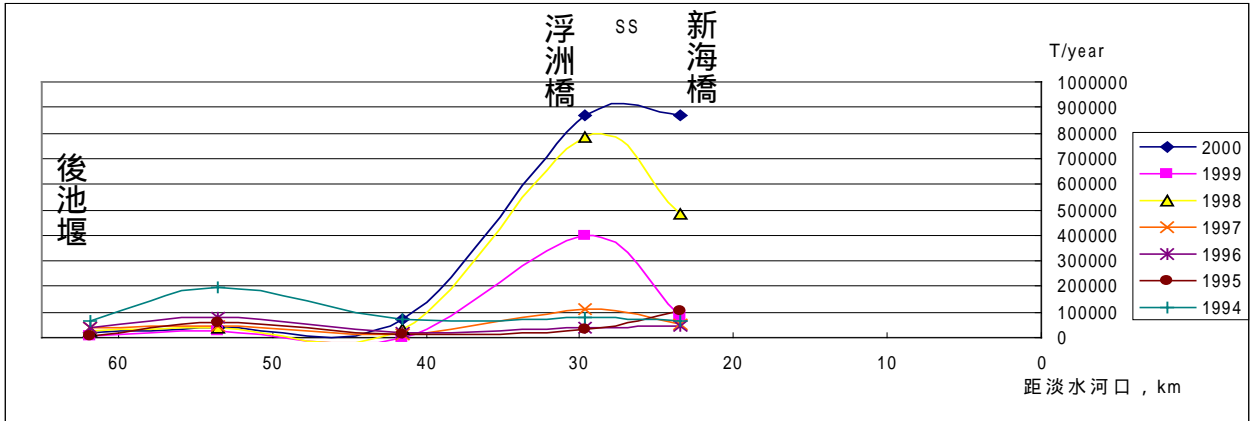


圖 6 1994 年至 2000 年大漢溪上游至下游 SS 年平均流量

後續工作中將參考文獻的資料，並考慮污水下水道系統建立後之影響，建立更詳細的水質物質流分析，納入永續性的探討。值得注意的是，大台北地區的抽水站、截流站目前已有許多處將廢水送往八里污水處理廠，因此未來的水質物質流分佈將會與今日有所不同。

(二) 淡水河與高屏河流域之水資源分析

將流域所包含的上游之大型水庫、中下游之取水工構造物及負責處理原水以供應給下游用水需求之淨水廠設備，繪成完整的水資源系統，可將該系統圖表現如圖 7，其中虛線部分為規劃中之設施。根據此一概念，可建立對應的系統動力模式，包括新店溪、大漢溪及高屏河流域。以下僅列出大漢溪供水系統動力模式示意圖（圖 8）。

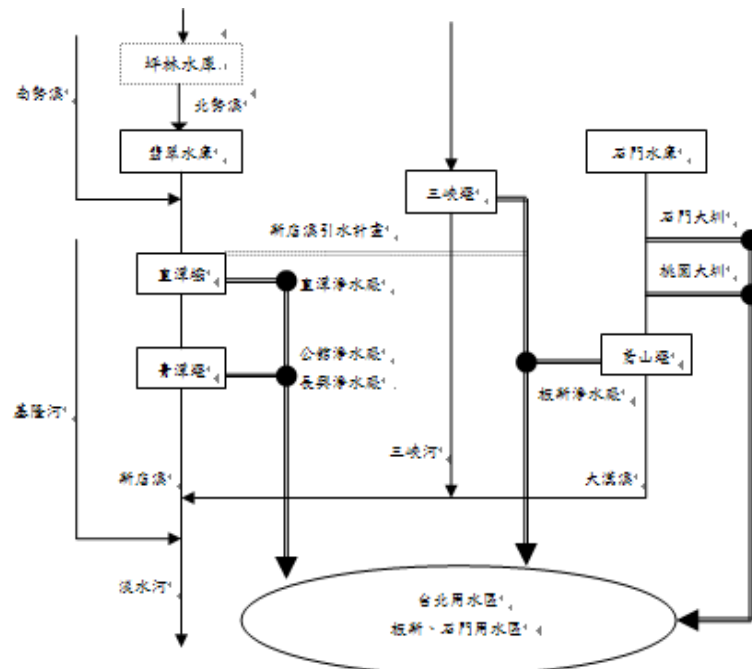


圖 7 新店溪與大漢溪水資源系統示意圖

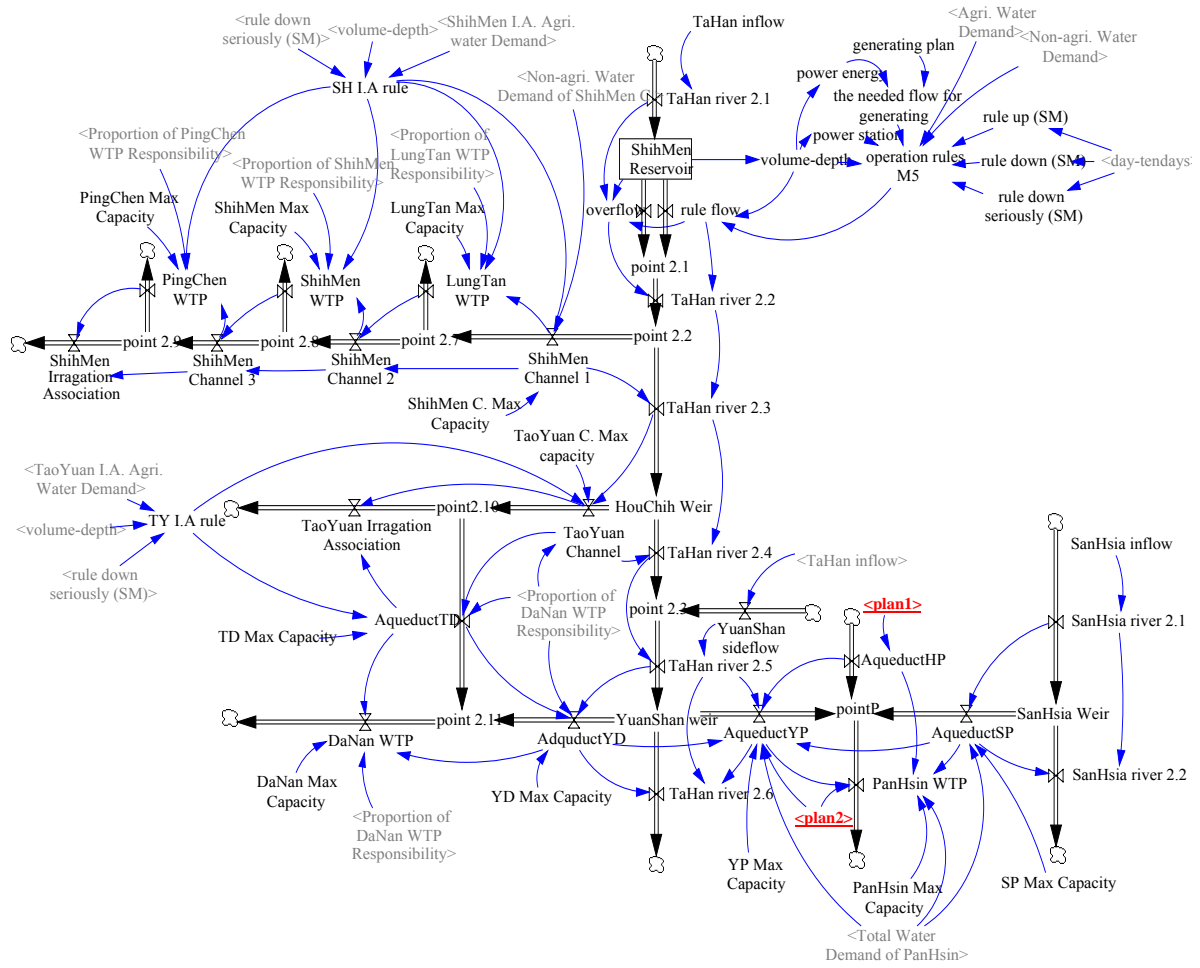


圖 8 大漢溪供水系統動力模式示意圖

由於篇幅所限，在此以新店溪流域為例，說明水平衡分析之結果。藉由桶後、屈尺、泰平三個雨量測站的雨量資料，利用徐昇氏法求出西元 1990 年至 1999 年降雨總量約為 279 億立方公尺，而在秀朗測站所測得的流量資料，總共為 151 億立方公尺，長興淨水場、公館淨水場、直潭淨水場取水總量約為 82 億立方公尺，將降雨總量 P 扣除秀朗測站流量總量及取水總量，剩下約 46 億立方公尺便為蒸發散量，也就是說在這十年來，從大氣中所降下的總水量，會有 54.2%會變成逕流量，29.61%是所謂的用水量，蒸發散量佔了 16.19%，如圖 8 所示。

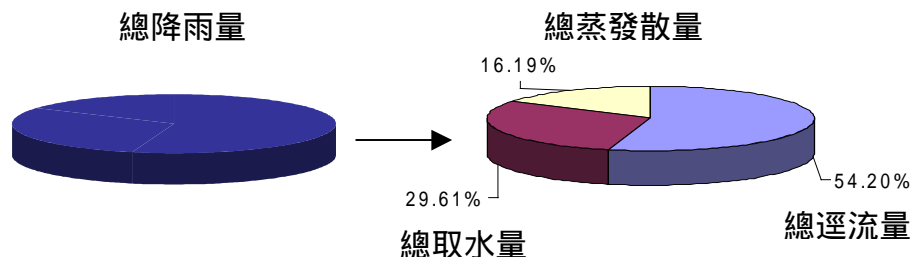


圖 8 水量比例分配圖

由此可見新店河流域水資源使用的比例並非很高，佔總降雨量的 29.61%，主要因為台灣河川的特性為河流短促、雨水停留時間短，大部分的降雨都形成逕流而流向大海。雖然建立水庫是利用水資源的一個方式，但近年來環保意識抬頭，加上建立水庫會嚴重破壞生態環境，因此若能夠透過水資源的調配，增加水資源的利用率，除了不會破壞生態環境，還可以增加可供水量，達到善用水資源的目的。

在大自然水文循環的過程中，從大氣降雨至地面時，雖有部分水量形成截留及窪蓄，但拉長時間尺度時，此部分的水量會變成蒸發散量或入滲量，因此進行長時期水平衡分析時，並不將此兩項因素納入考量。若牽涉人為因素，例如利用埤塘蓄水以供給用水，則所謂的窪蓄最後並不會全部流回大自然系統。目前由於資料的缺乏，因此本研究僅針對新店河流域作水平衡關係的探討，類似的流程可應用在大漢河流域。值得一提的是，大漢河流域內有許多埤塘或私人挖掘之貯水池，用來補充農業用水量的不足。因此，大漢河流域之水資源供需並不像新店流域很只透過兩個取水口汲水以供給用水，故未來若有相關的研究資料，將有助於分析大漢河流域的水平衡關係。而短時期的水平衡分析，主要困難在於地地下水流動情形複雜，若是能建立一套地下水井觀測網，藉由地下水位的變化及地質參數的推估，進而求得地下水量的變化量，便能得知地下水流入量(G_1)、地下水流出量(G_0)之值，集水區貯蓄改變量(ΔS)也可以由此集水區內蓄水設施的水量變化求得。當各項目的值一一確定後，則短時期水平衡分析也能迎刃而解。

四、成果應用與建議

- 1、目前水質與流量統計單位分別為行政院環境保護署與經濟部水利署，因此除少數測站外，同一測站資料無法同時取得水質與流量資料，這對於各水質的物質流分析而言，形成多重的障礙。且環境資料的整合為河川管理的基本工作，在建立環境知識庫的過程中對於官方統計資料的需求相當大，因資料的缺乏（數據品質不足、缺測等）會造成許多仰賴此資料計算的指標無法進行。此一問題於多年前的文獻中已提及，至今未見改善之處，因此建議相關單位儘早做好整合的工作，便利環境統計使用者。
- 2、根據水質乘以流量法所進行的河川水質物質流分析，得知 BOD₅ 通量以三鶯橋至新海橋測站之間逐漸升高，此應與該河段未經處理的家庭污水有關。通過新海橋的 SS 通量以浮洲橋測站附近最高。西元 1992 年至 1999 年每日通過新海橋之 BOD₅ 之通量介於 30671kg/day 至 87898kg/day；SS 通量介於 78873kg/day 至 860165kg/day。
- 3、由初步分析得知以水質乘以流量法所建立的河川水質物質流分析，主要參數包含兩因子：水質資料與流量資料。對於水質資料而言，由於後池堰至新海橋測站間具備 7 個測站，因此水質變化趨勢可明顯得知。就流量資料而言，除三鶯橋測站具備流量測量外，其餘測站必須透過其上游流量測站資料的推估，方能獲得通過該水質測站的流量資料。因此所計算出結果趨勢會傾向於與流量正相關，尤其於高流量時期最明顯，此為本研究後續討論範圍。
- 4、後續研究中將會參考文獻的資料，建立更詳細的水質物質流，並納入永續性的探討。值得注意的是，大台北地區的抽水站、截流站目前已有多處將廢水送往八里污水處理廠，因此未來的水質物質流分佈將會與今日有所不同。
- 5、利用徐昇氏法所求出西元 1990 年至 1999 年降雨總量約為 279 億立方公尺，而在秀朗測站所測得的流量資料，總共為 151 億立方公尺，長興淨水場、公館淨水場、直潭淨水場取水總量約為 82 億立方公尺，將降雨總量扣除秀朗測站流量總量及取水總量，剩下約 46 億立方公尺便為蒸發散量，也就是說在這十年來，從大氣中所降下的總水量，會有 54.2% 會變成逕流量，29.61% 是所謂的用水量，蒸發散量佔了 16.19%。
- 6、新店河流域水資源使用的比例並非很高，佔總降雨量的 29.61%，主要因為台灣河川的特性為河流短促、雨水停留時間短，大部分的降雨都形成逕流而流向大海。雖然建立水庫是利用水資源的一個方式，但近年來環保意識抬頭，加上建立水庫會嚴重破壞生態環境，因此若能夠透過水資源的調配，增加水資源的利用率，除了不會破壞生態環境，還可以增加可供水量，達到善用水資源的目的。
- 7、區域物質計算的過程，需要大量統計資料的支持。因此本研究在缺乏許多統計數據的條件下，從文獻中蒐集相關資料，進行河川 BOD₅、SS 物質流以及水資源分析。藉由方法論的建立，期能提供後續研究的基礎。

五、參考文獻

1. Baccini, P. and Brunner, P. H., "Metabolism of the Anthroposphere", Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1991) .
2. Daly, Herman, "Toward Some Operational Principles of Sustainable Development", *Ecological Economics*, 2, pp1-6 (1990).
3. Zessner M., Kaas T., Brunner P. H., and Fleckseder H., "Regional materials accounting of nitrogen in upper Austria," *Water Science and Technology*, Vol 33, No 4-5, pp. 89-97(1996).
4. 行政院環境保護署,「淡水河系截流站抽水站及排水幹渠水質水量檢測及淡水河系截流站抽水站及排水幹渠水質水量補充檢測與連續監測檢測報告」(1994)。
5. 行政院環境保護署,「淡水河系污染整治系統管理計畫」, EPA-86-G106-09-18(1997)。
6. 行政院環境保護署,「飲用水水源水質保護綱要計畫—高屏溪、淡水河、頭前溪、大甲溪及曾文溪部分」(1998)。
7. 經濟部水資源統一規劃委員會,「板新石門地區最佳供水調配之研究」,經濟部水資源統一規劃委員會(1994)。
8. 經濟部水資源局,「臺灣地區民國八十三年各標的用水量統計報告」(1996)。
9. 經濟部水資源局,「水資源政策白皮書」(1997)。
10. 經濟部水資源局,「臺灣地區民國八十五年各標的用水量統計報告」(1998)。
11. 經濟部水資源局,「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫專題報告(一)水資源基本資料彙整分析」(1998)。
12. 經濟部水資源局,「台灣地區北部區域水資源綜合發展計畫()」,經濟部水資源局(1999)。
13. 經濟部水資源局,「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」,經濟部水資源局(1999)。
14. 經濟部水利處水利規劃試驗所,「曾文水庫及南化水庫聯合運用可行性規劃」,經濟部水利處水利規劃試驗所(2000)。
15. 虞國興,「高屏溪流域流量分析與預測-時間序列法(二)-2000年度研究報案」,曹公農業水利研究發展基金會(2000)。
16. 經濟部水利處水利規劃試驗所,「美濃水庫規劃檢討.一,基本設計資料補充調查與檢討」(2001)。
17. 經濟部水利署,「台灣地區水資源永續發展指標綜合性評估」專家座談資料(2003)。
18. 台灣省自來水事業股份有限公司,「臺灣省自來水事業統計年報」,台灣省自來水業股份有限公司。
19. 李宜欣, "自農業資變遷初探淡水河流域之物質流課題", 國立臺灣大學環

- 境工程學研究所，碩士論文（2002）。
20. 李豐易，”台北縣一般廢棄物物質流與能源流之探討” 國立臺灣大學環境工程學研究所，碩士論文（2003）。
 21. 陳明業，「淡水河水資源系統動力模式與永續管理策略之研究」，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文(2002)。
 22. 蕭登元，”工業生態學中物質流系統之研究—以台灣地區建築砂石為例”，國立台灣大學環境工程學研究所，博士論文(2003)。
 23. 行政院環境保護署水質保護處網站，
<http://www.epa.gov.tw/waterpollution/P1-6c.htm>。
 24. 經濟部水利署網站 <http://www.wra.gov.tw/>
 25. 經濟部水利署，「水文水資源資料管理供應系統」，
<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>。
 26. 經濟部水利署網站，http://www.wra.gov.tw/2001/water/water_a.asp?id=10201。
 27. 經濟部水利署北區水資源局網站，
http://www.wranb.gov.tw/wranb_summer/content/shihman/shihman01.asp?