

第二章 文獻回顧

2-1 汙染相關問題之文獻回顧

2-1-1 農田非點源汙染

非點源汙染主要是指不包括由排水管線或溝渠持續或直接排放的廢水，而是由雨水逕流造成地面堆積汙染物之沖刷，以分散或地表漫地流的形式直接或經溝渠逕流等進入承受水體，所以稱作非點源或面源汙染（丁澈士、鄒禕，2000）。

美國維吉尼亞州最佳管理作業手冊(Northern Virginia planning district commission & Engineers and surveyors institute, 1992)中定義：非點源汙染是由分散源(Diffuse sources)如暴雨逕流或大氣沉降等所產生的汙染；而與「點源」(如城鎮收集廢水之排放)相對。

舉凡任何土地上的各種由人類活動所引起的汙染源，如果汙染物沒有像工業廢水、家庭廢水及畜牧廢水等點源一樣，由一定的溝渠或管渠直接的將汙染物傳送進入河川，而是直接於河川上產生或間接經由暴雨逕流、地下水流與排水等的傳輸而進入承受河川中者，皆可視為非點源。

農業非點源汙染最顯著者，乃為暴雨初期之沖刷，由於長期晴天，土壤上累積相當多的汙染物，暴雨發生後之初期逕流及沖蝕，將使得大量汙染物被帶入承受水體，使水庫、河川生物之魚類缺氧死亡

或自來水淨水廠無法正常操作等妨礙水體功能的現象，影響水資源利用甚鉅（范正成等，1998）。

2-1-2 農地汙染

土壤因具有物理性或化學性的吸附能力、化學氧化還原作用及土壤中微生物分解作用，可緩衝汙染物所造成的危害，以上統稱為土壤自淨能力，可以降低汙染物進入自然生態循環系統的風險，但如果超過自淨能力的負荷即成為土壤汙染（張尊國，2002）。

我國「土壤及地下水汙染整治法」中對「土壤汙染」所下的定義為：指土壤因物質、生物或能量之介入，致變更品質，有影響其正常用途或危害國民健康及生活環境之虞。

環保機關於民國 71 年鑑於日本鎘米汙染事件發生，而國內灌溉用水又常常遭受工業廢水的汙染，故著手進行土壤汙染防治工作，將食用農作物生長之農田土壤重金屬汙染列為優先防治重點，據環保署單位之調查資料顯示，台灣地區之土壤不論是重金屬或是毒性有機物均陸續發現其中汙染物以鎘、鉻、銅、鋅、鉛為主，汙染結果是以造成鎘米事件為最多，極需正視土壤汙染的問題，而土壤汙染之主要來源由廢汙水造成，其汙染特性分析如下：

1.絕大多數為水田：因為水田灌溉用水量，每公頃每年約兩萬噸水，非常容易將汙染質帶入農地，因此汙染之農地 90% 以上均為

水田。

2.工業發達工廠集中之縣市：如彰化、台北、高雄、新竹五個縣市即佔污染區 80% 以上。

3.土地利用規劃不良：田區間常混有工廠，需借用灌溉渠道排放廢水。

4.污染途徑絕大多數為灌溉系統傳輸：缺水地區灌溉使用回歸水，其組成幾乎都以廢水為主，如彰化東西二、三圳系統。

依據歷年土壤重金屬含量調查顯示台灣地區農田約有一千公頃遭受銅、鋅、鉻、鎘、鉛、汞、砷、鎳等八種重金屬污染之威脅，使得表土中含量已達五級。由調查資料顯示土壤重金屬污染分布以彰化地區最為嚴重，集中在彰化市、鹿港、和美一帶；桃園縣蘆竹鄉黃墩溪；新竹市香山客雅溪下游；台南與高雄二仁溪下游等地也是較集中的地區。

依據環保署於民國 91 年度辦理「農地土壤重金屬調查與場址列管計畫（319 公頃農地調查計畫）」公告資料，如表 2.1 所示，高雄縣轄境內公告為土壤污染控制場址者計有 22 筆地號，約 6.39 公頃，分布於湖內鄉、岡山鎮、大寮鄉及阿蓮鄉等四個鄉鎮市附近，其中以湖內鄉污染面積最大，岡山鎮最小。

近年來又有工業用地因早年操作滲漏或廢棄物不當掩埋，造成土

壤污染的案件，例如桃園縣 RCA 含氯有機溶劑污染土壤及地下水案；彰化縣裕台化工之農藥污染案等。

表 2.1 高雄縣農地重金屬污染控制場址公告資料

場址地址地號	公告日期	土地使用情形概述	污染物及污染情形
高雄縣湖內鄉海埔段 2304-6、2304-9 地號	91/09/05	農業使用 (種植甘蔗)	湖內鄉海埔段 2304-9 地號 (鉛、鋅、銅)、湖內鄉海埔段 2304-6 地號 (鉛、鋅、銅) 土壤重金屬超過食用作物農地土壤污染管制標準。
高雄縣大寮鄉磚子噓段 3997、3998、4018、4020、4028、4031 地號 高雄縣大寮鄉翁公園段 4099 地號	91/07/15	農業使用 (種植稻米、大寮鄉磚子噓段 3997 地號種植牧草)	大寮鄉磚子噓段 3997、3998 (鉻)、4018 (鋅)、4020 (鉻)、4028 (鉻、鋅)、4031 地號 (鉻) 高雄縣大寮鄉翁公園段 4099 (鉻、鎳) 土壤重金屬超過食用作物農地土壤污染管制標準。
阿蓮鄉土庫段 1307、1320、1321 地號	91/07/15	農業使用 (種植稻作)	阿蓮鄉土庫段 1307 (鉻、鋅)、1320 (鉻、鎳)、1321 (鉻、鎳) 土壤重金屬超過食用作物農地土壤污染管制標準。
高雄縣湖內鄉福安段 965 地號	91/07/15	農業使用 (種植甘蔗)	湖內鄉福安段 965 地號 (鉛、鋅) 土壤重金屬超過食用作物農地土壤污染管制標準。
高雄縣湖內鄉圍子內段 4143 地號	91/11/20	農業使用 (種植稻作)	湖內鄉圍子內段 4143 地號 (鎘、鋅) 土壤重金屬超過食用作物農

			地土壤汙染管制標準。
高雄縣湖內鄉海埔段 2312、2303、2303-3、 2301、2301-6 地號、湖 內鄉圍子內段 4221、 4222 地號	91/07/15	農業使用 (種植甘蔗、湖內鄉圍 子內段 4221、4222 地 號未種植之農地)	湖內鄉海埔段 2301、 2301-6、2303、2303-3 (銅、鉛、鋅)、2312 (鉻、鎳)、湖內鄉圍 子內段 4221、4222 地 號(鋅)土壤重金屬超 過食用作物農地土壤 汙染管制標準。
高雄縣岡山镇嘉旺段 21 地號	92/08/07	農業使用 (荒地)	岡山镇嘉旺段 21 地號 (鉛)土壤重金屬超過 食用作物農地土壤汙 染管制標準。

資料來源：農汙基管會，2005

2-1-3 灌溉水汙染

各農田水利會針對灌區內申請廢污水搭排之搭排戶每兩個月進行一次水質檢驗，各農田水利會執行總檢驗數計有 15,602 筆，由表 2.2 顯示各水利會檢驗數分布情形，資料結果呈現以水溫、氫離子濃度指數及電導度三項初驗分析判斷，當其中一項不符合灌溉水質標準時，該監測點即列入不合格點數內。

統計結果顯示 92 年度不合格比率分別為雲林 83.83% > 彰化 69.49% > 嘉南 69.25% > 高雄 64.45% > 屏東 51.80% > 台中 33.62% > 桃園 30.06% > 石門 14.62% > 北基 10.33% > 新竹 8.93% > 宜蘭 3.05% > 苗栗 2.12% > 南投 0.59% > 台東、花蓮 0.00%。可以看出雲林、彰化、嘉南、高雄、屏東灌溉水質較差，問題較嚴重。

表 2.2 九十二年度全省各農田水利會搭排戶初驗結果

水利會別	初驗搭排戶數(次)	初驗不合格數	不合格率
宜蘭水利會	918	28	3.05%
北基水利會	271	28	10.33%
桃園水利會	622	187	30.06%
石門水利會	431	63	14.62%
新竹水利會	112	10	8.93%
苗栗水利會	378	8	2.12%
台中水利會	1,279	430	33.62%
南投水利會	340	2	0.59%
彰化水利會	3,943	274	69.49%
雲林水利會	6,476	5,429	83.83%
嘉南水利會	1,460	1,011	69.25%
高雄水利會	512	330	64.45%
屏東水利會	1,002	519	51.08%
台東水利會	102	0	0.00%
花蓮水利會	116	0	0.00%
合計	17,962	10,785	60.04%

資料來源：農田水質監視管理整合系統網

2-1-4 農地轉為溼地之研究

2-1-4-1 溼地的定義

《拉姆薩公約》1971年在伊朗簽定，是目前國際對「濕地」的通用定義。內容是：「濕地係指沼澤、沼泥地、泥煤地或水域等地區，不論是天然或人為、永久或暫時、死水或活水、淡水或海水，或兩者混合而成，其水深在低潮的時候不超過6公尺者。」

美國的漁業與野生動物署、環保署，將「濕地」定義為：「地表水或地下水所淹沒或浸透的地區，也就是陸地和水域系統之間的過渡土地，而且在濕地上有水生植物繁衍。」

加拿大國際濕地工作組織對濕地的定義：「這些地區的濕土是優勢的，土壤為水所覆蓋，水位隨著每年的融冰季節而有變化，以支持水生植物生長。」

在臺灣，並沒有特定的法律條文解釋「濕地」的定義，但是根據行政院農委會所發行的《自然保育通訊月刊》（農委會，2003）中指出具備以下三種條件之一者即稱為「濕地」：

- 1.週期性的，以水生植物為優勢。
- 2.主要是無法排水的積水土壤。
- 3.基質不是土壤，而是在每年生長季節的某些期間內，含

有飽和的水分，或者積有淺水的土地。中華民國野鳥學會將「濕地」定義為陸地與水域的過渡地帶，並稱「濕地」為「(上水下土)」，意指潮濕的土地，如池塘、潮汐灘地、泥沼地、沼澤區、低窪的積水區等地。

2-1-4-2 農田轉溼地

近年來台灣加入 WTO，農業受到進口農產品衝擊，許多農民入不敷出，紛紛改種其他高經濟價值作物，或乾脆將農田休耕荒廢，有鑑於此，如果能將這些休耕農田當成溼地來處理，且並不像國外的農田溼地有曝氣、沉降等機制，單純只是水流進流出，並不需要花費金錢去建造結構性溼地。

在大自然環境中，若具備有水、土壤、空氣，就有生物的出現，而在植物生長情況下，土壤中大都含有大量的微生物，當水中的營養鹽、有機物進入土壤中，會因微生物的分解等物理或化學作用產生變化，成為微生物的養分，亦達到水質淨化效果，此法即稱「土壤淨化法」(溫，1996)，圖 2.1 為自然淨化法示意圖。

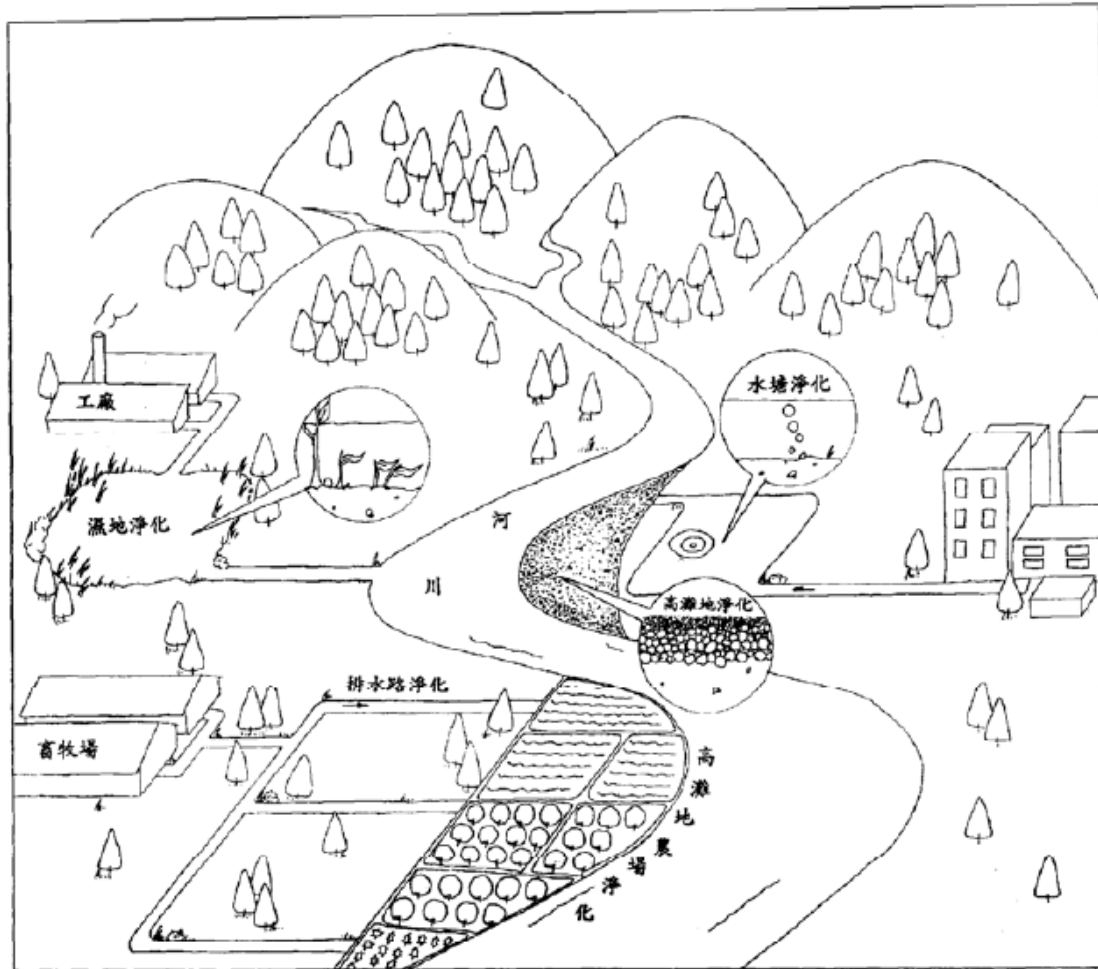


圖 2.1 自然淨化法示意圖 (溫，1996)

Jamu and Piedrahita (2000)，在農耕時期施肥時，肥料會有一部分殘留在土中，一部分被農作物所吸收，還有一部分可能進入到埤塘中；殘留在土中的則有一部分被農作物吸收，一部分可能因為灌溉水或下雨而流到埤塘去。特別是在農作物收成之後，農田表土直接裸露，很容易經過下雨而被沖刷到埤塘，最後沉澱在埤塘裡，或是滲透流失掉。而埤塘中的水也會因為灌溉需要用水被抽到農田，產生一循環機制。圖 2.2 為該循環機制的系統圖，藉此可以了解每一個變數互

相影響的關係跟影響程度。也能從圖中得知，針對農藥、肥料使用過量問題，其過量的農藥、肥料並不直接影響到河川水質，而是進入到埤塘裡，待再灌溉時可以重複使用，亦是一種溼地處理農藥肥料污染的方法。

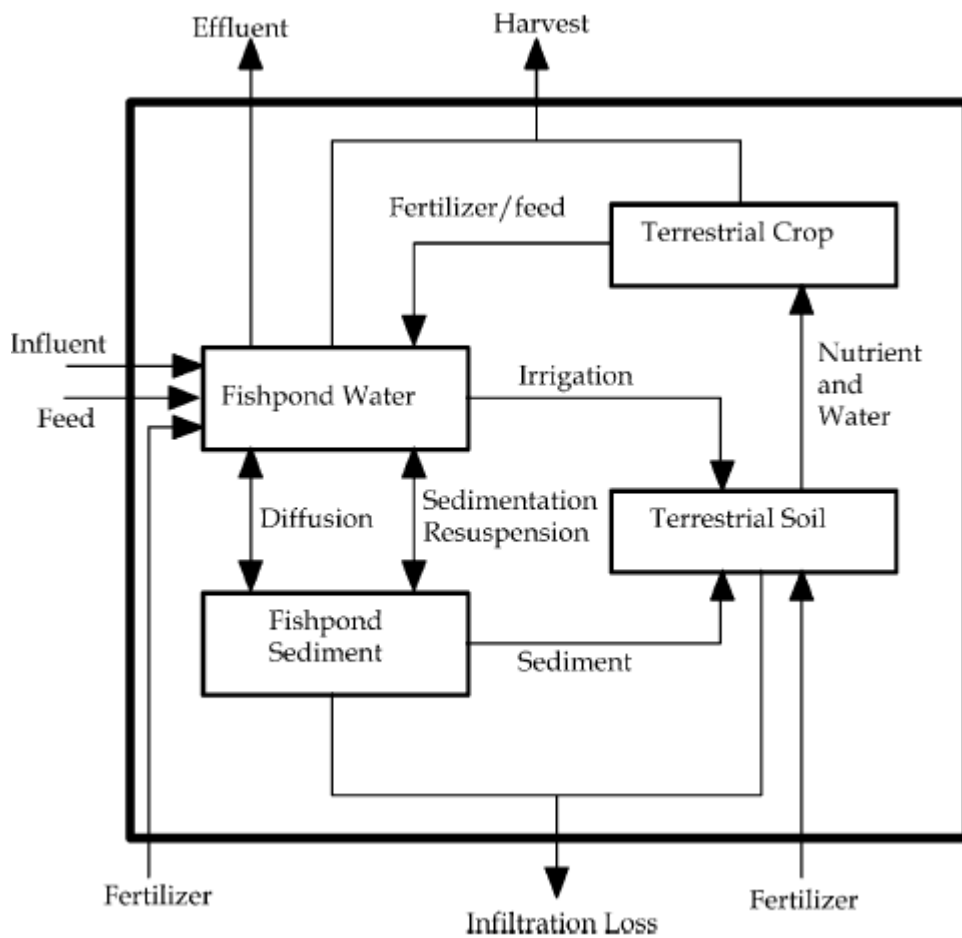


圖 2.2 農田與埤塘間不同成分與週遭環境的連結系統圖

(Jamu and Piedrahita, 2000)

Barbosa and Hvitved-Jacobsen (2001) 提出，高速公路上在天氣乾旱時，道路往往會累積鉛、錫等重金屬，等到降雨時，這些重金屬會被沖刷到高速公路兩旁的農地，對農地會造成重金屬污染，也就是非點源污染，因此研究中將高速公路週遭的農田當成溼地，先讓這些含有重金屬污染的雨水流至溼地，使重金屬沉積或被土壤吸附，處理過後較乾淨的水再當成其他農田的灌溉水，如圖 2.3 所示。

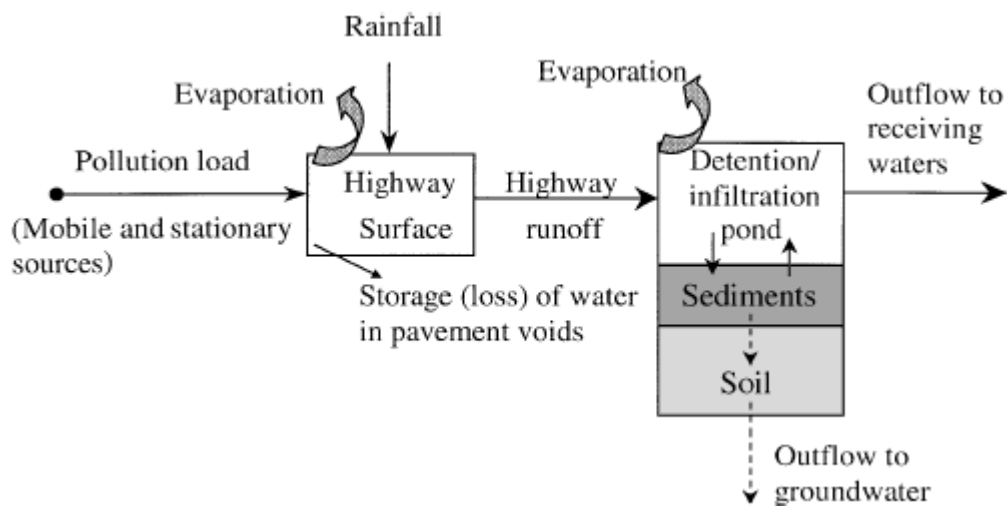


圖 2.3 高速公路水污染流動概念與管理系統

(Barbosa and Hvitved-Jacobsen, 2001)

2-2 System Dynamic 系統動態學

2-2-1 系統動態學背景

系統動態學是由美國麻省理工史隆管理學院的 J.W Forrester 教授於 1960 年代所發展的一門科學。J.W Forrester 教授所提出「系統思維」，強調解決一個問題時，不僅要能思考問題本身，還要以一個完整、可正常運作的系統為考量，包含完整的組成、交互作用與功能。而問題可能是由一個系統或系統中的某一部分組成，以這樣的方式來清楚的理解所有關係與問題間交互作用，觀察掌握到各個變數的變化，思考對於解決問題所設立目標的真正本質，最後才能得到理想的解決方案（游建華，2003）。

系統動態學即是結合了控制、系統論、資訊理論、決策論、電腦模擬等理論成為一體的管理新方法、新工具和新概念。

2-2-2 系統動態學原理

以一個完整、可正常運作的系統為考量情況下，一完整的系統應包含組成、交互作用與功能的完整，並顧及系統之完整性與整體性，達到解決問題的目的（廖述良，2001）。系統動力學就是一個研究與管理複雜回饋系統的方法，強調整體的考量系統，了解系統所有的組成與組成的交互作用，並藉電腦的模擬，顯示系統的組成結構、政策、延遲是如何地交互影響與系統發展與穩定。其著重的是深入思考複雜

變化背後的本質，即整體動態運作的基本機制，而不是在做預測。系統動力學的應用層面甚廣，其中被廣泛的應用於：團體計畫與決策規劃、公共管理與公共政策、生物學上與心理學上的模式建立、工程與環境、自然科學與社會科學的理論發展與動態決策(Senge, 1990)。

系統動力學是處理訊息回饋系統之動態行為的一種方法論，因此對於極複雜的動態、回饋且具時間滯延(Time delay)的問題，能提供整體、長期且較週延的解決方法（楊朝仲，2004）。

2-2-3 系統動態學之特性與功能

系統動態學就是一個描述、探索和分析複雜系統內流程、訊息、組織疆界與策略的一種嚴謹的研究方法，其可透過量化的系統模擬與分析來進行系統結構與行為之設計。

當推動某項政策時，由於時間滯延的影響，政策效果並不能立刻顯現而達成政策目標。此時，決策者可能會誤以為現行政策的效果不彰而改變政策方向，然而，經過一段時間以後，原定政策的效果逐漸顯現出來，卻可能使決策者誤以為是改變後的政策發生效果而繼續施行，往往會誤導決策者施行政策的方向，等到政策效果變差時，施政者又再度轉變政策方向，浪費許多人力與物力。

Vensim 可提供一種簡易而具有彈性的方式，以建立包括因果迴圈(Casual loop)、存貨(Stock)與流程圖等相關模式。只要用圖形化的

各式箭頭記號連接各式變數記號，並將各變數間的關係寫入模式，各變數之間的因果關係便記錄完成（游建華，2003）。

侯漢君(1998)指出系統動力學在進行系統的模擬時具有下列特點：

1.系統的結構是影響系統行為趨勢的關鍵，其表達方式是一種封閉形的回饋鍊 (Closed feedback-loop) 形成的因果關係 (Determined cause-effect relationship)。

2.系統內的回饋過程會有延緩(Delay)的情形發生。

3.系統內的變數屬性可分為三種：A.速率(Rate)，是指在特定時間內所發生的數量，此數量會造成程度的改變。B.程度(Level)，是指在一段時間內所累積的量。C.助動(Auxiliary)，是輔助速率的產生，通常用來處理速率與程度間的複雜關係。


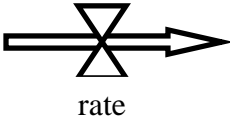

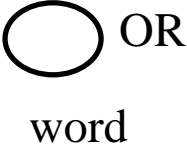

4.系統動態對函數的預估相當具有彈性。

5.利用電腦模擬，以謹慎計算複雜的互動關係。

組成模式主要由五種圖形組合而成，分別為存量 (Stock)、流率 (Rate)、連結 (Convert)、輔助變量 (Auxiliary) 及淵/池 (Cloud)，如下表 2.3 所示，每一圖形各代表不同功能，利用這五個物件來建立模式，透過建立模型的過程中，可瞭解變數間的因果關係與迴路，並可透過程式中的特殊功能瞭解各變數的輸入與輸出間的關係，便於瞭

解模式架構，及修改模式的內容。

表 2.3 Vensim 模型建置基本物件

	存量 (Stock)	系統內物質或是能量等流量的儲存累積量	輸入形式為初始值
	流率 (Rate)	單位時間內流入或流出儲存量的流量或是速率	物質(能量)流動方向可為函數，邏輯或是常數
	連結 (Convert)	系統中訊息或是影響作用的連結	影響作用方向
	輔助變量 (Auxiliary)	說明各流量的改變作用因子	可為函數，圖表，邏輯或是常數
	淵/池(Cloud)	系統邊界，在輸入稱為淵，輸出稱為池	無

2-2-4 系統動態學思考邏輯

由於系統動態學是用於複雜動態的模擬，而且每一個元件間的互相影響以及模式所形成的迴路，在在都影響著模擬結果，所以在建立模式之前，思考的邏輯就變的相當重要。

我們可以藉著 Mortensen (1997) 所提出來的 D-S-R (Driving Force-State-Response，驅動力-狀態-回應) 永續發展指標架構來思考問題的邏輯。如圖 2.4 所示，其中「驅動力」指標包括人類的各種活

動、過程及活動型態，意指會對生態環境造成衝擊者，例如生活汙水、工業廢水等；「狀態」指標是描述生態環境的狀態；「回應」指標表示當生態環境遭到衝擊時，其破壞程度若不在可接受範圍內，則必須施行一些保護措施、策略，確保生態環境可以繼續永續經營，往往所影響的即是人類行為、活動。

在這樣環環相扣下，形成迴圈（Loop），亦達到系統動態的要求-牽一髮而動全身的功能，不管改變任何一個變數，都可以馬上看出該變數對我們所關心的問題的影響程度，讓決策者可以更快的發現問題癥結所在。

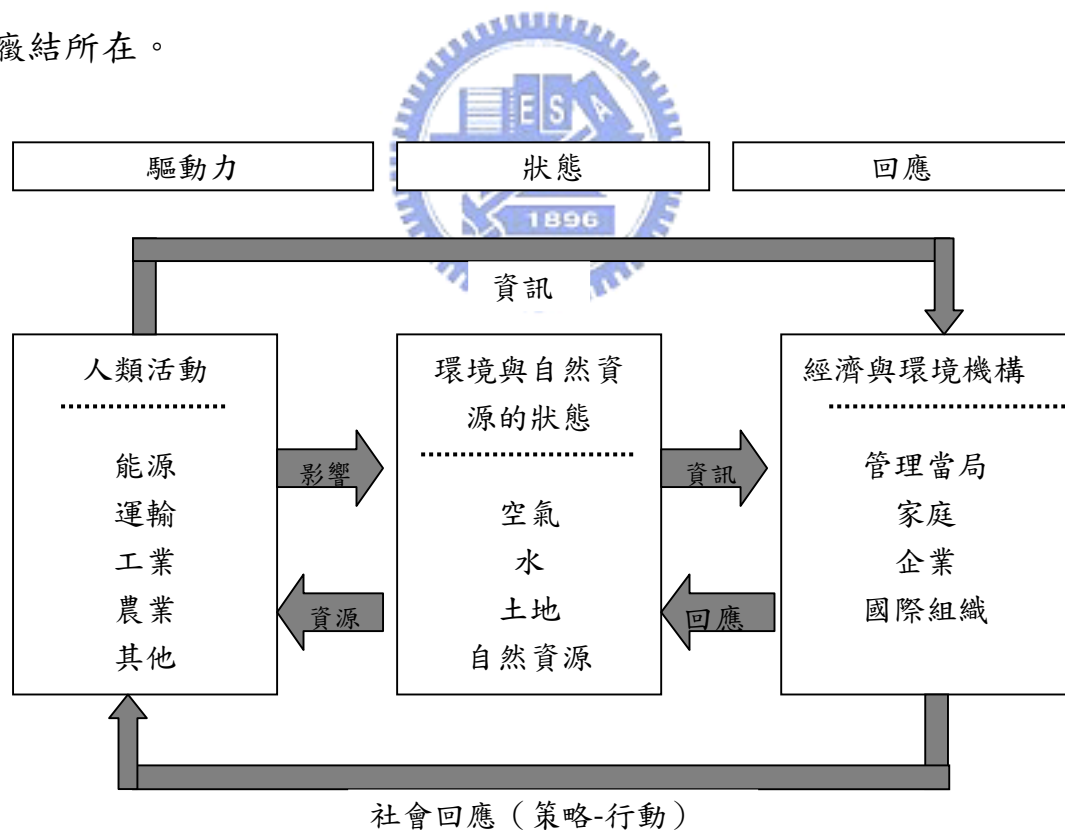


圖 2.4 D-S-R 架構圖 (Mortensen, 1997)

Deaton and Winebrake (2000)認為系統思維可透過下述六種觀點，協助環境議題的分析與瞭解：

- 1.由全球性描述指向特定問題；
- 2.注重過程中的動態行為；
- 3.藉由封閉迴圈解釋系統之運作；
- 4.界定系統中的回饋機制；
- 5.查核系統組成、平衡及運作的本質；
- 6.注重系統的因果關係。

統整以上學者提出的系統思維，歸納出在建立模型時須有以下五個步驟：



- 1.問題的定義
- 2.系統的描述
- 3.因果關係描述
- 4.動態模型建置
- 5.情境模擬(政策模擬)

其中第一跟第二步驟更是重要，要先確切清楚了解所要解決的問題，再依據問題本身規劃出系統模樣，因為第三、第四步驟都是根據第一、第二步驟反覆檢討、修改，最後才能描述、建置模型，進而作情境模擬與分析。

2-2-5 系統動態學物件導向設計

物件導向設計 (Object-oriented programming, OOP) 是將資料及運算這些資料的程序合併在一起，稱為物件 (Object)，相對於傳統的系統設計方式是將資料傳送給程序處理，物件導向設計是傳送訊息給物件來啟動一個已寫在物件內的程序。相同的訊息可能被傳送到不同的物件，而每個物件處理該訊息的方法也不同 (Laudon and Laudon,2000)。

在 Vensim 中建立模式時可以分別在不同視窗中進行，每個視窗稱為一個頁面 (View)，而模式建立時只要透過 Vensim 所提供的變數及作用力的鍵結，可以自動形成一個完整的模式。

結合 Vensim 中頁面的概念，以物件導向設計方式建立的系統動態模式是以同一屬性之不同物件為一階層，並建立在同一個頁面中，在同一個階層上便有各物件之屬性，可構成分層式的屬性層，形成立體的模式架構，藉由水平 (物件間) 及垂直 (屬性間) 作用串聯為整體的模式運作方式。物件導向設計方式建立的系統動態模式之概念架構如圖 2.5 所示。

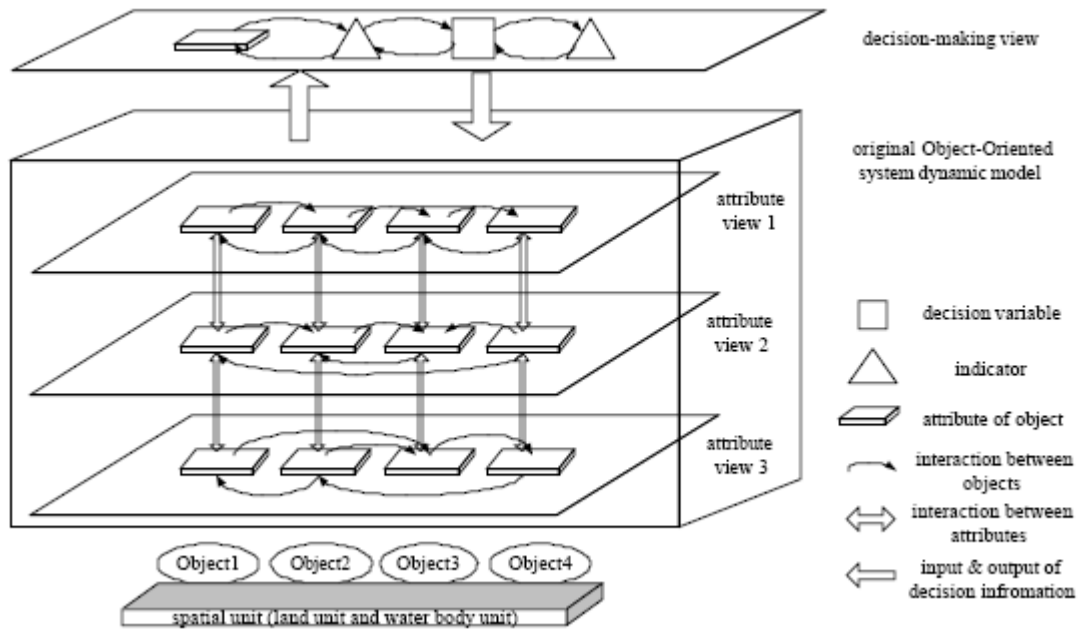


圖 2.5 系統動態模式之物件導向架構圖

(李明益，2002；Yu et al.,2002)

2-2-5 系統動態實用案例

張鴻斌（2003）以系統動力學為基礎，以系統思考的宏觀角度，建構高雄市愛河水污染、產業發展、政府財政及其它子系統之動態模型，模擬不同防治策略對水污染處理的程度，探討污水下水道接管率的開闢與水污染增加速度之時間競賽關係，並進一步導入都市成長管理策略分析，及引進 BOT 公私合營模式，探討對都市水污染長期變化趨勢的影響。

陳亭玉等(2000)利用系統動力模擬模式發展軟體 Vensim，建立一個以水土資源為主要考量的河川流域系統承载力評量模式，以做為河川流域管理決策者評估系統承载力(Carrying capacity)、永續力

(Sustainability)，或研擬永續發展管理策略之決策分析工具。研究中認為將人類對資源的需求與污染總負荷控制在整體生態系統所能承受的承載力之內，乃是確保人類能夠永續發展的必要條件。而以整體河川流域(River basin) 或集水區(Watershed)為對象的系統性管理方式，則是目前較能落實永續發展原則的基本做法。

葉欣誠等(2001)以 Vensim 來建構台灣地區的空气污染模擬模型，探討包括空氣污染物源自工業、服務業、農業各部門的產生量、排放量、削減量、削減率，及其衍生之處理成本與對於國家長期國內生產毛額(GDP)的影響。研究中亦應用聯合國 SEEA (System for Integrated Environmental and Economic Accounting)綠色國民所得帳計算公式，將一般計算所得之國內生產毛額扣除因未處理污染物之維護成本(Maintenance Cost)，成為 SEEA 之綠色國民生產毛額(Green GDP)。研究中亦計算各種境況之下之以空氣污染觀點求取之綠色國民所得，呈現在扣除因環境劣化造成的成本後我國的實質國民所得變化情形與傳統國民所得之不同。

黃鈺珊(2001)研究目的以檢視現階段高屏河流域的水資源管理與經濟產業發展政策，是否達到 1987 聯合國「世界環境與發展委員會」(World Commission on Environment and Development)所揭示的「永續發展」之理念。從長期的觀點檢視高屏河流域土地利用、經濟

活動、都市發展與水資源開發之關係，以系統動態學為基礎，建構高屏溪流域水資源使用與都市系統模型，並以情境分析（Scenario planning）針對當前高屏溪流域之水資源與都市發展政策進行政策試驗（Policy test），檢視其是否達到永續發展之理念，並進一步找出兼顧經濟與環境永續發展之策略。

李明益(2002)以系統動態學理論，發展與建立一套河川流域水管理系統動力模式，強調在整體水管理系統架構下，界定河川流域系統各組成間的互動關係，並同時整合環境面、社會面與經濟面等之作用，而模擬自然系統複雜回饋的動力關係作用機制。研究中並提出以物件導向的觀念來建立此系統動力模式，可使模式之建立更具彈性。

綜合以上幾篇文獻對系統動力學的應用，有的用來模擬河川流域水質水量，有的用在經濟面，不過都顯示系統動態學針對複雜問題的適用性，歸納出優點有以下幾點：

- 1.適合探討組成間因果關係。
- 2.輸出界面容易以圖形界面等展現其趨勢，輸入界面可以設為調整鈕(Slider)的形式，便於決策者操作。
- 3.可利用因果關係之建立，模擬交錯複雜的非線性河川流域系統。
- 4.提供使用者查詢系統中的組成狀態變化，並提供決策者具有物理意義的環境資源資訊，以作為規劃與管理之參考依據。

2-3 水質與水量改善策略研究

2-3-1 水質改善策略研究

自從台灣加入 WTO 之後，對於農業造成很大衝擊，許多農產品因為不符合經濟效益，農民們漸漸荒廢掉農田，或經政府輔導轉作一些高經濟作物的蔬果、花卉。若將這些荒廢掉的農田轉變成溼地型態來處理經由灌排系統進入的廢污水，一方面可以讓排入河川的水質變的更好，亦或者成為灌溉水也可以減少土壤汙染，避免食用性作物吸收土壤中的汙染，最後進入到人體，對人們的身體健康造成危害。再者，對於已經受到汙染的土壤，也能經由輪作，藉著種植非食用性植物（例如花卉）來吸取這些土壤中的汙染，改善土壤品質。

陳柏州（2004）提出人工溼地淨化水質的研究，主要研究目的在於比較經人工溼地淨化後的放流水水質狀況與現狀中的河川水質之差異性，以探討經人工溼地系統淨化後之放流水回收再利用的可行性評估。此外亦進行人工溼地系統水力條件控制試驗；就整體而言，以表面下流動式人工溼地系統對河川污水及校園污水處理較佳，各階段以流量在 8ml/min，水力停留時間在表面水自由流動式（Free water surface flow, FWS）系統中為 7.08 天，表面下流動式（Subsurface flow system, SSF）系統中為 4.71 天處理效果最好。

洪國鑫（2002）研究溼地汙染物模式分析，研究共分成六個試程，

平均流過時間 3~8 小時，汙染物平均去除率，懸浮物 (SS) 為 10%~36%、生物需養量 (BOD) 為 20%~34%、氨氮為 15%~46%、總凱氏氮 (TKN) 為 11%~29%、磷酸鹽為 51%~89%、總磷 (TP) 為 27%~38%。而以一階動力模式所推導出一階反應速率常數 K 值，其回歸結果：SS 為 0.007 (1/hr)、BOD 為 0.043 (1/hr)、氨氮為 0.056 (1/hr)、TKN 為 0.057 (1/hr)、磷酸鹽為 0.288 (1/hr)、TP 為 0.063 (1/hr)。

林伯諭 (2003) 研究土壤處理法對於生活汙水之處理效率及可行性分析。該研究藉由設於嘉義地區之模型場，探討土壤處理法對於生活汙水中各類汙染物的去除機制與處理效率。該試驗結果顯示，各汙染物處理狀況分別為：BOD 最佳去除率為 76%；SS 最佳去除率為 89.5%；氨氮之去除率為 36~93%，但處理效率逐日降低；而磷於放流水中幾乎無法檢測，去除率約 90~100%；放流水之 pH 值均在中性的範圍，其水溫與室溫相近。

范正成等 (1998) 農業用地非點源汙染調查及最佳管理作業功能規範之研究，本研究之現地試驗部分，地點在新店市之台灣大學安坑農場，進行農業用地最佳管理作業 (Best Management Practices, 簡稱 BMPs) 草溝及下滲溝之功能測試。草溝試驗係針對逕流量、總懸浮性固體物 (TSS)、生化需氧量 (BOD)、化學需氧量 (COD)、正磷酸鹽 (PO₄-3

-P)、硝酸態氮($\text{NO}_3\text{-N}$)、氨態氮($\text{NH}_3\text{-N}$)等項目經草帶處理之前及之後進行採樣及試驗分析以評估其處理之功效。而下滲溝則針對不同入流量下，評估不同尺寸下滲溝之處理容量。

以平均的觀點而言，草溝對各污染質的去除率約在 6%~35%。效果以 TSS、氨態氮、正磷酸鹽較佳，COD 次之，硝酸態氮又次之，BOD 最差，平均去除率分別為 0.352、0.332、0.298、0.270、0.159、0.059。

並以水力負荷因子建立草溝去除污染質之模式。

下滲溝部分，由底面積及入流量建立一下滲溝穩定水位計算公式，發現對特定長度與坡度的草溝及草帶而言，影響其對不同污染質之去除功效表現差異，在於不同污染質在流經草溝過程中吸附作用強度的不同所致。

2-3-2 河川、地下水水量相關策略研究

台灣因為地理環境關係，地勢較陡峻，雖然年雨量豐沛，卻留不住雨水，很快即流失進入大海。現今社會，工商發達、人們生活水準提高，用水需求量日漸增加，水量的使用與調配成為目前重要課題之一。如何將農田回歸水再利用、休耕農田之種水計畫、廢汙水處理再利用等策略，無不強調水量的貯存及充分利用方法，本研究也針對這方向參考相關文獻。

王國堅(2001)提出污水處理後移供灌溉以增加自來水水源之研究，污水再利用為水資源開發之可行方案之一，此研究重點在於將污水下水道系統處理後之放流水，再經硝化脫氮處理至灌溉用水水質標準後，供農業灌溉使用，而將農業已取得較優良灌溉水水源，轉供公共給水使用。研究以高雄區為案例，探討計畫中之各都市(家庭)污水廠增加硝化脫氮處理後，轉供農業使用之途徑與方法，並作經濟分析結果。

鄒禕與鍾肇光(2004)，調查並分析高高屏地區大面積水稻田休耕或轉作時，水資源再分配之最佳可行辦法。探討在供給面及需求面的限制條件下，可供釋出之水量及地點；並建適當的水資源最佳化調配模式，以線性規劃為基礎，將各水系內水資源作有效的調配，提升高高屏地區水資源未來發展。模式將研究區域分成旗山溪、荖濃溪、二仁溪、隘寮溪、高屏溪、東港溪、林邊溪及恆春地區等八個水系，並以最低成本函數作為目標函數；將各標的需求量、水權限制、可用水量、水利設施限制及休耕策略等轉化為限制式。依據現階段以二期稻作三年輪休之休耕策略模擬分析結果顯示。第一年休耕缺水率為8.66%，可價購移用水量為34.3百萬立方公尺。第二年休耕缺水率為8.71%，可價購移用水量為39.38百萬立方公尺。第三年休耕缺水率為8.55%，可價購移用水量為40.96百萬立方公尺。

吳瑞賢（2004），研究先以桃園地區粘質土壤，在相同之灌溉水量之情形下，進行 88 年一期作之水稻田、蓮花田及魚池之回歸水及地下水補注分析；再以桃園地區砂質壤土，進行水稻田及早作（以西瓜為例）之回歸水及地下水補注分析。

水平衡分析結果顯示：水稻田以下游轉作蓮花田或魚池之地下水補注量較大。轉作早作將減少地下水補注量；同樣比例之轉作面積，上游轉作早作之地下水補注及回歸水量大於下游轉作早作。

王良生（2002），研究目的在探討「深水灌溉」的可行性，研究提供一個利用栽種水田提高田埂深水灌溉及休耕田挖溝蓄水，一來大量引進豐水期的餘水，提高水資源的利用率，二來也解決過多稻田棄耕荒廢的問題。

實驗水深除曬田外長期處在湛水狀態，淺水灌溉之水深與深水灌溉之水深兩者對照下，以不考慮排水而言，兩者水深之差距在有效分蘗結束至黃熟期這段期間可高達 10 至 19cm 左右，換算成蓄存於水田面積內，表示田間可再多蓄存的水量。以現階段台灣水田面積 35 萬公頃而言，灌溉水深提高至 25 公分，田間有效蓄水容量達 8 億 7 千 5 百萬噸，可增加調蓄雨水的容量。