

流域水資源永續利用與管理 之研究

國立台灣大學

生物環境系統工程學系

童慶斌 教授

內容

- 前言
- 物質流分析
- 研究目的
- 研究案例
- 結語



前言

- 台灣地區長期以來經常面臨水資源供給不足與水環境污染等問題。
- 永續性水資源利用則需引入新的流域系統管理思維，對水資源進行合理管理。
- 物質流分析提供重要觀念以結合流域水平衡關係與系統效率管理。
- 藉由管理的方式，一方面讓水資源做最有效率的利用，同時減少無謂的耗損，達成「善用資源，減少浪費」的目標。



台灣地區可能面臨到的水資源課題

- 舊有水庫有效庫容之減少
- 新水庫開發的阻力
- 水資源需求成長
- 氣候變遷導致水資源的變化
- 未來用水型態的改變



物質流分析

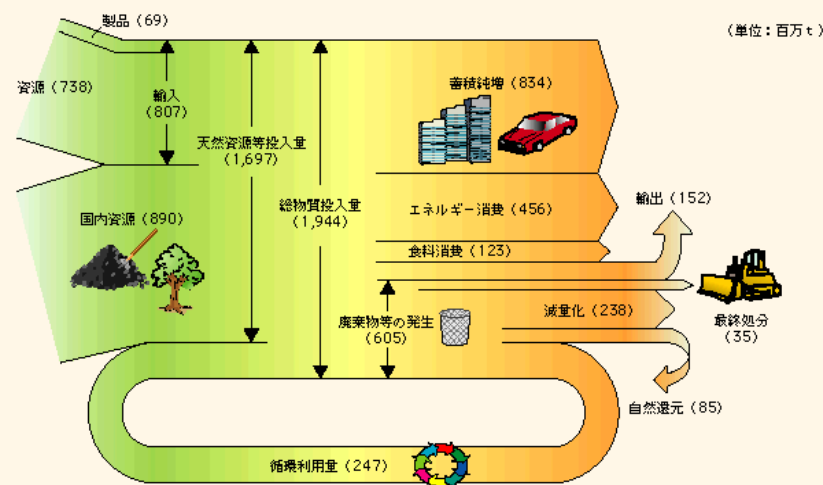
- 亦被稱呼為「**物質流會計**」或是「**物質收支分析**」，為國際間所認可用來評估環境政策的重要工具之一。
- 針對某**特定範圍**於**特定期間**之內，對於物質的總投入量、區域內物質的流動、區域外物質的排出量等進行統計，計算其總量或是特定物質的量的方法。（日本環境省）



日本物質流分析應用

- 年度總體資源進口、出口、循環與廢棄量的統計，日本環境省每年所出版之「**循環型社會白書**」中，皆會將往年國內之物質流循環狀況作詳細之說明與分析。

圖4-2-1 我が国における物質フロ（平成16年度）



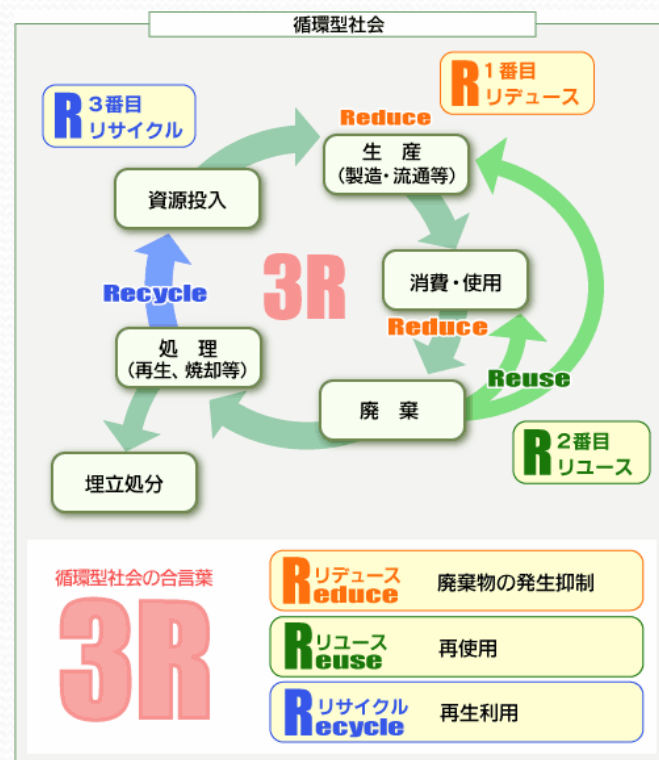
注：産出側の総量は、水分の取込み等があるため総物質投入量より大きくなる。

資料：環境省



循環型社會

- 「抑制天然資源的消耗，並盡可能降低對環境負荷之社會」（日本環境省）
- 藉由物質流分析的概念，先掌握國內之物質流概況，並逐漸減少自然資源的使用量，同時盡力減少廢棄物的產生、提昇系統中資源的回收量，以達成資源循環利用，最終邁向永續發展的目標。

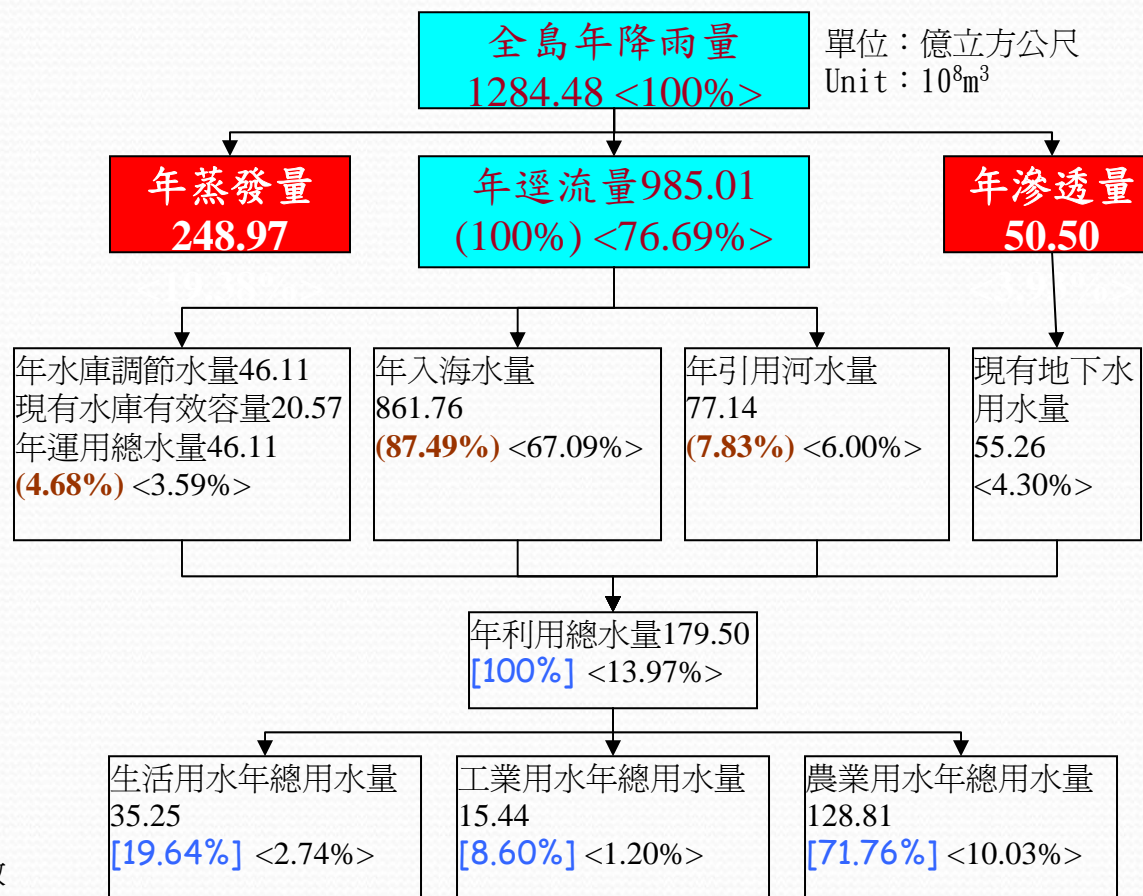


- “...the key to Sustainable Material Management (SMM) is to understand and mitigate the adverse impacts of material flows upon ecological and societal systems rather than simply constraining material flows.”

(Joseph Fiksel, 2006)



94年臺灣本島水資源運用實況

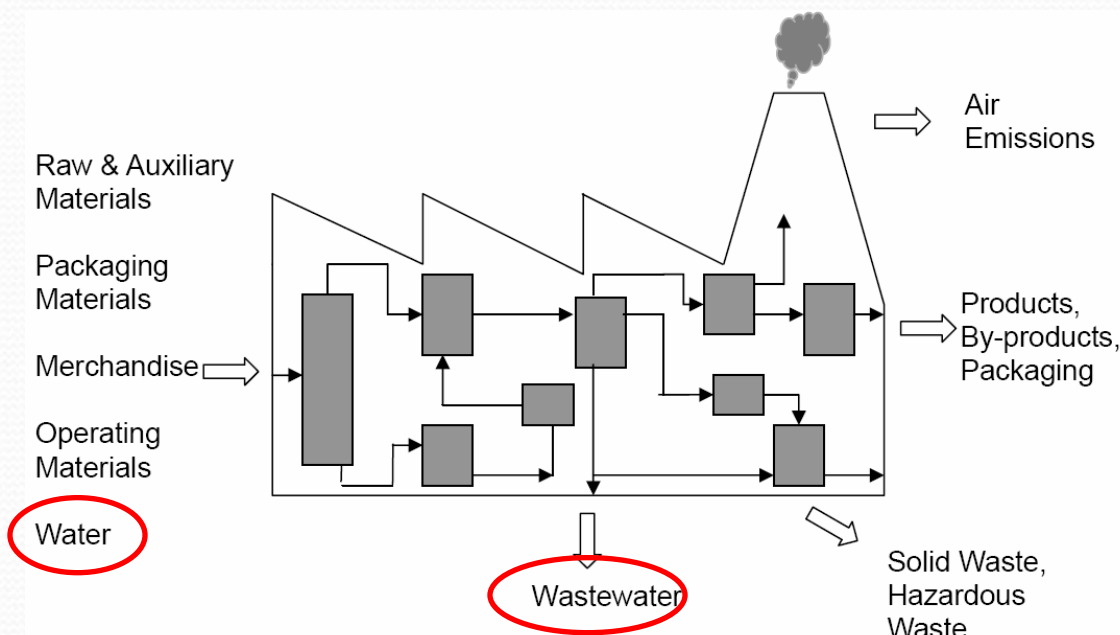


< > 以降雨為基數
() 以年逕流量為基數
[] 以年總利用水量為基數

資料來源：經濟部水利署



- 此外，國際會計師聯盟（IFAC）則認為，一個組織或企業應針對其所有的物質輸入與輸出進行追蹤，並確保沒有任何的能源、水資源或是其他物質的量在計算時遭到被忽略。



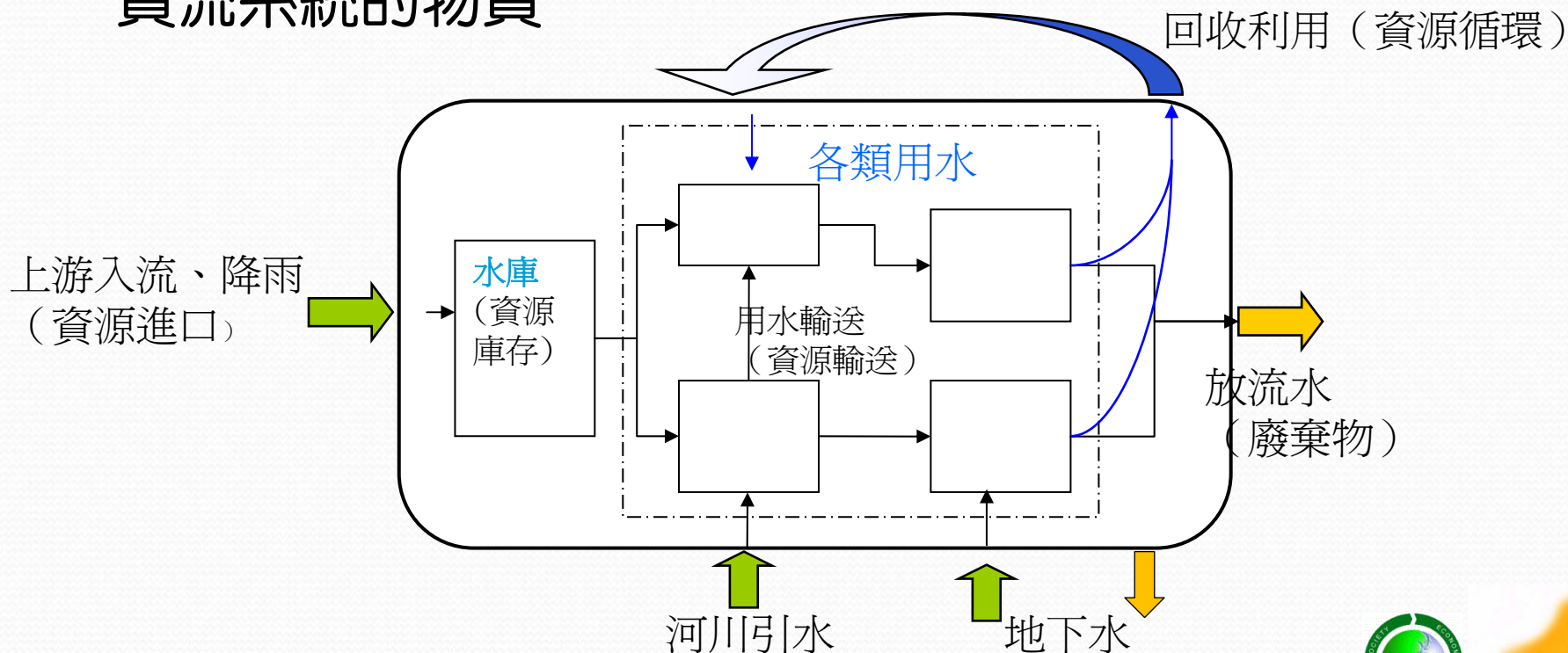
研究目的

- 本研究期望將**物質流**的概念引入流域水源的管理中，將**流域視為主要系統**，並以**水庫為系統的中心**，探討水資源的永續利用與管理問題
- 期待能藉由物質流分析，提出新的管理思維與策略，以於水資源供給與需求量持續變化的未來，達到水資源的最佳利用，並邁向永續發展的最終理想。



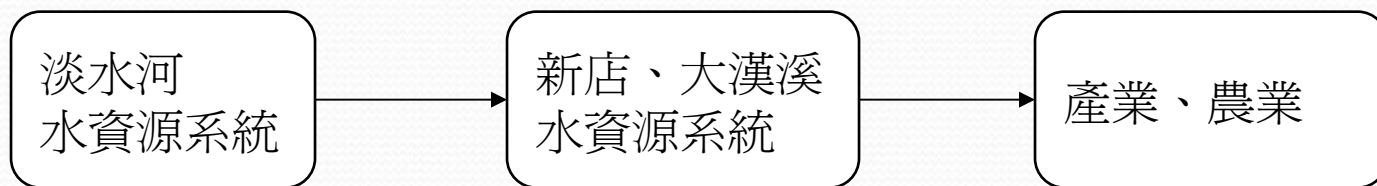
物質流分析 與 流域水資源的管理問題

- 就分析範圍上，流域水資源的整體系統即可視為進行物質流分析時的系統範圍，而水本身即為唯一進出物質流系統的物質

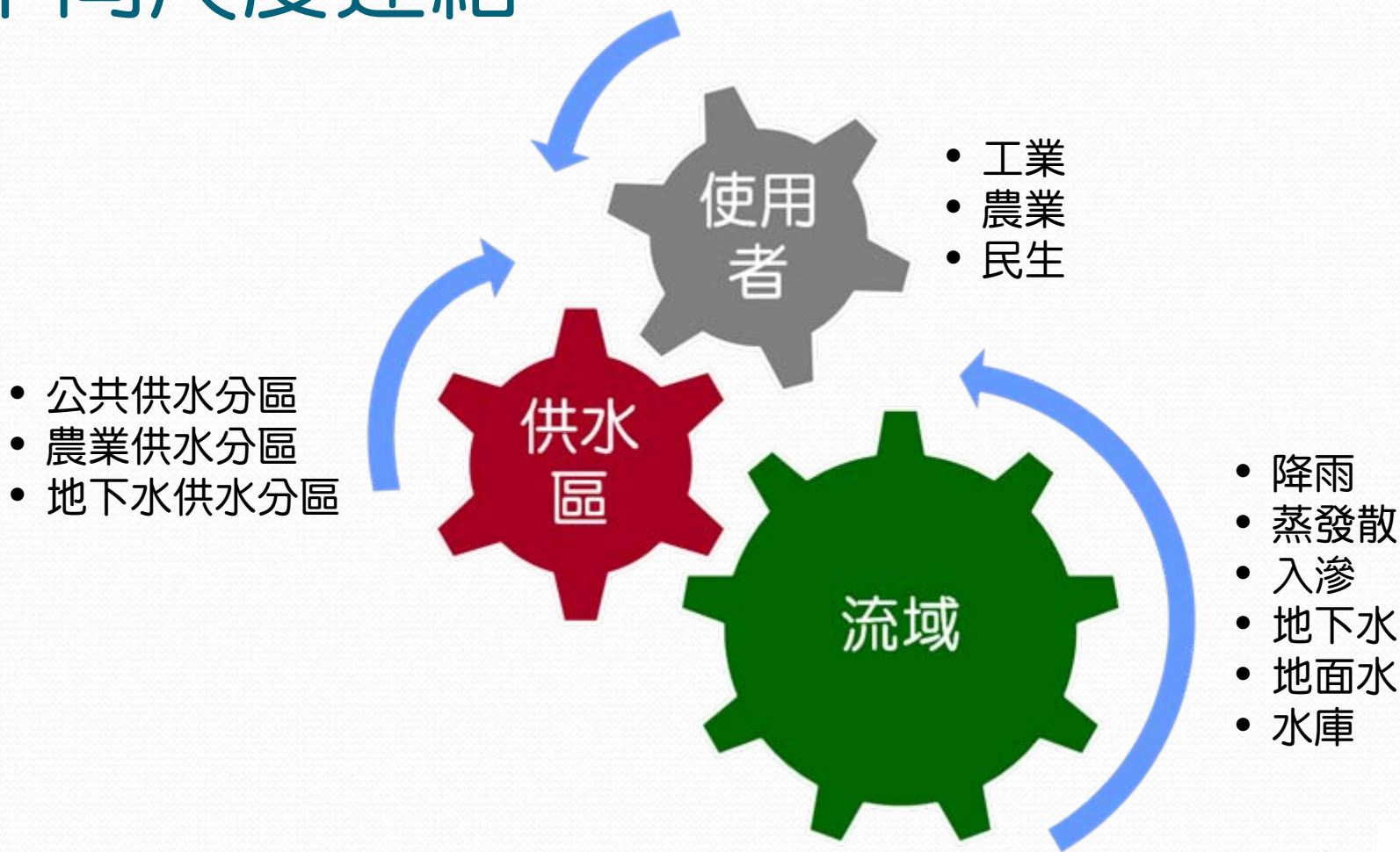


物質流分析的時間、空間尺度

- 物質流分析會因系統之空間與時間尺度的不同，導致分析之過程有所差異。
- 以流域水資源管理問題為例，其空間尺度可大至流域整體，亦可就單一子集水區，或僅針對特定供水系統及設施（如水庫）分析其水資源物質流概況。



不同尺度連結



「由大至小」的分析思維

- 就時間尺度上，流域水資源系統可以年作為物質流系統之分析時間尺度，亦可進一步以季節、月、旬甚至日等時間尺度進行。
- 無論空間與時間尺度上，均可「由大至小」，藉由不斷聚焦（zoom in）的方式，基於對大尺度系統之充分了解，再朝向小尺度系統的分析推進。



- 藉由對目前水資源物質流系統之資料收集與了解後，可以此為基礎，進一步設定未來可能之水資源供給、需求情境，以模擬未來之可能之水資源流佈情形，並了解現有水資源供需系統於未來可能面臨之衝擊與挑戰。



永續發展的定義

Definition of Sustainable Development

- 滿足現代與未來世代需求，並不超過環境承載力
Meet both current and future generations' needs without exceeding environmental carrying capacity.



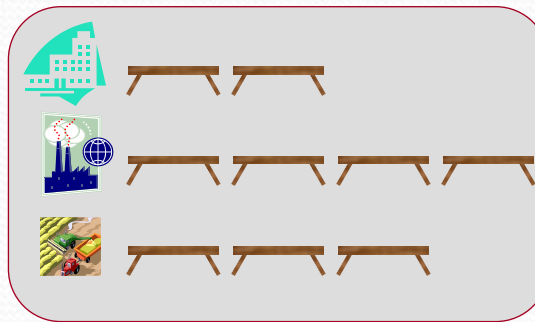
Sustainable Material Management

承載力分析

- 流域承載力分析
- 區域承載力分析
- 產業承載力分析

發展負荷管理

- 產業
- 區域
- 流域



研究案例

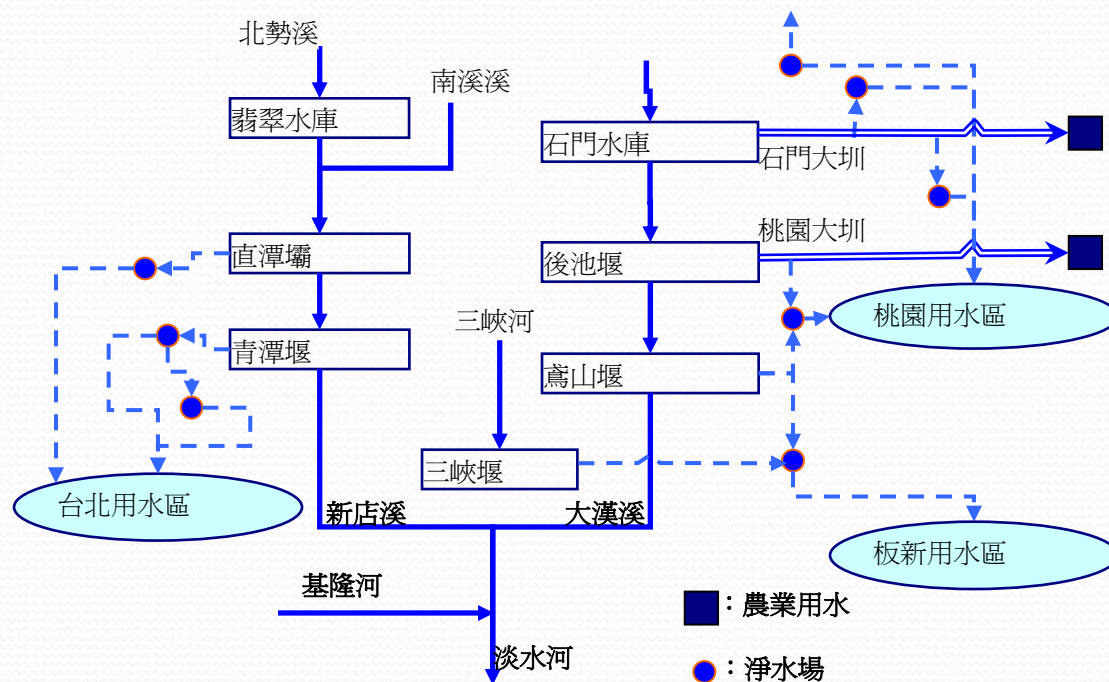
- 大台北地區水資源系統

強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力
(水利署。水利規劃試驗所)

童慶斌、游保杉、李明旭

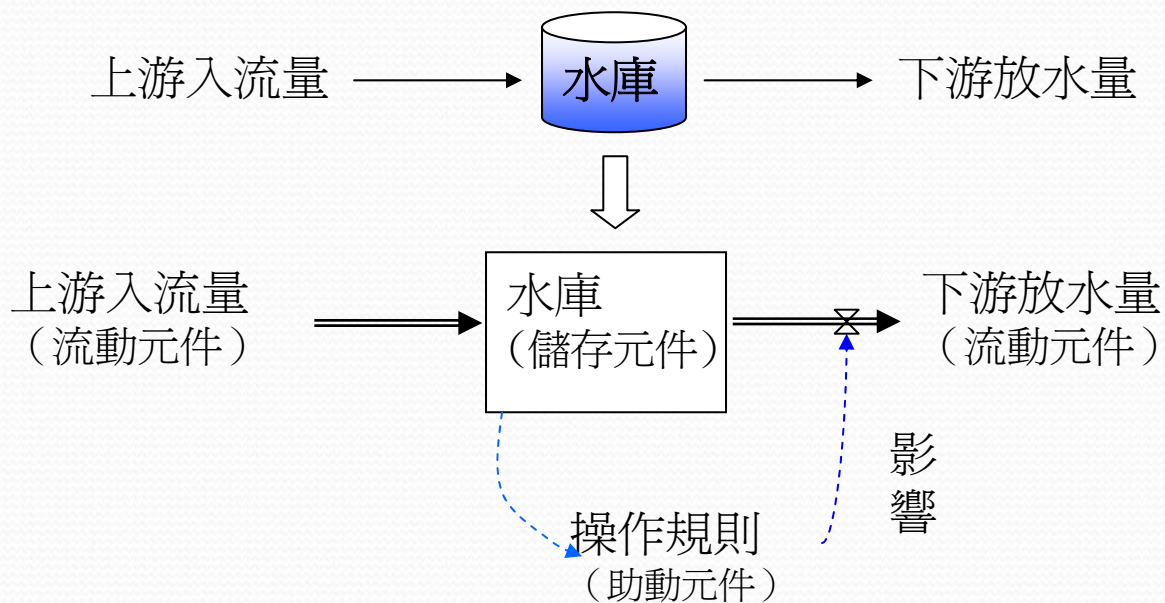
研究案例-大台北地區水資源系統

- 本研究以大台北地區水資源系統為主要研究區域，探討台北、桃園、板新等等供水區之水資源供給情形。



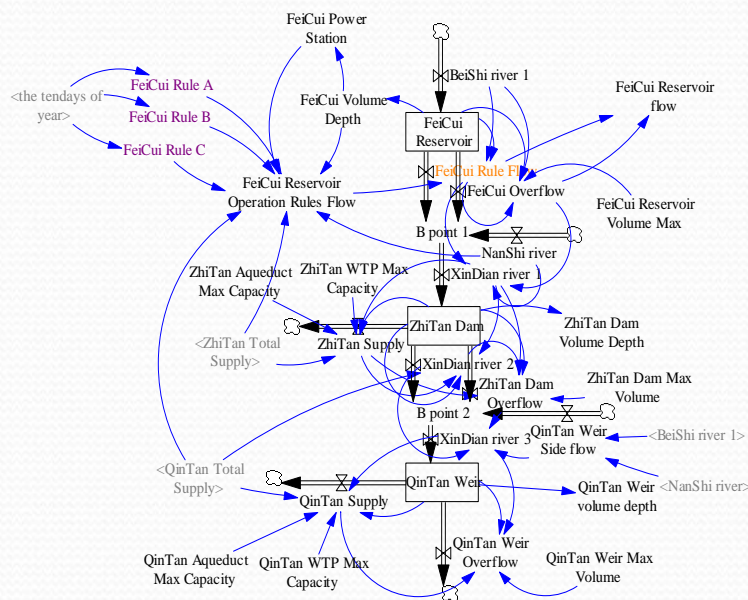
協助分析工具 – 系統動力模式

- 本研究選用系統動力模式作為水資源物系統質流架構之分析工具，先建立大台北地區水資源系統動力模式架構，再設定各類用水之情境資料，進行水資源共需分析。



模式建構

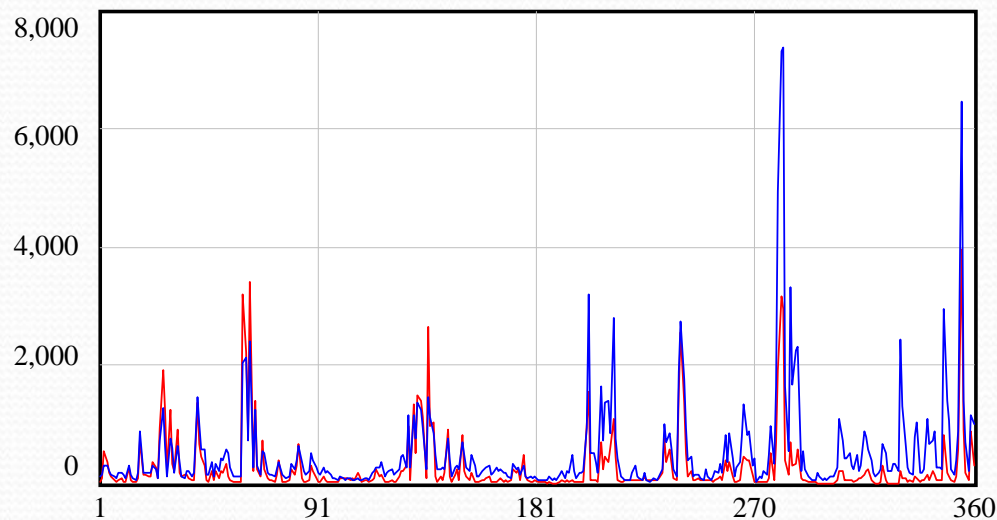
- 將大台北地區水資源架構，以系統動力模式元件之方式，建構出水資源系統動力模式，並針對模式中所需變數進行資料收集與盤查工作，即可帶入模式進行模擬，以實際了解水資源於系統中之流佈情況。



新店溪系統動力模式

模式驗證

Validation



Observation : Now for calculate SI —————
 Simulation : Now for calculate SI —————

(民國92年，單位：萬)

	本計畫結果		自來水年報 實際配水量 (CMD)		板新改善 計畫結果
台北	218		215.7		231
桃園	75.9	162.6	95.2	178.1	165.2
板新	86.7		82.9		

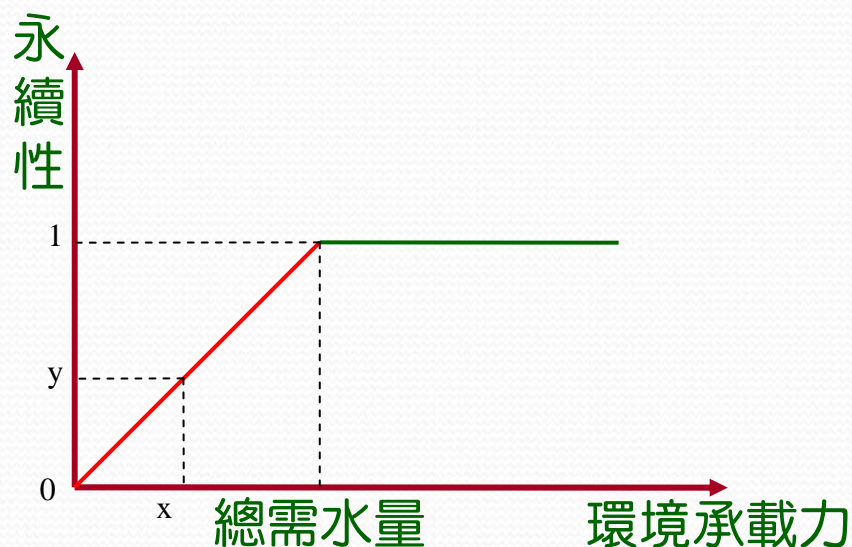
環境供水承載力與需水量情境

- 環境供水承載力
 - 評估區域水資源系統的環境供水承載力時，是以年缺水指數為基準分析潛能供水量
 - 臺北區等於0.1
 - 板新、桃園、基隆等於0.5
- 未來需水量情境分析
- 生活用水與工業用水依據水利署水利規劃試驗所推估的資料。
 - 「北部地區水資源利用整體檢討規劃(2)-水源及供水系統檢討暨調查規劃」。
- 農業用水在未來需求情境，依據政府農業用水政策，維持以現況不成長。



區域水資源永續利用指標-SDI

- 當環境供水承載力大總需水量時，其指標定為1
- 而環境承載力小於總需水量時，指標值便會由1不斷遞減，直到環境承載力等於0為止，指標值越小代表離永續性越遠。



各單位水資源相關永續指標一覽表

單位	行政院國家 永續發展委 員會	經濟部水利署	本研究
水資源相 關之永續 指標	有效水資源	地面水利用強度 地下水利用強度 工業用水量 農業用水量 每人每年水資源利用量 每人每日生活用水量 自來水管漏水率 供水穩定度	區域水資源 永續利用指 標(SDI)

水資源永續利用現況分析(1991~2001年)

- 未考慮板一計畫下，三用水區中僅板新區之SDI $<$ 1，可見其水資源供應上較為窘困，而納入板一計畫後，板新地區獲得來自台北直潭淨水廠之供應支援，使得該區供水問題得以紓解。

用水區	無考慮板一計畫			考慮板一計畫		
	平均需水量	環境承载力	SDI	平均需水量	環境承载力	SDI
臺北區	220.9	282.0	1	220.9	348.7	1
				52.6(支援板新)		
板新區	70.6	52.2	0.74	52.6(臺北支援)	69.3	1
				18.0		
桃園區	66.8	108.9	1	66.8	108.9	1

水資源永續利用未來情勢分析(民國100年)

- 臺北地區的變化不大，其成長並不顯著，而板新與桃園供水區之需水量則呈上升的狀態。
- 由於板新地區獲得臺北自來水系統的支援，故其SDI值仍舊符合永續性，而桃園地區的SDI則是由1降至0.88，可預見該地區未來供水情形並不是很充裕。



管理措施

- 在現況系統的分析當中，板新地區面臨的問題在於水源量的不足
- 在未來用水情境之模擬下，桃園地區的供水狀況則可能由於淨水場出水能力或水庫庫容的不足所至。
 - 現階段在桃園地區已規劃有中庄調整池計畫、大湳淨水廠週邊埤塘緊急備援計畫，以及桃竹雙向聯通管工程，其目的皆在提升桃園地區的供水能力，以提高桃園地區的環境承載力，使該區水資源利用能夠符合永續發展。



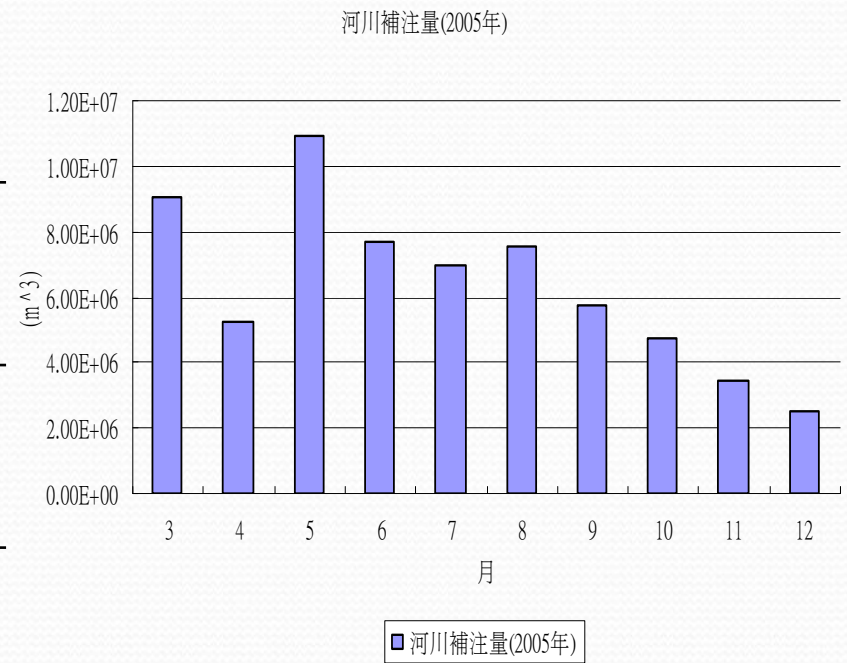
台北盆地地下水數值模式之建構

- 景美層為台北盆地主要地下水含水層。(李，2003)
- 利用Processing MODFLOW建立地下水數值模式。



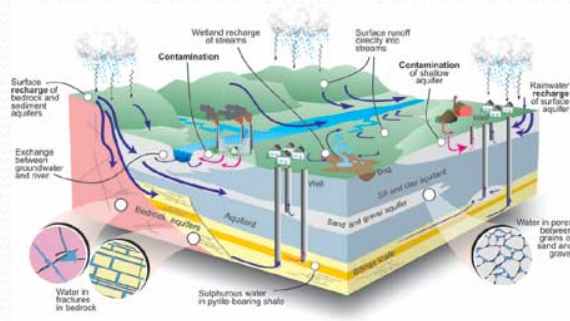
台北盆地現況地下水補注量之評估

	第1季 (3-5月) MAM	第2季 (6-8月) JJA	第3季 (9-11月) SON	第4季 (12月) D	總量
每月平均 補注量 (萬噸)	840	739	463	253	6379
每日平均 補注量 (萬噸)	28	24.6	15.4	8.43	21.26
佔台北每 日需水量 (249萬噸)	11.2	9.9	6.2	3.4	8.5



結語 I

- 物質流分析在於瞭解經濟社會發展所需物質之來龍去脈。
- 物質流分析不僅是在瞭解物質平衡關係，並要瞭解其對經濟社會與生態環境可能之負面衝擊，並可提出減輕影響之措施。
- 以水資源而言，完整掌握水資源在流域自然系統之流動與人為調配配，是水資源能否永續利用之關鍵。



結語 II

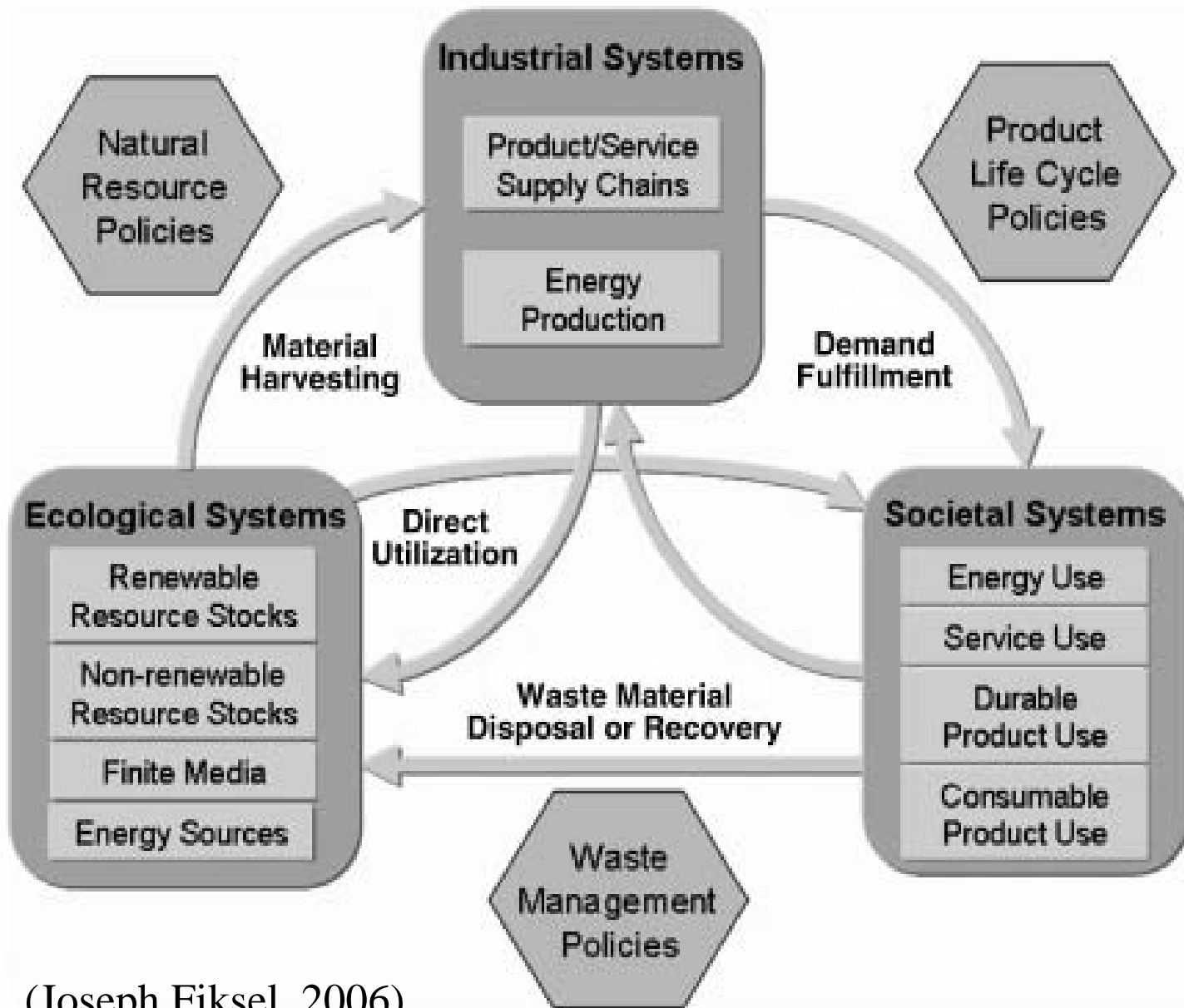
- 物質流分析在應用於發展有效率之管理策略前，亦可有其他應用，如
 - 資料品質管理
 - 水平衡關係是否符合？資料是否有誤？
 - 降雨減逕流與蒸發量是否就等於地下水入滲補注量？
 - 資料調查項目與頻率分析
 - 如蒸發散是否合理調查推估？



結語 III

- 進行物質流分析，必須基於對於數據資料之詳細盤查與收集。就目前而言，應用質流分析於水資源系統，仍具備諸多不確定性，有待後續之研究加以突破：
 - 上游入流量、雨量資料之不定性：
對於入流量、雨量之量測與推估是否能反應實際情況？
 - 地下水入滲量之不確定性
地下水入滲量推估方式是否合理？有無改進之空間？
 - 各類用水量之不確定性
各類用水之推估方式是否能有效反應實際用水情形？





(Joseph Fiksel, 2006)

Figure 1. A systems view of material flow cycles and policy frameworks.

報告完畢，敬請指教！

Sustainable Quality Life (SQL) is our vision!

Sustainable Material Management (SMM) is our Measures!