

建立綜合考量氣候與能源之水資源規劃方法研究(1/2)

The Study of Water Resource Planning Considering Climate and Energy(1/2)

主管單位：經濟部水利署水利規劃試驗所

計畫主持人：胡明哲助理教授

承辦單位：國立台灣大學

共同主持人：童慶斌教授

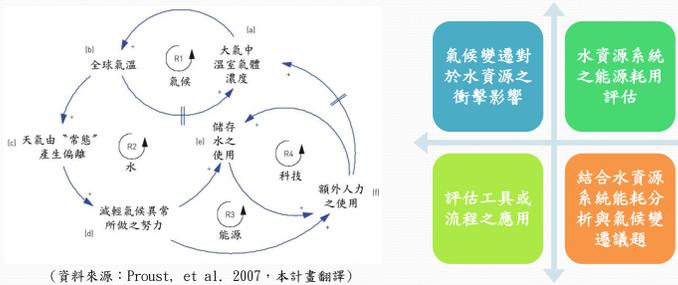
摘要

共同主持人：馬鴻文教授

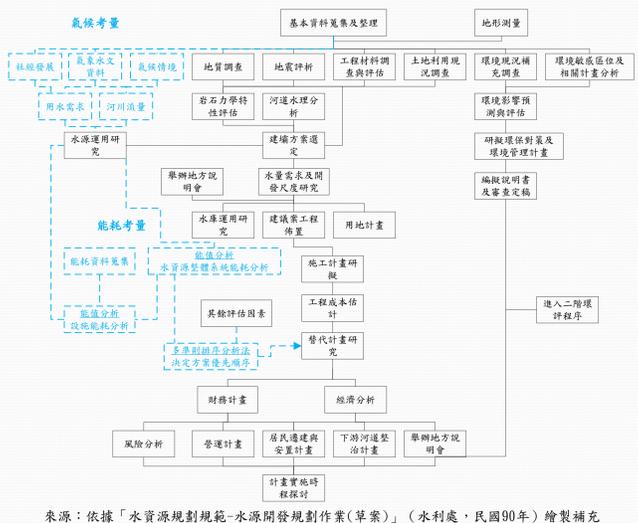
水資源不管在儲水、供給、傳輸或處理過程中均需要能量，在氣候變遷考量下所擬定之調適策略與方案，雖然填補了水資源供需不足，但背後卻可能增加能源使用之疑慮，進而限制執行之可行性，因此納入能源的消耗計算勢必成為日後我國水資源管理不可忽略的考量因素。進行水資源規劃管理時，若能藉由合理的能耗分析，便能在考量最低能耗的情形下達成最大供水效用之目的，然而我國目前具整體性的水資源系統能耗分析方法上不足，本計畫希望藉由結合能值分析法與多元化水資源供水系統，以期在水資源規劃同時，了解各項水資源方案之能耗，並結合氣候變遷影響評估與調適措施多準則分析，發展考量氣候與能源需求之水資源規劃方法。

研究方法

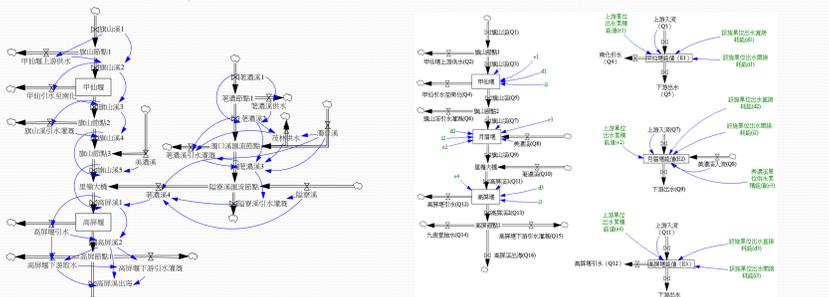
1. 水資源調適科技文獻探討與關鍵議題界定



2. 建構水資源規劃與能源之關係與評估架構



3. 結合能耗分析與供配水系統之水資源規劃模擬模式



4. 以能值分析法計算水資源供配水系統能源需求

Odum(1996) 提出太陽能值的觀念，認為各種資源、產品、或勞務的能量均直接或間接地起源於太陽能，由太陽輻射至地球的能量開啟地球內各類系統的運作，藉由能換率(Transformity)的轉換能夠將不同的能量轉換成相同基準之太陽能值作為比較，如式：

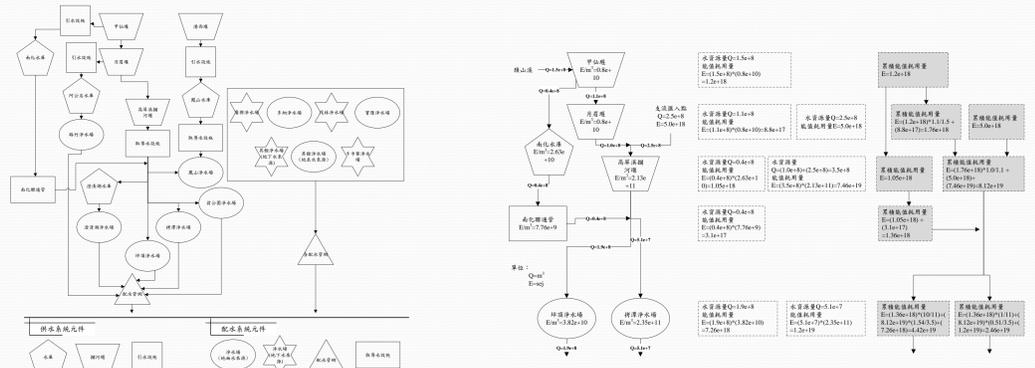
$$\text{Solar energy(SE)} = \text{Energy} \times \text{Transformity}$$

項目	sej/J
太陽能	1
風的動能	623
有機質	4,420
雨的位能	8,888
雨的化學能	15,423
河川位能	23,564
河川化學能	41,000
力學能、海浪、潮汐	1.7E+4-2.9E+4
燃料	1.8E+4-4.0E+4
食物、蔬菜、穀類	2.4E+4-2.0E+5
蛋白質	2.0E+6-4.0E+6
人為服務	8.0E+5-5.0E+9
資訊	1.0E+4-1.0E+13

方法一：完整蒐集各工作項目實際投入各能資源量，並轉換成太陽能值
 方法二：蒐集各工作項目之電力使用量與成本支出，並轉換成太陽能值
 方法三：蒐集設施總電力使用量與總成本支出，並轉換成太陽能值

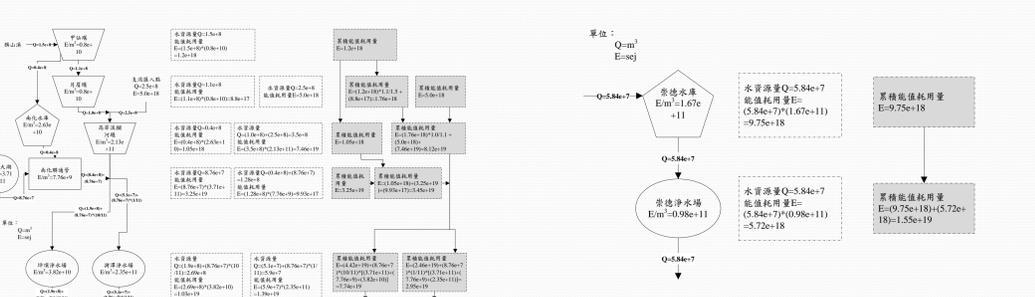
研究成果

● 高雄地區供配水系統元件串接及系統整合



高雄地區供配水系統元件整合圖

● 水資源調適方案新增能耗分析



新增高屏大湖

新增崇德水庫-崇德淨水場方案

● 調適方案多準則排序分析

依據**能耗**、**效用**、**永續性**、**可行性**、**即時性**共五項準則進行排序

能值耗用	A	B	C	D	得分	排序
A	0	1	1	1	3	1
B	0	0	0	0	0	4
C	0	1	0	1	2	2
D	0	1	0	0	1	3

方案	能值耗用	效用	永續性	可行性	即時性	總分	優先度
A 崇德水庫-方案1	3	2	1	3	-	9	1
B 崇德水庫-方案2	0	1	0	2	-	3	4
C 崇德水庫-方案3	2	0	2	1	-	5	3
D 高屏大湖	1	3	3	0	-	7	2

單一準則（能耗）排序結果

多項準則綜合排序結果

● 結論

- 國內應結合更多產、官、學界人力投入，方能面對未來水資源、氣候、能源相互影響所帶來之挑戰。
- 本計畫除了直接電力外，在間接能值計算提出三種計算考量方式(1)收集各類能資源投入，然後直接轉換太陽能值；(2)收集各項投入成本，然後透過能源貨幣轉換太陽能值；(3)透過總成本，然後透過能源貨幣轉換太陽能值。為快速有效結合能值分析於水資源規劃，可採用方法(2)與(3)。
- 本計畫分別針對個別設施、可能傳輸路徑、與整體系統提出能值計算方法。水資源系統中個別設施提供單位水資源的能耗可視為「點」的計算；藉由串聯水資源輸送路徑可計算路徑上累積的能耗，此為「線」的計算；最後將各路徑組合成整體水資源系統，則可了解整體系統能耗的變化，此為「面」的計算。
- 本計畫將氣候與能源因素納入「水資源規劃規範-水源開發規劃作業(草案)」當中，並提出修正建議。在水資源能源使用方面，考量到氣候變遷影響水資源運用的情況下，初步規劃階段可增加氣候變遷資料之收集，探討受氣候變遷影響之敏感度。並藉由方案中對於設施變化所增加的能耗，評估該設施在單位水資源的能耗是否合理。可行性規劃階段時可進一步評估不同水資源路徑提供水資源時的累積能值以及整體系統的能耗變化，作為替代方案間比較的準則，再連同其它準則利用多準則排序分析決定方案優劣性。
- 本計畫應用能值分析方法探討高屏大湖與崇德水庫三個方案。結果顯示崇德水庫配合崇德淨水廠之太陽能值需求1.55e+19 (sej/m³)最小，此外，根據分析結果可歸納下列準則：(1)藉由重力輸水的方式運送，會大幅降低因抽水而導致的能耗；(2)採用現有的水資源設施元件，則可避免新增水資源設施元件而增加的能耗；(3)水資源經過的路徑越長，中間經過的水資源設施元件越多，也會累積越多的能耗。

● 建議

- 本計畫利用能源貨幣進行太陽能值計算，原因在於過去水資源設施管理單位並無記錄各類能資源使用量。建議未來相關管理單位可根據各年使用的能資源量進行統計，作為之後水資源系統能耗評估參考。
- 因能耗計算方面須仰賴可靠的資料，如無記錄能資源使用量，建議於各自年報當中，加入水資源設施每年的用電量以及成本支出。並建議細分為不同的設施表列。
- 根據今年案例分析結果，抽水機的能耗相當龐大，若在水資源規劃時將能值因素納入考量，如此便能利用重力作用傳輸水資源，而減少抽水機的使用，建議此部份可作為未來水資源設施位置優化的研究。
- 氣候變遷影響水文進而影響能源生產亦為重要議題，本計畫附錄彙整氣候變遷對水力發電影響之評估方法，後續研究可繼續推動區域水資源系統考量水資源之能源需求與能源生產。
- 本計畫目前採用電力的太陽能轉換率，係採用Odum過去提出的數據，然而不同地區的特性使得電力使用的太陽能轉換率不盡相同，建議未來可針對台灣地區各類能源與太陽能間關係進行研究，藉此推求台灣地區各類能資源的太陽能轉換率。
- 本計畫今年以水資源之能源使用部份為主軸，然而與水資源相關之發電種類皆為具備相當潛力之再生能源，後續可推動產能研究之評估，探討水資源設施元件在能源部份是否能夠自給自足，或盡可能讓整體水資源系統的淨能源需求最小化。