



限水對國內經濟之影響 －以資源利用模型評析*

利 秀 蘭**

壹、前言	肆、評估結果與分析
貳、104 年上半年限水情形	伍、結論與建議
參、資源利用模型與評估步驟	

摘 要

今（104）年年初臺灣面臨六十七年來最嚴重旱災，為避免旱象持續擴大，政府宣布石門供水區 3 月 23 日起工業用水大戶減壓供水 10%、4 月 8 日起商業及生活用水供 5 天停 2 天。為了解該地區限水措施對經濟的影響，本文運用資源利用模型，以行政院主計總處編製之 100 年產業關聯表為基礎，考量產業備水能力差異下，就限水 1 個月進行經濟影響評估分析；同時，將評估結果與經濟部調查結果進行比較。

研究結果摘要如下：

1. 對經濟之影響：工業 GDP 減少 0.003~0.007%，服務業 GDP 減少 0.038~0.048%，整體 GDP 減少 0.025~0.033%。其中，工業部門以煤及煤製品業、化學材料業影響較大；服務業部門則以住宿及餐飲業、批發零售業受衝擊較深。
2. 本研究結果遠較經濟部電話調查結果為低，推測原因可能是調查當時相關限水期限、範圍等訊息仍不明確，因而放大廠商受影響程度。
3. 有鑒於氣候異常現象愈趨頻繁，供水情勢吃緊現象未來可能是每年政府都必須要面對國內重大議題，因此政府有必要就產業發展的用水問題未雨綢繆，並加速提升用水效率。

* 本文參加國家發展委員會 104 年度研究發展作品評選，榮獲自行研究佳作獎。

** 作者為經濟發展處科長。

Effect of Water Rationing on the Domestic Economy by the Resources Utilization Model

Shiu-Lan Lee

Section Chief

Economic Development Department, NDC

Abstract

Taiwan faced the worst drought since 1948 in the early of 2015, the government implemented water rationing measures to prevent the continued lost, including reducing the industrial water supply 10% since March 23 and cutting off two days a week to the commercial and household water since April 8, supplied by Shihmen Reservoir.

The study applies the resources utilization model, based on the 2011 Input-Output Tables, to analyze the effects of water rationing on the domestic economy in one month, consideration of industrial water preparation capacity difference.

Based on overall analysis of the empirical results, it is concluded that the GDP of industrial industry will reduce 0.003~0.007%, the service industry will reduce 0.038~0.048%, the overall economy will reduce 0.025~0.033%. The coal products and chemical products sectors are influenced worst in industrial industry, the accommodation and food services and the wholesale and retail trade sectors are the worst in service industry.



壹、前言

一、研究緣起與目的

臺灣地區 92 年至 101 年之平均總降雨水量約 980 億噸，扣除 2 成蒸發損失，6 成直接入海，約只有 2 成水量可為運用。其中，農業用水年約 127 億噸為最大宗（占 72%），其次為生活用水約 34 億噸（占 19%），工業用水最低約 16 億噸（占 9%）。考量氣候變遷及用水需求成長的雙重影響，據經濟部水利署推估，120 年現有水源設施供水能力不足，供水壓力增加。然而，供水壓力卻提前於今（104）年年初出現。今年 3 月國內面臨六十七年來最嚴重旱災，對此，政府成立旱災中央災害應變中心，擴大整合各相關部會資源，全力抗旱。

有鑒於氣候異常現象愈趨頻繁，供水情勢吃緊現象未來可能是每年政府都必須要面對國內重大議題，因此本文就今年 3 月發生之限水情形進行經濟影響評估分析，以做為未來限水決策之參考。

二、研究方法與過程

（一）分析標的

石門水庫於 53 年興建完成，當時供水目的界定在供應農業用水，而工業、民生用水需求當時只有 10 萬噸；隨著桃園地區繁榮發展，工業與民生用水需求逐年攀升，100 年已達 117 萬噸，顯示石門水庫已經面臨供水不敷需求的窘境。一旦降雨量不如預期，或劇烈天氣影響導致水質濁度上升，將容易影響供水區域的產業、民生用水，進而衝擊該地區的經濟表現。因此，本研究僅就石門供水區為分析標的。

(二) 研究方法

本研究運用國發會 103 年委託中央大學林師模教授等建置之資源利用模型，透過水資源限制式的調整，進行影響評估分析。此外，為比較模擬結果的品質，亦與經濟部工業局的調查結果進行比較分析。本研究內容分為五節。第壹節，前言；第貳節，104 年上半年限水情形；第參節，資源利用模型與評估步驟；第肆節，評估結果與分析；第伍節，結論與建議。

貳、104 年上半年限水情形

今（104）年 3 月臺灣面臨 67 年來最嚴重旱災，秋冬雨量更是創下氣象局自民國 36 年設置平地雨量站以來，歷史上最低降雨紀錄，各水庫供水量遠少於預期。由於旱象越來越嚴峻，為避免 5 月提前進入分區輪流供水，政府於 3 月 4 日宣布，在不排擠民生與經濟發展下，審慎調度管制農業、民生及工業用水，要求新北（板新、林口）、桃園、苗栗地區自 3 月 13 日工業用水大戶（每月用水逾 1 千度者）提昇節水目標自 5% 至 7.5%。

旱象持續未解、供水仍然吃緊下，復於 3 月 23 日起桃園市、新北市（板新、林口地區）及苗栗縣之工業用水大戶，再減供水量自 7.5% 提升至 10%；另桃園市、新北市（板新、林口地區）之商業及生活用水，於 4 月 8 日起採分區輪流供水，實施供 5 天停 2 天，惟假日不停水。

隨著 5 月第一波梅雨來臨，為石門水庫注入一千多萬噸水量，水情稍有緩解，且豐水期將屆，政府於 5 月 13 日宣布解除石門水庫供水區第三階段限水措施，至於工業大用水戶減供比例 10% 回復為 5%。



經統計，石門水庫供水區自 4 月 8 日採行「供五停二」第三階段限水至 5 月 12 日解除限水，計實施四輪（28 日）「供五停二」措施，總計多增加節水量約 493 萬噸，而石門水庫供水區自 2 月 26 日起工業大用水戶減供比例 5%，逐步提升至 10%，共計實施 75 日，節省水量為 847 萬噸。

參、資源利用模型與評估步驟

一、資源利用模型

本研究係利用國發會 103 年委託中央大學林師模教授等建置之資源利用模型進行分析，該模型的基本架構簡述如下：

(一) 目標：特定年度 GDP 值最大

$$GDP = V'X$$

其中， X 為產業部門產值向量； V 為各產業附加價值率向量。

(二) 限制式：

1. 各產業對特定資源的需求總合要小於等於資源數量

$$RX \leq B$$

其中， R 為資源投入係數矩陣； B 為資源數量向量。

2. 國產及進口扣除中間需要後，至少要滿足國內最低最終需要

$$(I - A + \hat{m})X \geq F_{min}$$

其中， I 為單位矩陣； A 為投入係數表； \hat{m} 為進口係數； F_{min} 為最低最終需要。

3. 產出不能無限制擴張

$$X_{t+1} \leq SK * X_t$$

其中 SK 為產值擴張倍數向量。

二、評估步驟

(一) 確認停水情境

依據限水情形，模擬新北（板新、林口地區）、桃園及苗栗等三縣市工業用水皆減供 10%，且新北（板新、林口地區）、桃園市等二地區商業及生活用水採供五停二（假日不停），限水持續期間為 1 個月情況。

(二) 計算各產業用水係數

以行政院主計總處編製 100 年產業關聯表中，「用水供應業」銷售至各部門的比例為基礎，加上自來水公司統計之年用水量，據以設算各產業的耗水量，即水資源的投入係數（詳附表）。

(三) 修改模型

假設工業部門之用水來自工業，服務業部門之用水來自商業及生活用水，將模型中有關水資源的限制式：

$$r_{w1}x_1 + r_{w2}x_2 + \dots + r_{wn}x_n \leq W = W_1 + W_2$$

修改為：

$$r_{11}x_1 + r_{12}x_2 + \dots + r_{1k}x_k \leq W_1 \quad (\text{工業部門})$$

$$r_{2k+1}x_{k+1} + r_{2k+2}x_{k+2} + \dots + r_{2n}x_n + H_w \leq W_2 \quad (\text{商業及家計部門})$$



其中 x 為產業部門產值， r 為水資源投入係數， w 為水資源數量、 w_1 為工業用水資源數量、 w_2 為生活用水資源數量、 H_w 為家計部門用水。

(四) 基準解求解

求解 104 年之各項變數基準解，包括各產業的產值、GDP 等。

(五) 設定限水衝擊

1. 不考慮產業備水能力差異

在不考慮產業備水（限水防禦能力）能力下，限水衝擊為：

(1) 工業用水減供 10%，限水 1 個月的衝擊為 $-10\% \times (1/12)$ 。

(2) 商業及生活用水供五停二（假日不停），限水 1 個月的衝擊為 $(-2/11) \times (1/12)$ 。¹

2. 考量產業備水能力差異

考量工業與服務業備水能力不同，另行設定限水衝擊。依據經濟部調查，廠商雖可透過製程調整、節約用水、井水取代、增加循環利用、水車補水或回收水再利用等方式因應，但仍有三成廠商可能受影響，因此假設工業部門的水資源儲備能力為 7 成；服務業部門則考量多數服務業停水期間只能仰賴水塔儲水、水車取水等方式，因此假設服務業部門的水資源儲備能力為 2 成及完全沒有備水能力。

¹ 假設假日用水量為平日的 3 倍，1 週的用水量為 $1 \times 5 + 3 \times 2 = 11$ ，供五停二的衝擊比例為 $(-2/11)$ 。

(1) 工業用水減供 10%，且具 7 成備水能力

限水 1 個月的衝擊： $-10\% \times (1/12) \times 0.3$

(2) 商業及生活用水供五停二（假日不停）

A. 限水 1 個月且具 2 成備水能力：

$(-2/11) \times (1/12) \times 0.8$

B. 限水 1 個月且無備水能力： $(-2/11) \times (1/12) \times 1$

(六) 執行模擬並整理結果

(七) 調整衝擊結果

考量國內並無編製區域別產業關聯表，為評估部份區域限水之經濟影響，參考行政院主計總處 100 年工商及服務業普查報告，以「工商及服務業場所單位經營概況」之生產總額-縣市別資料為調整依據。

肆、評估結果與分析

一、影響評估結果

(一) 限水情境 1

1. 模型假設

(1) 工業用水減供 10%。

(2) 商業及生活用水供五停二。

(3) 不考慮產業備水能力差異，假設皆無備水能力。

(4) 持續期間 1 個月。



2. 模擬結果

- (1) 工業 GDP 水準值減少 0.007%。其中，以單位產出耗水量最大之煤及煤製品業之生產影響最大，減少幅度為 0.764%；其次為化學材料業，減少幅度為 0.150%。
- (2) 服務業 GDP 水準值減少 0.048%。其中，以單位產出耗水量最大之住宿及餐飲業影響最大，減少幅度為 0.477%；批發零售業減少 0.092% 次之。
- (3) 整體 GDP 水準值將減少 0.033%，顯示工業用水減供 10% 及商業及生活用水供五停二之限水措施對經濟的影響有限。

(二) 限水情境 2：在情境 1 的基礎上，假設工業備水能力為 7 成、服務業為 2 成

1. 模型假設

- (1) 工業用水減供 10%。
- (2) 商業及生活用水供五停二。
- (3) 工業部門備水能力 7 成、服務業部門備水能力 2 成。
- (4) 持續期間 1 個月。

2. 模擬結果

- (1) 工業 GDP 水準值減少 0.003%。其中，以單位產出耗水量最大之煤及煤製品業之生產影響最大，減少幅度為 0.229%；其次為化學材料業，減少幅度為 0.045%。
- (2) 服務業 GDP 水準值減少 0.038%。其中，以單位產出耗水量最大之住宿及餐飲業影響最大，減少幅度為 0.381%；批發零售業減少 0.074% 次之。

(3) 整體 GDP 水準值將減少 0.025%，顯示工業用水減供 10% 及商業及生活用水供五停二之限水措施對經濟的影響有限。

表 1 不同限水情境對經濟之影響評估

單位：%

	情境 1	情境 2	情境 3
工業用水	減 10%	減 10%	減 10%
商業及生活用水	供五停二	供五停二	供五停二
工業部門備水能力	0	7 成	7 成
服務業部門備水能力	0	2 成	0
持續期間	1 個月	1 個月	1 個月
整體 GDP	-0.033	-0.025	-0.032
工業	-0.007	-0.003	-0.003
煤及煤製品業	-0.764	-0.229	-0.229
化學材料業	-0.150	-0.045	-0.045
服務業	-0.048	-0.038	-0.048
住宿及餐飲業	-0.477	-0.381	-0.477
批發零售業	-0.092	-0.074	-0.092
專業技術科學及支援服務	-0.021	-0.017	-0.021
運輸倉儲業	-0.011	-0.009	-0.011

說明：本模型為實質模型，各情境之比較基礎均為不限水情況下的 GDP 實質水準值。
資料來源：本研究。

(三) 限水情境 3：在情境 2 的基礎上，假設服務業備水能力為 0

1. 模型假設

- (1) 工業用水減供 10%。
- (2) 商業及生活用水供五停二。



(3) 工業部門備水能力 7 成、服務業部門備水能力 0 成。

(4) 持續期間 1 個月。

2. 模擬結果

(1) 工業 GDP 水準值減少 0.003%，結果與情境 2 相同。

(2) 服務業 GDP 減少 0.048%。其中，住宿及餐飲業減少 0.477%，批發零售業減少 0.092%。

(3) 整體 GDP 水準值減少 0.032%，減幅較情境 2 大。

二、評估結果之比較分析

(一) 經濟部之評估結果

此波限水發生時，經濟部亦就石門供水區限水對產業之影響進行調查。二階段限水影響區域，包括工業局轄下之 32 個工業區及工業區外（含科學園區、加工出口區）總計約 2,569 家工廠，主要受影響產業為電子、化學材料、基本金屬、紡織、石化及造紙業等用水量大之產業，預估每日減供水量約 5.4 萬噸。

經調查盤點，廠商多反映二階段限水的影響不大且無災損；至於 3 月 23 日起之三階段限水（減供 10%），則約有 3 成廠商表示可能會受影響，受影響廠商多為電子、化學材料業等。此外，經濟部亦針對石門供水區範圍內，透過工業區服務中心對於轄屬工業區內廠家進行調查，約有 3 成廠商表示可能受到供五停二影響，受影響廠商多為電子、化材、紡織、食品等產業。

此外，根據經濟部表示，石門供水區區內製造業每日產值 133 億元，依據受影響廠商儲水程度，概估可能受影響程度為 10~35%，以此設算限水影響每日產值約 13 至 46 億元。

(二) 與本模型估計結果比較

比較綜整如下表：

表 2 經濟部調查結果與本模型估計結果之比較

	經 濟 部	本 模 型
研究 方法	<ul style="list-style-type: none"> 工業區服務中心電話調查 	<ul style="list-style-type: none"> 資源利用模型與 100 年產業關聯表 依據不同產業的用水特性，以模型估計
研究 結果	<ul style="list-style-type: none"> 約有 3 成廠商表示可能受三階段限水影響 該等廠商主要分布於電子、化材、紡織、食品等產業 	<ul style="list-style-type: none"> 工業部門僅煤及煤製品、化學材料等二產業有負面影響
停水 對 生 產 的 影 響	<ul style="list-style-type: none"> 依據廠商儲水設備完善與否，概估受影響廠商產能在 10~35% 再依據地方政府提供之每日產值 133 億元，據以估計每日產值為 13~46 億元 以 103 年製造業附加價值率 24% 計算，估計受影響之平均每日 GDP 為 3.12~11.04 億元；103 年製造業平減指數為 99.77，平減後約為 3.13~11.07 億元 限水 1 個月將使當年整體實質 GDP 減少 0.83~2.92% 	<ul style="list-style-type: none"> 依據各產業耗水程度，估計個別產業 GDP 受影響程度 限水 1 個月內，受影響之平均每日實質 GDP，工業減少約 0.05~0.12 億元，服務業減少 1.25~1.56 億元，整體 GDP 減少 1.30~1.68 億元 整體實質 GDP 減少 0.025~0.033%
研究 限制	<ul style="list-style-type: none"> 調查範圍僅限工業局轄下之 32 個工業區及工業區外（含科學園區、加工出口區）之廠商，主要為製造業 每日產值 133 億元為石門供水區之新北市、桃園市提供之製造業產值 	<ul style="list-style-type: none"> 有考量服務業的影響 因產業關聯表沒有區域表，模型先得出全國皆限水情況之結果（各業別 GDP 影響程度），再參採 100 年工商及服務業普查「工商及服務業場所單位經營概況」之生產總額-縣市別資料，做為調整依據

資料來源：本研究整理。



三、模型限制

本模型具限制條件，運用、解讀時仍須注意：

(一) 資源利用模型本身的限制

1. 資源利用模型係屬規劃模型，在資源供應量不足時，會從減量成本最小的部門開始減產因應，也就是單位水資源創造附加價值最低的產業開始運作；直到該產業之產量下降到僅能滿足經濟體系最低最終需要時，則不再減產，改由減量成本次低的產業開始減產。該運行方式直到減少的水資源完全被產業吸收為止，則不再減產。
2. 資源利用模型的運行方式，將導致模型結果與經濟直覺出現差異。例如工業用水減供 10%，受影響的工業部門只有煤及煤製品業與化學材料業等該二部門，其他工業部門的影響幾乎沒有。又如生活及商業用水供五停二，受影響的服務業部門只有住宿及餐飲業、批發零售業、及運輸倉儲業等。然，實際上用水供應減少，受影響產業均為供水區域內所有的產業，與模型評估的產業影響結果差異甚大。
3. 雖然資源利用模型具有先天上的運用限制，但對大多數的工業用戶而言，藉由製程調整、節約用水、井水取代、增加循環利用、水車載水或回收水再利用等方式調度支應，實際上多數產業受限水衝擊的影響不大，除了水資源占投入比重較高的產業，如煤及煤製品業與化學材料業，會受到較大的影響。

(二) 模擬情境設定與現實條件的差異

1. 本模型假設工業部門之用水來自工業，服務業部門之用水來自商業及生活用水，惟根據經濟部水利署用水統計資料庫，以

101 年為例，臺灣地區工業用水量中，由自來水供水系統供水量占 49.02%，自行取水量占 50.98%，顯示半數工業用水來自自行取水。

2. 為考量產業備水能力（限水防禦能力）差異，本模型逕行假設工業為 7 成，服務業為 2 成，甚至沒有備水能力，惟該假設與現實多有落差，且備水能力依產業特性而不同。
3. 資源利用模型以產業關聯分析為工具，由於行政院主計總處並沒有編製區域別的產業關聯表、跨區域的產業關聯表與貿（交）易往來矩陣，故本研究的基本假設是石門供水區的縣市產業生產技術及產業間的關聯架構與全國相同。

伍、結論與建議

一、研究結論

(一) 本研究運用資源利用模型，以行政院主計總處編製之 100 年產業關聯表為基礎，評估限水對經濟的影響。就工業用水減供 10%，商業及生活用水供五停二，限水期間持續 1 個月的情況下，考量工業與服務業部門備水能力的差異，分別進行模擬。

(二) 評估模擬結果

1. 對經濟之影響：工業 GDP 減少 0.003~0.007%，服務業減少 0.038~0.048%，整體 GDP 減少 0.025~0.033%。
2. 對產業之影響：工業部門以煤及煤製品業減少 0.229~0.764% 最大、化學材料業減少 0.045~0.150%；服務業部門以住宿及餐飲業減少 0.381~0.477% 最大、批發零售業減少 0.074~0.092%。



(三) 與經濟部調查結果比較

1. 經濟部透過調查、設算得出石門供水區限水，對供水區域廠商之影響幅度為，每日產值減少約 13 至 46 億元。經換算為 GDP 減少 0.83~2.92%。
2. 經濟部調查估算結果遠較本研究高，其原因可能是透過官方電話訪問，由於當時限水期限、範圍等訊息仍不明確，廠商可能放大受影響程度。雖然受影響廠商多為電子、化學材料業，惟根據相關限水報導，電子產業的廢水回收率高達 8 成，且廠商也早在未實施限水前預約水車、購買水保險以降低限水的衝擊。

(四) 本研究使用的模型具限制條件，在運用、解讀時需額外留意，如模型的運作方式、產業備水能力差異、用水來源差異、缺乏區域別產業關聯表等假設條件與現實情況之間的落差。

二、研究建議

(一) 資源利用模型之精進

1. 備水能力的科學量化

本研究對於產業備水能力的設定缺乏科學量化的基礎，雖然工業備水能力參考經濟部工業局的電話調查結果，惟服務業部分暫時無相關數據可參酌，未來可再深入蒐集相關產業用水數據與資訊，以精進模型假設。

2. 提升用水假設的精準度

考量各地區自來水管鋪設普及程度不同，為提升模型在用水

假設的精準度，可深入運用用水統計資料，就各地區的自來水用水比例加以區分。以工業用水為例，根據經濟部水利署用水統計資料庫，101年桃園縣工業用水量來自自來水供水系統占52.96%，北部為62.36%，全台為49.02%。

(二) 對水資源政策之引申建議

1. 解決產業發展所需用水問題

- (1) 有鑒於氣候異常現象愈趨頻繁，供水情勢吃緊現象未來可能是每年政府都必須要面對國內重大議題，因此政府有必要就產業發展的用水問題加以未雨綢繆。
- (2) 從前述分析得知，限水對住宿餐飲業的衝擊影響幅度最大，顯示水資源是目前發展住宿餐飲業的重要項目。目前政府刻正大力推動觀光業，住宿餐飲業的角色極為重要，需及早解決住宿餐飲業的儲水、用水問題，例如觀光場所公共洗手間省水設備的更新、泳池排水淨化利用設備的推廣、給水裝置加裝變頻器等。

2. 提升用水效率

- (1) 利用大數據進行水資源整合回收循環運用，開發再生水供工業使用，積極推動生活污水的再生水利用。
- (2) 對於高缺水風險地區之工業新開發案審核，應加強自覓水源或強制使用再生水等規範。
- (3) 適時推動耗水費徵收、旱季水價，以價制量，提升節約用水動機。



參考文獻

1. 李高朝，實用產業關聯分析精義，94年12月初版。
2. 林師模（2012），未來產業結構調整課程教育訓練結案報告，行政院經濟建設委員會委託研究計畫報告。
3. 林永禎（2007），桃園地區缺水之影響與經濟損失，臺灣省水利技師公會會訊，第10卷，68-79頁。
4. 鄧壬德，臺灣低碳經濟成長模式與策略。
5. 張庭華，水庫營運管理－以石門水庫為例，水資源及水環境教育志工研習活動，經濟部水利署，103年12月5日。
6. 國家發展委員會，103年度資源利用模型更新維護及政策模擬分析委辦計畫結案報告。
7. 經濟部，「建構智慧管理之水資源政策」行政院院會報告，104年3月19日。
8. 經濟部，「近期水情、限水措施與水庫清淤，降低漏水率，與水資源之供需現況及水資源未來之供需評估、調配及開發等政策規劃」專案報告，立法院第8屆第7會期經濟委員會第5次全體委員會議，104年4月2日。
9. 經濟部工業局，「工業局對於二階限水影響調查結果及相關因應作為」新聞稿，104年3月18日。
10. 經濟部工業局，「桃園、新北三階限水（供五停二）地區對工業的影響及整備因應措施」新聞稿，104年3月23日。
11. 經濟部水利署，用水統計資料庫。

附表 產業耗水量

產業別		單位 GDP 自來水投入量 (立方公尺/百萬元)
工業	煤及煤製品	5,783
	化學材料	3,559
	基本金屬	1,902
	非金屬礦物製品	1,745
	塑橡膠製品	1,192
	其他製品	1,093
	紡織	1,080
	化學製品	841
	石油煉製品	759
	其他礦產	628
	皮革及毛皮業	510
	紙漿、紙及紙製品業	466
	木材及家具業	456
	電子零組件	395
	加工食品	393
	金屬製品	291
	電腦、電子及光學產品	283
	電力設備	282
	電力	255
	運輸工具製造業	176
	印刷業	167
	機械設備	154
	燃氣供應	82
	營造工程	69
	污染整治	65
	原油	52
天然氣	52	
用水供應	35	
服務業	住宿及餐飲	890
	其他服務	380
	批發零售	223
	專業、科學、技術及支援服務	185
	公共行政、教育醫療及其他社會、個人服務	138
	運輸倉儲	117
	電信、資訊及傳播服務	107
	金融保險及不動產業	46

資料來源：本研究。