

台灣水資源需求現況與管理策略工具

周嫦娥／台灣經濟研究院顧問

前言

台灣地處亞熱帶，雨量豐沛，年降雨量高達 2,500 公釐以上，常給人水資源充沛的錯覺。然而，事實上我國的降雨儲存不易，可供取用的水量非常少，台灣成為極度缺水的區域。傳統認為用水需求將因經濟成長和人口增加而持續成長，水資源供給則因受天然條件的限制而無法任意擴張。因此，過去政府多偏重水資源供給面的措施與規劃，試圖以增加供給來填補供需間的落差。

由歷年水資源相關的主要綱領計畫或政策規劃來看，政府多預測我國各用水標的之用水量將持續成長。為滿足用水需求的成長，因而有各種水資源開發計畫或措施，加強水資源的供給與運用。然而，台灣用水需求是否如政府所預測的一樣將持續成長？即使未來經濟持續成長，是否能透過需求面的管理來提升用水效率進而

降低用水需求？基於此，本文主要目的在於利用歷史資料深入探討台灣水資源需求趨勢，嘗試解析影響不同用水標的之影響因子，結果發現 10 多年來各用水標的之用水趨勢與過去 40 年的認知存有差異。

台灣水資源需求雖有減緩的情形，但在氣候變遷等諸多外在環境的影響下，台灣水資源供給面臨更嚴峻的挑戰。因此，本文根據台灣水資源需求和供給的現況，提出水資源需求面管理策略工具的建議。

台灣之水資源供給

台灣水源主要為地面水和地下水，供給比例約為 2:1。地面水又分為河川水和水庫水，其供給受限於降雨量。台灣的降雨量不論在季節時間上或地理空間上的分配都極度不平均，加上地形因素造成河川短促流

表 1 歷年水資源運用情形統計

年度	降雨量		蒸發量		河道逕流量		入海量		水庫供水量		河川引水量		地下水超抽量		地下水抽用量		總供給量
	億噸	%	億噸	%	億噸	%	億噸	億噸	%	億噸	%	億噸	億噸	%	億噸		
1986	904	100	193	21.35	671	74.23	528	38	20.65	105	57.07	1	41	22.28	184		
1987	901	100	220	24.42	641	71.14	497	36	19.46	108	58.38	1	41	22.16	185		
1988	901	100	220	24.42	641	71.14	497	36	19.46	108	58.38	1	41	22.16	185		
1989	901	100	220	24.42	641	71.14	497	36	19.46	108	58.38	1	41	22.16	185		
1990	1,132	100	230	20.32	862	76.15	727	47	24.10	88	45.13	20	60	30.77	195		
1991	762	100	191	25.07	531	46.99	426	55	31.25	50	28.41	31	71	40.34	176		
1992	905	100	198	21.88	667	59.02	535	47	24.48	85	44.27	21	60	31.25	192		
1993	592	100	197	33.28	355	59.97	255	43	25.15	57	33.33	31	71	41.52	171		
1994	592	100	197	33.28	355	59.97	255	43	25.15	57	33.33	31	71	41.52	171		
1995	592	100	197	33.28	355	59.97	255	43	25.15	57	33.33	31	71	41.52	171		
1996	1,030	100	257	24.95	733	71.17	611	37	20.44	85	46.96	19	59	32.60	181		
1997	786	100	188	23.92	558	70.99	440	36	20.00	82	45.56	23	63	35.00	180		
1998	786	100	188	23.92	558	70.99	440	36	20.00	82	45.56	23	63	35.00	180		
1999	749	100	177	23.63	532	71.03	420	48	28.40	64	37.87	17	57	33.73	169		
2000	840	100	201	23.93	599	71.31	478	50	28.09	71	39.89	17	57	32.02	178		
2001	1,107.7	100	232.6	21.00	824.6	74.44	694.7	47.9	25.92	82	44.37	4.4	54.9	29.71	184.8		
2002	565.9	100	93.1	16.45	422.3	74.62	289.7	39.9	21.35	92.7	49.60	3.9	54.4	29.11	186.9		
2003	608	100	92.07	15.14	465.47	76.56	343.32	37.47	21.30	84.68	48.13	3.34	53.8	30.58	175.95		
2004	925.92	100	243.61	26.31	631.81	68.24	509.38	36.59	20.57	85.84	48.27	4.91	55.41	31.16	177.84		
2005	1,284.48	100	248.97	19.38	985.01	76.69	861.76	46.11	25.83	77.14	43.21	4.76	55.26	30.96	178.51		
2006	1,023.84	100	264.76	25.86	708.58	69.21	589.67	51.65	29.68	67.26	38.65	4.63	55.13	31.68	174.04		
2007	1,166.76	100	177.72	15.23	938.54	80.44	811.16	43.47	23.41	83.91	45.19	7.81	58.31	31.40	185.69		
2008	1,089	100	253.68	23.29	784.82	72.07	663.33	34.24	19.05	87.25	48.53	7.79	58.29	32.42	179.78		
2009	896.04	100	232.68	25.97	612.86	68.40	480.37	48.86	25.63	83.63	43.87	7.63	58.13	30.50	190.61		
2010	852.48	100	177.11	20.78	624.87	73.30	511.55	34.57	20.26	78.75	46.15	6.82	57.32	33.59	170.64		
2011	828	100	191.48	23.13	586.02	70.78	470.96	41.14	32.06	73.84	42.89	6.62	57.12	33.17	172.18		
2012	1,130.04	100	232.54	20.58	846.98	74.95	730.56	41.07	23.71	75.36	43.51	6.28	56.78	32.78	173.2		

註：1988、1989、1994、1995 和 1998 年末執行水資源運用調查，故沿用前一年度資料。

資料來源：(1) 歷年水利統計年報，經濟部水利署，1997~2013。(2) 歷年台灣省水利統計手冊，台灣省水利局，1987~1994。

急，河川水量保持不易。每年逕流入海量和蒸發量約占降雨量的 80%，可用水量遠低於世界平均水準。

台灣地區的降雨量多集中於 5 月至 10 月，此期間降雨量約占全年的 3/4，為豐水期；11 月至翌年 4 月降雨量僅占 1/4，為枯水期。豐枯水期的降雨量差距頗大，且愈往南部差異性愈顯著，南部地區枯水期之缺水成為一種常態性的問題。

為蓄豐濟枯，過去多以興建水庫、攔河堰等大型蓄水設施加強蓄水功能，但既有設施之蓄水量無法完全支應用水需求，河川末端也因水質污染不堪使用，地面水供給與用水需求間之缺口以地下水支應。由表 1 可知，台灣水源主要為河川直接引水，其次為水庫蓄水和地下水。若由 2001 年至 2012 年的平均值來看，河川引水量占總供給量的 45.2%，水庫供水量占 23.4%，地下水抽取量占 31.4%。比較地下水抽取量與地下水滲透量可知，每年地下水平均超抽量約為 5.74 億噸。

相較於台灣地區的水文條件，現有蓄水設施之抗旱依然能力不足，只要在豐水期水庫攔蓄不足，若再加上次年的春雨或梅雨不夠豐沛，則極易發生乾旱現象。近年來因全球氣候變遷，乾旱和洪泛發生的頻率增加，強度亦加劇，水資源供給的挑戰性愈來愈高。舉例來說，今（2015）年度面臨 67 年來最嚴重的乾旱，主因為 2014 年夏季無颱風侵台，秋冬降雨量又少，今年春雨亦不足。

台灣水資源供給面臨的主要課題如下：

● 可用地面水不足，豐枯水期水量差異大

因可利用之地面水量不足，蓄豐濟枯成為台灣水資源供給面管理的必要手段。過去多以興建水庫、水壩、攔河堰等方式蓄水，然因環境保護意識提升，傳統蓄水設施興建不易；又因台灣地質脆弱、集水區管理和水土保持未能落實，造成現有水庫淤積嚴重，水質優氧化，嚴重影響水庫供水的質與量。如何加強現有集水區與水庫管理，延長水庫壽命與蓄水容量，是水資源供給面管理之基本工作。

此外，由於科技不斷創新，海水淡化、雨水貯留、廢污水回收再利用等已成為技術上可行的新興水源提供方式。政府近幾年也積極推動新興水源的開發與利用，期使水源多元化，分散水資源供給壓力。然因觀念、法規、制度等種種限制，目前新興水源多停留在模廠的建置階段，尚未能全面推動。

● 地下水過度抽用，衝擊自然環境與產業發展

因地面水不足，約有 1/3 水源來自地下水，地下水長期超抽的結果造成地層下陷的國土安全問題。特別是

西南沿海地區因地層下陷經常發生洪泛淹溢、海水倒灌、土壤鹽化、公共建設及民宅損毀等災害。究其原因乃資源分配不當與產業發展失衡所致，也就是地面水不足，產業發展又以耗水的養殖漁業為主，以致地下水超抽更形嚴重。然而，多年來政府地層下陷防治工作多由技術與管制的角度推動，以致無法徹底解決問題。本文認為根本解決之道必需由整體性的國土規劃、資源適度配置，以及調整產業結構等層面加以改善。

● 氣候異常造成乾旱和洪泛頻率激增，增加穩定供水的困難度

氣候變遷已是全球性的現象，水資源受其影響更顯脆弱。氣候變遷改變降雨強度、時間和型態，而溫度上升增加蒸發散量，使可供利用的水資源量首當其衝地受到影響。由表 1 可看出，自 2000 年以來，台灣年降雨量的變動幅度加劇，降雨量最少為 2002 年的 566 億噸，最大為 2005 年的 1,285 億噸，二者相差 2 倍以上。其結果不論是乾旱或洪災，台灣的缺水風險皆大大提升，如何因應缺水風險亦將考驗水資源供給面的管理能力。

● 水權量超核發，增加乾旱時水源調配之困難度

根據水利署的水利統計（見表 2），2007 ~ 2012 年家用及公共給水、農業用水、工業用水等水權登記引水總量雖逐年降低，但和水資源供給量（見表 1）相較高出 1 倍至 2 倍以上，顯示水權超核發情形相當嚴重。水權超核發可能使擁有水權者無法取得核發的所有水量，或上游水權人取得核發的水量後可能使下游水權人無水可取。此種狀況在缺水時將更為嚴重，加上我國水利法對用水標的有優先順序的規定，增加乾旱時水資源調配的困難。

表 2 一般水權登記引用水量

單位：億噸

年度	家用及公共給水	農業用水	工業用水	其他用水	總計
2007	86.46	337.14	17.43	1.74	442.77
2008	80.80	325.93	17.78	1.88	426.39
2009	83.96	274.05	22.38	1.89	382.28
2010	50.84	266.58	25.14	1.95	344.51
2011	69.64	243.06	25.65	1.97	340.32
2012	64.40	238.55	25.58	2.37	330.90

資料來源：中華民國 102 年水利統計，表 46，經濟部水利署，2014 年。

台灣地區之水資源需求

水資源需求主要包括農業用水、生活用水、工業用水和環境用水。環境用水指的是維護環境生態體系並保持一定質與量所需的流川水量，亦即維持河川正常機能所需要的水量，通常以河川基流量表示。確保環境用水是先進國家水資源管理的一項重要工作，但執行上相當困難，主因是河川的不確定性和環境生態的區域差異

性，不易訂出一致的河川基流量標準。國內水利署將環境用水稱為保育用水，並參考日本經驗，將每 100 平方公里河川生態基流量定為 0.135 噸/秒。估計我國全年保育用水量約 15 億噸，豐水期河川流量足可供應，但枯水期需由蓄水設施調節提供約 4 億噸（水利署，2002）。

以下本文將聚焦於生活用水、農業用水和工業用水等主要用水標的，探討台灣水資源需求狀況。農業用水長久以來是台灣地區用水的最大宗，不過隨著經濟發展與產業結構的改變，農業用水占總用水量的比例呈現下降趨勢。1970 年代農業用水占總用水量的 85% 以上，1980 年代平均降為 81.96%，1990 年代降幅更大，平均為 74.06%，2000 年代平均僅占 71.39%。然而，2011 ~

表 3 台灣各用水標的之用水結構

單位：億噸，%

年度	總用水量	農業用水量	生活用水量	工業用水量
1975	166.99	147.14 (88.1)	6.73 (4.0)	13.12 (7.9)
1976	165.66	144.75 (87.4)	7.25 (4.4)	13.66 (8.3)
1977	167.67	145.34 (86.7)	8.09 (4.8)	14.24 (8.5)
1978	171.68	146.59 (85.4)	9.07 (5.3)	16.02 (9.3)
1979	167.27	140.73 (84.1)	9.87 (5.9)	16.67 (10.0)
1980	160.44	132.69 (82.7)	10.49 (6.5)	17.26 (10.8)
1981	188.43	159.10 (84.4)	14.66 (7.8)	14.67 (7.8)
1982	194.04	163.51 (84.3)	15.58 (8.0)	14.95 (7.7)
1983	190.89	159.32 (83.5)	16.43 (8.6)	15.14 (7.9)
1984	183.55	150.90 (82.2)	17.04 (9.3)	15.61 (8.5)
1985	184.02	150.13 (81.6)	18.25 (9.9)	15.64 (8.5)
1986	181.64	149.02 (82.0)	19.00 (10.5)	13.62 (7.5)
1987	182.42	148.26 (81.3)	20.06 (11.0)	14.10 (7.7)
1988	182.59	146.76 (80.4)	21.40 (11.7)	14.43 (7.9)
1989	187.12	149.74 (80.0)	22.64 (12.1)	14.74 (7.9)
1990	192.78	153.93 (79.9)	23.84 (12.4)	15.01 (7.8)
1991	176.73	135.53 (76.7)	24.93 (14.1)	16.28 (9.2)
1992	178.38	135.02 (75.7)	26.03 (14.6)	17.34 (9.7)
1993	171.06	126.51 (74.0)	27.71 (16.2)	16.84 (9.9)
1994	175.96	131.75 (74.9)	28.20 (16.0)	16.01 (9.1)
1995	188.36	144.64 (76.8)	27.46 (14.6)	16.26 (8.6)
1996	181.23	134.97 (74.5)	28.61 (15.8)	17.65 (9.7)
1997	180.34	135.07 (74.9)	29.13 (16.2)	16.14 (9.0)
1998	168.82	122.55 (72.6)	29.25 (17.3)	17.02 (10.1)
1999	168.70	120.52 (71.4)	30.96 (18.4)	17.23 (10.2)
2000	178.05	123.09 (69.1)	36.26 (20.4)	18.70 (10.5)
2001	184.77	130.12 (70.4)	37.25 (20.2)	17.40 (9.4)
2002	186.95	134.11 (71.7)	35.18 (18.8)	17.66 (9.4)
2003	175.96	124.34 (70.7)	35.53 (20.2)	16.08 (9.1)
2004	177.84	126.04 (70.9)	35.26 (19.8)	16.54 (9.3)
2005	178.50	127.82 (71.6)	35.25 (19.8)	15.44 (8.7)
2006	174.04	122.38 (70.3)	35.91 (20.6)	15.75 (9.1)
2007	185.69	133.59 (71.9)	35.66 (19.2)	16.44 (8.9)
2008	179.78	129.60 (72.1)	33.50 (18.6)	16.68 (9.3)
2009	180.84	131.70 (72.8)	33.62 (18.6)	15.51 (8.6)
2010	170.64	122.05 (71.5)	32.56 (19.1)	16.03 (9.4)
2011	182.17	134.35 (73.8)	32.31 (17.7)	15.52 (8.5)
2012	173.10	125.14 (72.3)	31.86 (18.4)	16.10 (9.3)

資料來源：歷年水利統計年報，經濟部水利署，1975 ~ 2012。

2012 年二年平均又上升至 73.05%。生活用水由 1980 年代平均的 10.13%，上升至 1990 年代平均的 16.36%，其後持續上升至 2000 年代的 19.49%，2011 ~ 2012 年二年平均又下降至 18.05%。工業用水由 1980 年代的 7.92%，上升至 1990 年代的 9.60%，但 2000 年代卻小幅下降至 9.12%，2011 ~ 2012 年的平均更下降至 8.9%（見表 3）。

整體而言，過去 40 年來農業用水由 85% 下降至 71% 左右；生活用水由不到 10% 持續成長至將近 20%；工業用水的比例變化不大，由早期的 8% 左右成長至目前略高於 9%。

不過若將時間尺度縮短至過去 10 餘年，則各標的之用水趨勢和傳統上的認知頗不相同。由 2001 年至 2012 年來看（見表 3），生活用水量持續穩定下降，由最高點約 37 億噸下降至約 32 億噸；工業用水和農業用水則無明顯趨勢，前者浮動於 15-18 億噸之間，後者於 122 ~ 134 億噸間變動，總用水量介於 171 ~ 187 億噸之間。

大致上，生活用水與人口成長關連性較強，而農業用水和工業用水則受到產業結構和經濟發展之影響較深。以下本文由此角度探討不同標的之用水需求：

生活用水需求

生活用水包括家庭用水、商業用水、機關用水、公共用水和都市活動用水（如消防用水）等。水利署所統計的生活用水量為扣除工業用水後之自來水供水量加上自行取水量。

由表 4 可知，1980 年代和 1990 年代之人口成長率與自來水普及率增加速度較快，生活用水量的成長率亦較高，每人每日生活用水量呈現上升的趨勢。2000 年以後人口成長率和自來水普及率之增長幅度趨緩，加上節約用水措施已見成效，每人每日生活用水量由 2001 年最高的 470 公升/人日，下降至 2012 年的 383 公升/人日；生活總用水量亦由每年 37 億噸下降至約 32 億噸。

過去政府推估生活用水多以人口和經濟成長率做為主要的影響因子，且常見的推論是人口持續成長是生活用水需求增加的主因。然而，台灣的人口成長率逐年減緩，依國家發展委員會的人口推估，在高、中、低的假設條件下，人口高峰將分別出現於 2026 年、2021 年和 2019 年。屆時人口年成長率分別約為 0.2‰、0.1‰和 0.2‰，其後人口將出現負成長（國家發展委員會，2014）。由此初步判斷，生活用水中的家庭用水有可能在人口達高峰後呈現減緩情形，若再加上節水效果，未來生活用水量若僅考量人口因素將可能呈現負成長。

不過值得注意的是，未來人口雖可能出現負成長，但民眾生活型態的改變和服務業的成長皆可能為生活用水帶

表 4 歷年台灣地區人口成長率與自來水普及率

年度	人口數	人口成長率 (%)	自來水普及率 (%)	普及率增加百分點	生活用水量及成長率 (億噸, %)	每人每日生活用水量	每人每日自來水用水量
1987	19,725,010	1.11	80.20	-	20.06 (5.58)	302	260
1988	19,954,397	1.16	81.60	1.4	21.40 (6.68)	316	274
1989	20,156,587	1.01	82.70	1.1	22.64 (5.79)	331	287
1990	20,401,305	1.21	83.60	0.9	23.84 (5.30)	343	298
1991	20,605,831	1.00	84.20	0.6	24.93 (4.57)	355	309
1992	20,802,622	0.96	85.10	0.9	26.03 (4.41)	366	312
1993	20,995,416	0.93	86.20	1.1	27.71 (6.45)	386	323
1994	21,177,874	0.87	87.50	1.3	28.20 (1.77)	387	324
1995	21,357,431	0.85	88.01	0.51	27.46 (-2.62)	374	322
1996	21,525,433	0.79	88.80	0.79	28.61 (4.19)	386	338
1997	21,742,815	1.01	89.51	0.71	29.13 (1.82)	388	335
1998	21,928,591	0.85	90.03	0.52	29.25 (0.41)	385	324
1999	22,092,387	0.75	90.30	0.27	30.96 (5.85)	405	329
2000	22,276,672	0.83	90.48	0.18	36.26 (1.71)	461	344
2001	22,405,568	0.58	90.53	0.05	37.25 (2.73)	470	349
2002	22,520,776	0.51	90.79	0.26	35.18 (-5.56)	443	288
2003	22,604,550	0.37	90.92	0.13	35.53 (-0.99)	446	285
2004	22,689,122	0.37	91.30	0.38	35.26 (-0.76)	441	281
2005	22,770,383	0.36	91.60	0.30	35.25 (-0.03)	438	281
2006	22,876,527	0.47	91.86	0.26	35.91 (1.87)	453	284
2007	22,958,360	0.36	92.03	0.17	35.66 (0.70)	440	284
2008	23,037,031	0.34	92.20	0.17	33.50 (-0.48)	411	273
2009	23,119,772	0.36	92.21	0.01	33.62 (0.36)	410	271
2010	23,162,123	0.18	92.33	0.12	32.56 (-3.15)	396	271
2011	23,224,912	0.27	92.55	0.22	32.31 (-0.77)	391	270
2012	23,315,822	0.39	92.73	0.18	31.86 (-1.39)	383	268

資料來源：

1. 歷年全國人口統計資料庫，內政部戶政司，http://www.ris.gov.tw/zh_TW/346。
2. 76 年~101 年生活用水統計報告，經濟部水利署，<http://wuss.wra.gov.tw/snnuals.aspx>。
3. 97 年~101 年自來水生活用水量統計，經濟部水利署，<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=42091&ctNode=4561&comefrom=lp>。

來變數。舉例來說，現代民眾因生活水準提高而重視休閒活動，我國國民在國內旅遊（稱國人國內旅遊）之總旅次在 2010 年突破 1 億旅次達 123,937,000 旅次後，其後快速成長至 2012 年的 142,069,000 旅次，平均成長率為 7.3%，平均旅遊停留天數為 1.47 天（交通部觀光局，2013a）。觀光用水量較每人每日自來水用水量高，根據周嫦娥（2014）對國際觀光旅館進行水足跡評估的結果，發現每人每夜住宿國際觀光旅館的用水量約 746 公升。假設住宿其他旅館和住宿國際觀光旅館的單位用水量相差不遠，則 2012 年國人國內旅遊的觀光住宿用水量高達 1.56 億噸。與每人每日自來水用水量 268 公升計算的用水量 0.56 億噸相較，相距甚遠。觀光旅館用水屬商業用水，包含在生活用水中，故國人國內旅遊的成長有可能增加生活用水需求。

影響商業用水的另一因素為服務業的成長，再以觀光為例，過去數年政府極力推展外人來台觀光，來台旅客由 2010 年的 557 萬次（停留夜數為 7.06 夜）增加至 2012 年的 731 萬人次（停留夜數為 6.87 夜）（交通部觀光局，2013b）。若以前述國際觀光旅館之住宿單位用水量計算，來台旅客的觀光住宿用水量由 2010 年的 0.29 億噸增加至 2012 年的 0.37 億噸。

綜言之，家庭用水將因人口成長率減緩而下降，商業用水可能因生活型態改變和服務業成長而增加。

生活用水量增減與否將取決於這些影響因子的強度，不過無論如何，節約用水確定可降低生活用水量，是決定未來生活用水量是否持續成長的重要因素。

工業用水和農業用水需求

由於水資源是生產過程中不可或缺的要害，產業結構的改變對工業用水和農業用水需求的影響包括：

- 用水需求結構改變：工業用水和農業用水的比重隨著經濟發展的程度而改變，先農業後工業的發展歷程，使得農業用水漸減，工業用水增多。不過農業用水仍略多於 70%，對缺水容忍度較低的工業而言，缺水時如何在用水標的間進行合理的配置與移轉，以取得其所需水量是重要的課題。
- 用水區位改變：大致而言，過去高科技製造業與服務業較集中於北部地區，傳統產業和農林漁牧業則集中於中部與南部地區。產業結構的改變，不僅會改變用水結構，亦會改變用水區位。舉例來說，南部和中部科學園區的推動，使得中部和南部地區的工業用水需求增加。
- 整體用水需求改變：一般而言，服務業用水較工業用水和農業用水少，如果服務業比重增加，工業和農業比重減少，整體用水量可能呈現緩增的狀況。

產業結構的變遷是經濟發展過程之必然現象，由先進國家的發展經驗可知，經濟發展過程通常是先農業而後工業，再由工業進展至服務業，台灣的經濟發展也循著相似的軌跡。日據時代我國以農業生產為主，

1950年代開始工業發展，1970年代工業GDP突飛猛進，至1986年達到47.6%的占比高峰，1980年代後期服務業穩定成長且其GDP超過全國GDP的50%，正式邁入以服務業為主的經濟體系（見表5）。

表5 我國歷年產業結構變遷

單位：百萬元，%

年度	名目 GDP			躉售物價指數	實質 GDP*		
	農業	工業	服務業		農業	工業	服務業
1975	72,034 (14.4)	203,666 (40.7)	224,166 (44.8)	51.62	139,547 (14.4)	394,549 (40.7)	434,262 (44.8)
1976	77,389 (12.9)	265,859 (44.3)	257,127 (42.8)	53.05	145,879 (12.9)	501,148 (44.3)	484,688 (42.8)
1977	85,350 (12.1)	318,294 (45.2)	301,190 (42.7)	54.52	156,548 (12.1)	583,811 (45.2)	552,440 (42.7)
1978	91,676 (11.0)	390,187 (46.6)	355,051 (42.4)	56.44	162,431 (11.0)	691,331 (46.6)	629,077 (42.4)
1979	100,995 (10.1)	469,613 (46.9)	430,541 (43.0)	64.25	157,191 (10.1)	730,915 (46.9)	670,103 (43.0)
1980	113,094 (9.0)	584,536 (46.4)	561,228 (44.6)	78.09	144,825 (9.0)	748,541 (46.4)	718,694 (44.6)
1981	128,008 (8.4)	701,417 (46.0)	694,040 (45.6)	84.04	152,318 (8.4)	834,623 (46.0)	825,845 (45.6)
1982	147,016 (7.7)	843,022 (44.4)	909,933 (47.9)	83.89	175,249 (7.7)	1,004,914 (44.4)	1,084,674 (47.9)
1983	153,289 (7.3)	944,691 (45.0)	1,002,025 (47.7)	82.90	184,908 (7.3)	1,139,555 (45.0)	1,208,715 (47.7)
1984	148,351 (6.3)	1,081,913 (46.2)	1,112,814 (47.5)	83.30	178,092 (6.3)	1,298,815 (46.2)	1,335,911 (47.5)
1985	142,999 (5.8)	1,144,824 (46.3)	1,185,963 (47.9)	81.13	176,259 (5.8)	1,411,098 (46.3)	1,461,806 (47.9)
1986	158,224 (5.5)	1,360,196 (47.6)	1,336,760 (46.8)	78.42	201,765 (5.5)	1,734,501 (47.6)	1,704,616 (46.8)
1987	171,728 (5.3)	1,510,912 (46.7)	1,554,411 (48.0)	75.87	226,345 (5.3)	1,991,449 (46.7)	2,048,782 (48.0)
1988	177,416 (5.0)	1,579,639 (44.8)	1,766,138 (50.1)	74.68	237,568 (5.0)	2,115,210 (44.8)	2,364,941 (50.1)
1989	192,872 (4.9)	1,666,633 (42.3)	2,079,321 (52.8)	74.40	259,237 (4.9)	2,240,098 (42.3)	2,794,786 (52.8)
1990	180,110 (4.2)	1,775,583 (41.2)	2,351,350 (54.6)	73.96	243,524 (4.2)	2,400,734 (41.2)	3,179,218 (54.6)
1991	182,356 (3.8)	1,975,634 (41.1)	2,652,715 (55.1)	74.08	246,161 (3.8)	2,666,893 (41.1)	3,580,879 (55.1)
1992	191,974 (3.6)	2,139,747 (40.1)	3,007,231 (56.3)	71.36	269,022 (3.6)	2,998,524 (40.1)	4,214,169 (56.3)
1993	215,333 (3.6)	2,328,822 (39.3)	3,374,221 (57.0)	73.15	294,372 (3.6)	3,183,625 (39.3)	4,612,742 (57.0)
1994	227,172 (3.5)	2,437,727 (37.7)	3,798,701 (58.8)	74.74	303,950 (3.5)	3,261,610 (37.7)	5,082,554 (58.8)
1995	244,265 (3.5)	2,552,997 (36.4)	4,220,671 (60.1)	80.25	304,380 (3.5)	3,181,305 (36.4)	5,259,403 (60.1)
1996	245,184 (3.2)	2,742,061 (35.7)	4,690,881 (61.1)	79.45	308,602 (3.2)	3,451,304 (35.7)	5,904,193 (61.1)
1997	211,419 (2.5)	2,933,912 (35.3)	5,159,936 (62.1)	79.08	267,348 (2.5)	3,710,056 (35.3)	6,524,957 (62.1)
1998	220,908 (2.5)	3,085,319 (34.7)	5,593,063 (62.8)	79.55	277,697 (2.5)	3,878,465 (34.7)	7,030,877 (62.8)
1999	237,253 (2.6)	3,072,555 (33.2)	5,934,630 (64.2)	75.94	312,422 (2.6)	4,046,030 (33.2)	7,814,893 (64.2)
2000	201,337 (2.1)	3,126,229 (32.5)	6,284,925 (65.4)	77.32	260,395 (2.1)	4,043,235 (32.5)	8,128,460 (65.4)
2001	185,167 (2.0)	2,945,227 (31.2)	6,317,255 (66.9)	76.28	242,747 (2.0)	3,861,074 (31.2)	8,281,666 (66.9)
2002	178,590 (1.7)	2,911,147 (28.3)	7,203,609 (70.0)	76.32	234,002 (1.7)	3,814,396 (28.3)	9,438,691 (70.0)
2003	174,665 (1.7)	2,941,639 (28.0)	7,403,270 (70.4)	78.21	223,328 (1.7)	3,761,206 (28.0)	9,465,887 (70.4)
2004	181,475 (1.6)	3,050,623 (27.6)	7,833,450 (70.8)	83.71	216,790 (1.6)	3,644,275 (27.6)	9,357,843 (70.8)
2005	189,759 (1.7)	3,098,734 (27.1)	8,166,234 (71.3)	84.22	225,314 (1.7)	3,679,333 (27.1)	9,696,312 (71.5)
2006	193,142 (1.6)	3,190,815 (26.8)	8,505,866 (71.5)	88.96	217,111 (1.6)	3,586,797 (26.8)	9,561,450 (71.5)
2007	191,886 (1.4)	4,504,852 (34.0)	8,537,881 (64.5)	94.72	202,582 (1.4)	4,755,967 (34.0)	9,013,810 (64.5)
2008	201,656 (1.5)	4,175,333 (32.1)	8,635,831 (66.4)	99.59	202,486 (1.5)	4,192,522 (32.1)	8,671,384 (66.4)
2009	215,109 (1.7)	4,096,400 (32.0)	8,495,170 (66.3)	90.90	236,644 (1.7)	4,506,491 (32.0)	9,345,622 (66.3)
2010	224,828 (1.6)	4,784,526 (34.0)	9,065,393 (64.4)	95.86	234,538 (1.6)	4,991,160 (34.0)	9,456,909 (64.4)
2011	245,783 (1.7)	4,725,408 (33.0)	9,341,009 (65.3)	100.00	245,783 (1.7)	4,725,408 (33.0)	9,341,009 (65.3)
2012	242,400 (1.7)	4,756,737 (32.7)	9,525,363 (65.6)	98.84	245,245 (1.7)	4,812,563 (32.7)	9,637,154 (65.6)

註：撰文期間，主計總處因重新以100年工商普查資料修正歷年名目GDP和實質GDP，故暫將歷年名目和實質GDP統計資料由網站移除。另外，由於歷年紙本國民所得統計之實質GDP以不同基期計算。因此，本文由歷年紙本資料取得名目GDP資料，再以躉售物價指數（以2011年為基期）平減，計算各年實質GDP。

資料來源：1. 名目GDP取自72、73、78、83、88、93、95、102年國民所得統計資料，行政院主計總處。

2. 消費者與躉售物價指數統計表，行政院主計總處，<http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=35375&CtNode=2850&mp=1>。

1990年代因全球化和自由化的世界趨勢，加上國內勞動、土地等生產成本偏高，廠商對外投資增加。尤其是民生製造業大舉赴大陸投資設廠，產業外移造成國內工業整體GDP比重逐年下降，至1999年工業GDP比重僅占33.2%。為因應產業外移，此段期間政府推動傳統勞力密集產業升級，同時發展十大新興工業，結果電子電機業、機械與運輸工具業、金屬業等生產比重增加。其後，資訊電子產業興起，2000年後資訊電子產業為台灣產業發展轉型奠定基礎，配合政府的各項獎勵措施與輔導，資訊電子業逐漸取代鋼鐵、石化等產業成為台灣的重要產業（蔡宏明，1996；林芳一、劉筱慧，2002）。2000年代中期工業GDP下降至最低的26.8%後，比重又逐漸增加，目前穩定在33~34%之間。

由工業部門的實質GDP來看，從1975年一路成長至1999年最高峰的4.046兆元。其後持續下降至2006年，2006年後工業實質GDP呈現不規則變動。若比較表3和表5可發現，此期間工業用水量與其GDP的變化幅度和方向並不一致，可能是不同期間產業發展重點不一，不同產業之耗水程度不同所致（見表6）。2006年後工業部門的GDP比重有增加的趨勢，但工業用水無顯著變化，介於15~17億噸之間，可能和工業生產力提升，以及節水措施、廢水回收再利用的推動成效有關。

表6 我國製造業用水係數

部門	用水係數 (噸/萬元)	部門	用水係數 (噸/萬元)
礦產	10.34	石油煉製品	1.11
加工食品	0.81	非金屬礦物製品	1.35
飲料	8.59	鋼鐵	3.76
菸	6.17	其他金屬	0.59
紡織品	1.67	金屬製品	1.03
成衣及服飾品	0.47	機械	2.56
皮革及皮製品	3.38	家用電子電器產品	0.30
木材及木製品	1.52	資訊產品	0.30
紙、紙製品及印刷出版	4.88	通信產品	0.23
化工原料	3.59	電子零配件	5.15
人造纖維	5.80	電機及其他電器	0.36
塑膠	0.95	運輸工具	1.78
塑膠製品	1.67	其他製品	0.65
其他化學製品	10.65		

註：台灣經濟研究院調查1999年製造業用水量（包括地面水、地下水和自來水），為配合當時已公布的1996年產業關聯表，將其調查資料回推至1996年的用水量。本文將1996年產業關聯表中的產值除以各產業的用水量，並將其定義為產業的用水係數。用水係數愈高表示該產業愈耗水。

資料來源：

1. 台灣經濟研究院（2000），水資源總體經濟模式（四之一），經濟部水資源局委託。
2. 行政院主計處（2000），中華民國八十五年臺灣地區產業關聯表編製報告。

早期台灣的產業政策皆以追求經濟發展為主要考量，未將水資源的有限性視為發展產業的限制條件，往往在產業政策形成後才找水源。此種錯置的規劃方式導致水資源管理上的困難，且需支付極高的代價解決水源問題。近年來政府逐漸意識到水資源的侷限性，亦強調產業發展需考量水資源的可取得性。舉例來說，面對全球化的經貿競爭和區域經濟整合的潮流，經濟部提出優化產業結構的三業四化行動計畫（經濟部，2012）。該計畫示範推動的亮點產業包括紡織產業、物流產業、資訊服務業、資訊硬體產業，以及工具機整機設計製造與製造服務等。雖然其中仍不乏耗水性較高的產業如紡織業和工具機製造業（見表6），但可看出政府的產業政策方向漸由較耗水的製造業，轉向耗水較低的技術服務業與商業服務業。未來若能循此模式發展產業，加上節約用水和廢水回收再利用，應可大大降低工業的用水量和缺水風險。

事實上，為解決廠商投資或開發後找不到水源的困擾，經濟部水利署於2003年即根據水利法施行細則第46條以及都市計畫等其他相關法源，制訂「用水計畫書審查作業要點」。規定用水量在一定規模以上的開發計畫，需向主管機關提送用水計畫書，審查通過後方能進行開發。用水計畫書雖能確保廠商覓得水源後再行開發，然用水計畫的審查制度仍有諸如協調供水單位相當耗時、單位用水量之合理性、實際用水量稽核等執行面問題待解決。

在農業用水部分，1990年代我國為爭取加入WTO，被要求開放部分農產品進口。農委會為避免稻米生產過剩影響價格，因而實行休耕減少國內種稻面積。台灣休耕面積已高達20多萬公頃，占耕地約1/4。由表7可看出，我國耕地面積逐年減少，但灌溉面積則無明顯變化趨勢，農業用水比重一直維持在70%以上，且近幾年更有微幅成長的情況。

極端氣候不僅對水資源供給造成衝擊，對經濟活動也產生影響，尤其對農作物收成的影響更是劇烈。晚近國際上糧食欠收的消息頻傳，糧價亦大幅浮動，全球糧食危機的警語時有所聞。2011年的「全國糧食安全會議」將國內的糧食自給率由約1/3提高至40%。因此，休耕地的活化利用將成為未來重要農業議題，灌溉用水需求亦可能隨之增加。

表 7 歷年台灣地區耕地面積與灌溉面積

年度	耕地面積 (公頃)	灌溉面積 (公頃)
1997	864,817	445,488
1998	864,814	441,392
1999	855,072	443,058
2000	851,496	444,670
2001	848,745	370,406
2002	847,335	387,243
2003	844,095	368,508
2004	835,508	432,609
2005	833,179	336,734
2006	829,526	335,395
2007	825,949	353,930
2008	822,364	365,487
2009	815,462	343,721
2010	813,126	340,467
2011	808,294	309,496
2012	802,876	397,631

註：2006 年前後的灌溉地面積統計範圍不同，2006 年之前含私設埤圳。
資料來源：86 ~ 101 年農業用水統計報告，經濟部水利署，2015，
<http://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>。

若觀察農業用水量、工業用水量、農業和工業實質 GDP 等變數（見表 3 和表 5），並定義農（工）業用水生產力為農（工）業實質 GDP 除以農（工）業用水量，單位為元／噸（見表 8）。由表 8 可看出，農業用水的生產力在 2000 年以前呈現成長的態勢，但 2000 年後反而下降；工業用水之生產力則一路成長。比較農業用水和工業用水之生產力亦可觀察到，工業用水生產力成長率較農業用水生產力成長率高出甚多。由於農業用水除了生產效益外，尚具有生態和生活機能等三生功能，故本文不強調農業用水與工業用水生產力之差異。而由此二種用水自身的生產力可看出，工業用水效率長期以來持續提升，相對地，農業用水效率在早期雖有所提升，但 2000 年之後卻下降，顯示農業用水效率確實有待改善。

表 8 台灣地區農業用水與工業用水之生產力

單位：元／噸

期間	農業用水之生產力	工業用水之生產力
1975 年 ~ 1980 年	10.58	396.88
1981 年 ~ 1990 年	13.36	1,099.90
1991 年 ~ 2000 年	21.79	2,029.49
2001 年 ~ 2010 年	17.46	2,500.72

註：1. 農業用水之生產力 = 農業實質 GDP / 農業用水量。
2. 工業用水之生產力 = 工業實質 GDP / 工業用水量。
3. 實質 GDP 以 2011 年為基期計算。
資料來源：同表 3 和表 5，以及本研究計算。

由表 2 和表 3 可知，各用水標的核發的水權量皆較其用水量高出甚多，以致用水標的間常態性的水量移用時有所聞。尤其是農田水利會擁有大量水權及輸水渠道，常透過短期或長期契約，將水量移轉給自來水公司或私人企業使用，且多以「加強灌溉管理費」或「設備使用費」名義收取補償。而在乾旱時協調農業部門將水移轉予工業部門與自來水事業單位使用，是常見的水資源調度方式，但因農業用水優先順序在工業用水之前，常遭農業部門抗議。若缺水是未來台灣水資源必然面臨的問題，則協調農業停灌與休耕將是無法避免的作為，農業用水移用與補償必須建立更明確更有效率的機制。

綜言之，過去一般認為生活用水和工業用水將會持續成長，而農業用水會下降。此種趨勢在最近 10 多年已出現不同的變化：生活用水穩定下降，工業用水大體上也穩定在小區間內浮動，農業用水雖也呈現浮動不定的情況，但近幾年增長情形較為明朗。不過值得注意的是，雖然各標的用水趨於穩定，但前面探討之各用水標的之影響因子若產生變化即可改變用水需求量。舉例來說，過去 10 多年台灣的經濟成長力道較弱，工業用水量因而相對穩定，未來經濟若有所改善，則相信工業用水量會持續成長。

水資源需求面管理策略工具之建議

由水資源需求面的探討可知，各標的用水量雖趨緩和，但不表示未來用水量不會成長，特別是面對我國水資源不足和不均之根本課題，以及氣候異常帶來的缺水風險，提昇用水效率與水資源合理配置應是確保用水無虞的重要水資源需求管理工作。我國政府過去在提升用水效率方面，重技術面策略工具的推動，輕管理面策略工具的使用。舉例來說，政府多年來以推動節約用水、廢水回收再利用等技術工具來提升用水效率，其成效雖已顯現，但若搭配管理策略工具的使用，相信更能收事半功倍之效。至於水資源合理配置部分，應落實價格機制以達到水資源之最適配置。綜此，本文建議水資源管理策略及工具如下：

產業政策之擬定應符合水資源總量管制精神

產業和經濟政策之擬定除須考慮國際分工、社經條件、發展潛力等因素外，在資源使用方面必須符

合總量管制精神。簡言之，水資源的利用應考慮環境涵容能力，不應超限利用造成對國土或河川生態的危害。因此，產業或經濟政策規劃時必須考慮水資源供給的侷限性，以其為限制條件，研擬發展的最佳方案。

為達總量管制與管理目的，水政單位須建立完整和解析度較高的水文與用水資訊系統。水文資訊應包含降雨量、水庫蓄水量與存量、河川流量、可取水量、河川環境基本流量、地下水存量和安全出水量、滲透量與取水量等。用水資訊至少應有水權量、取水量、取水地點、取水單位、標的用水量和放流量等。目前經濟部水利署編印的「水利統計」雖有相對完整的水文和用水量資訊，但資料解析度不足，舉例來說，用水量以用水標的區分而無產業部門別和次部門別的水量資料。聯合國於 2012 年出版的水資源環境與經濟帳系統 (System of Environmental-Economic Accounting for Water, SEEA-Water)，以國民會計制度 (System of National Accounts, SNA) 的基本架構為基礎建置各類水資源帳，可解決國內水利統計解析度不夠的問題。若能以水利統計為基礎，配合 SEEA-Water 水資源帳內容，建立完整且高解析度的水文和用水資訊，則可提供決策所需之細部資訊，方能落實總量管制與管理。

根據 SEEA-Water，水資源是人類基本需求、社經發展、健全生態系統所必須，具有 (1) 提供人類生產和消費所需之投入，(2) 匯集廢棄物質，例如，廢水排放至水體，以及 (3) 做為各類生物之棲息地等功能。SEEA-Water 聚焦於水資源之前二項功能，提供環境體系和經濟體系的整合資訊系統架構。

水資源在環境體系和經濟體系的相互關係可以圖 1 說明，圖中區域的內陸水資源系統 (inland water resource system) 包含區域內所有的水資源，即地面水、地下水和土壤水 (soil water 或稱為綠水)，以及其間的自然流量；區域內的經濟體系為使用水資源的所有居民組成，水資源使用者為生產和消費目的取水，並以水利設施蓄水、淨水和配水；經濟體系可透過回歸水 (含排水) 讓水資源重返環境體系；圖中所指的特定區域可以是國家、流域或行政區域；區域間可透過水資源的進口和出口，或藉由集水區上游的水資源流入和對下游的水資源流出交換水資源；區域亦可透過降雨和蒸發散與大氣交換水資源。

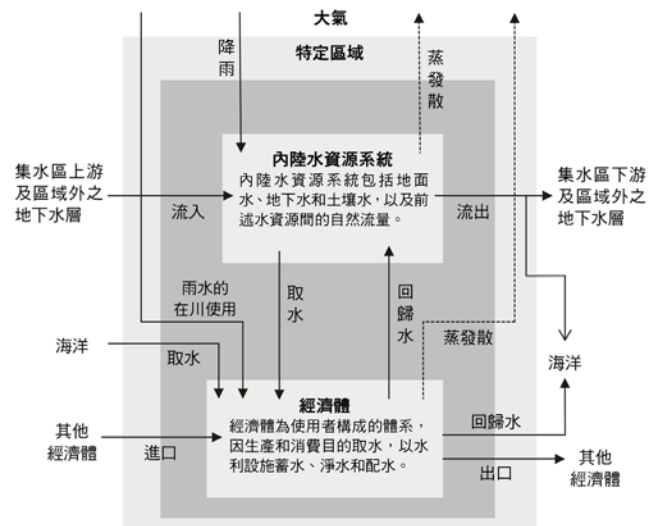


圖 1 經濟體系及環境體系之水資源流量
資料來源：SEEA-Water, 2012

SEEA-Water 認為水資源政策會影響一國的經濟發展，而一國的產業政策也會對水資源和環境造成衝擊。因此，SEEA-Water 以圖 1 呈現的關係為架構蒐集資料，包括 (1) 環境體系中水資源的存量與流量；(2) 經濟體系的取水和排放對環境體系產生的影響；(3) 水資源供給、生產與消費的水資源使用；(4) 經濟體系中水資源的再利用；(5) 水資源蓄存、淨化、配送和處理之成本，以及用水人支付的服務費用；(6) 前述成本的資金籌措；(7) 取水許可費用及廢水排放費；(8) 水力存量 (hydraulic stock) 及水利建設投資。其蒐集的資料可分以下 5 類帳表呈現：

- 水資源供給使用實物帳與排放帳 (physical supply and use tables and emission accounts)：「水資源供給實物帳」含 (1) 描述水資源在經濟體系內的流量，例如，水資源由某產業送至另一產業或家戶；(2) 描述水資源由經濟體系流入環境體系的流量，例如，將廢水排放至河川。
「水資源使用實物帳」含 (1) 描述由環境體系至經濟體系的流量，例如，工業部門的取水；(2) 描述經濟體系內水資源的流量，例如，產業部門由其他產業、家計部門取得水量。
「水資源排放帳」描述產業、家計、政府等部門排放廢水之污染物量。
- 水資源混合帳與經濟帳 (hybrid and economic accounts)：水資源混合帳係將水資源供給與使用的實

物和貨幣資訊同時呈現於一張帳表。此表可完整揭示水資源經濟面的所有資訊，並可以此建立評估水資源生產力和密集度等指標。

- 水資源資產帳 (water asset accounts)：通常資產帳會衡量資產的期初和期末存量，並記錄資料期間的存量變動。水資源資產帳中含有二種資產：人造資產 (produced assets) 與水資源資產。前者即取水、送水、水處理、排水之設施，屬固定資產，可提供經濟體系內調動水資源和處理水資源能力的相關資訊。水資源本身之資產帳呈現的是期初和期末水資源存量，以及期間的變動狀況。造成水資源的變動的原因有自然因素 (如，降雨、蒸發散、逕流等) 和人類活動 (如，取水與排水)。
- 水資源品質帳 (water quality accounts)：資產帳亦可以水質為基礎編製，即以水質呈現期初和期末的水資源存量。
- 水資源評價 (valuation of water resources)：評估水資源是否因過度使用而造成折耗。

以水足跡為工具評估用水標的之合理用水量

水資源管理需有準確的數據做為決策的依據，而我國目前各用水標的用水量之統計方式仍有不小可探討與改進的空間。水利署「水利統計」中的農業用水包括灌溉用水、養殖用水和畜牧用水。灌溉土地分農田水利會轄區及非轄區，轄區內之灌溉用水量係蒐集各農田水利會實際灌溉面積及引用水量計算，轄區外則無實際量測資料；畜牧用水量以各畜牧種類之單位用水量乘以實際畜養量計算；養殖用水量則以養殖面積乘以不同魚種養殖單位面積用水量計算。由此可知，灌溉用水以引用水量而非實際用水量估算，畜牧單位用水量和養殖單位面積用水量是否合理等諸多問題，皆值得進一步研議。另工業用水量以單位面積日用水量乘以工業面積，再乘以年工作日數計算。以單位面積用水量推估工業用水量，長期受到質疑且未見改善。

此外，前面提及為開發前能先覓得水源而執行的用水計畫書審查，受理機關需審查需用水量的合理性。然檢視用水計畫書審查作業要點之附件三，其中各部門別的工業用水量亦是以具爭議性的面積單位用水量估算。由此顯見部門別的合理用水量至今尚未有完

善的評估方法，針對此問題本文建議以水足跡 (water footprint) 為工具，確實評估農業用水和工業用水的合理用水量。

「水足跡」一詞為荷蘭教授 Hoekstra 於 2002 年提出 (Hoekstra, 2003)。Hoekstra 提出的水足跡原指產品水足跡，乃生產一產品之完整供應鏈耗用的淡水水量，即生產產品直接和間接的淡水耗用量。其後 Hoekstra & Chapagain (2008) 又加以衍生而包含藍水足跡 (blue water footprint)、綠水足跡 (green water footprint) 和灰水足跡 (grey water footprint)。藍水足跡為耗用的地面水和地下水量；綠水足跡為耗用的綠水 (蘊藏於土壤中的雨水) 水量；灰水足跡為虛擬水量概念，指耗用後的廢水在受水體水質標準下，吸收污染物所需的淡水水量。除產品水足跡之外，亦可評估消費者水足跡、國家水足跡、企業或產業水足跡，以及區域、集水區或流域水足跡。前述各類水足跡可提供不同層次水資源管理的相關資訊，舉例來說，流域水足跡以及流域內消費者和產業水足跡的評估結果，可供上位管理者檢視流域的水資源是否在環境涵容能力內合理有效利用，而個別企業亦可利用結果評估自身水資源的利用效率和用水的相關風險。

水足跡概念提出後，很快受到國際組織和國際大廠的重視與推廣，ISO (International Organization for Standardization) 更於 2014 年通過水足跡國際標準 ISO14046 Environmental management - Water footprint - Principle, requirements and guideline。水足跡被 ISO 界定為環境管理之一環，其評估之主要目的在於增加對水資源相關潛在環境衝擊的瞭解，並以生命週期做為產品和企業水足跡評估之基礎。ISO 14046 分別以水量和水質評估水資源利用的潛在環境衝擊，其對水量的評估可對應至 Hoekstra 的藍水足跡和綠水足跡，水質部分則可對應至灰水足跡。

Hoekstra 的水足跡強調供應鏈的概念，而 ISO 14046 則著重生命週期評估，二者皆須評估供應商的間接用水量。然而，實務上不易取得供應鏈廠商的用水資料，真正能掌握的為廠商自身的用水資訊，即廠商的直接用水狀況。廠商評估水足跡時需釐清其製程的水流向，並以此製作水平衡圖，呈現廠商完整的用水資訊。若廠商以此資訊檢視其製程之用水合理性，並改善和提升用水效率，則最終水足跡代表的是廠商有

效率的用水量（即合理用水量）。若能鼓勵廠商以水足跡評估用水量，再配合公正第三方的查證，確保評估結果的正確性，則可進一步整合廠商或產業的合理用水資訊。此外，廠商亦可以水足跡評估結果審視自身用水的效率，做為推動節約用水和廢水回收再利用等措施的參考依據。

利用價格機制提升用水效率

水資源管理上常藉由價格機制來提升用水效率，可影響價格的水資源政策包括合理水價、水權費徵收和水資源交易（或水量移轉）等。

合理水價可健全自來水事業的經營與管理，確保水質安全，提高節水誘因，達到水資源永續經營之目的。在使用者付費用的公平原則下，合理水價可使水資源配置達到最大效率。台灣自來水水價已超過 20 年未調整，長期偏低的水價對自來水事業之營運有不良影響，特別是管線無法及時汰舊換新，影響供水品質與效率。同時造成政府對用水的鉅額補貼，產生效率與公平問題，且過低的水價會減少產業提高用水效率和開發水源的科技創新誘因。整體而言，現行水價對提升用水效率有負面影響，間接造成諸多水資源政策推動上的困難。

事實上，自來水法對水價的訂定與調整有相關的規定。自來水法第 59 條「自來水價之訂定，應考量自來水供應品質，以水費收入抵償其所需成本，並獲得合理之利潤；…。」；第 60 條「中央主管機關應成立水價評議委員會，委員會由政府機關、學者專家、消費者團體等各界公正人士組成，負責水費之調整，其組織規程由中央主管機關定之。」由此可知，我國自來水採「反映成本（cost recovery）」的訂價方式，但並未明確規範應反映的成本內容。廣義的自來水成本可包括財務成本、環境成本和資源成本等，但實務上反映所有成本相當困難，故目前很多國家在自來水價上反映的多是財務成本（European Environment Agency, 2013）。

今（2015）年度由於我國面臨 67 年以來最嚴重的乾旱，水價偏低問題再度引起廣泛的討論。經濟部因而連續召開多次的自來水水價評議委會會議，討論水價公式，公式中的成本除了自來水事業的經營成本

外，亦包含了部分的水源保護費用，以及為提高供水效率的未來營運發展費用等。以此水價公式，建議自來水事業和其主管機關能儘速擬定水價調整方案，落實合理水價。

提到「水價」，國人一般的解讀多認為是自來水價，其反映的是自來水的使用成本。然自來水僅是水資源的一種型態，地面水和地下水更是水資源的大宗。嚴格來說，國內大部分地面水與地下水的使用並未付費。我國水利法以水權規範用水秩序，明文規定水利事業得徵收水權費。

水權制度是各國主導水資源分配與利用的主要管理制度，水權經過長時間的形成與發展，在各國有不同的定義和內涵。廣義的說，水權是水資源的取得、使用或享用的權利。全球大部分地區或國家都將水資源歸為國家所有，而水權則為水資源的「效益使用」之權利，並依此界定水資源的財產權，保障個別用水人的權利，規範水資源的分配，進而建立水資源的使用秩序。

各國水權費徵收的名目不一，但多為規費或行政成本的回收，徵收的費率多未達到可落實使用者付費原則的程度。其主要原因為水權費多被視為稅收，徵收的阻力很大。由使用者付費的角度來說，水權費的徵收除反映水利設施之投資成本和行政成本，也應包含水資源的使用價值。

我國水利法第 84 條明文規定，政府為發展及維護水利事業得徵收水權費，除支付管理費用外，撥充水利建設專款。雖於法有據，但水利法制訂數十年來一直未徵收水權費。依照黃宗煌（1999）的分析，水權費徵收在執行上面臨制度性和分配性障礙。前者乃因政府部門間的立場不同而產生，例如，工業局可能擔心水權費的徵收會增加工業部門的製造成本。至於分配性障礙指的是利益或成本分配上的衝突，造成利害關係人的反對。本文則認為用水人的心態是主要阻力，若「使用者付費原則」無法根植於用水人的觀念裡，則人人視水權為一種負擔，而非實踐用水公平的工具，自然會產生阻力。以目前國內政治的運作方式，主管機關多受制於民意，無法推動水權費徵收工作。觀念的改變需要時間，在徵收水權費之前，主事者應先進行政策影響評估，並積極與民眾進行觀念的溝通。

工業部門應有經常性移用農業用水的事實，然因農業部門害怕喪失水權，水量的移用一直無法檯面化，無法正常調度標的間之用水，提高水資源配置效率。從國外的經驗可知，水資源的調配與移轉為水權管理之重要一環，具有市場機制的水資源交易漸在國外成為重要且有效率的水資源配置措施。水資源交易雖能有效提升水資源配置效率，且目前法規並未禁止，周嫦娥等人之研究（台灣經濟研究院，2000）亦發現，台灣具有建構水資源交易的潛力（亦即交易後用水人之淨效益會提升），交際市場可能是獨賣和寡占買方之型態。然礙於對水資源交易的疑慮，以及實施水資源交易之相關法規與軟硬體條件的建構需長期規劃。國內若欲以水資源交易方式解決標的間用水不足的問題，僅能循序漸進先實行示範性交易，未來再逐步放寬至具彈性的水資源交易型態。

參考文獻

一、中文部分

1. 水利署（2002），台灣地區水資源開發綱領計畫，http://hysearch.wra.gov.tw/wra_ext/WaterInfo/wrproj/main/main.htm。
2. 台灣經濟研究院（2000），水資源總體經濟模式（四之一），經濟部水資源局委託。
3. 林芳一、劉筱慧（2002），「民國 100 年台灣產業發展願景」，經濟研究，第 2 卷，P169-183。
4. 周嫦娥（2014），企業水足跡盤查機制建立及推動策略之研究（1/2），經濟部水利署委託計畫。
5. 黃宗煌（1999），「開徵水權費之意義與芻議」，國立清華大學經濟系，未發表論文。
6. 國家發展委員會（2014），中華民國人口推估（103 至 150 年），國家發展委員會。
7. 經濟部（2012），台灣產業結構優化 - 三業四化（製造業服務化、服務業科技化及國際化、傳統產業特色化）行動計畫（核定本）。
8. 蔡宏明（1996），「跨世紀產業政策的規劃架構」，經濟情勢暨評論，第 2 卷第 1 期。

二、英文部分

1. European Environment Agency (2013), Assessment of cost recovery through water pricing, EEA Technical Report No 16.
2. Hoekstra, A.Y. (2003), Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No.12.
3. Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain (2008), Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
4. United Nations (2012), System of Environmental-Economic Accounting for Water, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division, United Nations, New York.

三、統計資料來源

1. 內政部戶政司（2015），歷年全國人口統計資料庫，http://www.ris.gov.tw/zh_TW/346。
2. 水利署（1997），水利統計年報，經濟部水利署編印。
3. 水利署（1998），水利統計年報，經濟部水利署編印。
4. 水利署（1999），水利統計年報，經濟部水利署編印。
5. 水利署（2000），水利統計年報，經濟部水利署編印。
6. 水利署（2001），水利統計年報，經濟部水利署編印。
7. 水利署（2002），水利統計年報，經濟部水利署編印。
8. 水利署（2003），水利統計年報，經濟部水利署編印。
9. 水利署（2004），水利統計年報，經濟部水利署編印。
10. 水利署（2005），水利統計年報，經濟部水利署編印。
11. 水利署（2006），水利統計年報，經濟部水利署編印。
12. 水利署（2007），水利統計年報，經濟部水利署編印。
13. 水利署（2008），水利統計年報，經濟部水利署編印。
14. 水利署（2009），水利統計年報，經濟部水利署編印。
15. 水利署（2010），水利統計年報，經濟部水利署編印。
16. 水利署（2011），水利統計年報，經濟部水利署編印。
17. 水利署（2012），水利統計年報，經濟部水利署編印。
18. 水利署（2013），水利統計年報，經濟部水利署編印。
19. 水利署（2015），歷年生活用水統計報告，<http://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>。
20. 水利署（2015），歷年年自來水生活用水量統計，<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=42091&ctNode=4561&comefrom=lp>。
21. 水利署（2015），歷年農業用水量統計報告，水利署各項用水統計資料庫，<http://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>。
22. 行政院主計處（1983），七十二年中華民國國民所得。
23. 行政院主計處（1985），七十三年中華民國臺灣地區國民所得。
24. 行政院主計處（1989），七十八年中華民國臺灣地區國民所得。
25. 行政院主計處（1994），八十三年中華民國臺灣地區國民所得。
26. 行政院主計處（1999），八十八年中華民國臺灣地區國民所得。
27. 行政院主計處（2000），中華民國八十五年臺灣地區產業關聯表編製報告。
28. 行政院主計處（2005），民國 93 年國民所得統計年報。
29. 行政院主計處（2007），民國 95 年國民所得統計年報。
30. 行政院主計總處（2013），民國 102 年國民所得統計年報。
31. 行政院主計總處（2014），消費者與躉售物價指數統計表，<http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=35375&CtNode=2850&mp=1>。
32. 交通部觀光局（2013a），中華民國 102 年國人旅遊狀況調查報告。
33. 交通部觀光局（2013b），中華民國 102 年來臺旅客消費及動向調查報告。
34. 台灣省水利局（1987）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
35. 台灣省水利局（1988）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
36. 台灣省水利局（1989）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
37. 台灣省水利局（1990）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
38. 台灣省水利局（1991）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
39. 台灣省水利局（1992）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
40. 台灣省水利局（1993）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。
41. 台灣省水利局（1994）台灣省水利統計手冊，台灣省水利局編印。

