

# 氣象與旱災災害應變管理機制運用

林元鵬 林震哲 黃宏甫  
經濟部水利署

## 摘要

隨著氣候變遷的加劇，所面臨的旱澇挑戰也更嚴苛，臺灣在產業型態轉型用水結構已由用水粗放之農業用水，逐漸增加偏重於缺水忍受度低之民生及工業用水，一旦氣候稍不穩定，降雨不如預期，則供水穩定度降低，進而發生供水缺口，造成民眾恐慌及社會經濟損失，必須採取旱災應變管理手段，利用中央氣象局提供中長期及短期預報資訊，配合水文資料建立水資源預警指標，掌握水資源供需情勢，採取日日監看、旬旬檢討，依據不同旱災等級建置水情燈號，實施限水措施必須檢驗、回饋，並做檢討調整，另必須提前告知民眾、產業共同採取節水措施因應。2014年9月至2015年5月，臺灣遭逢大旱，除依據「旱災災害防救業務計畫」辦理抗旱作業，並採取動態調整措施，確實達到減少災害發生損失之目標。

關鍵字：旱災、應變管理、水情燈號

## 一、前言

回顧近幾年世界各國均發生重大乾旱事件，如2002年至2004年、2010年及2015年台灣均發生乾旱造成停灌休耕，而2009年澳洲及中國大陸北方部分地區出現不同程度的乾旱現象。2010年初中國西南發生大乾旱有些地區甚至持續半年，水庫甚至乾涸，及近年美國加州連續數年乾旱，造成社會及經濟的重大損失。這些天然災害均顯示，氣候有劇烈變化之趨勢，在水資源情勢上，由於社會發展之變化，越來越難開發新水源，而使可用水資源日漸減少。

在乾旱應變管理上，藉助中央氣象局各項數值與統計進步，於氣象預測上可見微知著，提供明確之訊號，供水單位經濟部水利署、自來水事業、農田水利會等各水庫管理單位，平時掌握所屬各水庫蓄水情形及民生用水、農業用水供需情形等資訊，並每日將水庫蓄水變化報表傳送，並於網站公開，提供掌握全臺供水變化。於水情稍有狀況時，水利署各水資源局及聯繫水庫管理單位、地方政府、科學工業園區及工業區管理單位間隨即加強戒備，加強彼此聯繫，提前整備各項抗旱物資，降低災害造成損害。

## 二、臺灣氣候條件與水資源特性

臺灣位處副熱帶及熱帶季風氣候間，但因地形複雜，依據年雨量、乾雨季、溼度、雲量、日照、蒸發等氣候特徵，可劃分為8個氣候區（陳正祥,1957），依據中央氣象局逐月雨量氣候平均值變化圖（圖1,圖2）統計資料顯示，北部比南部豐枯差距小，山區較平地雨量多，各氣候區存在明顯差異性。

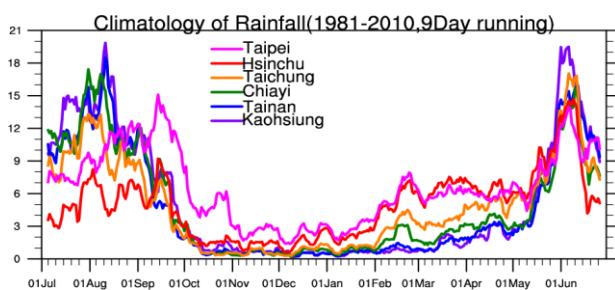


圖1 6平地站逐月雨量氣候平均值變化圖

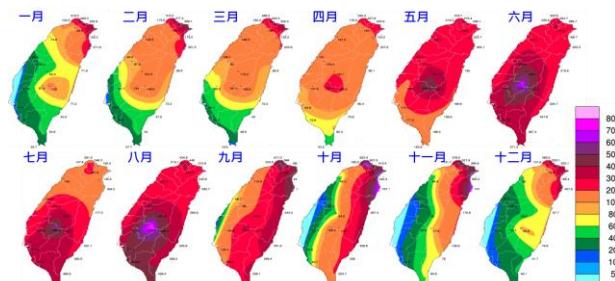


圖2 逐月雨量氣候平均值變化圖 (1971-2000)

水資源運用主要關注目標為年雨量、乾雨季部分依據地區降雨統計、水文狀態、人口經濟成長等因素開發可利用之水資源，尤其以水庫最具水資源

蓄豐積枯調配功能，而水庫集水區降雨至為重要，以臺灣翡翠、石門、鯉魚潭及曾文4個代表性水庫來看（表1），位於東北部之翡翠水庫冬季降雨可佔2成，中部以北水庫春雨仍可期待降雨，南部曾文水庫則需要由豐水期梅雨及颱風（或對流雨）補足枯水期之用水。

表1 水庫季節降雨佔全年百分比

地區	水庫	枯水期		豐水期	
		冬雨 11-1月	春雨 2-4月	梅雨 5-6月	颱風及陣雨 7-10月
東北	翡翠	21.6%	14.6%	17.6%	46.3%
北部	石門	11.2 %	13.6%	19.1%	56.1%
中部	鯉魚潭	4.8%	15.0%	32.9 %	47.3%
南部	曾文	3.4 %	9.4%	30.9 %	56.3%

依水利署統計資料，台灣每年約降下980億噸水量，但這些水量又因台灣山高坡陡、降雨分佈不均、無足夠水庫蓄存而流入海洋588億噸及蒸發損失約196億噸等，導致可運用地面水量有限，僅約147億噸。在需求量方面，近10年（2003-2012）國內平均年總用水量約177億噸，其中生活用水34億噸（佔19%）、工業用水16億噸（佔9%）、農業用水127億噸（佔72%）其中川流水及地下水90%水庫水源 10%（圖3）。

而其中水庫供水量每年約40億噸，以目前水庫總有效容量為19億噸計，水庫年平均運用率約2次，換句話說多數水庫供水地區如果約半年未降雨，將會造成枯旱，另外如石門水庫則一年需裝滿4次方足以供應所需，而河川取水地區供水穩定度更差。

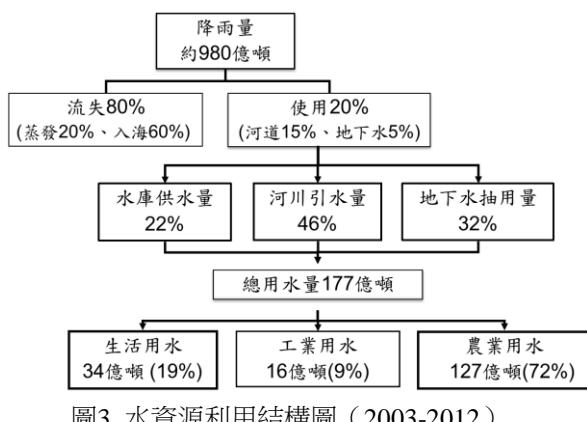


圖3 水資源利用結構圖（2003-2012）

### 三、氣象預報與旱災災害應變管理機制

旱災災害應變中，依據災防法訂定旱災災害防救業務計畫，配合區域水資源調度機制、各水庫運

用要點、農業用水調度使用協調作業要點、自來水停止及限制供水執行要點，按水情條件及各標的用水之供、需水量等狀況實施。

整體應變程序由氣象預報提供旱災減緩或惡化之第一手資訊，隨後進行水文分析，供水情勢判斷，進行枯旱等級劃分發佈水情燈號，並研擬實施抗旱應變措施，預先劃定應變層級，以利抗旱應變作業順遂，茲簡介如下：

#### （一）枯旱等級劃分

##### 1. 調度區域劃分

各供水調度區劃分係平時以區域內水源自給自足為原則，水源不足時則由鄰近區域支援供應，經劃分本島有宜蘭、花蓮、基隆、台北、桃園板新、新竹、苗栗、台中、彰雲投、嘉義、台南、高雄、屏北、屏南、台東15個調度區及離島有澎湖、金門、馬祖3個調度區，共為18個調度區（圖4），分別由水利署北、中、南3個水資源局掌握各調度區水資源供需狀況。

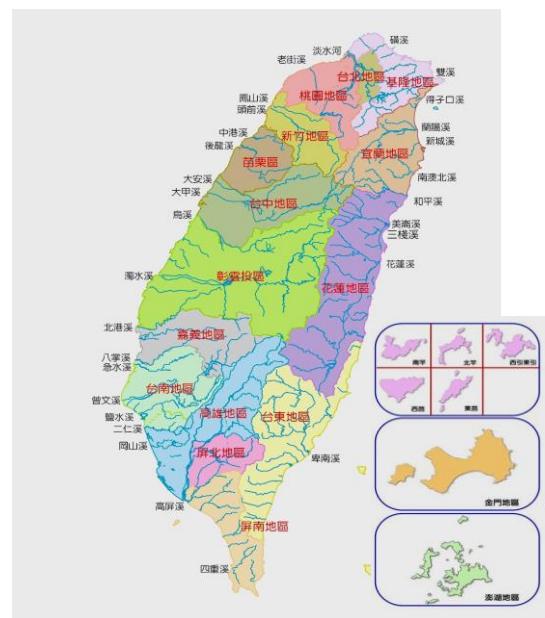


圖4 台灣水資源調度區域圖

##### 2. 旱災防救等級及應變層級

旱災災害屬經濟部權責，依據經濟部2014年5月21日修正旱災災害業務防救計畫將旱災狀況分為三級，依據缺水狀況配合發布水情燈號、成立各級應變組織（表2）及搭配各項節水、限水措施（圖5），使民眾、產業更能瞭解乾旱情況及預先採取因應對策。

表2 旱災災害應變層級及水情燈號

旱災狀況	應變層級	水情燈號	缺水率	
			家用及 公共用水	農業 用水
一級狀況	旱災中央災害應變中心	二供水區橙燈或一供水區紅燈	>10%	>50%
	旱災經濟部災害 緊急應變小組	二供水區黃燈且涉水源調度或一供水區橙燈，並經水利署研判水情恐持續惡化	5~10%	40~50%
二級狀況	旱災經濟部水利署 災害緊急應變小組	一供水區黃燈且涉水源調度，並經水利署研判水情恐持續惡化	2~5%	30~40%
	水利署水資源局、水庫管理單 位、地方政府、自來水事業、 農田水利會、工業園區及科學園 區管理單位等應變小組	一供水區黃燈或一供水區綠燈且 涉水源調度，並經研判水情恐持 續惡化	1~2%	20~30%

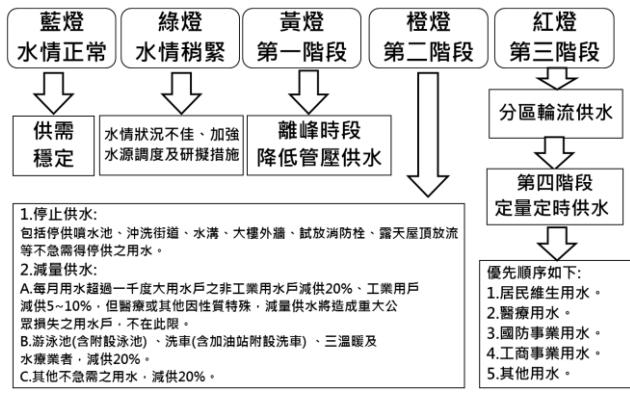


圖5 水情燈號配合限水措施

## (二)旱災災害應變管理

災害防救法自2000年7月19日公佈施行，迄2015年止共成立旱災中央應變中心3次，旱災經濟部災害緊急應變小組7次，各級應變小組主要應變作業內容如下：

### 1. 氣象研判及水情資料收集分析

為有效研判進行枯旱預警，平時必須掌握相關水情資料及供水情勢，以利研判，重要水情資料如下：

(1) 未來天氣展望：中央氣象局每週五發布月長期天氣展望降雨預測，另每月月底發布季長期天氣展望(3個月)之降雨預測(如圖5)。



圖5 中央氣象局季長期天氣展望

另於旱災應變期間，召開相關旱災緊急應變小組工作會議，則請中央氣象局說明預報之內涵，對於未來一季整體大氣環流狀況(圖6)及短期二週之可能降雨預報(圖7)進行詳細解說，以利研判後續水情可能發展。

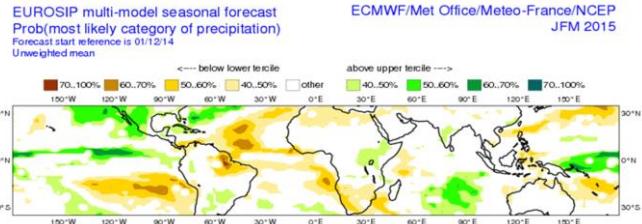


圖6 季長期降雨展望(JFM 2015)

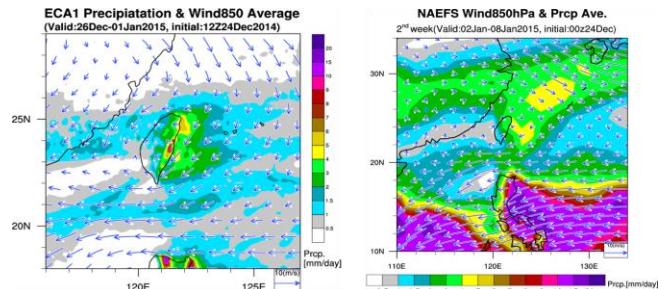
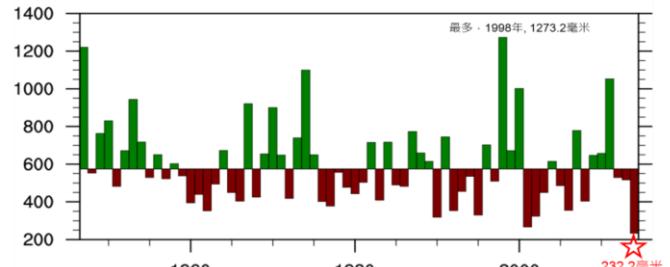


圖7 2週降雨展望(12/26 2014-1/8 2015)

(2) 累積降雨量：乾旱往往由於連續累積降雨量不如預期造成河川流量不足進而影響水庫進水量，其差異北部地區枯水期較豐水期為高，反之南部地區由於枯水期降雨比率低則影響因素較低，如2014年由於只有麥德姆及鳳凰2個颱風侵台，降雨量偏少，加上2014年10月至2015年2月雨量為中央氣象局統計13平地站1947年有紀錄以來同期最少(圖8)。

Timeseries for Rainfall of Taiwan 13 Stations Ave. in Oct-Feb, Climate 574.728



註：以基隆、宜蘭、淡水、臺北、新竹、臺中、臺南、高雄、花蓮、成功、臺東、大武、恆春，共13個平地測站代表臺灣平均。

圖8 中央氣象局13平地站10月至2月雨量統計圖

至於水庫部分於2014年10月至2015年3月逐月累積雨量(表3)，僅12月與同期相當，該期間北部石門水庫累計降雨量為近10年同期平均55%，中部鯉魚潭水庫累計降雨量

為近10年同期平均38%，南部南化水庫累計降雨量為近10年同期平均22%，為相當嚴峻之情況。

表3 重點水庫降雨量與同期平均降雨量比較表

水庫	降雨量	單位：毫米						
		2014年10月	11月	12月	2015年1月	2月	3月	合計
石門	實際降雨	86	62	121	23	57	110	459
	近10年同期降雨	276	125	103	73	117	136	830
	佔歷年比率	31%	50%	120%	32%	49%	81%	55%
鯉魚潭	實際降雨	0	2	48	17	41	54	162
	近10年同期降雨	61	70	37	34	108	117	427
	佔歷年比率	0%	3%	133%	50%	38%	46%	38%
南化	實際降雨	4	1	17	0	30	5	57
	近10年同期降雨	116	45	23	16	24	38	262
	佔歷年比率	3%	2%	74%	0%	125%	13%	22%

(3) 水庫蓄水率：水庫主要為蓄豐濟枯，水庫水位亦配合豐枯調整，其蓄水正常與否，可比對運用規線或與同期蓄水量比較，如由2015年3月18日二階限水地區水庫蓄水量與同期比較表（表4）概略顯示其缺水情形。

表4 水庫蓄水量與同期比較表

地區	管控水源設施	3/18有效蓄水量	目前蓄水率	與近10年同期平均差異量	枯旱排名	
					水情正常	水情稍緊
新北、桃園	石門水庫	4,578	23	-10,119	1/45	
新竹	寶二水庫	813	26	-1,061	1/9	
苗栗	永和山水庫	721	26	-1,155	2/24	
臺中、彰化	鯉魚潭水庫	3,556	31	-4,819	1/13	
臺南	南化水庫	3,483	26	-1,712	4/20	
高雄	高屏堰	12.8cms	—	-5cms	2/15	

(4) 可供水日數：水庫供水區域累計進流量可被水庫調節，而水庫進水量超越機率可作為未來可能穩定供水期程推估依據水庫目前有效蓄水量及各標的計畫用水量下之穩定供水日數，及採取相關因應措施之參考（圖9）。



圖9 石門水庫採取限水措施可用水量推估

## 2. 確認枯旱等級

由前述氣象及水情資料依據供水區域特性分析研判水狀況後，發布水情燈號（圖10）：

- (1) 藍燈（供水正常）：水源供需穩定正常。
- (2) 綠燈（水情稍緊）：水情狀況不佳，未來有缺水之虞、自來水事業加強自有水源調度、農業用水採行延後灌溉等措施。
- (3) 黃燈（第1階段限水）：旱象漸趨明顯、自來水考量實施第1階限水措施、農業用水採行加強灌溉管理等措施。
- (4) 橙燈（第2階段限水）：水文、氣象持續惡化、自來水考量實施第2階段限水措施、農業用水考量總量管控或停灌等措施。
- (5) 紅燈（第3、4階段限水）：水源極度不足、自來水考量實施第3、4階段限水措施、農業用水考量擴大總量管控或停灌措施。

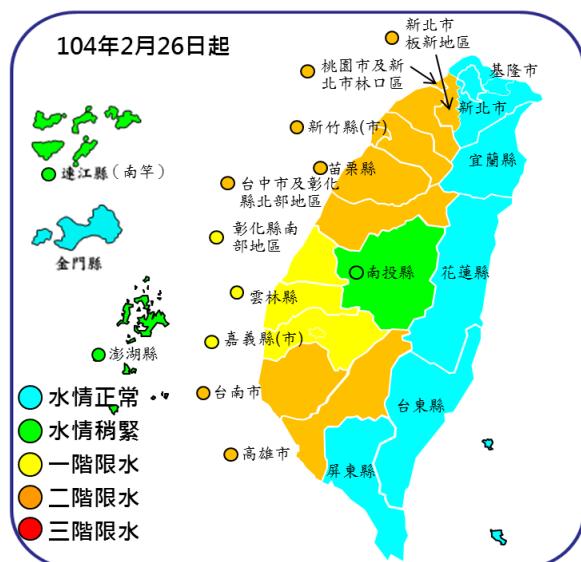


圖10 發布水情燈號

## (三)採取應變措施

### 1. 制訂抗旱應變策略

依據農業、民生及工業用水需求進行相應之抗旱應變策略（圖11），於豐水期末期進行盤點水庫蓄水量及需水量，採取加強灌溉管理措施優先完成第2期稻作供灌，確保糧食安全，並節省水量，如水情不佳時，同時進行民生及工業自來水夜間減壓供水，於春季第1期稻作耕作前，即要考量水庫蓄水量是否足夠，是否需辦理停灌移用農業用水，避免各項用水不足導致災害擴大，在兼顧民眾生活、產業發展及糧食安全，妥善調度及應變。各項針對採取應變措施，預先擬定抗旱應變未來事件簿（圖12），以利檢視應變程序及應變事項之預定時間，避免掛一漏萬，並採取動態檢討，供內部應變決策使用。

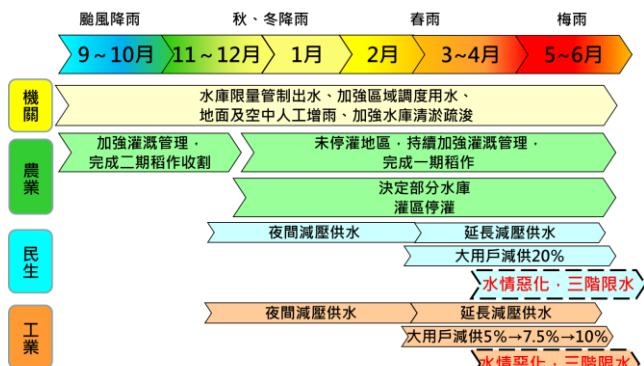


圖11 抗旱應變策略

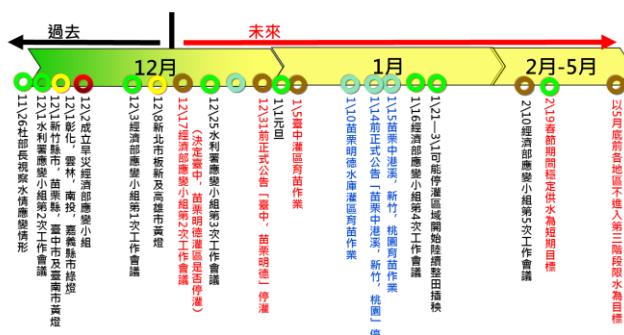


圖12 抗旱應變未來事件簿

## 2. 應變措施管制考核

採取「日日監看、週週檢討、旬旬回報」的原則辦理，逐步提升應變層級以加強抗旱力道，各目的事業主管機關(如中央氣象局、農委會、科技部、國防部及工業局等)、地方政府、農田水利會及自來水事業單位，共同討論溝通取得共識後，才採取相對應的措施，在2014年9月至2015年6月長達9個月的抗旱期間，共計召開23次抗旱工作會議，整合各部會及縣市政府資源，掌握各單位抗旱物資，本次旱災期間(表5)合計動員水車3,321車次(總載水量38,459噸)、臨時供水站750站(總供應水量31,731噸)、水資源回收中心10處(總載水量10,636噸)，有次序地推動加強區域調度、促進城市節水、農業節水灌溉及人工增雨等工作，在全民配合下各縣市總節水率達8%以上，抗旱期間各城市節水總量達7,199萬噸，相當於2.2座寶山第二水庫，有效的運用有限的水資源，化解旱情，各水源調度及限水措施成效如下：

(1) 農業用水停灌：桃園、新竹、苗栗、臺中及嘉南水利會2015年度第1期稻作部分灌區實施停灌，總面積合計4萬3,659公頃(圖13)，正常需水量約6.4億噸，發揮有限水源最大效益並對社會影響減至最低。

(2) 第一階段夜間減壓供水：實施地區包括新北市板新及林口區、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰

化、雲林、嘉義、臺南及高雄地區，時間自103年11月27日至104年6月7日陸續開始及結束，最長共193天，總用水量減供比例2.6%。

(3) 第二階段大用水戶減量供水(表6)：實施地區包括新北市板新及林口區、桃園、新竹、苗栗、臺中、北彰化、臺南及高雄地區，時間自104年2月26日至104年5月24日陸續開始及結束，最長共88天，總用水量減供比例工業大戶19.39%(預定減供5~10%)、非工業大用水戶23.9%(預定減供20%)、游泳池等業者、洗車、三溫暖及水療業者28.8%(預定減供20%)。

(4) 第三階段分區輪流供水：實施地區包括新北市板新及林口區、桃園及部分新竹地區，時間自104年4月8日至104年5月5日，共28天，平均節省每日17.6萬噸(超出原預估每日11.6萬噸)

表5 各地區水情燈號極限水時間表

供水地區	水情緊繃 (綠燈)	第一階限水 (黃燈)	第二階限水 (橙燈)	第三階限水 (紅燈)
新北市板新地區	103.11.4~103.12.7 104.6.8~迄今	103.12.8~104.2.25 104.5.22~104.6.7	104.2.26~104.4.7 104.5.12~104.5.21	104.4.8~104.5.11
桃園市及新北市林口區	103.11.4~103.11.26 104.6.8~迄今	103.11.27~104.2.25 104.5.22~104.6.7	104.2.26~104.4.7 104.5.12~104.5.21	104.4.8~104.5.11
新竹縣(市)	103.11.4~103.11.30 104.5.22~104.6.7	103.12.1~104.2.25	104.2.26~104.5.21	-
苗栗縣	103.11.4~103.11.30	103.12.1~104.2.25 104.5.22~104.6.7	104.2.26~104.5.21	-
臺中市(含彰化縣北部)	103.11.4~103.11.30	103.12.1~104.2.25 104.5.22~104.6.7	104.2.26~104.5.21	-
彰化縣南部	103.12.1~104.2.25 104.5.22~104.6.7	104.2.26~104.5.21	-	-
南投縣	103.12.1~104.6.7	-	-	-
雲林縣	103.12.1~104.2.25 104.5.22~104.6.7	104.2.26~104.5.21	-	-
嘉義縣(市)	103.12.1~104.2.25	104.2.26~104.6.7	-	-
臺南市	103.10.8~103.11.30	103.12.1~104.2.25 104.5.25~104.6.7	104.2.26~104.5.24	-
高雄市	103.11.4~103.12.7 104.5.25~104.6.7	103.12.8~104.2.25	104.2.26~104.5.3	104.5.4~104.5.24
澎湖縣	103.11.4~104.6.7	-	-	-
連江縣(南竿)	104.01.14~迄今	-	-	-
金門	104.04.8~迄今	-	-	-

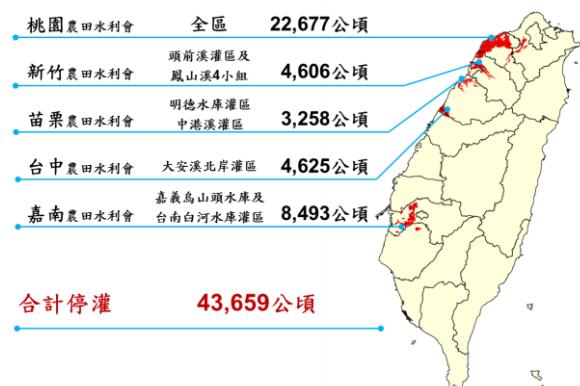


圖13 農業用水停灌地區

### 3. 應變程序透明公開避免危機發生

(1) 水庫水情資訊以視覺化方式呈現即時水庫蓄水情形，並建置臺灣地區供水情勢(枯旱預警)通報以燈號顯現方式呈現各區水情情形，提供各地

關心的民眾或新聞媒體即時下載引用，訊息始終保持最新狀態。

- (2) 水利署全球資訊網建置水庫清淤辦理情形專區、旱災中央災害應變中心專區、水利署抗旱應變專區及節水專區等，公開相關停灌資訊、歷次旱災會議資料、主要水庫集水區降雨情形及水庫上游雨量站降雨量歷史比較等項目，透過資訊公開化及透明化方式，促使民眾共體時艱，一同抗旱、節約用水，抗旱期間造訪人次逾300萬人次。
- (3) 重大訊息上傳FACEBOOK專頁：透過簡單易懂期且生動的圖檔與影片，傳遞重要水情資訊，提升民眾關注旱災事件。
- (4) 首創災害應變工作會報及記者會即時連線直播：旱災中央災害應變工作會議及會後記者會均採全程網路直播方式進行，提高政策可及性，使民眾同步瞭解水情變化及應變措施，自103年12月3日至104年5月4日止，總計召開抗旱會議記者會10次。
- (5) 負面輿論或民怨危機應變處理：藉由輿情蒐集及新聞資訊掌握，深入瞭解民意取向，為釐清外界疑慮，機動召開記者會或懶人包(圖14)等淺顯易懂方式，讓社會大眾瞭解，降低或化解可能面臨之負面輿論或民怨。

表6 第二階段大用水戶減量供水統計表

工資(減供 5%、7.5%、10%)										
縣市	鉤封數	日均量	預定減供水量 CMD 5%	預定減供水量 CMD 7.5%	預定減供水量 CMD 10%	第十二週實際減供水量 CMD 5/15-5/21 - 24	第十二週實際減供水量 CMD 5% - 7.5% - 10%	累積減供水量 CMD 2/26-5/21、 24	累積減供水量 比例 %	
新北(林口、桃園)	274	46,157	2,308	-	-	12,490	-27.06%	12,261	-26.56%	
桃園市	949	345,342	17,267	-	-	43,296	-12.54%	95,245	-27.58%	
新竹縣	396	200,916	-	15,069	-	40,760	-20.29%	36,955	-18.39%	
苗栗縣	116	64,245	-	-	6,141	8,145	-12.68%	14,454	-22.50%	
臺中市	226	207,778	-	15,583	-	54,830	-26.39%	34,656	-16.68%	
彰化縣(北部)	77	9,655	-	724	-	3,536	-36.63%	3,505	-36.31%	
臺南市	505	244,365	-	-	24,437	44,319	-18.14%	41,362	-16.93%	
高雄市	561	527,366	-	-	52,674	80,699	-15.32%	80,699	-15.32%	
合計	3,104	1,645,824	19,575	31,376	83,252	288,075	-17.50%	319,137	-19.39%	

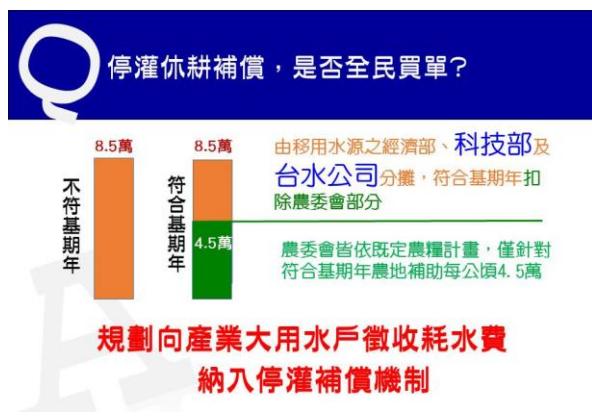


圖14 製作淺顯易懂圖表說明

## 四、結論與建議

- (一) 旱災災害發生主要原因為長期降雨偏少，經統計分析臺灣北部區域於豐水期末期或冬、春降雨偏少將會影響枯水期用水造成乾旱，中部區域與南部區域由於枯水期降雨機會少，必須於豐水期末期必須使水庫蓄滿，否則乾旱機會增加，因此夏秋季降雨影響用水最為明顯。春雨多寡對於中部地區亦有影響，惟南部地區解除旱象必須視梅雨鋒面帶來降雨，因此水庫調蓄水源為旱災是否擴大之重要關鍵因素。
- (二) 近年氣象數值預報能力提升對於後續水文分析具有極大效益，尤其定量降水預報能力如能再持續提升加長預報時間及準確度，對於後續旱災措施決策更能精準掌握。
- (三) 由於民生、工業用水增加及氣候變遷之條件下，降雨量只要比平均值偏低時，旱象即容易發生，另調度農業用水水量有一定限制，另停灌農業用水為不得已手段，惟必須兼顧受益付費，受害補償原則，對於各種標的的節約用水為持續加強重要之課題。
- (四) 目前臺灣於豐水期尚無發生如泰國等國家嚴重缺水造成停灌或限水情事發生，但其風險值得氣象與水利單位探討研究，以研擬必要之因應作為。

## 參考文獻

1. 中央氣象局，“臺灣氣候特徵簡介-臺灣的雨量”，[http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate\\_info/statistics/statistics\\_1\\_2.html](http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate_info/statistics/statistics_1_2.html)
2. 林元鵬, 2007: “台灣地區水資源預警指標建立及運作”，*水利*第16期, 119-126。
3. 林連山, 2005: “桃園地區區域供水調配計畫”，*水資源管理*第7卷第2期, 11-16。
4. 陳正祥, 1957: “臺灣氣候之分類”，*氣象學報*3卷, 2期, 1-9
5. 經濟部, 2014: “旱災災害業務防救計畫”
6. 經濟部水利署, 2002: “台灣地區水資源調配及開發策略”
7. 經濟部, 2003: “區域水資源調度機制(核定版)”。
8. 賴伯勳, 王瑋, 李佩芸, 2010: “石門水庫2009年乾旱時期水資源調配與節水管制”，*水資源管理之課題與前瞻*, 2-15-2-33。
9. 鍾朝恭林震哲, 2010: “莫拉克災後水庫經營管理之檢討”，*水利* 20, 34-42
10. 鍾朝恭林震哲, 2010: “抗旱機制介紹及案例分析”，*水利* 20, 120-131

