

第四章、氣候變遷下水資源風險評估

全球氣候變遷現象將可能導致台灣未來的水文條件變化，並可能對水資源造成衝擊，使未來水資源管理的風險提升。為確保我國水資源在未來的氣候風險下得以永續經營，以下分析氣候變遷對水資源可能的影響，並從中確立氣候變遷對水資源的主要衝擊，再評估於台灣氣候變遷水文情境下天然可利用水資源、水資源供給以及水資源需求的脆弱度與風險，最後則綜整氣候變遷下水資源的主要風險，以作為規劃推動我國水資源調適策略與行動計畫的基礎。

4.1 氣候變遷對我國水資源的衝擊

全球氣候變遷對水資源的影響因子包括四項：(1)溫度上升、(2)不降雨日數增加、(3)降雨強度增加以及(4)海平面上升，而上述影響因子可能對我國水資源調適範圍(請見圖 1.3-1)內的前三項調適課題造成衝擊，以下依據 3 項調適課題，分別列舉說明可能受到氣候變遷影響的 11 項水資源細項課題，後續再針對細項課題進行衝擊評估：

一、水資源開發與保育

依據開發與保育標的，水資源開發與保育的細項課題可分為：(1)地表水與(2)地下水。

二、水資源供給

依據供給程序，水資源供給的細項課題包括：(3)水庫蓄水、(4)水庫取水、(5)河川引水、(6)淨水、(7)輸水以及(8)地下水抽用。

三、水資源需求

依據需求來源，水資源需求的細項課題包括：(9)農業用水、(10)生活用水以及(11)工業用水。

表 4.1-1 逐項分析 4 項氣候變遷影響因子對 11 項水資源細項課題的影響，並從中確立氣候變遷對水資源的主要衝擊(共計 17 項)，「溫度上升」主要導致水資源需求提升，並影響地表水資源的蘊藏量，「不降雨日數增加」主要影響水資源設施的蓄豐濟枯調節功能，而「降雨強度增加」主要影響水資源設施的可蓄水量，並導致濁度上升而影響取水與減低淨水效率；「海平面上升」主要影響地下水資源的蘊藏量。綜合上述分析結果，在我國水資源調適範圍內，共計有 9 項可能承受氣候變遷主要衝擊的水資源主要細項課題：(1)地表水、(2)地下水、(3)水庫蓄水、(4)水庫取水、(5)河川引水、(6)淨水、(7)農業用水、(8)生活用水以及(9)工業用水，應進一步逐項評估風險，以作為國家水資源調適行動方案規劃與推動的基礎；圖 4.1-1 彙整說明 17 項氣候變遷主要衝擊與 9 項水資源主要細項課題的關聯性。

表 4.1-1 氣候變遷對水資源的影響分析

水資源調適課題 與細項課題(11項)		氣候變遷影響因子(4項)			
		溫度上升	不降雨日數增加	降雨強度增加	海平面上升
水資源開發與保育	地表水	主要衝擊(1)：導致蒸發散量增加，影響地表水資源的蘊藏量。	主要衝擊(2)：影響地表水資源的蘊藏量。	無	無
	地下水	無	主要衝擊(3)：降低入滲量，影響地下水資源的蘊藏量。	無	主要衝擊(4)：導致鹽水入侵地下水含水層，影響地下水資源的蘊藏量。
水資源供給	水庫蓄水	主要衝擊(5)：導致蒸發散量增加，影響水庫蓄水量。	主要衝擊(6)：影響蓄水，降低蓄豐濟枯調節功能。	主要衝擊(7)：導致淤積量增加，可蓄水量減少。	無
	水庫取水	無	無	主要衝擊(8)：導致濁度上升，影響取水。	無
	河川引水	無	主要衝擊(9)：導致河川流量降低，影響取水。	主要衝擊(10)：導致濁度上升，影響取水。	無
	淨水	主要衝擊(11)：導致水質劣化，影響淨水效率。	主要衝擊(12)：導致水質劣化，影響淨水效率。	主要衝擊(13)：導致濁度上升，影響淨水效率。	無
	輸水	無	無	無	無
	地下水抽用	無	無	無	無
水資源需求	農業用水	主要衝擊(14)：導致蒸發散量提高，農業用水需求增加。	無	主要衝擊(15)：導致灌溉用水增加。	無
	生活用水	主要衝擊(16)：導致生活用水需求增加。	無	無	無
	工業用水	主要衝擊(17)：導致工業冷卻用水需求增加。	無	無	無

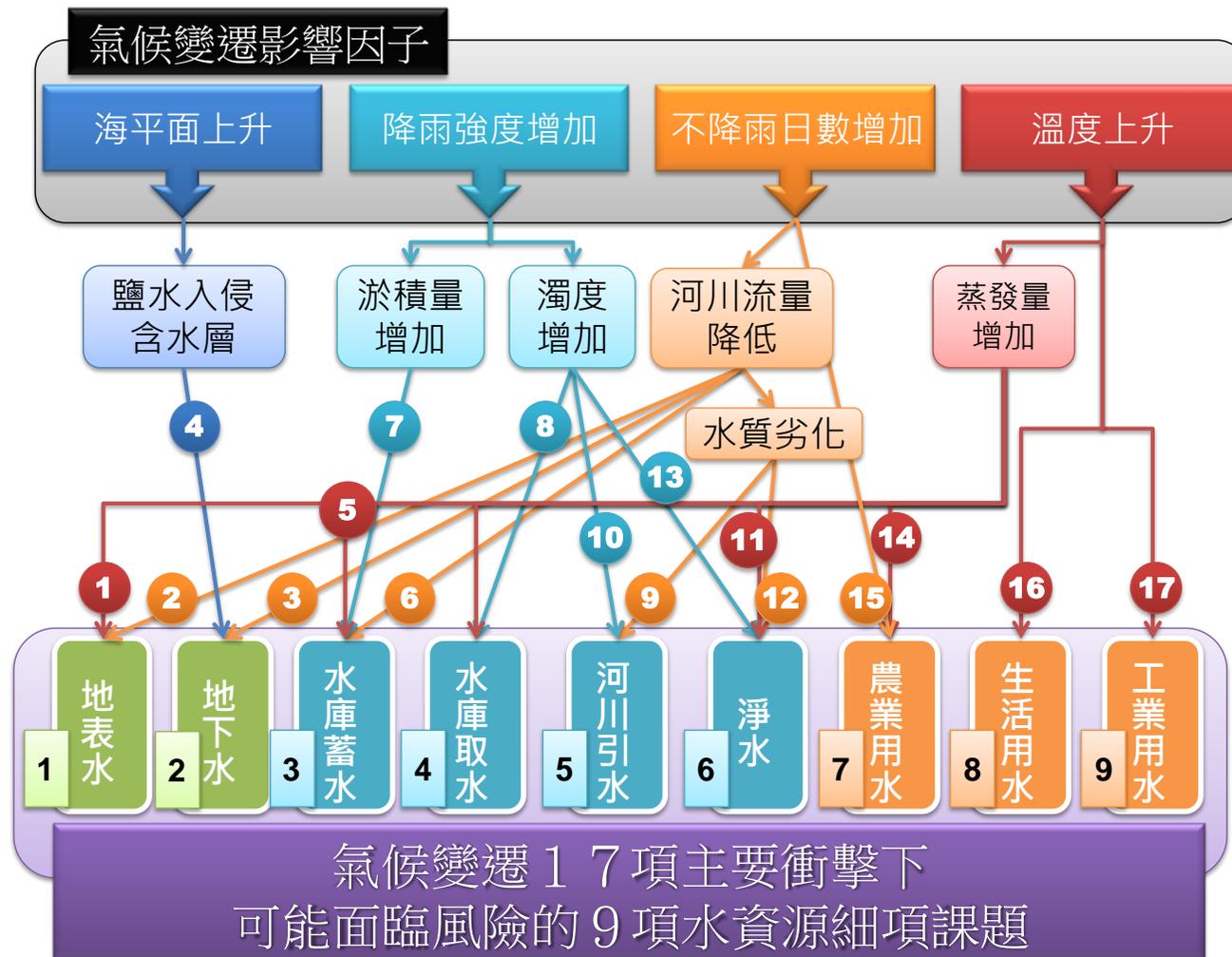


圖 4.1-1 氣候變遷主要衝擊下可能面臨風險的水資源細項課題

4.2 危險度、脆弱度與風險評估

風險評估應綜合考量發生「可能性」與「後果」，圖 4.2-1 彙整說明氣候變遷下水資源風險評估準則，而相關定義與評估標準則說明如下：

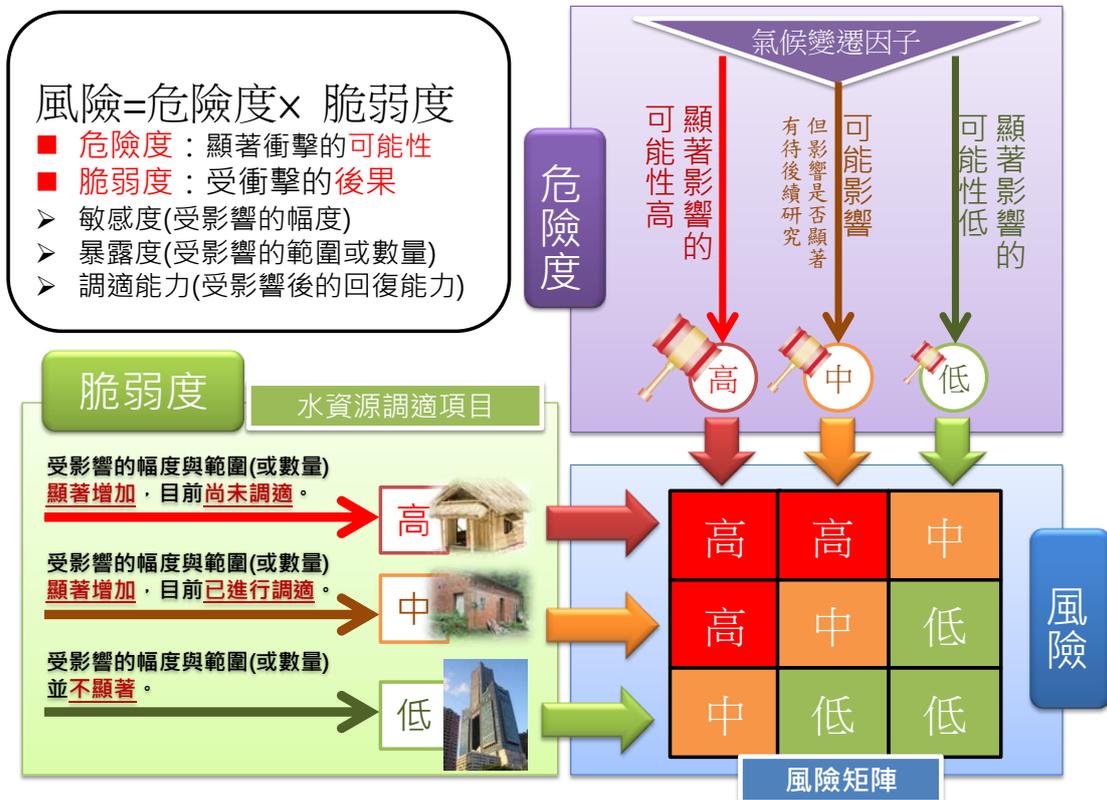


圖 4.2-1 氣候變遷對水資源危險度、脆弱度以及風險評估準則

一、風險(risk)

(一)定義

顯示氣候變遷因子「危險度」與水資源「脆弱度」的綜合表現，即「風險」=「危險度」×「脆弱度」。

(二)評估標準

依據氣候變遷因子「危害度」與水資源「脆弱度」所對應的風險矩陣進行評估。

二、危險度(hazard)

(一)定義：

顯示氣候變遷造成顯著衝擊的「可能性」。

(二)評估標準

1.高危害度：

於目標年之前，氣候變遷主要衝擊造成顯著影響的可能性高。

2.中危害度：

於目標年之前，氣候變遷的主要衝擊可能造成影響，但影響是否顯著有待後續研究。

3.低危害度：

於目標年之前，氣候變遷主要衝擊造成顯著影響的可能性低。

三、脆弱度(vulnerability)

(一)定義

顯示水資源受到氣候變遷主要衝擊的「後果」，包括：「敏感度」(受影響的幅度)、「暴露度」(受影響的範圍或數量)以及「調適能力」(受影響後的回復能力)的綜合表現。

(二)評估標準

1.高脆弱度

在氣候變遷主要衝擊下，受影響的幅度與範圍(或數量)顯著增加，且目前尚未進行調適措施，回復能力有待強化。

2.中脆弱度

在氣候變遷主要衝擊下，受影響的幅度與範圍(或數量)顯著增加，但目前已進行調適措施，提升回復能力。

3.低脆弱度

在氣候變遷主要衝擊下，受影響的幅度與範圍(或數量)並未顯著增加。

表 4.2-1 逐項分析水資源主要細項課題(9 項)在氣候變遷主要衝擊下的危險度與脆弱度，並依據風險矩陣進行風險評估；圖 4.2-2 彙整氣候變遷下我國水資源風險評估結果，以下依據評估結果說明三項面臨高度風險的水資源主要細項課題：

一、地表水資源減少

在氣候變遷水文情境(「豐愈豐，枯愈枯」)下，降雨更為集中，而較難利用的暴雨量(日雨量大於 350 公釐)佔年雨量的百分比將顯著增加，因此可利用的地表水資源顯著減少的可能性高。台灣的地表水資源佔可利用水資源的 93%以上，若地表水資源顯著減少，台灣的可利用水資源將顯著降低，未來仍需持續積極開發新興水源，以降低氣候變遷所導致的衝擊。

二、水庫蓄水功能降低

「不降雨日數增加」代表降雨更為集中，暴雨量顯著增加，而「降雨強度增加」導致水庫淤積量顯著增加，因此水庫蓄水功能顯著降低的可能性高。水庫為台灣主要蓄豐濟枯的水資源設施，若蓄水功能顯著降低，台灣水資源供給能力將顯著降低，部分水庫已加強清淤與進行聯合運用，未來仍需持續強化恢復水庫原設計的蓄水功能。

三、農業用水需求增加

「溫度上升」造成蒸發量增加，且「不降雨日數增加」必然使灌溉用水量的需求顯著增加，因此農業用水需求顯著增加的可能性高，由於農業用水佔水資源總需求量的 70%以上，若農業用水需求的增加量無法被滿足，將影響糧食生產。

表 4.2-1 氣候變遷下水資源危險度、脆弱度以及風險評估(1/3)

水資源細項課題 及其受到的主要衝擊	危害度	脆弱度	風險
<p>地表水資源由於(1)溫度上升與(2)不降雨日數增加而減少</p>	<p>在氣候變遷水文情境(「豐愈豐，枯愈枯」)下，「不降雨日數增加」代表年雨量無明顯變化，但是降雨更為集中，而較難利用的暴雨量(日雨量大於 350 公釐)佔年雨量的百分比將顯著增加。此外，「溫度上升」必然造成蒸發量增加，因此可利用的<u>地表水資源顯著減少的可能性高</u>。</p>	<p>台灣的地表水資源佔可利用水資源的 93% 以上，<u>若地表水資源顯著減少，台灣的可利用水資源將顯著降低</u>，目前已積極開發新興水源，有助於降低氣候變遷所導致的衝擊。</p>	<p>中 高</p>
<p>地下水資源由於(3)不降雨日數增加與(4)海平面上升而減少</p>	<p>「不降雨日數增加」可能導致入滲量減少，而「海平面上升」也可能造成海水入侵，因此<u>地下水資源可能減少</u>。</p>	<p>在氣候變遷情境下，入滲量減少對地下水資源的影響並不顯著，而海水入侵亦僅限於濱海地區，且目前部分地區已進行補注，有助於地下水資源復育。</p>	<p>低 低</p>

表 4.2-1 氣候變遷下水資源危險度、脆弱度以及風險評估(2/3)

水資源細項課題 及其受到的主要衝擊	危害度	脆弱度	風險度
水庫蓄水功能由於(5)溫度上升、(6)不降雨日數增加以及(7)降雨強度增加而降低	「不降雨日數增加」代表降雨更為集中，暴雨量顯著增加，而「降雨強度增加」導致水庫淤積量顯著增加。此外，「溫度上升」必然造成蒸發量增加，因此水庫蓄水功能顯著降低的可能性高。	高	中
水庫取水由於(8)降雨強度增加而發生困難	「降雨強度增加」可能導致濁度增加，因此水庫取水可能發生困難。	中	中
河川引水由於(9)不降雨日數增加與(10)降雨強度增加而發生困難	「降雨強度增加」可能導致濁度增加，而「不降雨日數增加」可能導致水質劣化，因此河川引水可能發生困難。	中	中
淨水效率由於(11)溫度上升、(12)不降雨日數增加以及(13)降雨強度增加而降低	「降雨強度增加」可能導致濁度增加，且「溫度上升」與「不降雨日數增加」可能導致水質劣化，因此淨水效率顯著降低的可能性高。	高	低

表 4.2-1 氣候變遷下水資源危險度、脆弱度以及風險評估(3/3)

水資源細項課題 及其受到的主要衝擊	危害度	脆弱度	風險度
<u>農業用水</u> 由於(14)溫度上升與(15)降雨強度增加而增加	「溫度上升」造成蒸發量增加，灌溉需水量必然顯著增加，因此 <u>農業用水顯著增加的可能性高</u> 。	由於農業用水佔水資源總需求量的 70%以上， <u>若農業用水需求的增加量無法被滿足，將影響糧食生產</u> 。 高	中 高
<u>生活用水</u> 由於(16)溫度上升而增加	「溫度上升」可能造成生活需水量增加，因此 <u>生活用水可能增加</u> 。	若生活用水需求量的增加量無法被滿足，將使民眾日常生活受到影響而導致民怨，目前 <u>已規劃推動家用省水設施以及雨水貯留再利用設施，以提升用水效率</u> 。 中	中 中
<u>工業用水</u> 由於(17)溫度上升而增加	「溫度上升」主要可能導致冷卻用水增加，但是對於造成整體 <u>工業用水顯著增加的可能性低</u> 。	若工業用水需求的增加量無法被滿足，將使工業發展受到限制，未來 <u>我國工業用水的增加量主要源自於已規劃新設立的工業區，因此勢必增加用水量，目前已對新工業區的用水計畫進行審慎評估</u> 。 低	中 低

		危險度	脆弱度	風險
主要衝擊				
水資源開發 與保育	地表水資源由於(1)溫度上升與(2)不降雨日數增加而減少	高	中	高
	地下水資源由於(3)不降雨日數增加與(4)海平面上升而減少	中	低	低
水資源供給	水庫蓄水功能由於(5)溫度上升、(6)不降雨日數增加以及(7)降雨強度增加而降低	高	中	高
	水庫取水由於(8)降雨強度增加而發生困難	中	中	中
	河川引水由於(9)不降雨日數增加與(10)降雨強度增加而發生困難	中	中	中
	淨水效率由於(11)溫度上升、(12)不降雨日數增加以及(13)降雨強度增加而降低	高	低	中
水資源需求	農業用水由於(14)溫度上升與(15)不降雨日數增加而增加	高	中	高
	生活用水由於(16)溫度上升而增加	中	中	中
	工業用水由於(17)溫度上升而增加	低	中	低

圖 4.2-2 氣候變遷下我國水資源風險評估結果