

一個考量外部性的補貼政策與政府 現行治水政策之成效比較—以彰化 縣大城鄉為例^{*}

廖肇寧^{**}、陳秉宏^{***}

摘 要

本研究以大城鄉的虱養殖業為例，提出一個以地下水使用之外部性影響作為補貼優先依據的政策，來管制地下水使用，進而解決因超抽地下水所導致之地層下陷與淹水問題，我們模擬當政府以補貼來減緩地下水使用時，其所需的支出，以及這項管制在減緩地層下陷後，於未來所能避免的淹水損害。若將本研究的補貼支出及避免掉之淹水損害與政府目前正在當地推行的「易淹水地區水患治理計畫」進行比較可發現，本研究設定之各種地層下陷管制情境所能獲得的益本比值，皆較政府的治理計畫為高，在某些特定的管制設定下，經保守估計的益本比值更可達 1.15，此隱含政府若能由源頭來解決水患問題，則能將資源作更有效率的使用。

關鍵詞：地層下陷、養殖漁業、補貼、易淹水地區水患治理計畫

JEL 分類代號：Q22、Q53、Q58

^{*} 作者感謝兩位匿名評審提供的寶貴意見與指正。本文同時亦得到科技部的研究補助（NSC 101-2410-H-007-014），在此一併致謝。

^{**} 國立清華大學經濟學系副教授，本文聯繫作者。電話：(03)5162138，E-mail：
liaocn@mx.nthu.edu.tw。

^{***} 台灣綜合研究院研三所助理研究員。

DOI：10.3966/054696002017060101005

一個考量外部性的補貼政策與政府 現行治水政策之成效比較—以彰化 縣大城鄉為例

廖肇寧、陳秉宏

壹、前言

近年氣候急遽變遷，造成全球各地在水文方面產生巨大變化，以台灣為例，颱風頻繁的夏秋急速降雨，往往就使許多地區形成嚴重災情。為有效改善地層下陷區、低窪區及都市計畫等地區之淹水問題，經濟部依據 2006 年 1 月 27 日公布施行之「水患治理特別條例」，編列特別預算 1,160 億元辦理「易淹水地區水患治理計畫」，以八年三階段的方式來治水，並期在計劃完成後，每年可降低約 120 億元的淹水損失（經濟部水利署，2011）。但由王世堅（2011）之統計資料發現，台灣地區 2010 及 2011 年之淹水損害分別約為 153 億及 97 億，若與計畫執行前之 2004 年的淹水損失 125 億相比，其減量幅度甚低，甚至還有超過的情形，而 2013 年 8 月重創南台地區的輕颱康芮，更掀起了一波中央與地方對於治水成效的論戰。導致這些對於治水成果質疑的原因雖然複雜，但由政府的檢討規劃中我們可大致了解，除計劃本身的問題外（例如計畫經費不足、優先整治之順序、以及人力方面缺乏等等），年增的颱風次數、地層下陷和海平面上升等外在因素，也是使計畫改善能力有限的原因，以台灣西南沿海的彰化與嘉義一帶來看，當地仍因養殖業者大量使用地下水而引發地層下陷，導致間歇性的降雨即產生水患，故對這些地區而言，若不由源頭來解決淹水問題，相同的災害恐將重複發生。在「易淹水地區水患治理計畫」與「水患治理特別條例」執行完畢後，行政院會又於 2013 年底通過「流域綜合治

理特別條例」草案，再以 600 億元特別預算作為易淹水地區後續的治理計畫，但由「易淹水地區水患治理計畫」與「流域綜合治理特別條例」之內容來看，其對部分區域而言，仍是以加高海堤及增設抽水機等「治標」的心態來處理，其未來能發揮的成效也令人憂心，因此本研究將嘗試朝向以改善地層下陷問題之「治本」方向來解決淹水問題，並以台灣目前地層下陷嚴重的彰化縣大城鄉為例，探討政府如何以一個更有效率的補貼政策來鼓勵養殖業者減少地下水使用，進而解決因過度抽取地下水所導致之地層下陷與淹水問題。

台灣過去在管理地下水問題上，除了曾以命令式的管制，直接查封違法地下水井外，也考慮過以誘因機制中的水權費制度，來抑制地下水用量，但前者因查緝人力問題，導致成效不彰，後者則因漁民的強烈反彈，至今仍無法具體落實，故本研究擬從管制政策可行性的角度出發，提出以補貼的方式來讓業者減少地下水使用。補貼政策常被用於農漁業管制政策中，這是因為農漁從業人員相較其他二三級產業勞動者而言，所得相對為低，故政府往往容易利用補貼作為誘因來達成管制目標，但過往的農漁業補貼政策大都採取齊一性的標準，並以單位面積作為發放總額之依據，此種方式雖然看似公平，但卻可能犧牲了效率，以養殖業者而言，其在抽用地下水時，除會對於魚塭所在地的地層下陷產生影響外，抽水行為亦會透過地下水在地面下流動的特性，對其他區域的地層下陷造成影響（施清吉，2000；黃良雄，2000），故由資源使用效率的角度出發，造成嚴重外部性的業者，才是政府應當優先鼓勵休養的對象，且補貼的金額應參考外部性損害的高低。台灣過去在防治低窪地區的淹水問題上，往往遺漏了此種外部性影響，故本研究將以大城鄉之虱養殖漁業為例，探討政府如何在有限的預算下，以生產者抽水所造成外部性影響的高低作為補貼的排序依據，並在各種可能的管制政策下，估算政府所需的支出、漁民之地下水用量以及地層下陷減緩幅度為何？又這些管制在減緩下陷後，於未來所能避免掉之淹水損害又為何？透過補貼支出與經濟損害數值比對，本研究進一步將模擬結果與政府目前推行之「易淹水地區水患治理計畫」進行比較，以作為政府規劃未來治水計畫之參考。

除前言外，本文的章節編排方式如下，第二節針對地下水使用的外部性與補貼政策進行回顧，同時也介紹大城鄉養殖漁業現況；第三節為經濟及計量模型；第四節為實證分析資料說明；第五節為模擬結果及相關經濟分析；最後一節則為結論。

貳、地下水使用之外部性與大城鄉養殖漁業現況

養殖業者過度使用地下水時，除了會造成所在地區的地層下陷外，鄰近的地區也會受到程度不一的影響，而此種外部性可透過圖 1 來說明。圖 1 假設某地區共有 A、B、C、D 四個村落，而每個村落中各僅有一位業者使用地下水進行養殖，此四個養殖業者皆抽用來自同一流域之地下水（如圖 1 中的地下水流域之箭頭線條）進行生產。由於業者的

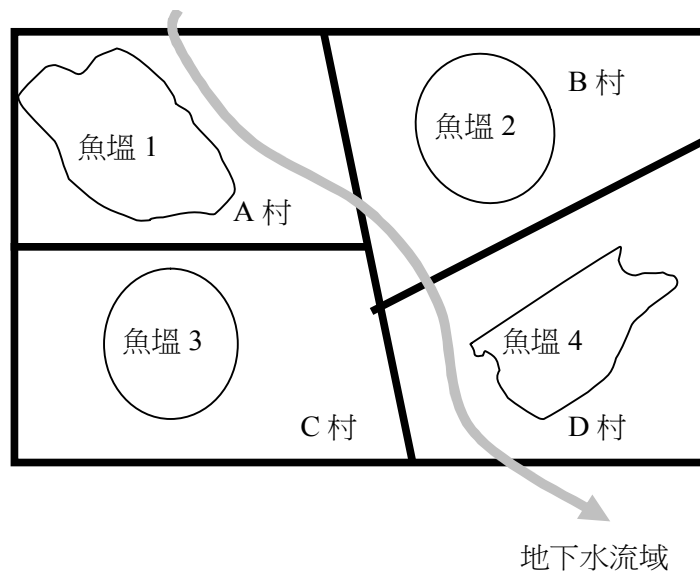


圖 1 地下水使用之交互作用關係

用水皆來自同一地下水源，故當 A 村之業者使用地下水時，除會引發該養殖場所在區域地層下陷外，同時其鄰近 B 村、C 村與 D 村養殖場所在地亦可能會受到影響。同理，即便 A 村養殖場完全停止抽取地下水，但只要其鄰近的 B 村、C 村或 D 村之養殖場持續超抽地下水，A 村仍會有下陷的可能。

上述之外部性影響的大小會因各地區的自然與人文條件而有不同，故文獻中對於如何描繪地下水使用與地層下陷關係的研究方法也有所差異，FigueroaVega (1984) 曾將估算地下水使用與地層下陷之關係的方法分成 (一) 理論法 (theoretical approach)、(二) 經驗法 (Empirical methods) 與 (三) 半理論法 (semi-theoretical approach) 等三類。理論法就是利用各地區土壤質地，地質密度等等的不同來進行預測，如 Larson et al. (2001) 就整合了加拿大土地資料，運用 Leake (1990) 的土壤壓密理論，討論在地下水水位中加入以地層下陷為考量之情況，並透過敏感度分析法來分析地層下陷。經驗法則是以時間為橫軸，地層下陷量置於縱軸，運用簡易之時間序列模型，求出兩者之關係式，此關係式有可能是線性也有可能是非線性，鐘明松等 (1997) 就曾運用此種方法，以外差的方式評估雲林西南沿海地區地層之沉陷行為。相對於經驗法以及理論法，半理論法是運用地層下陷與相關要素之資料進行迴歸分析，進一步建立兩者之關係式，最早將地下水抽水使用於半理論法的是 Wadachi (1940)，不過當時由於計量工作方法不足，所以只有討論最簡單的一次線性關係，而 Castle et al. (1969) 也曾以此方法研究石油生產與地層下陷的關係，劉佳蒔 (2005) 也曾利用半理論法概念，討論嘉義縣東石鄉的養殖漁業使用地下水所導致之地層下陷問題。由於上述三種方法在應用上都有資料來源的限制性，故在考量台灣現有可取得的資料下，本研究將延用半理論法，以迴歸模型來刻畫地下水使用與地層下陷的關係。

除了考量地下水使用的外部性外，因本研究將以補貼養殖業者來減緩地層下陷，故此處將先針對補貼政策相關議題進行回顧。長久以來，補貼一直都屬於爭議性極高的管制工具，這是因為對社會環境污染加害者給予補貼，實有違「污染者付費」的原則，Baumol and Oates (1988) 就指出，補貼污染廠商將使其利潤增加，若政府沒有適當之配套措施來

抑制其他污染者進入市場，則補貼制度雖能在短期發揮減緩污染的效果，但長期反而會因新廠商的加入，反而使污染排放的總量增加，但 Fredriksson (1998) 亦指出，在加入如利益遊說團體 (lobby groups) 介入等政治社會因素考量後，補貼仍常是政府的政策選項之一，而這也是本研究擬採補貼的重要原因。

在補貼政策於農業污染所能發揮的效率討論上，Smith (1995) 就曾指出，補貼應以農地的特性作為考量，例如對於污染沉積能力較高的土地就應列為優先的補貼對象，但由於取得這些資訊並不容易，故在政策執行上，決策者通常會對所有農地設定相同的補貼標準，而忽略了農地區位對環境可能造成的不同影響，雖然這種方式對農民而言看似公平，但政府最終往往需付出較高的補貼金額才能達到環境管制的目的，而 Babcock et al. (1996, 1997) 指出，這樣的齊頭式補貼是無效率的。有鑑於此，Carpentier et al. (1998) 與 Ribaud (1989) 在探討 1985 年美國農業局所推行的保育計畫 (Conservation Reserve Program, CRP) 時，便將農業活動對於土壤或河川的危害，透過一固定外生比例進行設算，並列入補貼的考量，但 Lintner and Weersink (1999) 緊接著指出，環境損害為外生的假設忽略了農業活動彼此可能產生的外部性問題，由於這些外部性彼此間存在著某種程度的交互作用關係，故經濟模型在描繪這些農業活動與環境損害間的關係時，應將它們視為是內生的來處理。Khanna et al. (2003) 則以此種內生關係為基礎，將伊利諾州參與 CRP 之農地的土壤、河水逕流方向、耕地的坡度進行統整後，決定各農戶應得的補貼金額及當地應優先休耕的地區，其研究結果顯示，當農業活動的外部性交互作用影響被納入考量後，政府得以較低的補貼成本達到預先設定的管制目標。

以本研究所欲探討的大城鄉為例，其也正正面臨著因生產活動所產生的外部性問題，大城鄉位於彰化縣的西南隅，為一靠海之鄉鎮，此鄉主要是以平原為主，屬非常低窪的地區，平均沿海海拔甚至在 10 公尺以下，全鄉目前主要是以農業和養殖漁業為主，於 2013 年時，當地約有 14% 的家戶依賴養殖漁業為生 (彰化縣主計處，2014)。由於大城鄉當地的土壤，風勢，以及水質皆很適合虱的養殖，故大城鄉自 1980 年代中期至今，養殖型態都是以虱為主 (郭仁杰與何雲達，1997)。依漁業統計年報 (漁業署，2011) 的統計，目

前蜆約占大城鄉整體養殖業的 94.7%，而又因蜆之養殖用水量非常的高¹，為全台所有魚種之冠，使得當地超抽地下水的情形非常嚴重。根據地層下陷防治服務團歷年的資料（地層下陷防治服務團，2013）指出，當地的下陷問題係自 1990 年開始，且該鄉於 1990 至 2000 年期間，更一直是全台最嚴重的下陷區，其最大下陷速率發生在 2000 年，年下陷幅度高達了 17.6 公分。藉由整理彰化地區「水準測量成果表」（經濟部水利署，2013a）內的下陷資料亦可發現，大城鄉於 2012 年之平均下陷高度以圖 2 中的上山村最高，有 13.48 公分，其次則為潭墘村，將近有 12.47 公分之多，而地層下陷幅度最小的區域則為豐美村及台西村，但也分別有 3.91 和 2.59 公分；有關各村之地下水抽用量方面，以較靠近沿海之三豐、西港、頂庄及公館村為最高，平均約超過 20 百萬立方公尺，而台西村以及山腳村則不超過 7 百萬立方公尺，可見各村之間的差距很大。

大城鄉由於地層下陷，間接使得當地出現了嚴重的淹水問題，故政府的「易淹水地區水患治理計畫」中，對該地有相當程度的著墨。在該計畫中，與大城鄉有關的部分是透過子計畫—「彰化南部地區綜合治水計畫」來進行辦理，該子計畫是以大城地區作為代表，其中還包括了鄰近的芳苑鄉、二林鎮及竹塘鄉等三個鄉鎮，若單純依水文分析，相關的整治計畫是以流經大城鄉及竹塘鄉，總長度約 12.36 公里的魚寮溪系統為主，因魚寮溪的堤岸受地層下陷影響而有高度不足現象，造成此地常因大雨而淹水，故政府預計透過此一治理來疏通魚寮溪的排水系統以及加高河堤堤岸，降低淹水可能帶來的損害。

參、經濟模型

本研究所使用之模型工具包括了考量交互作用的地下水抽取與地層下陷幅度關係式；減緩地層下陷之補貼政策模型；及改善淹水問題可得之總合經濟效益等三部分，以

¹ 陳獻等 (1999) 的研究指出，養殖一公頃的蜆，每年平均約需使用 450,120 立方公尺的地下水。

下將以不同小節分別說明。

一、地下水使用與地層下陷

由圖 1 的相關說明可知，由於漁民皆使用相同源頭的地下水，故在討論某地區因地下水使用所導致之地層下陷問題時，其鄰近地區地下水抽取行為所產生的外部性影響也應考慮在內，因此，一個考慮了此種相互影響之地下水抽取與地層下陷幅度的關係可表為下式所示：

$$S_i = f(X_i, \sum_{j \neq i} X_j) \quad (1)$$

其中 f 為一描述地下水使用量與地層下陷高度間的函數；

i 與 j 為區塊代號；

S_i 為 i 區塊的地層下陷高度；

X_i 為 i 區塊的地下水抽水量；

$\sum_{j \neq i} X_j$ 為與 i 區塊鄰近之地區 j 的地下水抽水量；

(1) 式主在顯示各區塊之地層下陷會受到本身之地下水抽水量與鄰近地區抽水量之影響，根據張光仁 (2000) 之研究指出，某地抽水量對鄰近地區之地層下陷的影響程度，往往會因距離的增加而減少，而影響的最遠範圍則將視土壤、水文及位置等等的因素而定，但由於缺乏當地土壤和水文方面的資料，故我們利用陳建忠 (2003) 的研究加以定義何謂「鄰近」區域，該研究利用非平衡理論公式估得，一般抽水井抽水所影響的圓半徑範圍約有 1,496 公尺，因此，我們以現有大城鄉各村落為中心，並輔以村行政邊界、地層下陷觀測點及魚塢分布圖，將大城鄉劃分成如圖 2 所示的 12 個區塊，雖然這些區塊並未和現行的行政邊界完全一致，但皆至少有 85% 以上的重疊，故我們將以各區塊中，所占面積最大的行政村莊作為區塊的代稱，舉例而言，若某區塊主要涵蓋的面積隸屬於行政



圖 2 大城鄉各區域地理位置圖及 2012 年平均地層下陷量

上的三豐村，故此區塊在後續的稱謂上將以三豐村為代表。由於圖 2 中各鄰近區塊的中心位置距離大致介於 1,400 至 1,700 公尺間，因此本研究並同時假設，某一區塊內的抽水外部性僅會影響到相鄰之隔壁區塊而已，不會影響到更遠的村落。舉例而言，若位處南方的永和村為 i 村，則符合本研究所定義的鄰近的區域（假設為 j ）為台西村、公館村與山腳村，亦即永和村的抽水僅影響鄰近的這三個村落，較遠村落如三豐村與東港村等將不受影響。我們將以圖 2 區塊為基礎，在蒐集大城鄉歷年各區塊地下水抽用與地層下陷幅度之資料後，將 (1) 式展開如下列 (2) 式進行相關估計。

$$S_{it} = a_i + B_1 X_{it} + B_2 \sum X_{jt} + B_3 X_{it} (\sum X_{jt}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中 t 代表年；

S_{it} 為區塊 i 於 t 年時之地層下陷高度 (公分)；

X_{it} 為區塊 i 於 t 年時之地下水抽用量 (百萬立方公尺)；

X_{jt} 為與區塊 i 相鄰之區塊 j 於 t 年時之地下水抽用量 (百萬立方公尺)；

a_i 為迴歸式之截距項；

B_1 、 B_2 與 B_3 為迴歸估計之係數；

ε_{it} 為誤差項；

在 (2) 式中, j 設為與 i 區「鄰近」之區塊, 截距項 (a_i) 代表除地下水抽水之外, 其他會影響到地層下陷之因素 (例如: 地震等)。此外, 為呈現地下水使用對鄰近區塊產生的外部性, 式中還包含了 $X_{it}(\sum X_{jt})$, 用以衡量地下水使用的交互作用關係, 由於這些關於地下水與地層下陷的資料中包含了時間資料 (時間序列) 及空間資料 (橫斷面個體), 故此處為一追蹤數據 (panel data) 的型態。

二、補貼政策經濟模型

補貼政策模型是以養殖業者抽水所產生的外部性為基礎, 並搭配前述的地下水使用與地層下陷關係式來進行討論。利用此一補貼模型, 我們可探討若政府為改善地層下陷問題, 在各種可能的地層下陷管制幅度下, 其必須付出之補貼資金為何? 以及在此補貼資金下, 各區塊最適的地下水抽用量和對應的地層下陷幅度。同樣受限於資料來源, 我們因無法得知大城鄉「個別」漁戶對地下水之抽水量, 故本研究在地下水的使用是以前述 12 個「區塊」來進行衡量, 並假設每個區塊皆只有一個代表性的養殖業者, 因此本處所討論的故各項管制政策執行皆是以這 12 個區塊為單位。以下為模型詳細內容:

$$\min M = \sum_i p_i \cdot (\bar{x}_i - X_i) \quad (3)$$

$$\hat{S}_i = \hat{a}_i + \hat{B}_1 X_i + \hat{B}_2 \sum X_j + \hat{B}_3 X_i (\sum X_j), \quad \forall i, i \quad (4)$$

$$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq l_i, \forall i \quad (5)$$

$$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\bar{s}_i - \hat{a}_i), \forall i \quad (6)$$

$$X_i \leq \bar{x}_i, \forall i \quad (7)$$

$$M, \hat{S}_i, X_i \geq 0, \forall i \quad (8)$$

其中，

M 為政府之補貼政策的總支出；

p_i 為大城鄉區塊 i 減少每單位地下水使用所得之補貼額 (千元/百萬立方公尺)；

$\hat{S}_i$ 為補貼管制後，大城鄉 i 區塊之地層下陷量 (公尺)；

$\bar{s}_i$ 為補貼管制前，大城鄉 i 區塊於 2012 年的實際地層下陷量 (公尺)；

$\bar{x}_i$ 為大城鄉 i 區塊未受補貼管制前之地下水抽水量 (百萬立方公尺)；

X_i 為大城鄉 i 區塊在補貼管制後之地下水抽水量 (百萬立方公尺)；

l_i 為政府對大城鄉 i 區塊地下水抽用所造成的地層下陷所設定的管制水準；

$\hat{S}_i$ 、 $\hat{a}_i$ 與 $\hat{\beta}_i$ 則分別為利用實際資料對 (2) 式進行迴歸所得到的參數估計值。

在 (3) 至 (8) 中， M 、 $\hat{S}_i$ 與 X_i 皆為模型中欲求解之內生變數，其餘的變數皆為外生設定，部分外生變數數值的來由會在實證分析中，有更詳細的討論。

(3) 式為目標式，主要由兩個部分的乘積所構成，第一部份為 $(\bar{x}_i - X_i)$ ，代表管制前後大城鄉 i 區塊所減少的地下水抽用量，而第二部分 (p_i) 則為業者在減少地下水使用後，每單位抽水減量所能得到的單位補貼額，由於此處之補貼政策是以全額補償業者因減少地下水使用所造成的損失為主，在假設大城鄉養殖魚種極為單純 (以虱為主)，且為

固定規模報酬² (constant return to scale, CRTS) 的情形下，每單位用於養殖的地下水所能產生的利潤為一固定值，故不管業者 i 在管制後的地下水減抽總量為何，其每單位地下水減量所能獲得的單位補貼額 p_i 皆不會有所改變，由於業者減少地下水使用的利潤損失可全額得到補償，故業者應有較高的誘因接受此一管制政策。

(4) 式為前面所分析的地層下陷幅度與地下水抽用量關係式，主要是運用實際資料，對上一節中的 (2) 式進行估計所得到的結果，此外，因我們僅討論 2014 年當年度的管制情況，故我們將前一節式 (2) 中的下標 t 省略；(5) 式為對地層下陷幅度所進行之管制，由於本研究將純粹考量地下水抽取所帶來的地層下陷，所以此處將 (4) 式中，屬非地下水抽用所導致之地層下陷量 $\hat{a}_i$ 自 $\hat{S}_i$ 中扣除，並令其必須小於或等於政府預設的管制標準 l_i 。

(6) 式也是與因地下水抽取所帶來之地層下陷管制有關，該式要求各區塊 i 於管制後之地下水所造成的地層下陷幅度，不能高於管制前因地下水抽取所帶來之地層下陷幅度 $(\bar{s}_i - \hat{a}_i)$ 。由於地下水使用可能產生交互作用，故當政府利用 (5) 式來管制地層下陷時，某些地區可能會因交互作用影響，造成下陷幅度反較管制前嚴重，故 (6) 式之目的在避免此種情況發生。(7) 式代表無論政府於 (5) 式所設定的管制方案為何，各區塊管制後之地下水抽水量都必須小於管制前之情形，(7) 式的目的也在避免某些區塊出現比管制前更嚴重的情形，該式也隱含各區塊的業者於管制後和管制前相較，是絕無可能增加任何的抽水量 (或是養殖面積)。(8) 式將模型之內生變數限定為非負值。

三、減緩地層下陷之經濟效益

在上節中，我們可以利用改變式 (5) 的管制條件 l_i ，模擬求得在各個地層下陷管制幅度下，政府需支出的補貼金額，由於每個管制水準所帶來之地層下陷幅度改善，均能

² 根據 Liao and Chen (2008)，台灣的養殖漁業存有固定規模報酬現象。

產生大小不一的經濟效益，因此，我們透過以下之 (9) 式將這些效益予以貨幣化。

$$\pi = \sum_i (c \cdot z_i \cdot (\bar{s}_i - \hat{S}_i) + (f \cdot e_i + v \cdot q_i + h \cdot d_i) \cdot w_i \cdot m \cdot (\bar{s}_i - \hat{S}_i)) \quad (9)$$

其中

π 為政府在特定的地層下陷幅度 (地下水抽取) 管制下，所能達到的總合經濟效益 (億元)；

f 為依大城鄉而言，額外淹水一公尺對一平方公尺的養殖漁業所造成之經濟損失 (元/平方公尺/公尺)；

v 為依大城鄉而言，額外淹水一公尺對一平方公尺的農業所造成之經濟損失 (元/平方公尺/公尺)；

h 為依大城鄉而言，額外淹水一公尺對一戶的住宅區所造成之經濟損失 (元/戶/公尺)；

c 為大城鄉一單位土方損失所帶來的經濟損害 (元/立方公尺)；

e_i 為大城鄉 i 區塊內魚塭所占之面積 (平方公尺)；

q_i 為大城鄉 i 區塊內農業所占之面積 (平方公尺)；

d_i 為大城鄉 i 區塊內住宅區之家戶數 (戶)；

z_i 為大城鄉 i 區塊內已登錄土地所占之面積 (平方公尺)；

w_i 為在區塊 i 中，易遭受淹水損害之土地面積占該區總面積的比例；

m 為在考慮一般情況下，大城鄉未來十年單日降雨量介於 150 至 300mm 之可能發生次數。

(9) 式主在計算各種管制下所能帶來之總合經濟效益 (π)，該式右手邊的變數部分來自於 (2) 式的估計及補貼經濟模型的求解，其他則來自文獻資料的蒐集。根據地層下陷防治服務團的歷史資料顯示 (地層下陷防治服務團，2013)，地層下陷的損害大體分成兩類，第一類的損害源於地層下陷所導致的土壤流失，土壤流失將進而減少地下水儲藏

量、增加當地建築物損毀的可能性，此外，土壤流失也會導致與地下水鹽化等有關之土地損害；第二類的損害則是因地層下陷所導致淹水增高之水文方面的損害，基於此，我們亦將 (9) 式右手邊拆解成這兩大類來進行討論，由於學界普遍將第一類的損失稱為土方損失，故我們在此亦將沿用此概念來進行衡量。至於在衡量方法上，由於過去政府曾在雲彰地區進行地下水補注之計畫中，針對彰化縣一立方公尺之土壤流失所造成的土方損失進行估算，因此我們直接將每單位土方損失設定為一外生變數 c ，而又由於 $z_i \cdot (\bar{s}_i - \hat{s}_i)$ 代表著補貼政策執行前後，對區塊 i 而言，其土壤流失之減緩量³，故將 c 與大城鄉各區塊 i 之已登錄土地面積 z_i 及 $(\bar{s}_i - \hat{s}_i)$ 相乘，再進行全區加總 ($\sum_i (c \cdot z_i \cdot (\bar{s}_i - \hat{s}_i))$)，即可得補貼政策執行前後，土方損失的降低所帶來的經濟效益。

在第二類關於地層下陷所導致的淹水損害部分，根據「彰化南部地區綜合治水檢討規劃」(經濟部水利署，2008a) 指出，大城鄉的淹水問題主要來自於地層下陷，下陷除導致當地魚寮溪沿岸的堤岸高度不足外，也使大城鄉相對於四周的地區而言，形成了一個排水不良且較為低窪的淺碟，當大雨來襲且部分雨水來不及宣洩時，位於淺碟內的建築物或魚塢便產生淹水情形，因此當地層下陷深度增加時，這個淺碟的深度也跟著增加，故再面對同樣的雨勢時，會有更多的水被累積在同一個碟子內，造成建築物或魚塢無論在高度或範圍上，有更大的比例遭受損害。根據地層下陷防治服務團之統計 (地層下陷防治服務團，2013)，大城鄉自 1990 年起開始有明顯的地層下陷，至 1991 年與 1996 年為止，平均累積的下陷量分別約為 0.45 公尺與 1.4 公尺，若以政府尚未開始執行治水計畫前，發生在 1996 年的賀伯風災為例，我們可根據張國強等 (2001) 的研究估算出大城鄉平均淹水高度約為 1.5 公尺，同樣根據該研究的另一項模擬結果可發現，若賀伯風災發生在 1991 年的大城鄉，則淹水平均深度約為 0.5 公尺，由於這些數值與大城鄉在治水計

³ 由於 $C_i \cdot \bar{s}$ 代表著區塊 i 在補貼政策執行前，土壤因地層下陷所流失的量 (立方公尺)，而 $C_i \cdot \hat{s}_i$ 則為補貼政策執行後，土壤因地層下陷之關係所流失的量 (立方公尺)，於是兩式相減，便為區域 i 因補貼休養導致土壤實質減緩之流失量。

畫推動前的累積地層下陷幅度相去不遠，因此我們以上述淺碟的例子搭配張國強等 (2001) 的模擬，假設下陷高度與淹水深度呈現一個 1:1 之正比關係，也就是地層下陷深度若增加一公分，會使淹水高度也提高一公分，亦即此處可將 $(\bar{s}_i - \hat{s}_i)$ 視為補貼政策執行後，淹水深度的減緩量。有了上述假設後，為計算淹水損害，我們首先將整體大城鄉分成養殖漁業區、農業區、以及住宅區等三類，探討當地的養殖漁業、農業以及住宅區之淹水實質損害與淹水深度之關係。

由於淹水需達一定高度才會產生嚴重災情，故我們依駱韻如 (2008) 之設定，將養殖漁業、農業及住宅區，分別訂定了 0.9 公尺、0.7 和 0.5 公尺的「淹水高度限制」⁴，亦即當實際淹水高度未達此一限制的情況下，淹水損害並不會因淹水高度之變化而有所改變，這也隱含在實際淹水高度低於限制下，淹水損害將假定為一固定常數。基於此，降雨量將成為影響淹水高度及損害程度的重要依據⁵，我們首先依大城鄉過往的歷史降雨情況，以大城鄉一日降雨量介於 150 至 300mm 為基準，將每個區塊 i 再分成兩種區域，第一種區域為當該地一日降雨量介於 150 至 300mm 時，淹水情況不會超過「淹水高度限制」的區域 (之後將此區域統稱為「不易遭受淹水損害之區域」)，而第二個區域則是指在同樣的降雨量數值下，淹水情況會超過淹水高度限制的區域 (之後皆統稱為「易遭受淹水損害之區域」)，在不易遭受淹水損害之區域中，雖然淹水還是會造成損害，但因淹水高度不足，故淹水損害並不會因為淹水深度不同而有所變化，故在採用補貼制度要求漁民休養後，雖然得以改善未來因雨而導致的淹水深度，但因淹水造成的損害不變，致使補貼資金產生的利益為零；而在易遭受淹水損害之區域中，因淹水損失會因淹水深度提升

⁴ 該研究係以農委會與漁業署之統計，搭配部分田野調查的數據為基礎，利用 SOBEK 排水與流域管理模型程式進行分析，探討淹水深度對魚塭、農地及住宅區等的損害問題。

⁵ 對於淹水高度而言，若在不考慮其他特殊之因素 (例如：水庫潰堤或地震海嘯等) 的情況下，降雨量即為其主要的討論因子，例如於鄭文賢 (2005) 的研究中，也是以觀察降雨量之變化來分析淹水高度。

而增加，故若補貼資金能降低淹水深度，所導致的淹水損害也會隨之下降，因此，我們可以使用其他外生資料來求出易遭受淹水損害之區域占各區塊 i 的面積比例（即式中的 w_i ），並計算出補貼資金所能帶來之經濟效益。

同樣在 (9) 式中， m 為一有關淹水損害的外生變數，代表依過去的資料推估，大城鄉未來十年 (2014~2023) 內，單日降雨量介於 150 至 300mm 的可能發生次數，此處之所以考慮多年的情況是因為本研究的補貼政策雖然只會使當年 (2014 年) 之養殖業者減抽地下水，但降低該年之地層下陷幅度所帶來之效益也會延伸至未來，故此處假設其如同「易淹水地區水患治理計畫」一般，將效益以維持十年來計算⁶，將 m 與 $(f \cdot e_i + v \cdot q_i + h \cdot d_i)$ 、 w_i 及 $\bar{s}_i - \hat{S}_i$ 相乘之後，即可得以未來十年為基準，對區塊 i 而言，地層下陷改善所降低的淹水損害，若再對所有區塊 i 進行加總，便可得到補貼資金對大城鄉產生的總體經濟效益⁷。

肆、資料來源

本研究所需之外生變數資料主要可分成四部分，分別為：(一) 地層下陷幅度與地下水使用量；(二) 補貼模型所使用之單位補貼額；(三) 計算因改善地層下陷所導致淹水損害降低的相關外生變數及 (四)「易淹水地區水患治理計畫」之益本比。以下將分述之：

⁶ 此處會以十年為考慮對象主要是基於以下兩點，第一是因在「易淹水地區水患治理計畫」中，計畫工程所能得到的效益是以十年為規劃目標，故兩者皆以十年來計算，在政策比較上才具意義；第二是因為在政府的「彰化雲林地區地下水補注實施計畫」(經濟部水利署，2008b) 中，地下水補注所帶來之經濟效益也是以十年來計算。

⁷ 由於無法正確得知未來十年的養殖漁業，農業及住宅區的面積，所以在此假設十年內三集區的面積皆未改變。

一、地層下陷幅度與地下水使用量

在地層下陷幅度方面，本研究是取彰化地區水準測量成果表（經濟部水利署，2013a）中，關於大城鄉各地所設測量點之歷年資料，而若遇到我們所劃分的區塊中包含兩個測量點以上的情況時，本研究採各測量點下陷幅度的算術平均數作為代表。在養殖面積方面，我們是取國土利用調查成果資訊網中，大城鄉各年之圖資並搭配地理資訊系統（Geographic Information System）予以測量，來求得各區塊的蜆養殖面積。在關於各區塊地下水使用量部分，由於台灣較缺乏這方面的統計⁸，導致要直接得知某一區塊之地下水總抽水量極為困難，然因我們目前擁有各區塊之養殖面積，故我們利用陳獻等（1999）關於彰化縣各養殖魚種與地下水使用所建立的關係來進行抽水量推估，該研究顯示，養殖魚種與地下水使用量間具有特定的比例，以大城鄉最大宗的蜆為例，平均每公頃魚塭每年所需使用的地下水為 450,120 立方公尺，雖然此用水資料有些久遠，但考量到養殖漁業屬高齡化產業，應較無技術變化之影響，所以此處假定近十年之用水資料皆可使用此數值。運用養蜆面積與陳獻等（1999）的用水資料，便可進一步估算出各區塊之地下水使用情況。

二、補貼政策之單位補貼額

由於大城鄉 94.7% 的養殖面積都是以蜆為主（漁業署，2011），故我們將以蜆的養殖利潤作為補貼基準。根據 2011 之漁業統計年報資料（漁業署，2011）顯示，彰化縣的蜆於該年之總產值為 404,897 千元，再以彰化縣養殖蜆之平均利潤占總產值的比率約為 50.4%⁹（郭仁杰與何雲達，1997）情形下可得知，彰化縣於 2011 年時，養殖蜆之總利潤

⁸ 目前政府僅公布以縣市為基準之地下水使用量統計，並未對外再釋出以鄉鎮為基準之用水資料，故鄉鎮層級用水量需進行推估。

⁹ 由於養殖漁業屬高齡化產業，技術改變太大，再加上蜆之市場應屬競爭激烈市場，故蜆之利潤與產值之比例皆假設未改變。

共約為 204,068 千元；又由於彰化縣於同年度養殖蜆所消耗之總地下水量約為 128,811 千立方公尺（經濟部水利署，2013b），在假設生產型態是 CRTS 下，將上述的利潤與地下水使用量相除之後，便可得到對彰化縣之蜆養殖業者而言，平均使用一立方公尺之地下水，約會得到 1.58 元之利潤，此亦隱含在我們的模型中，業者每減抽一立方公尺的地下水，即可獲得 1.58 元的補償。

三、降低淹水損害之總合經濟效益變數

與總合經濟效益相關的外生變數包括了 c 、 f 、 v 、 h 、 z_i 、 e_i 、 q_i 、 d_i 、 w_i 及 m 等，我們根據「彰化雲林地區地下水補注實施計畫」（經濟部水利署，2008b）得知，彰化縣平均一立方公尺的土壤流失約會帶來 100 元的實質貨幣損害，所以變數 c 即設定為 100（元/立方公尺）；而關於 f 、 v 、 h 的部分，此處主要是參考駱韻如（2008）研究中，關於養殖魚塭區、農業區及住宅區因淹水所造成損害，該研究指出，當養殖魚塭區、農業區及住宅區之淹水高度滿足淹水高度限制時，此三類集區每額外淹水一公尺所造成之淹水損害，其分別為 55.2、4.1 及 726.7 元¹⁰。在有關於各區塊已登錄土地面積（ z_i ）、養殖漁業面積（ e_i ）及農業面積（ q_i ）等部分，本研究仍是使用國土利用調查成果資訊網之大城鄉圖資，取其 2012 年所測量的資料（國土測繪中心，2013），而在住宅區之家戶數 d_i 的部分，由於其淹水損失是以家戶為對象，故此部分主要是根據各行政區域的實際調查，再配合鄉公所的數據所得。

大城鄉的淹水問題除與地層下陷有關外，主要源頭還是在於降雨量，故為了分析淹水損害及淹水高度，還需納入大城鄉一日降雨量進行考量。基於此，我們以大城鄉於 1990

¹⁰ 駱韻如（2008）將淹水高度設在 0.9 公尺的原因在於，對彰、雲、嘉三地而言，其養殖魚塭大部分都有建蓋防水設施，且其設施平均而言將會阻擋 0.9 公尺以內之淹水，所以只有當淹水高度超過 0.9 公尺時，淹水損失才會與淹水高度有關。

至 2009 年各日之平均降雨量的資料 (農委會，2013) 作為觀察對象 (圖 3)，並利用大城鄉之淹水潛勢圖，將該鄉之一日降雨量分成 150mm 以下、300mm 以上及 150 至 300mm 之間等三種情況來進行討論；此處以一日降雨量 150mm 作為下限之考量，主要是在觀察大城鄉各類之淹水潛勢圖¹¹後發現，當一日降雨量低於 150mm 時，當地幾乎沒有任何地區¹²之淹水高度會超過前述之「淹水高度限制」，故我們設定降雨量低於 150mm 時，雖可能還是會有淹水損失，但因未滿足限制條件，損害不會因淹水高度而有所改變，所以儘管補貼政策減緩了淹水高度，該筆補貼資金的支出仍不會帶來任何經濟效益，由圖 3 中也發現，在 1990 至 2009 年的二十年中，只有在 1994 年五月時，出現了一次當日降雨量為 520mm 的情形，此因屬非常極端的狀況，故本研究將不考慮這個降雨量超過 300mm 的情形。在排除上述兩種雨量狀況後，我們便可把重心放在圖 3 中，一日降雨量介於 150 至 300mm 之間的部分，從圖中可得知，大城鄉過去二十年內總共發生了 21 次當日降雨

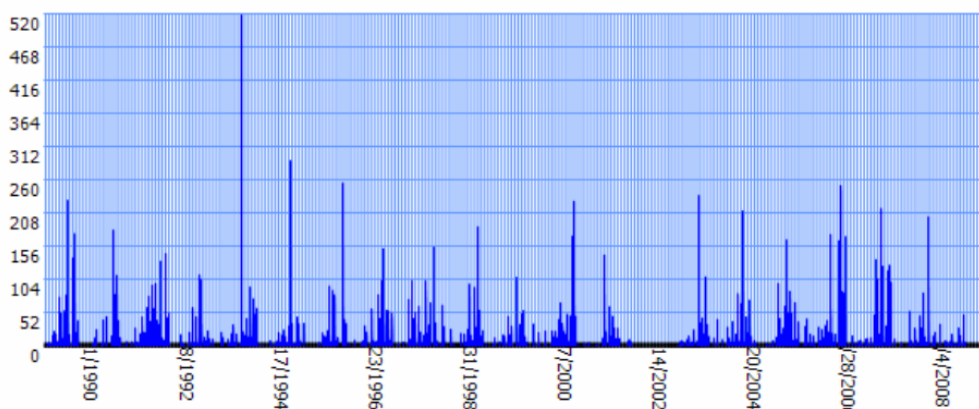


圖 3 彰化縣大城鄉於 1990 至 2009 年之各日平均之當日降雨量

¹¹ 大城鄉之淹水潛勢圖主要分成一日降雨量為 150、200 及 300mm 等三種。

¹² 我們藉由觀察 150mm 之淹水潛勢圖發現到，於大城鄉內，符合駱韻如 (2008) 之三條限制條件的地區占大城鄉整體不到 1%。

量介於 150 至 300mm 之間的狀況，且此種狀況並非是集中發生於某一年，而是偏向均勻分布，故此處我們假設平均每年約會發生一次當日降雨量介於 150 至 300mm 之間的情形，依此假設推估，大城鄉於未來十年內 (2014 至 2023 年)，大約會發生十次當日降雨量介於 150 至 300mm 的可能，此亦隱含外生變數 m 的數值等於 10。

除由圖 3 計算降雨量的次數頻率外，我們亦可根據該圖估算出，這些降雨量介於 150 至 300mm 的日子中，降雨量之算術平均數約為 205mm，但由於大城鄉淹水潛勢圖中，只有 200mm 而無 205mm 之情況，因此在這兩個數值差異性不大的情形下，我們便取 200mm 之淹水潛勢圖當作測量之基準，在此基準下，我們便可求得各區塊符合「淹水高度限制」條件所佔之比例 w_i 。關於 w_i 與其他參數 z_i 、 e_i 、 q_i 、 d_i 的數值則詳列於表 1。

表 1 模型設定之各外生變數數據

大城鄉之 各區塊	z_i (千萬平方公尺)	e_i (千萬平方公尺)	q_i (千萬平方公尺)	d_i (戶)	w_i (比率)
1 三豐村	0.3090	0.0574	0.2224	494	0.65
2 豐美村	0.3252	0.0262	0.2832	274	0.55
3 西港村	0.3043	0.0586	0.1876	5	0.87
4 頂庄村	0.3043	0.0586	0.1876	7	0.76
5 東港村	0.5602	0.0460	0.3999	576	0.68
6 公館村	0.5602	0.0460	0.3999	576	0.55
7 西城村	0.5628	0.0180	0.4543	1482	0.37
8 上山村	0.4442	0.0250	0.4145	109	0.25
9 台西村	0.1783	0.0055	0.1517	329	0.8
10 永和村	0.3497	0.0294	0.2943	439	0.7
11 山腳村	0.4268	0.0138	0.3831	494	0.5
12 潭墘村	0.6071	0.0186	0.5453	713	0.4

四、易淹水地區水患治理計畫之成效

根據「彰化南部地區綜合治水檢討規劃」(經濟部水利署，2008a) 的報告指出，若將「易淹水地區水患治理計畫」執行後與執行前相比較，該計畫預計能讓大城鄉每年之總淹水面積約降低 925 公頃、淹水時間約可減少 13 個小時、且每年平均約可減少 14,706 萬元損失。此外，「易淹水地區水患治理計畫」除能改善淹水外，對於促進地方繁榮以及提高土地利用價值等，亦能產生一些間接利益，報告中指出，若以直接利益的 25% 來估算這些間接效益，其價值約等於 5,883 萬元，而若加上其餘的附加效益，包括土地增值之 5,920 萬元、設施開發與營運效益之 1,825 萬元、以及減緩地層下陷效益之 20,250 萬元，治水計畫最終可得到的效益約為每年 46,334 萬元，又因政府假設這些設施的使用年限為十年，故政府支出所產生的總效益在 3% 的折現率設定下，約為 46 億元；在工程成本方面，治水計畫於大城鄉的總工程經費，約為 587,019 萬元，而其他成本部分則包括了償債基金、稅捐、保險費、總換新準備金及運轉維護成本¹³等，約為 18,431 萬元，將工程成本與其他成本相加後，可得到總成本約為 60 億元。若將總效益與總成本相除，便可得到政府治水計畫於大城鄉之益本比約等於 0.77。

伍、實證結果

本節主在針對大城鄉地層下陷幅度與地下水抽水量之資料進行檢定與估計，但受限於資料來源，此處只能取 2000 至 2004 年的資料進行實證分析¹⁴，在納入橫斷面之 12 個

¹³ 償還基金占總工程經費的 0.34%，稅捐及保險費占 0.62%，而總換新準備金及運轉維護成本占 3%。

¹⁴ 在已公開的資料中，台灣僅在 2000 至 2004 年曾針對西南沿海地區進行魚塭的養殖魚種及面積調查。

區塊及縱斷面共 5 年之數據後，我們利用 R 之統計軟體進行相關的係數估計及統計檢定。根據表 2 的估計結果可得知，由於 F-test 與 LM-test 之檢定結果皆為拒絕 H_0 ，表示樣本資料具有異質性，因此無法直接使用一般最小平方方法進行估計，而適合以追蹤資料來處理，再經由 Hausman 檢定後顯示，檢定統計量為 $\chi^2_{(3)} = 0.86$ ，並未超過臨界值之 $\chi^2_{(3,0.05)} = 7.815$ ，故無法拒絕 H_0 ，表示橫斷面資料與解釋變數無關，因此本研究應採用隨機效果模型來估計地層下陷幅度與地下水抽用量之關係式，並可表為如下之 (10) 式：

$$\hat{S}_{it} = (2.4704 + u_i) + 0.2070 \cdot X_{it} + 0.0253 \cdot \sum X_{jt} - 0.0011 \cdot X_{it} (\sum X_{jt}) \quad (10)$$

表 2 三種估計方法之各係數估計值和各類檢定值

變數	一般最小平方方法	固定效果模型	隨機效果模型
截距項 (α)	-0.08738 (-2.08)	—	2.4704 (1.89)*
X_{it}	0.2187 (3.59)***	0.2103 (3.88)***	0.2070 (3.73)***
$\sum X_{jt}$	0.0229 (2.41)**	0.0249 (3.02)***	0.0253 (2.99)***
$X_{it}(\sum X_{jt})$	-0.0013 (-2.75)***	-0.0011 (-2.78)***	-0.0011 (-2.69)***
R-squared	0.3973	0.5532	0.4836
Adjusted R-squared	0.3708	0.4379	0.4567
F- test: $F_{(11,57)} = 4.3$, $p\text{-value} = 0.0002$, 拒絕 H_0			
三種檢定	LM-test: $\chi^2_{(1)} = 11.113$, $p\text{-value} = 0.0008$, 拒絕 H_0		
	Huasman-tset: $\chi^2_{(3)} = 0.86$, $p\text{-value} = 0.8351$, 不拒絕 H_0		

註：括號中的值為各項之 t 值，而*、**及***則分別代表 10%、5% 及 1% 之顯著水準。

(10) 式將截距項分成 2.4704 及 u_i 兩部分，2.4704 代表橫斷面個體之共同特性，而 u_i 則為橫斷面個體之隨機特性，由於檢定結果顯示此資料適合運用隨機效果模型，表各區塊之 u_i 因存在隨機性質而有所不同，所以整體之截距項 ($2.4704 + u_i$) 也各不相同，又因代表橫斷面個體之共同特性的估計值具有統計上的顯著性，此顯示地層下陷幅度除了地下水抽用外，還存在著一些外生的影響因素。

關於地下水抽用之影響方面，因各項的 t 值都具有顯著性，表示每一地區本身之地下水抽水量 (X_{it})、鄰近之地下水抽水量 ($\sum X_{jt}$)，以及此兩項的交互關係 ($X_{it}(\sum X_{jt})$) 皆會影響地層下陷，而這些變數的估計係數分別為 0.2070、0.0253 和 -0.0011，並大都與一般直覺相符，亦即養殖漁業之地下水抽取應會增加抽水所在及鄰近區域之地層下陷幅度，且各區域之地層下陷與自身的地下水抽用最為相關 (X_{it} 之係數最大)，比較特別之處在於交互作用的部分，其估計值為一負數，代表地下水使用的交互作用數值增加反而會改善地層下陷幅度，此種現象可能源於多區塊的地層在同時下陷過程當中因彼此擠壓，導致某些區域的下陷速度減緩或反而有隆起的現象 (林俊耀，2008)。由於本研究主要針對地下水抽用對地層下陷之影響，所以在分析過程中，須將各區塊非來自地下水使用的地層下陷幅度，也就是截距項估計值的部分求出，以利後續管制的實證分析，表 3 第二欄所顯示的數據即為大城鄉各區塊中，非因地下水使用所導致之地層下陷幅度估計值，表 3 第三欄則為 2012 年大城鄉實際測得的地層下陷幅度。將表 3 第三欄與第二欄相減，則可得各區塊來自地下水使用所導致之地層下陷量估計值 (表 3 第四欄)，由此數據可看出養殖漁業地下水抽取平均而言，對於地層下陷量之影響約佔了 50%，而若依個別地區來看可發現，上山村及潭墘村的截距項相當大，代表這些地區之地層下陷主要並非因地下水抽水所引起，而是其他的外在因素。在估得各區域因地下水使用所導致之地層下陷後，此處便依據政策之可行性，分別討論並模擬三種可能的地層下陷管制方案。以下便針對這些方案進行介紹：

方案一：以各區塊管制前之地層下陷幅度為標準，個別進行管制

本方案主要是以大城鄉各個區塊為管制對象，個別對其進行地層下陷幅度之管制，管制標準主要是以各區塊管制前因抽用地下水所致之地層下陷幅度作為基準，要求業者在補貼管制後，其來自地下水使用所導致之地層下陷幅度不得超過管制前之特定比例。我們可將補貼模型中，關於地層下陷幅度的管制式 (5) 式改寫如下來呈現此一方案：

$$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\bar{s}_i - \hat{a}_i) \cdot k, \quad \forall i \quad (11)$$

表 3 大城鄉各區塊之截距項及管制前之地層下陷幅度

大城鄉之各區塊	各區塊之截距項 估計值 (公分)	2012 年之實際 地層下陷 (公分)	各區塊來自地下水使用所 導致之地層下陷量估計值 (公分)
1 三豐村	1.58	6.79	5.21
2 豐美村	0.25	3.91	3.66
3 西港村	0.69	5.98	5.29
4 頂庄村	0.59	5.50	4.91
5 東港村	1.08	5.63	4.55
6 公館村	1.74	6.50	4.76
7 西城村	4.76	8.35	3.59
8 上山村	9.67	13.48	3.81
9 台西村	0.73	2.59	1.86
10 永和村	3.83	7.28	3.45
11 山腳村	3.34	6.14	2.8
12 潭墘村	8.86	12.47	3.61
平均	3.09	7.05	3.96

(11) 式左手邊為管制後，某區塊 i 來自地下水使用的地層下陷幅度，而右手邊的 k 為政府所設定之管制比例 ($0 < k < 1$)， $(\bar{s}_i - \hat{a}_i)$ 為大城鄉的區塊 i 在管制前，因地下水抽取所造成的地層下陷幅度 (表 3 之第四欄)，當 k 值較小時，表示管制標準越嚴苛，而當 k 值較大時，則表示管制標準相對寬鬆，舉例而言，若某區塊 i 在管制前因地下水導致的地層下陷幅度為 3 公分，在 k 為 0.5 時，代表該區塊在補貼政策執行後，因地下水使用導致的下陷幅度不得超過 1.5 公分。由於此方案要求各區塊在管制後，其地層下陷的改善比例幅度皆需相同，所以由一般養殖業者的觀點來看，此管制較具有公平之概念。

由於 (3) 式至 (8) 式所代表的補貼支出極小模型為一非線性規劃問題，故本研究利用求解非線性規劃問題的 General Algebraic Modeling System (GAMS) 平台進行模擬求解，找出模型中的各項內生變數並搭配 (9) 式來估計避免的淹水損害。方案一主要的模擬結果如表 4 所示，在管制標準為 75% 的情況下可發現，各地管制後之下陷減緩比例皆為 25%，此代表所有區塊的業者都恰好將地層下陷幅度控制在政府的標準。由於此方案僅要求各地區地層下陷的減緩比例相同，故此 12 個區塊在管制後的地層下陷減緩量仍存在差異。經由計算發現，此一方案達成的地層下陷減緩幅度主要介於 0.5 至 1.5 公分之間，其中又以台西村為最少，只有 0.53 公分，而西港村最高，有 1.32 公分。除了下陷量外，此方案下之地下水抽水減量也不一致，西港村、頂庄村、東港村及公館村等四村所需減少的地下水用量比例都非常的大，皆高於 40% 以上，相反的，山腳村需要降低的地下水用量比例則非常低，只有 15%，而台西村之抽水減量比例甚至等於 0，代表其不用進行任何的抽水減量即可達到管制標準，之所以會出現此種分配不均的情形，主要是與各區塊之總抽水量及地下水之交互作用有關，對於養殖規模大之業者¹⁵ (如西港村、頂庄村、東港村及公館村)，由於本身之地下水用量就很高，代表其下陷主因與自身之地下水使用

¹⁵ 因假設每個區塊僅有一位代表性養殖業者，故此處的規模大小是一相對的概念。舉例而言，這 12 個區塊的平均抽水量為 15.13 百萬立方公尺，故我們將用水量小於 10 百萬立方公尺者稱為小規模業者，用水量介於 10 至 18 百萬立方公尺者稱為中規模，大於 18 百萬立方公尺者為大規模。

表 4 大城鄉執行方案一管制下之實證結果

單位：百萬立方公尺；公分；千萬元

固定型 補貼模式	管制執行前 (2012 年實際資料)		管制方案 (一)									
			達基準年的 75%					達基準年的 50%				
			$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\bar{S}_i - \hat{a}) \cdot 75\%$					$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\bar{S}_i - \hat{a}) \cdot 50\%$				
	實際下 陷量	抽水所 導致之 下陷量	實際抽 水量	抽水所 導致之 下陷量	減緩量 (%)	抽水量	減抽量 (%)	抽水所 導致之 下陷量	減緩量 (%)	抽水量	減抽量 (%)	
1 三豐村	6.79	5.21	25.89	3.91	25%	17.40	33%	2.61	50%	10.80	58%	
2 豐美村	3.91	3.66	11.78	2.75	25%	9.36	21%	1.84	50%	5.93	50%	
3 西港村	5.98	5.29	28.39	3.97	25%	16.89	41%	2.65	50%	9.92	65%	
4 頂庄村	5.50	4.91	24.39	3.69	25%	14.70	40%	2.46	50%	8.68	64%	
5 東港村	5.63	4.55	18.69	3.41	25%	10.10	46%	2.28	50%	5.74	69%	
6 公館村	6.50	4.76	22.69	3.57	25%	11.76	48%	2.38	50%	6.56	71%	
7 西城村	8.35	3.59	8.10	2.7	25%	6.14	24%	1.8	50%	3.91	52%	
8 上山村	13.48	3.81	11.27	2.86	25%	7.62	32%	1.9	50%	4.69	58%	
9 台西村	2.59	1.86	2.46	1.33	25%	2.46	0%	0.94	50%	2.13	13%	
10 永和村	7.28	3.44	13.25	2.57	25%	9.52	28%	1.71	50%	6.04	54%	
11 山腳村	6.14	2.80	6.22	2.1	25%	5.31	15%	1.4	50%	3.56	42%	
12 潭墘村	12.47	3.61	8.39	2.71	25%	6.27	25%	1.81	50%	3.98	53%	
平均	7.05	3.96	15.13	2.96	25%	9.79	29%	1.98	50%	6.92	54%	
合計	84.62	47.49	181.52	35.57		117.52		23.78		83.06		
總補貼額						10.24		17.53				
總合經濟效益						8.81		17.53				

較為有關，所以爲了滿足此方案之管制標準 (75%)，必須減少一定地下水使用比例之，但對養殖規模較小之業者 (山腳村及台西村) 而言，由於本身之抽水量就少，所以相對而言，其下陷幅度主要是源自於鄰近地區地下水使用產生的交互作用影響，因此容易受惠於規模大之業者的抽水減量，導致本身可能不需要再少抽地下水便可使其地層下陷量達

到管制標準；若我們將下陷減緩比例與抽水減量比例合併討論可發現，除豐美村、西城村、台西村及山腳村的地下水減抽比例是低於下陷減緩比例之外，其餘各村之地下水減抽比例皆高於下陷減緩比例。

方案二：以大城全鄉平均地層下陷幅度為標準，對個別之地層下陷進行管制

本方案仍是以大城鄉各區塊為管制對象，但與方案一不同之處在於方案二是以全大城鄉整體平均因地下水使用所產生的地層下陷幅度做為基準，並要求各業者在補貼管制後，其來自地下水使用所導致之地層下陷幅度不得超過管制基準的特定百分比，此一管制需將限制式 (5) 改寫如下：

當我們將管制標準提升到 50% 時，從表中結果可看出，由於管制量趨於嚴格，導致對於養殖規模小之業者而言，已無法只靠養殖規模大之業者減少抽水來達到管制標準，所以其抽水減量勢必要提高，以台西村及山腳村為例，此兩處抽水減量比例分別需提高至 13% 和 42%。表 4 之模擬結果亦顯示，在 75% 的管制標準且以十年的期間來看，避免掉的淹水損失約為 8.81 千萬元，而所需的補貼支出為 10.24 千萬元，故益本比為 0.86。當管制標準提高到 50% 時，避免掉的淹水損失約為 17.53 千萬元，所需的補貼支出亦為 17.53 千萬元，益本比恰為 1。

$$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\sum_{i=1}^{12} \bar{s}_i / 12 - \bar{a}) \cdot k, \quad \forall i \quad (12)$$

(12) 式的左手邊衡量的仍是區塊 i 在管制後，因地下水使用所導致之地層下陷幅度，右手邊的 k 一樣為政府在本方案所設定之管制比例 ($0 < k < 1$)，而式中的 $\sum_{i=1}^{12} \bar{s}_i / 12$ 和 $\bar{a}$ 分別代表著管制前，大城鄉各區塊實際地層下陷幅度的平均值 (表 3 第三欄的平均值) 與根據迴歸分析結果所得，大城鄉各區塊平均而言，非來自地下水使用所導致之地層下陷

幅度 (表 3 第二欄的平均值), 所以 $(\sum_{i=1}^{12} \bar{s}_i / 12 - \bar{a})$ 即為管制前, 全大城鄉因地下水抽水所造成之地層下陷的平均值 (表 3 第四欄的平均值)。此方案與方案一雖皆屬齊頭式之管制, 但若各區塊地下水抽用導致之地層下陷幅度差異很大時, 此管制會使某些因地下水抽用導致地層下陷幅度較大之區塊, 必須進行較多的下陷減量, 而對於那些地層下陷較不受地下水使用影響的區塊而言, 甚至會出現不需進行任何地下水減抽即可達到標準的情形, 故與方案一相比, 方案二可能會使受管制者有較不公平的感覺。

同樣利用 GAMS 平台進行求解, 方案二之模擬結果 (表 5) 顯示, 大城鄉因抽水所導致之平均地層下陷幅度平均為 3.96 公分, 故當 k 為 50% 時, 代表各區塊在管制後的地層下陷幅度均不得超過 1.98 公分, 而當 k 為 75% 時, 各區塊的下陷幅度均不得超過 2.97 公分。在 75% 的管制標準下, 除了原先因地下水使用所導致地層下陷幅度原本就低於 2.97 公分之區塊外, 其他區塊皆將下陷量減緩至管制上限 (2.97 公分), 若觀察台西村與山腳村可發現, 當地由於管制前之下陷量便已低於管制標準, 所以不需進行任何的抽水減量 (其抽水減量皆為 0%), 不過由於交互作用影響, 儘管此兩村並未減少任何地下水抽取, 但因鄰近地區的抽水量下降, 所以當地還是會出現地層下陷減緩的情形, 且除了這兩村外, 養殖規模屬中小型的豐美村、西城村、永和村及潭墘村, 在此種管制下也幾乎不需減少地下水使用。而在養殖規模較大之三豐村、西港村、頂庄村、東港村及公館村, 由於本身因地下水抽取所導致之地層下陷量就很高, 所以為了滿足管制標準, 其不管是地層下陷減緩量 (皆大於 35%) 或著是抽水減量比例都相對為高 (皆高於 50%)。

當管制標準提高到 50% 時, 其模擬結果與 75% 的管制標準極為類似, 不過由於管制較為嚴苛, 只剩下台西村不需減少地下水使用, 其餘區塊皆要降低部分地下水抽取。表 5 之模擬結果亦顯示, 在 75% 的管制標準下, 避免掉的淹水損失約為 10.76 千萬元, 而所需的補貼支出為 11.96 千萬元, 故益本比為 0.9。當管制標準提高到 50% 時, 避免掉的淹水損失約為 18.51 千萬元, 所需的補貼支出為 18.15 千萬元, 故益本比為 1.02。

表 5 大城鄉執行方案二管制下之實證結果

單位：百萬立方公尺；公分；千萬元												
固定型 補貼模式	管制方案(二)											
	管制執行前 (2012 年實際資料)			達管制前的 75%				達管制前的 50%				
				$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\sum_{i=1}^{12} \bar{S}/12 - \bar{a}) \cdot 75\%$				$\hat{S}_i - \hat{a}_i \leq (\sum_{i=1}^{12} \bar{S}/12 - \bar{a}) \cdot 50\%$				
				=2.97				=1.98				
	實際 下陷量	抽水所 導致之 下陷量	實際 抽水量	抽水所 導致之 下陷量	減緩量 (%)	抽水量	減抽量 (%)	抽水所 導致之 下陷量	減緩量 (%)	抽水量	減抽量 (%)	
1 三豐村	6.79	5.21	25.89	2.97	43%	11.98	53%	1.98	62%	7.57	71%	
2 豐美村	3.91	3.66	11.78	2.97	19%	11.55	2%	1.98	46%	7.31	38%	
3 西港村	5.98	5.29	28.39	2.97	44%	10.85	62%	1.98	63%	6.69	77%	
4 頂庄村	5.50	4.91	24.39	2.97	40%	10.85	56%	1.98	60%	6.69	73%	
5 東港村	5.63	4.55	18.69	2.97	35%	7.73	59%	1.98	57%	4.24	77%	
6 公館村	6.50	4.76	22.69	2.97	38%	7.73	66%	1.98	58%	4.24	81%	
7 西城村	8.35	3.59	8.10	2.97	19%	8.10	0%	1.98	45%	5.08	37%	
8 上山村	13.48	3.81	11.27	2.97	22%	8.10	28%	1.98	48%	5.08	55%	
9 台西村	2.59	1.86	2.46	1.21	35%	2.46	0%	0.94	50%	2.46	0%	
10 永和村	7.28	3.44	13.25	2.97	14%	12.18	8%	1.98	43%	7.45	44%	
11 山腳村	6.14	2.80	6.22	2.26	19%	6.22	0%	1.98	33%	6.13	1%	
12 潭墘村	12.47	3.61	8.39	2.97	18%	8.39	0%	1.98	45%	5.08	40%	
平均	7.05	3.96	15.13	2.76	29%	8.84	28%	1.88	51%	5.67	49%	
合計	84.62	47.49	181.52	33.11		106.12		22.62		68.00		
總補貼額						11.96				18.15		
總合經濟效益						10.76				18.51		

方案三：以大城全鄉平均地層下陷幅度為管制標準，對總體地層下陷進行管制

此方案係假設政府希望整體大城鄉在管制後，來自地下水使用所產生之平均地層下陷幅度不得超過政府設定的目標，故我們可將 (5) 式改寫如下：

$$\sum_{i=1}^{12} (\hat{S}_i - \hat{a}_i) / 12 \leq (\sum_{i=1}^{12} \bar{s}_i / 12 - \bar{a}) \cdot k, \forall i \quad (13)$$

(13) 式中之左手邊為大城鄉在執行管制後，整體 12 個區塊因地下水抽用所造成之地層下陷幅度的平均值，而式子右手邊則與方案二相同，皆是將地層下陷幅度分別控制在 1.98 公分和 2.97 公分的水準，此種管制主要是視平均下陷幅度為考量對象，屬總量管制措施，也就是全大城鄉各區塊在管制後的平均地層下陷幅度滿足政府目標即可，這也賦予大城鄉更大的管制彈性。

於表 6 可發現，此種管制出現了極端的結果，在 75% 的管制標準下，各區塊之地層下陷減緩比例差異很大，例如永和村及山腳村之下陷減緩量分別高達了 78% 及 62%，但西港村及頂庄村之地層下陷卻完全沒有改善，而若從地下水減抽量可發現，各區塊之差異更加明顯，豐美村、西港村、頂庄村、東港村、上山村、台西村及潭墘村等七個村幾乎完全不需減少地下水使用，而公館村、西城村、永和村及山腳村之養殖魚塭則出現幾乎全部休養之情形，各區塊地下水使用所導致之地層下陷敏感度可能是造成此種現象的主因，由於此方案允許大城鄉自行調整各區塊之下陷幅度，故為了達成極小化補貼支出的目標，模型會傾向要求位於地層下陷敏感度高地區的業者，進行全面休養，而不要求位於地層下陷敏感度低¹⁶地區的業者降低太多地下水使用。

¹⁶ 此處所稱之的地層下陷敏感度，即是觀察地層下陷與地下水之關係所得知，當某區域其地下水抽水會造成很高的地層下陷量，即稱為地層下陷敏感度高之區域，相反而言，如果某地區其地下水抽水所造成之地層下陷量很低，便稱為地層下陷敏感度低之區域。

表 6 大城鄉執行方案三管制下之實證結果

單位：百萬立方公尺；公分；千萬元												
固定型 補貼模式	管制方案 (三)											
	管制執行前 (2012 年實際資料)			達管制前的 75%				達管制前的 50%				
				$\sum_1^{12} (\hat{S}_i - \hat{a}_i) / 12 \leq (\sum_1^{12} \bar{S} / 12 - \bar{a}) \cdot 75\%$				$\sum_1^{12} (\hat{S}_i - \hat{a}_i) / 12 \leq (\sum_1^{12} \bar{S} / 12 - \bar{a}) \cdot 50\%$				
				= 2.97				= 1.98				
	實際 下陷量	抽水所 導致之 下陷量	實際 抽水量	抽水所 導致之 下陷量	減緩量 (%)	抽水量	減抽量 (%)	抽水所 導致之 下陷量	減緩量 (%)	抽水量	減抽量 (%)	
1 三豐村	6.79	5.21	25.89	4.44	15%	20.46	21%	1.51	71%	4.05	84%	
2 豐美村	3.91	3.66	11.78	3.02	18%	10.99	7%	0.53	86%	0	100%	
3 西港村	5.98	5.29	28.39	5.29	0%	26.60	6%	5.29	0%	25.74	9%	
4 頂庄村	5.50	4.91	24.39	4.92	0%	23.81	2%	4.91	0%	23.55	3%	
5 東港村	5.63	4.55	18.69	4.31	5%	18.69	0%	2.24	51%	5.74	69%	
6 公館村	6.50	4.76	22.69	2.95	38%	3.92	83%	1.53	68%	0	100%	
7 西城村	8.35	3.59	8.10	1.84	49%	0	100%	0.73	80%	0	100%	
8 上山村	13.48	3.81	11.27	3.15	17%	11.27	0%	2.6	32%	11.27	0%	
9 台西村	2.59	1.86	2.46	1.14	39%	2.46	0%	1.05	44%	2.46	0%	
10 永和村	7.28	3.44	13.25	0.74	78%	0	100%	0.64	81%	0	100%	
11 山腳村	6.14	2.80	6.22	1.05	62%	0	100%	0.63	78%	0	100%	
12 潭墘村	12.47	3.61	8.39	2.79	23%	8.39	0%	2.09	42%	8.39	0%	
合計	84.62	47.49	181.52	35.64		126.58		23.75		81.20		
總補貼額						8.79				16.05		
總合經濟效益						9.05				18.46		

當管制標準提高到 50% 時，豐美村及東港村和過去的管制幅度相較，出現了較為不同的結果，此兩個村由原先不需進行任何抽水減量變成接近完全休養，主因在於此兩村相對於其他區塊（西港村、頂庄村、上山村、台西村及潭墘村）而言，地層下陷的敏感度相對較高，故爲了要達到較高的管制標準，只好藉由減少此兩地之地下水用量來達成。

表 6 之模擬結果指出，在 2.97 公分的管制標準下，避免掉的淹水損失約為 9.05 千萬元，所需的補貼支出為 8.79 千萬元，故益本比為 1.03。當管制標準提高到 1.98 公分時，避免掉的淹水損失約為 18.46 千萬元，所需的補貼支出為 16.05 千萬元，故益本比為 1.15。

上述的益本比值皆是以 10 年為基準進行估算，但包括覬的利潤、人口、未來雨量及經濟環境都可能因時間產生變化，故以 10 年來計算的益本比仍可能和未來實際的狀況有出入，除此之外，政府的「易淹水地區水患治理計畫」報告雖評估了避免的淹水損害、土地增值、設施開發與營運和減緩地層下陷效益等四類的貨幣價值，但因其未揭露這些金額的詳細計算流程，故直接將該報告得出之益本比與本研究的數據進行比較也可能產生偏差，為嘗試建立一個相對較為一致的基礎，我們接著將重心放在治水計畫與此處補貼計畫皆有衡量的項目，也就是避免的淹水損害上，並以單一年度來比較。由於「易淹水地區水患治理計畫」在大城鄉所能得到的避免淹水損害金額平均約為每年 1.47 億元，故我們將此一金額為基準，並經由調整經濟模型中的 k 值重新進行模擬後發現，若欲利用本研究的三個方案來達到此一避免損害金額，則管制水準 k 需分別設定在 57%、61% 及 60% 的水準，而政府在這些管制水準下的補貼支出金額約為每年 1.56 億、1.54 億及 1.36 億元，將這些金額與「易淹水地區水患治理計畫」的平均年支出 6 億元相較可發現，此處的補貼政策能發揮的效益是更高的。因本研究並未如「易淹水地區水患治理計畫」般，納入土地增值、設施開發與營運與減緩地層下陷的效益，故若假設補貼政策也能發揮這些效益，則補貼政策在各方案及各管制水準下所能創造的益本比將更進一步高於政府的「易淹水地區水患治理計畫」。

陸、結論與政策建議

為解決台灣近年來因養殖漁業超抽地下水所導致之地層下陷與淹水問題，本研究嘗試由降低地下水使用的源頭出發，並以彰化縣大城鄉 12 個行政區塊為研究對象，探討政

府可如何有效利用補貼政策鼓勵漁民休養。本研究首先透過各區塊之地層下陷幅度與地下水抽用的追蹤數據進行估計，得出一個考慮外部性的地層下陷與地下水使用之關係式，接著運用此一關係式，建立經濟模型來探討各種可能的管制目標下，應優先接受補貼的區塊及相對應的休養規模，期以利用降低地下水之抽取來減緩當地因地層下陷產生的淹水問題。在不同的管制情境下，我們除了求得為達管制目標所需的補貼支出外，也透過計算總合經濟效益之公式，估計達到管制目標所能避免掉的淹水損害，藉由比較各管制情境下所需的支出及避免掉的損害，我們進一步得到出各個管制情境可以產生之益本比。最後，我們將模擬結果與政府正在執行的「易淹水地區水患治理計畫」進行比較，探討治水政策與此處補貼政策之優劣。

本研究之模擬結果顯示，雖然各管制情境所產生之結果有所不同，但仍存在一些規律，例如只要當政府是以個別區塊作為管制對象時，通常較大規模之養殖業者需減少的地下水用量比例（或地層下陷減緩比例）皆較高，相反的，小規模業者所需減少的地下水用量比例（或地層下陷減緩比例）則較小，而當管制情境是以大城鄉整體平均作為考量時，則通常地層下陷敏感度高的區塊，其在管制後所需降低的地下水使用比例（或地層下陷減緩比例）也較大，相反的，地層下陷敏感度低之區塊，其需降低的地下水使用比例（或地層下陷減緩比例）則較小，若以大城全鄉來看，個別管制對大城鄉西北部影響較大，尤其是位於魚寮溪東部沿岸區域之業者，而總量管制則主要影響大城鄉之東南部業者，可見兩種方式差異頗大。

本研究假設每個區塊皆僅有一個代表性的養殖業者，故根據模擬結果所採行的補貼政策亦將以此為基礎來執行，由於單位補貼額等同於減抽每單位地下水所喪失的養蜆利潤，故對業者而言，接受補貼並休養和持續抽水進行生產應是無差異的，若以方案一的 75% 管制為例，政府依模擬結果得知，山腳村需將地下水抽水量減少 15%（或養殖魚塭面積需降低 15%）方能達成管制目標，故政府可透過漁會組織，要求該村有意願的業者前來登記欲休養的魚塭面積，直至該村休養總面積達到政府所希望的 15% 為止，而後再將補貼金額發放給登記的業者。若有意願休養的面積超過政府的 15% 目標時，則可利用

登記先後順序、抽籤或輪流的方式來休養，但當有意願休養的面積不足時，政府除可加強宣導接受補貼休養跟維持生產是無差異的外，可透過抽籤或輪流的方式讓該區塊中每年有 15% 的魚塭進行休養，依據此一規範，其他村莊或方案的管制也都可以透過這樣的方式進行。此外，由於補貼政策可能吸引新的業者加入，反而惡化環境現狀，故政府可先針對現有魚塭進行完整造冊，嚴禁有任何清冊外土地開發為新魚塭，或讓清冊外業者申請休養補貼，同時也對於已請領補貼的業者定期檢查抽水井的電表及魚塭現況，避免業者私下違法再進行生產。

本研究所模擬之益本比指出，若將各區塊在管制後地下水的減抽比例視為 "公平" 指標 (亦即當各區域之減抽比例越接近時，則趨近公平)，則越偏向公平的政策，其所帶來之益本比越小，例如以個別區塊來進行的地層下陷幅度管制所得的益本比都較低，相反的，若是以大城全鄉平均地層下陷幅度為管制標準雖最不具公平性，但其益本比最高。雖然越不具公平性之管制較易造成漁民抗爭，使政策推動困難，但因公平與效率顯然在本研究中無法並存，故政府需在兩者間進行取捨。整體來看，政府若希望達到較高的益本比，使用較具彈性的方案 3 為佳，若政府認為一個讓業者感覺更公平的政策較容易推動，則可考慮方案 1，相對而言，方案 2 則可維持部分的彈性與公平性。本研究所探討的效益僅限於避免淹水造成的損害，並未像「易淹水地區水患治理計畫」般，考量其他如土地開發利益等，但若僅以避免掉相同的淹水損害為目標時，補貼漁民休養所需的支出是遠低於政府現行治水支出的，故只要政府能落實補貼管制，則本研究內的 3 種管制方案 (共含六種模擬情境) 之益本比皆是優於「易淹水地區水患治理計畫」，若將政府所估算之土地開發等正面利益也納入補貼政策的效益計算中，則本研究之補貼政策所得的益本比將更高於政府治水政策，此也隱含政府若能由源頭來處理淹水問題，則更能將有限資源發揮更大成效。

最後在研究限制部分，由於本研究假設地層下陷幅度與淹水深度具有同比例關係，但時雨量強弱、潮汐、雨量集中的區域、大城鄉所屬魚寮溪內外水位的高低，甚至鄉內是否有大型工程正在進行等因素，都可能對這個設定產生影響，此外，鄉民在經歷水患

後可能採取的預防性行為及政府在水患後的補強措施，也可能改變此一比例。事實上，大城鄉在 8 年 1000 億的治水計畫部分完成後，魚塭面積並未大幅縮減，但淹水深度卻因堤防加高與抽水站設置而獲得明顯但可能是短暫的改善，當下陷幅度持續增加而使堤防與抽水機功能弱化後，平均淹水深度應會逐步回到治水前的水準，本研究因由治本的角度來解決淹水問題，並以此與政府治水計畫進行優劣比較，故在地層下陷與淹水深度關係上，需將政府現行治水計畫對於地層下陷與淹水高度間產生的影響予以排除，僅能由治水計畫前的少數文獻資料進行比對，得出兩者間有如是的关系，在目前公開的資料中，政府雖有地層下陷幅度數據，但未曾針對該鄉的歷年淹水深度進行詳實調查，待未來若能有更完整的資料庫，除可使研究的準確度提升外，也可進一步檢驗此一比例的合理性。

(收件日期為民國 104 年 9 月 4 日，接受日期為民國 105 年 4 月 20 日)

參考文獻

一、中文部分

- 王世堅，2011，「侵臺颱風資料庫: 1985-2011 年臺灣因氣象因素導致各項災害損失統計」，取自 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/hazards/meteo-hazards-data.htm>，檢索日期：2013/04/25。
- 地層下陷防治服務團，2013，「全台地層下陷現況」，取自 <http://www.lsprc.ncku.edu.tw/>，檢索日期：2013/04/10。

- 林俊耀，2008，「養殖漁業區位調整與地層下陷管制-以嘉義縣東石鄉為例」，國立成功大學經濟學系碩士論文。
- 施清吉，2000，「雲嘉地區地層下陷控制參數之探討」，經濟部水資源局研究計畫，台北：經濟部水利署水資源局。
- 國土測繪中心，2013，「國土利用調查成果查詢系統」，國土利用調查成果資訊網，取自 <http://lui.nlsc.gov.tw/LUMap2/map/>，檢索日期：2013/04/10。
- 張光仁，2000，「台西麥寮地區多井抽水引致區域性地層下陷之分層分析」，國立台灣大學土木工程學系碩士論文。
- 張國強、李友平、余昌益、吳馥光、廖建明、顏沛華、許泰文與蔡長泰，2001，「地層下陷區淹水改善研究 - 地層下陷區土地利用對淹水潛勢影響之研究(1/3)」，財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會研究計畫，台北：經濟部水利署。
- 郭仁杰與何雲達，1997，「臺灣蜆養殖業之經營現況與經濟分析」，台灣省水產測驗所研究報告，台北：行政院農業委員會水產測驗所。
- 陳建忠，2003，「基礎工程施工抽水對基地環境安全影響與防災對策」，內政部建築研究所研究計畫，台北：中華民國內政部建築研究所。
- 陳獻、梁榮元與賴國興，1999，「合理養殖用水量之現況調查分析(第三年)」，財團法人農業工程研究中心輔助研究計畫，南投：行政院農業委員會漁業署。
- 黃良雄，2000，「地下水超抽導致地層下陷模式(一)」，經濟部水利署水利規劃試驗所研究計畫，台中：經濟部水利署水利規劃試驗所。
- 經濟部水利署，2008a，「大城地區魚寮溪等排水系統」，彰化南部地區綜合治水檢討規劃，台北：經濟部水利署。
- 經濟部水利署，2008b，「彰化雲林地區地下水補注實施計畫」，台北：經濟部水利署。
- 經濟部水利署，2011，「易淹水地區水患治理計畫第3階段 (100~102 年) 實施計畫 (核定本)」，台北：經濟部水利署。
- 經濟部水利署，2013a，101 年度多元文化監測及整合技術應用於台北、彰化及雲林地區

- 地層下陷監測，台北：經濟部水利署。
- 經濟部水利署，2013b，「水利署各用水量統計資料庫」，地下水觀測網，取自 <http://pc183.hy.ntu.edu.tw/resources-stat.php>，檢索日期：2013/03/10。
- 農委會，2013，「農業氣候查詢系統」，取自 http://amis.tari.gov.tw/MapManager/Result/Weather_Result.aspx，檢索日期：2013/03/10。
- 彰化縣主計處，2014，「2013 彰化縣統計要覽」，取自 http://www.chcg.gov.tw/accounting/07static/static01.asp?cate_id=15，檢索日期：2014/03/10。
- 漁業署，2011，漁業統計年報，台北：農委會漁業署。
- 劉佳蒔，2005，「台灣西南沿海養殖漁業休養補貼政策之探討-以嘉義縣東石鄉為例」，國立成功大學政治經濟研究所碩士論文。
- 鄭文賢，2005，「水災對養殖魚塭災害損失之評估-以雲林縣為例」，國立海洋大學應用經濟研究所碩士論文。
- 駱韻如，2008，「以經濟利益分析訂定社區防洪範圍之研究-以台灣西南沿海地區為例」，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文。
- 鍾明松、朱振宏、李旭加、洪兆慶、洪明瑞、張惠文與李顯智，1997，「以地下水洩降量及土壤結構評估地層之沉陷行為」，經濟部水資源局八十五年度地下水觀測網暨地層下陷防治計畫成果發表會成果報告集，215-234，台北：台灣省經濟部水資源局。

二、英文部分

- Babcock, B. A., P. G. Lakshminarayan, J. J. Wu, and D. Zilberman, 1996, "The Economics of a Public Fund for Environmental Amenities: A Study of CRP Contracts", *American Journal of Agricultural Economics*, 78: 961-971.
- Babcock, B. A., P. G. Lakshminarayan, J. J. Wu, and D. Zilberman, 1997, "Targeting Tools for the Purchase of Environmental Amenities", *Land Economics*, 73: 325-339
- Baumol, W. J. and W. E. Oates, 1988, *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge:

Cambridge University Press.

- Carpentier, C. L., D. J. Bosch, and S. S. Batie, 1998, "Using Spatial Information to Reduce Costs of Controlling Agricultural Nonpoint Source Pollution", *Agricultural and Resource Economics Review*, 27: 72-84.
- Castle, R. O., R. F. Yerkes, and F. S. Riley, 1969, "A Linear Relationship between Liquid Production and Oil-field Subsidence", in *Proceedings of Land Subsidence Proceedings of the Tokyo Symposium*, 162-173, Gentbrugge, Belgium.
- Figueroa Vega, G. E., 1984, "Case History No. 9.8: Mexico, D.F., Mexico", in Poland, J. F., ed., *Guide to Study of Land Subsidence due to Ground-water Withdrawal*, 217-232, Paris: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization Press.
- Fredriksson, P. G., 1998, "Environment Policy Choice : Pollution Abatement Subsidies", *Resource and Energy Economics*, 20: 51-63.
- Khanna, M., W. Yang, R. Farnsworth, and H. Önal, 2003, "Cost-effective Targeting of Land Retirement to Improve Water Quality with Endogenous Sediment Deposition Coefficients", *American Journal of Agricultural Economics*, 85: 538-553.
- Larson, K. J., H. Başağaoğlu, and M. A. Mariño, 2001, "Prediction of Optimal Safe Ground Water Yield and Land Subsidence in the Los Banos-Kettleman City Area, California, Using a Calibrated Numerical Simulation Model", *Journal of Hydrology*, 242: 79-102.
- Leake, S. A., 1990, "Interbed Storage Changes and Compaction in Models of Regional Groundwater Flow", *Water Resources Research*, 26: 1939-1950.
- Liao, C. N. and M. H. Chen, 2008, "Subsidy Policy for the Retirement of Aquaculture on the Southwest Coast of Taiwan - A Case Study of Budai Township, Chia-Yi County", *Environment and Development Economics*, 13: 517-536.
- Lintner, A. M. and A. Weersink, 1999, "Endogenous Transport Coefficients: Implications for Improving Water Quality from Multi-contaminants in an Agricultural Watershed", *Environmental and Resource Economics*, 14: 269-296.
- Ribaudo, M. O., 1989, "Targeting the Conservation Reserve Program to Maximize Water Quality Benefits", *Land Economics*, 65: 320-332.
- Smith, R. B. W., 1995, "The Conservation Reserve Program as a Least-cost Land Retirement

Mechanism”, *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 93-105.

Wadachi, K., 1940, “Ground Sinking in West Osaka”, *Disaster Prevention Research Institute Report*, No. 3, Kyoto University.

Evaluation of the Effectiveness of a Subsidy Policy with Externality Consideration and the Flood Control Program in the Da-Cheng County^{*}

Chao-Ning Liao^{**} and Bin-Hung Chen^{***}

Abstract

Using Da-Cheng Township as an example, this research proposes a subsidy policy that based on the severity of externality from groundwater extraction to mitigate the land subsidence and flood problems associated with the overuse of groundwater by calm farmers in Taiwan. We simulate the required total subsidy expense and the monetary value of avoided flood damages from alleviating the land subsidence and find that the benefit-cost ratios from our proposed subsidy regulation are all higher than that from the Flood Control Program in the Flood Prone Areas currently adopted by the government. Under certain regulation scenario suggested in our study, the ratio can be as high as 1.15. This implies that if the government wants to use the limited budget more efficiently, it should solve the flood problem from its very beginning.

^{*} The authors would like to thank the referees for their valuable comments. This paper is funded by the Ministry of Science and Technology (NSC 101-2410-H-007-014)

^{**} Associate Professor, Department of Economics, National Tsing-Hua University. Corresponding Author. Tel: +886-3-516-2138, E-mail: liao.cn@mx.nthu.edu.tw.

^{***} Senior Research Associate, Third Research Division, Taiwan Research Institute.

Keywords: Land Subsidence, Aquaculture, Subsidy, Flood Control Program in the Flood Prone Areas

JEL Classification: Q22, Q53, Q58