

# 防洪需求及效益評估

蕭景楷\*

## 壹、前言

防洪計畫是一項規劃公共支出的計畫（註一），其目的是在減少洪水災害，以增加社福利。由於政府的預算有限，而各項公共職能又不斷的擴充並競用一定的預算，同時防洪措施的功能也有其極限，所以欲達到完全沒有洪害的地步是不可能的。不過問題是，我們應當接受什麼程度的洪水損害，這就涉及效益和成本之間的抵換了。

一般而言，防洪所需投入的成本是相當明確的，然而由於防洪措施採用所得到的效益卻是較難以衡量的，因為這些效益無法在市場上觀察到。例如以往在推估防洪計畫所產生的效益時，常以沒有計畫時的年平均損失減去計畫實施後的年平均損失，實際上這就是減少人們遭受洪害的風險（註二）。但是，這種風險的減少是一種具有集體財特性的財貨，所以通常並不會在市場上交易。

過去評估防洪效益時，大多採用傳統的成本—效益分析方法（例如：吳功顯、鄭秋桂，民國七十四年；徐享田，民國七十五年；蕭景楷，民國七十八年等），其主要目的是在使投資的經濟效率達到最大，藉此可以簡化決策的過程。但是，這種分析方法的使用，卻免不了發生一些概念上及技術上的問題（註三）；此外，在判定防洪計畫所產生效益的範圍時，我們可以發現許多是屬於無形的效益，例如減少擔心洪水發生（即減輕洪害威脅的焦慮）和洪水期間的壓力（即減除洪害事件發生的焦慮）。而部分國外研究則顯示（例如 parker et al,1983），洪害造成的直、接間損失不見得比較重要，反而是無形效果或是社會性效益更值得重視。當然，這些研究結果並非在否定防洪計畫的傳統經濟評估方法，而是指出目前評估技巧所得出的損害結果，充其量只是許多洪災損害中的一部分。

\*作者係國立中興大學農業經濟系副教授

尤有進者，防洪計畫多屬長期性的公共投資，每一項防洪計畫都要承續過去完成的計畫，以達到改善和加強整個防洪體系的目的，所以多少具有增加防洪效果或品質的意義，但是我們發現每一階段的改善都不可避免地比前一階段花費更多的資源，然而由此衍生的效益卻不一定成比例式的增加。再者，對於那些目前還未供應的防洪財貨，其可能產生的效益應如何估算，不僅涉及不確定因素或事前評估問題，而且也要考量是否能和經濟理論相契合的問題。

綜合上述，我們發現傳統的成本—效益估計方法時常面臨概念上的問題，造成評估過程的困擾和結果有效性的受到質疑，同時無法推估無形的效益或其他未使用的效益，更無法衡量由於防洪財貨數量的變動所引起的福利效果。基於這些因素，本文擬結合需求理論和新古典福利經濟學的理念來解決這些問題，首先建立防洪的需求模式，將防洪視為公共財，使其進入效用函數中；其次利用個人願意支付的最大數額或是願意接受的最小數額概念，探討由於數量變動所造成的福利效果，此即效益變動的部分；最後討論不確定情況下的需求問題。不過在建立這些經濟的分析架構之前，我們必須先瞭解和防洪計畫的規劃及決策有關的理論，其中有些理論屬於自然科學的範疇（如水文理論、生態理論等），有些則和社會科學有關（如經濟理論、公共參與理論等），但其中和本文在建立模型及邏輯推理方面較有關的應是災害—反應理論（hazard-response theory）。所以下一節除了從福利觀點探討防洪措施的必要性外，也從災害—反應理論來看人們如何認識自然災害事件，如何理解各種減少災害的調整策略，以及選擇策略的過程等問題，希望有助於解釋防洪需求模型的內涵。

## 貳、由總體和個體觀點探討防洪

人們需要防洪財（註四），是因為這種財貨可以產生效用，不過是否應由公共部門提供？應該提供多少數量？個人在洪害的防治方面應該扮演什麼角色？等都是值得研究的論題。本節分別就這些問題加以討論。

### 一、防洪措施是否應由公共部門提供？

雖然過去有不少研究都在強調個人對災害所應做的決策（例如 Burton and Kates 1964, Burton et al 1978），但是就我國及大多數的其他國家

而言，防災都一直由政府策劃、投資，並以達成區域性的目標為最終目的。所以防治洪災的目的是在提高整體的社會福利，而這也是公共部門必須介入的正當理由之一。事實上，台灣不僅地狹人稠，加上地形、地質及地理位置的特性，都使得個人減少暴露在洪災的能力和範圍受到極大限制。從另一個角度來看，純粹以個人為對象所做的防洪措施，不管在技術上或是經濟上都是不可行的。因為防洪是一種不可分割的財貨，它在本質上和整體的流域及水文系統有關，無法依照個人的財產範圍來劃分，所以需要集體性的決策，也只有大量的提供才符合經濟效率原則。因此，防洪這種公共財的特性就成為政府介入的主要原因。

政府必須介入的另一個理由是，受洪災影響的只是整個社會中的一小部分人，他們往往是最脆弱的一群，所以政府要透過各種管道來補助他們，免得貧富間的差距因洪災而加大。台灣歷年來的洪災，大多發生於較貧窮的地區，而英國的研究也顯示多次發生洪災之地區的每人平均所得低於全國平均數（Penning-Rowsell et al, 1986）。因此，利用重分配效果來保護社會較脆弱的一群人，也是政府介入防洪的理由之一。

此外，從一個現代化社會應當具備的條件來看，繁榮、健康和安寧都是不可或缺的；但是洪災卻會危害及生活環境的品質，造成生命財產鉅大損失。所以防洪措施和其他公共投資一樣，皆在確保社會可以達成這些條件，而成為政府介入的另一項原因。當然，公共支出經由其他方式的運作，也可以增加社會福利，而不一定非投資於防洪措施不可；而且人們所面臨的災害也很多，洪災不見得係最迫切需要防治的項目。這就涉及我們如何評估比較各種能減少災害或增加社會福利的公共投資計畫，來決定到底要投入多少公共支出於防洪，以增加由此帶來的社會福利。基本上，如果我們可以先訂定準則，來決定各種公共投資的數量，則上述問題即可迎刃而解；但這種準則的訂定不只是福利經濟學或成本效益評估的應用，還要考量受益者的範圍，因為每一種公共投資都會影響不同層次的人。尤有進者，每一項公共投資數量的多寡雖然和主管部門及受影響地區的政治活動力不無關連，但是如果我們能證明某一項公共支出產生的效益高於其他公共投資，則決策部門仍然無法忽視這個事實。總之，公共部門必須介入防洪體系的建立固然已成為現代國家的職責，惟鑒於資源、預算的限制，政府勢不可能滿足社會上的所有需求，所以必須透過各種決策程序作抉擇，以期能達到最大的效用滿足或是使有限資源作最合理的分配。當然，某些非經濟因素可能具有舉足輕重的影響力，但除非決策部門可以不管資源有限的經濟因素，否則經濟分析仍應是決定公共投資項目與數量的重要評估方法。

## 二、個人與防洪之關係：災害—反應理論之探討

過去數十年來，許多經濟學家、心理學家、人類學家和地理學家等不同領域的專家，經常從社會科學的觀點來分析自然災害和人的關係以及對於社會之影響。由於洪災發生的歷史久遠（最有名的當推聖經舊約全書創世紀裏所記載諾亞造方舟以趨避毀滅性洪水的故事），而且具有普遍性和相對高頻率特性，一些早期學者（尤其是芝加哥派的地理學家如R.W. Kates, G.F. White 等人）在1960和1970年代，利用歸納法將許多洪災的個案研究加以一般化，強調個人面對洪災時所應扮演的角色，而發展出災害—反應理論。利用這種理論所作的研究，其目的是在闡明人們使用災害地區的程度及理由，以及人們如何認知災害事件，並進一步由各種減少災害的調整策略中做選擇。這種理論的分析架構隱含著人與自然間的互動關係，亦即在短期間這種互動是一種穩定且自我調整的動態均衡；然而在長期間，人們可能愈來愈容易傾向於支配環境，只是這種調整過程仍屬未知狀態。

從最一般化的觀點來看，災害—反應理論可視為 Zimmerman (1951) 和其他學者分析自然資源所用方法的一部分，此即形成災害和資源的特殊關係。所以實際上，災害或資源都不是絕對的自然現象，它們都是由於和人所產生的關係而形成的。換句話說，人們使用環境而引起有害的結果時稱為自然災害，如果產生有利的結果則稱為自然資源。根據 Zimmerman的互補理論 (Complementary theory)，自然資源是人、文化和自然互動下的產品（註五），而災害則是妨害資源開發的阻力或障礙。資源是主觀的現象，其價值是動態的、相對的，隨社會的需求和所採用的技術而變，這個理念同樣可應用於自然災害。

由上述知，洪水是一種自然現象或環境的特徵，因為它會引起損失，所以是災害；可是另一方面，洪水平原區又有潛力作為都市發展所在地，只是這種潛力必須經過防洪投資才能實現，也必須確為人們所需才能成為資源。不過，這種改變環境以增加資源的過程是相當複雜的，因為往往一個人視為資源而另一個人卻不認為如此；例如防洪措施固然提高了洪水平原區的土地價值，但也可能因此破壞河岸的自然美景。

另外也可從實質內涵的觀點來看災害—反應理論，據此該理論強調的是，人們在追求有用的資源和避免有害的現象之調適過程中，如何形成他們的決策。這種對於有害環境所作適應或調整的過程，正是災害—反應理論的中心，惟其缺陷也正由於太過於強調個人所作的適應行為。根據 Kates (1970

的模型(註六),每一個人對災害都有其臨界點,在臨界點以下時,他們不會採取因應對策,但到達該界限時,就開始尋求對策以減少災害的衝擊,並從技術和經濟層面評估其適用性。此種災害臨界點和個人過去的災害經驗以及對風險的態度等有關,而個人所採取的調適對策,則和經驗、財富、執行這些對策的能力、甚至個性等有關;根據 Simon 的決策理論,個人的調適行為是理性的,而理性的決策則受到相關資料是否欠缺的限制。此外,人們也難以針對隨機事件作出有效的結論,特別是如果他們的經驗不足時。因此,他們通常對於洪水事件賦予規則性,或者否定洪水風險的存在,藉此來減少不確定性。

至於就社會對災害所作的因應對策而言, Kates (1970) 認為某一社會的採取行動以肆虐災害,應是許多個人行動的總和,而調整的程度則和災害事件發生的頻率有關;在洪害機率低,或是地區人民很清楚知道洪害事件不會發生時,很少會做成調整方案;相反的,在發生機率高,而且人民知覺到未來即將發生之地區,則有很多人會採用減少災害的調整對策。Burton 等人 (1978) 認為這種調整過程過於簡單,所以指出主管部門在制訂有助於調適的法規和誘因,和資源配置及技術調整,以及協助災害調整對策方面所應扮演的角色。他們也指出某些利益團體會影響調整決策。不過,他們並不在於解釋決策過程,而是在評估集體調整對策的範圍,以及說明採行全國性政策的可能性。

綜合本節所述,鑒於防洪財具有公共財的特性,所以由個人反應所決定的調整對策,往往無法滿足基本需要而且缺乏效率;因此,由政府部門提供防洪財,才能大幅提高社會福利而且使資源配置較有效率。不過,公共支出用於各種用途的優先次序以及數量的多寡,都和該用途所能產生的效益有關;而防洪是一項重要的公共投資,所以更需要精確地衡量其效益。災害一反應理論的重要涵義是,個人為了降低災害,必然會想盡辦法採用各種因應對策,所以個人的效用函數應當包含與此有關的財貨或勞務。現在如果暫時假定個人只接受公共部門提供的防洪財,而不考慮個人可能採取的調整對策,則其效用函數應當只有公共部門的防洪財以及其他財貨。下一節將利用傳統的需求理論來探討對防洪財的需求,惟暫不考量不確定的問題。

## 參、防洪需求模型之建立

在傳統的需求理論中,不管我們所面對是什麼商品,只要其價格和數量間的變化關係反映在市場上,則我們即可據此衡量消費者或生產者如何評估其價值。

然而對於類如防洪這樣的公共財而言，我們卻沒有市場資料作為推估的依據。不過我們可將防洪財的特徵視為傳統商品，並利用特別的估價方法（註七），對這些特徵賦予貨幣價值。當我們對防洪財的某一數量（例如可以減少20%風險的數量）給予像市場價格一樣的數字時，事實上我們就是在估計防洪財的需求。所以，適合用來評估市場商品需求的方法，也可用來評估那些未在市場交易東西的需求，兩者間的差異並不在於方法，而在於資料以及如何獲取資料。

估計一般公共財的需求（不管是地區性的或是區域性的）雖然是不容易的工作，但現存的支出數額和數量間的明確關係，卻有助於估計。例如我們通常觀察那些隨公共財水準的不同而變動消費數量的私有財，但困難處是如何由此推出公共財的需求；我們也可以設立人為的或假設的市場，以便誘導出公共財的隱含價格或價值。本節將首先探討需求理論如何應用於標準的私有財（註八），然後考慮兩種偏離”標準”的現象，以便應用於防洪財，第一種偏離是受限制的支出和需求函數，這部分在傳統需求理論之後討論，另一種是不確定情況下的需求，將在第五節討論。

## 一、傳統需求理論（註九）

傳統的需求理論，係在探討一個需求函數應該具備的特性，以便進一步由一組資料中得到最多的訊息；而需求函數的基本限制，則來自於個人需求是由效用極大化所引導的。除了需求函數的限制條件外，個別需求函數的加總也是重要論題，這是因為我們通常都假定個人以追求效用極大為目標，但所觀察到的卻是包含許多不同個人的總體資料，不過本文不擬探討這方面的問題。

### 1. 間接效用、支出和需求函數

假設有一個人面對一組 $n$ 個財貨（ $i=1\dots n$ ）， $q$ 代表其消費財貨的向量， $Y$ 為所得。假定此人的效用函數  $u(q)$ 為 quasi-concave（註十），當他面對 $q$ 的價格向量為 $p$ 時，他會選擇某一種組合的財貨使其效用最大：

$$\begin{aligned} &\text{Maximize } u(q) \\ &\text{Subject to } p'q \leq Y \quad (1) \\ &\quad q \geq 0 \end{aligned}$$

由(1)式可解出 $q^* = g(p, y)$ , 表示一組普通(或 Marshallian) 需求函數, 即個人對財貨數量的需求是價格和所得的函數。此一需求函數是非補償的, 因為當價格變動時, 所得並沒有調整以補償效用變動的結果。將 $q^*$ 代入效用函數 $U$ 中, 可得到一個quasi-convex於 $P$ 的最適值函數(Optimal value function)  $v(p, y)$ , 一般稱為間接效用函數, 代表在已知價格 $P$ 和所得 $Y$ 的情況下, 所可能達到的最大效用水準。

另由(1)式可看出,  $v$  和  $g$  都是價格與所得的零階齊次函數, 而利用 Roy's identity可連接 $g$ 和 $v$ 的關係(請參閱Deaton & Muellbauer 1980, P.41) :

$$g(p, y) = - \frac{\partial v / \partial p}{\partial v / \partial y} \quad (2)$$

(1)式通稱為原始問題, 其對偶問題則為在可達到的一定效用下, 求支出的極小, 即

$$\begin{aligned} \text{Minimize } & Y = p'q \\ \text{Subject to } & u(q) \geq u \\ & q \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

由(3)式可求 $g^* = h(p, u)$ , 係一組補償(或 Hicksian) 需求函數, 表示個人對財貨數量的需求是價格和效用的函數。這種需求函數不包括所得在內, 所以當價格變動時, 我們可以調整支出以維持效用於固定水準。將 $h$ 代入(3)式的目標函數可得一個最適的價值函數 $e(p, u)$ , 稱為支出函數, 表示當價格為 $P$ 時, 欲達到效用 $u$ 所需的最小支出。這個函數在概念上類似生產理論中的成本函數, 所以也具有相同的特性。由(3)式可知 $e$ 是價格一階齊次函數, 而 $h$ 則是價格的零階齊次函數。如同上述的 $g$ 和 $v$ 可用 Roy's identity連結起來一樣,  $e$ 和 $h$ 可用 Shephard's lemma加以關連:

$$h(p, u) = \frac{\partial e}{\partial p} \quad (4)$$

亦即(4)式表示支出函數對價格的偏導數就是 Hicksian 需求函數。

由於支出函數具有 concavity 性質, 所以其 Hessian (也就是第二次導

National Chung Hsing University

數的矩陣)是對稱的且為negative semidefinite。Hessian是一矩陣，其第 $(i, j)$ 個元素為 $\partial h_i / \partial p_j$ ；而concavity則隱含著 $\partial^2 e / \partial p_i^2 \leq 0$  (對所有的 $i$ 而言)，因此可以導出需求法則 $\partial h_i / \partial p_i \leq 0$ ，進一步引伸所有補償需求函數都是斜率向下的。

由上述消費者選擇的原始問題和對偶問題，我們分別導出普通和補償兩種需求函數。就分析的觀點而言，普通需求函數的缺陷是將價格和所得效果合在一起；因此，該函數所反映的價格變動效果，就包含價格和所得效果。補償需求函數則沒有這個問題，因為這種函數都只著眼於價格效果。不幸的是，我們通常都以估計普通需求函數為主，因為效用是無法觀察的。但是，我們在前面所導出一些特性，都只應用於補償需求函數，而不一定應用於普通需求函數(註十一)。

雖然普通和補償需求函數具有上述的差異，但經由Slutsky equations卻可以將二者的性質關連在一起。首先令 $Q^* = g(P^*, Y^*) = h(P^*, U^*)$ ，亦即假定 $g^*$ 在價格為 $p^*$ 和所得為 $y^*$ 時使效用極大，也就是產生效用 $u^*$ 。對所有價格 $p$ 而言，下列式子成立：

$$q_i = h_i(p, u^*) \equiv g_i[p, e(p, u^*)] = g_i(p, y^*) \quad (5)$$

對(5)式中的恒等式分別以 $p_i$ ，所以求偏導數，結果仍相等

$$\frac{\partial h_i(p, u^*)}{\partial p_i} = \frac{\partial g_i(p, y^*)}{\partial p_i} + \frac{\partial g_i(p, y^*)}{\partial y} \frac{\partial e(p, u^*)}{\partial p_i} \quad (6)$$

假定我們在 $p = p^*$ 時來評估(6)式，而且因為 $g_i^* = \frac{\partial e(p^*, u^*)}{\partial p_i}$ 所以

$$\frac{\partial h_i(p^*, u^*)}{\partial p_i} = \frac{\partial g_i(p^*, y^*)}{\partial p_i} + g_i^* \frac{\partial g_i(p^*, y^*)}{\partial y} \quad (7)$$

這就是我們熟悉的Slutsky condition，也可表示為：

$$\frac{\partial g_i(p^*, y^*)}{\partial p_i} = \frac{\partial h_i(p^*, y^*)}{\partial p_i} - g_i^* \frac{\partial g_i(p^*, y^*)}{\partial y} \quad (8)$$

(8)式說明追求效用極大的消費者對價格變動的反應可以在概念上分成兩個部分，一個是純替代效果，或是讓消費者維持在同一效用水準所做的



對價格變動之反應；另一個是純所得效果，亦即保持價格不變而讓所得變動以便移動預算線使其切於新的無異曲線（註十二）。

## 2. 利用市場資料推估支出及補償函數

在估計公共財的需求時，我們經常需要由普通需求函數得到支出函數，再進一步得出補償需求函數（註十三）。換言之，如果我們利用市場資料估計需求函數，我們當然也希望能計算出支出函數。但問題是，我們不知道是否存在這樣的支出函數，可以讓我們產生那個原先的需求函數。這種由一組已知的需求函數，回溯偏好序列的問題，通常稱為可積分問題（integrability problem）（註十四）。

假定我們利用市場資料實證估計出系統性的普通需求函數：

$$q_i = g_i(p, y) \quad (9)$$

利用Shephard's lemma,  $\frac{\partial e(p, u)}{\partial p_i} = h_i(p, u) = q_i$ , 則(9)式的正確格式為

$$\frac{\partial e}{\partial p_i} = g_i(p, y) \quad (10)$$

(10)式表示一系統性的偏微分方程式，由此可求出  $e$  為價格之函數（但並非所有這種偏微分方程式都有解答）。Hurwicz和 Uzawa (1971)證明  $h$  來自效用極大問題的充分條件是 Slutsky 矩陣為對稱（即  $\partial h_i / \partial p_j = \partial h_j / \partial p_i$ ）且 Negative Semidefinite。基本上，在利用  $h$  積分以求  $e$  時，我們需要確定這種積分是路徑獨立的（Path independent）或是符合積分值為單一值的數學條件（此即 integrability conditions）（見 Boadway and Bruce 1984, PP.201-206）。

因為理論上只有補償需求函數才有定義良好的斜率和曲率性質，而且才能正確估計實質福利的變動，可是在實際上我們所估計的卻是非補償的需求函數。所以針對這種左右為難的現象，過去有許多文獻都在探討二者之間的差異。Willig (1976)利用所得彈性和消費者剩餘佔支出比例等條件，說明這二種需求函數所求出福利值的差異，並且導出一些經驗法則來估計這種差異。

Hausman (1981)進一步顯示，如何直接由普通需求函數來計算出補償需求函數，而免除是否近似的問題。他首先假定(2)式中的  $g(p, y)$  已由資料

估得，則間接效用函數即可由(2)式這個微分方程式中求出。由於間接效用函數 $u=v(p,y)$ 和支出函數 $y=e(p,u)$ 密切相關，經由因素重組或是數學的倒轉(inversion)我們可由任一函數直接導出另一函數(事實上我們可將這兩個函數視為以不同方式來表達同一資料來源)。利用Shephard's lemma 對支出函數微分即可得補償需求函數。應用此一結果，我們似乎可以自由地在補償性和非補償需求函數間移動，但問題是實際由微分方程式求間接效用函數並非易事(註十五)。

## 二、修正的需求理論

在傳統的需求理論中，我們經由價格之變動來衡量福利之效果，可是對於公共財數量的改變、財貨品質的變動以及定量配給的數量改變等非價格的變動而言，這種分析架構就必須加以調整了。假設有一個包含  $n$  個商品的向量  $q$ ，其中僅  $q_n$  不是傳統的市場財，亦即第  $n$  個商品是一個非市場財或公共財。假定效用為  $u(q)$ ，則可導出一個限制支出函數(restricted expenditure function)  $e(p_1, \dots, p_{n-1}, q_n, u)$  以及  $n-1$  個限制補償需求函數  $h_i(p_1, \dots, p_{n-1}, q_n, u)$ ， $i=1, \dots, n-1$ 。這些函數之所以加上”限制”，是由於並非所有數量都在對偶式中轉換為價格。如果我們已經估計出  $n-1$  個限制補償需求函數(或是如上節所述由普通需求函數求得)，則在一定情況下，可以得到限制支出函數，然後用  $q_n$  對其微分，可以得到公共財  $q_n$  的限制需求函數。但在實際由需求函數積分為支出函數時，積分的常數通常未知，如果常數和  $q_n$  有關，則欲完全得到  $q_n$  的需求函數將是不可能的。以下將分別討論限制支出和需求函數(註十六)，以及支出函數的可積分條件和著名的弱互補性(weak complementarity)。

### 1. 限制支出和需求函數

假定上述的  $u(q)$  為傳統的 quasi-concave 效用函數，消費者選擇  $q_1, q_2, \dots, q_{n-1}$  的消費數量，但將  $q_n$  視為已知，所以可用  $q_{-n} \equiv (q_1, q_2, \dots, q_{n-1})$  表示不含  $q_n$  的所有商品之數量。假設消費者的所得  $y$  僅用於  $q_{-n}$  (亦即如果  $q_n$  為防洪財，則全部由公共部門提供)，而其對第  $n$  個商品(即防洪財)所給予的隱含價值，是由他對其他商品的選擇行為中顯示出來的。假定消費者面對的效用極大化問題如下所述：

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & u(q_1, \dots, q_n) \\ \text{St} \quad & \sum_{i=1}^{n-1} p_i q_i \leq y \quad (11) \\ & q_i \geq 0 \end{aligned}$$

由(1)式我們可求出  $n-1$  個限制普通需求函數，即  $q_i^* = q_i(p_i, p_{-i}, q_n, y)$  將其代入效用函數  $U$ ，可得一個 quasi-convex 於  $p_n$  的最適值函數  $v(p_{-n}, q_n, y)$  稱為限制間接效用函數。由 Roy's identity 知

$$g_i(p_{-n}, q_n, y) = - \frac{\partial v(p_{-n}, q_n, y) / \partial p_i}{\partial v(p_{-n}, q_n, y) / \partial y} \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (12)$$

$$p_n(p_{-n}, q_n, y) = - \frac{\partial v(p_{-n}, q_n, y) / \partial q_n}{\partial v(p_{-n}, q_n, y) / \partial y} \quad (13) \quad (\text{註十七})$$

上述的  $y$  雖然代表消費者的所有預算，但假定我們知道消費者消費  $\hat{q}_n$  數量的第  $n$  個商品，則在(13)式中的  $y$  似乎不足以表達這種關係。Hanemann (1991) 認為將所得視為  $y$  加上足以在(13)式的邊際價值下購買  $\hat{q}_n$  的所得 (即  $y + \hat{p}_n \hat{q}_n$ )，才是適當的。所以我們可將(13)式改寫為：

$$p_n(p_{-n}, q_n, y + \hat{p}_n \hat{q}_n) = \frac{-\partial v(p_{-n}, q_n, y + \hat{p}_n \hat{q}_n) / \partial q_n}{\partial v(p_{-n}, q_n, y + \hat{p}_n \hat{q}_n) / \partial y} \quad (14)$$

由(14)式我們可以將公共財視為私有財而定義其普通需求反函數為：

$$p_n = f(p_{-n}, q_n, y + \hat{p}_n \hat{q}_n) \quad (15)$$

值得注意的是  $\hat{p}_n$  和  $\hat{q}_n$  都是固定值，不隨需求函數而變動。(11)式的對偶問題是

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & p'_{-n} q_{-n} \\ \text{St} \quad & u_{-n} \geq u \\ & q_{-n} \geq 0 \end{aligned}$$

(16)

由(16)式可求出一組限制補償需求函數 $q_n^* = h(p_n, q_n, u)$ ，將其代入(16)式中的目標函數，可得一convex於 $p_n$ 的最適值函數 $e(p_n, q_n, u)$ ，此即限制支出函數。

如果消費者在 $p_n$ 下必須選擇 $q_n$ ，則上述的支出最小化問題變成

$$\begin{aligned} \text{Min } & p_n q_n + e(p_n, q_n, u) \\ \text{St } & q_n \geq 0 \end{aligned} \quad (17)$$

(17)式的第一階條件為

$$p_n = - \frac{\partial e(p_n, q_n, u)}{\partial q_n} \quad (18)$$

所以(18)式相對於(13)式，而且隱含定義第 $n$ 個商品的補償需求曲線。其他商品的需求函數，可以應用Shephard's lemma於限制支出函數：

$$h_{p_n}(p_n, q_n, u) = \frac{\partial e(p_n, q_n, u)}{\partial p_n} \quad (19)$$

## 2. 可積分條件和弱互補性

由上述知，限制支出函數 $e$ 的可積分條件是， $h_{p_n}$ 的 $(n \times 1) \times (n \times 1)$  Jacobian是對稱的而且是 Negative Semidefinite。如果這個條件滿足，則意味著有一組效用函數在效用極大化時產生需求函數 $h_{p_n}$ 。

假定積分條件被滿足，則由微積分的基本定理知，對任何固定向量 $(p_n, q_n, u)$ 和常數 $a$ 而言

$$\int_{p_i}^a \frac{\partial e}{\partial p_i}(x, p_2, \dots, p_{n-1}, q_n, u) dx = e(a, p_2, \dots, p_{n-1}, q_n, u) - e(p_i, p_2, \dots, p_{n-1}, q_n, u) \quad (20)$$

對(20)式兩邊各以 $q_n$ 求偏導數，則

$$\int_{p_i}^a \frac{\partial^2 e}{\partial p_i \partial q_n}(x, p_2, \dots, p_{n-1}, q_n, u) dx = \frac{\partial e}{\partial q_n}(a, p_2, \dots, p_{n-1}, q_n, u) - \frac{\partial e}{\partial q_n}(p_i, p_2, \dots, p_{n-1}, q_n, u) \quad (21)$$

由於 $h_n$  為已知，所以(21)式的左邊也是為已知。由(21)式知，如果我們能夠決定 $q_n$ 的支出變動如何隨著第 1 個商品的價格變化而變動，則(21)式即可視為公共財的需求函數。為說明這種關係，Maler(1974)發展出弱互補性的概念

念，亦即如果當 $p_i = a$ 時下二式成立

$$h(p_1, \dots, p_{i-1}, a, p_{i+1}, \dots, p_{n-1}, q_n, u) = 0 \quad (22)$$

$$\frac{\partial e}{\partial q_n}(p_1, \dots, p_{i-1}, a, p_{i+1}, \dots, p_{n-1}, q_n, u) = 0 \quad (22)$$

則我們稱商品 i 和 n 之間有弱互補性。換言之，本質上商品 i 和 n 是共同消費的，所以為經濟學上的互補品。可是當 i 的價格上升到 a 使得我們對 i 的需求降為零，則不僅 n 不為我們所需，而且 $q_n$ 的邊際變動不會影響到支出函數。例如我們可用防洪設施（財貨 n）和洪水平原土地（財貨 i）之間的關係做為說明。如果土地價格變得太貴而使人停止消費，則防洪設施的有無就毫無關連了（假定防洪的唯一價值是洪水平原土地的使用）。

至於(23)式為什麼可用來推估對防洪這類公共財的需求，則可由圖 1 中弱互補品的需求看出端倪。

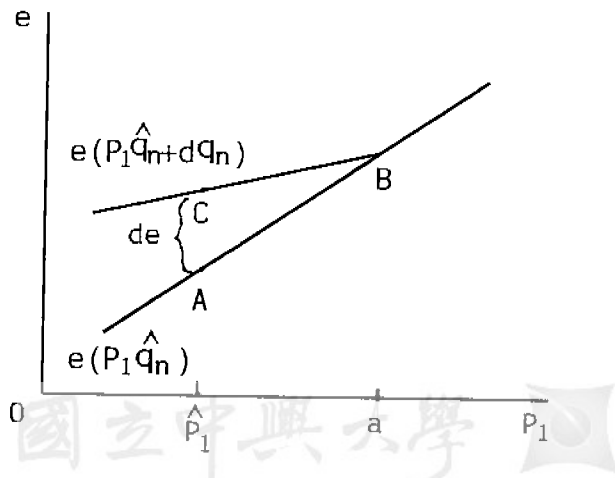


圖1.弱互補品的需求

我們想知道的是，當其他財貨價格在 $\hat{p}$ 時，我們對於第 $n$ 個財貨（即防洪財）的需求如何。假定我們只考慮財貨 1 的價格，而其他財貨價格視為固定，則當 $p_1 = \hat{p}_1$ 時，我們想找出對 $q_n$ 的需求到底如何。不過，要找出這個需求函數，我們必須知道 $q_n$ 的微小變動會使得支出函數變動多少。從支出函數在 $(p_1, q_n) = (\hat{p}_1, \hat{q}_n)$ 時的值開始，消費者在 $q_n$ 固定下，由A點到B點沿著其支出函數變動 $p_1$ 值。在B點他使得 $\hat{q}_n$ 變動了 $d q_n$ 。惟依據假定，支出實際並無變動。接著將 $q_n$ 固定在新的水準 $q_n = \hat{q}_n + d q_n$ ，並且由B點到C點顯示支出起了變化。因此，支出的變動部份可以用A點到C點表示，此即 $de$ ，這是用來計算 $de/d q_n$ 的部份資料。惟在這個計算中，我們只需要 $de/d p_1$ 這個資料，而 $q_n, u$ 和其他價格保持固定不變。在此 $de/d p_1$ 即為補償需求函數。我們不需要知道支出函數，只要補償需求函數從A點到B點再到C點的積分即可：

$$\begin{aligned}
 de &= \int_{p_1}^a h_1(x, p_2, \dots, p_n, q_n, u) dx \\
 &+ \int_a^{p_1} h_1(x, p_2, \dots, p_n, q_n + d q_n, u) dx \quad (24) \\
 &= - \int_{p_1}^a [ h_1(x, p_2, \dots, p_n, q_n + d q_n, u) \\
 &\quad - h_1(x, p_2, \dots, p_n, q_n, u) ] dx \quad (25)
 \end{aligned}$$

上式兩邊同時除以 $d q_n$ ，並且利用(24)式可得

$$-p_1 = \frac{de}{d q_n} = - \int_{p_1}^a \frac{\partial}{\partial q_n} h_1(x, p_2, \dots, p_n, q_n, u) dx \quad (26)$$

(26)式即代表防洪財的補償需求函數。

## 肆、衡量防洪的福利效果

決定消費者福利大小的是其效用函數，但效用是不可觀察的，所以應用福利經濟學家大多觀察所得和不同價格下的消費決策，以便計算福利效果的貨幣數量。此一貨幣數值反映消費者的願意支付數額，而願意支付概念則和其效用函數密切相關。所以，大多數的福利數值並不由效用的直接衡量中得到，而是由消費者用貨幣所顯示的願意支付數額來表示。其中消費者剩餘是最常用來衡量消費者福利的概念，此即普通需求曲線底下的積分部份。而補償和相等變量，則分別表示不同效用水準時的補償需求曲線底下的積分。同理，這些效益值的導數就是其相對應的需求函數。本節將分別探討價格變動所產生效益，以及數量變動的效益（註十八）。

### 一、價格變動對於福利的影響

在衡量價格變動的福利效果之前，我們必須先假設(1)個人效用函數僅包括可在市場交易的私有財；(2)個人嗜好及偏好（即效用函數）已知且不變；(3)私有財價格已知，和(4)個人在既定價格和貨幣所得限制條件下，選擇可以使其效用極大的一組財貨。現在假定其中一種財貨的價格變動，則我們如何比較價格變動前後的福利，而不必直接涉及效用？一般常用來衡量福利變動的概念，有補償變量(Compensating Variation, CV)、相等變量(Equivalent Variation, EV)和消費者剩餘(Consumer Surplus, CS)等三種（註十九）。

CV代表個人對於最初狀況和新價格並無差異時，所得的補償金額，亦即維持個人於原來效用水準但卻面對新價格時，所需補償的所得數額。EV則代表可使個人在新效用水準和原來價格下，所得變動的部份。如果用  $Y$  代表個人所得，價格由  $p_0$  變為  $p_1$ ，效用由  $U_0$  變為  $U_1$ ，則應用前述的支出函數我們可以將CV和EV表示為：

$$CV(p_0, p_1) = e(p_1, u_0) - e(p_0, u_0) \quad (27)$$

$$EV(p_0, p_1) = e(p_1, u_1) - e(p_0, u_1) \quad (28)$$

由於支函數的價格導數即為補償需求函數，我們可將(27)和(28)兩式視為補償需求曲線由 $p_0$ 到 $p_1$ 的積分部份。至於消費者剩餘則是由普通需求曲線和價格線所包圍的面積計算而得。這三種衡量福利效果的概念，可用圖2說明。

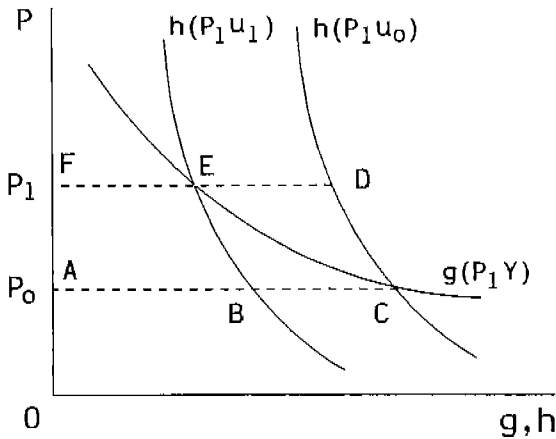


圖2. 普通和補償需求曲線

在圖2中， $h$ 和 $g$ 分別代表補償和普通需求曲線， $h(p, u_0)$ 和 $p_0, p_1$ 這兩條價格線所包含的面積 $ACDF$ 就是 $CV$ ，而 $h(p, u_1)$ 和 $p_0, p_1$ 所包圍的面積  $ABEF$ 即為  $EV$ ， $g(P, Y)$ 和 $p_0, p_1$ 所包圍的面積 $ACEF$ 則為 $CS$ 。圖2顯示 $CS$ 面積的大小介於 $CV$ 和 $EV$ 之間。由於我們通常只能觀察普通需求曲線，所以大多使用 $CS$ 來衡量效益。但是就第參節的探討而言，這種用法是不恰當的，因為價格效果混合了所得效果在內。Willig(1976)和 Randall & Stoll(1980)分別證明 $EV$ 和 $CV$ ，以及  $WTP$  (Willingness to Pay) 和  $WTA$  (Willingness to Accept)，在一般情況下（亦即沒有鉅大的所得效果）並無顯著差異。但是最近不少實證研究（例如Cummings et al. 1986 和 Fisher et al. 1988）顯示，這兩者間有相當差異存在，於是出現理論和實證不一致應如何解釋的問題。Hanemann(1991)認為基本上Randall and Stoll的分析並無錯誤（註二十），問題在於其真正涵義被誤解了。首先，就數量的變動而言（下一小節將討論數量變動的福利涵義，但這裡先說明 $EV$ 和 $CV$ 間可能有鉅大差異，所以 $CS$ 不適合



估計以數量變動為主的公共財)，並無理由可說明WTP和WTA必須很接近；其次和價格變動不同的是，WTA和WTP間的差異不僅來自所得效果，也來自替代效果。一般而言，替代效果愈小表示可以替代公共財的私有財愈少，所以WTP和WTA的差距就會越大。例如某一公共財並無任何替代品，則其WTP值和WTA值應有極大差異，亦即在極端情形下，WTP 可以等於所得，這是有限值，但WTA卻可以是無限大的值。

## 二、數量變動對於福利的影響

許多公共政策的實施，會使公共財的數量發生變化，而不是傳統上所認知的市場財價格之變動。從消費者的觀點來看，公共財的重要特性是供應量固定而且價格為零。而前面已討論過限制需求函數，其變數包括某些財貨的價格和另外一些財貨的數量，藉此我們可以決定當這些非市場財的數量變動時之福利效果。利用上一小節價格變動的福利分析架構，我們將數量變動時的CV和EV類推如下：

$$CV(q_0, q_1) = e(p, q_1, u_0) - e(p, q_0, u_0) \quad (29)$$

$$CV(q_0, q_1) = e(p, q_0, u_1) - e(p, q_0, u_1) \quad (30)$$

(29)和(30)式中的 $u_0$ 和 $u_1$ 分別代表由  $(P, q_0, y)$ 和 $(p, q_1, y)$ 所得到的效用。

利用

圖3我們可以說明數量變動所產生的福利效果。

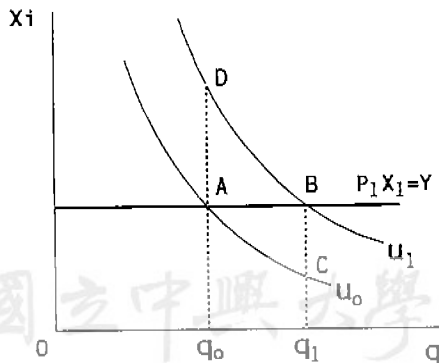


圖3.數量變動所引起的CV和EV

圖3中  $q$  代表沒有價格且數量固定的公共財， $x_1$  表示私人的複合財， $u_0$  和  $u_1$  代表偏好曲線， $q_0$  垂直線代表最初的固定數量，水平線則代表  $x_1$  的消費水準，當其價格為  $p_1$  時將用掉所得（亦即  $p_1 x_1 = Y$  代表平行的預算線）。現在假定某一公共政策（例如防洪設施），使公共財的數量  $q_0$  增為  $q_1$ ，則消費者將由原先的均衡點  $A$  移動至效用較高的無異曲線上（即  $B$  點）。所以  $CV$  表示應該拿走的  $x_1$  數量，使其雖然享有數量較多的公共財但仍然維持於原有的效用水準，此即  $BC$  部份的數量；而  $EV$  表示應該給予的  $x_1$  數量，使其得以在原有公共財數量下仍然能得到較高效用水準，此即  $AD$  部份。如果用貨幣值表示，則  $CV = p_1 \cdot \Delta x_1$ ，

$$EV = p_1 \cdot \Delta x_1, \text{ 所以 } \Delta x_1 = \frac{CV}{p_1}, \Delta x_1 = \frac{EV}{p_1}, \text{ 分別代表以 } x_1 \text{ 數量表示}$$

的  $CV$  和  $EV$  值。

我們可從另一個角度來探討  $CV$ ，首先將(29)式改寫為

$$CV(q_0, q_1) = e(p, q_0, u_0) - e(\hat{p}, q_1, u_0) \\ - [e(p, q_0, u_0) - e(\hat{p}, q_0, u_0)] + [e(\hat{p}, q_1, u_0) - e(\hat{p}, q_0, u_0)] \quad (30)$$

就(30)式而言，不管  $\hat{p}$  的值如何，它都是成立的，但只要  $q$  和某一  $x$  間存在弱互補性，則我們可以找到一  $\hat{p}$  使得  $e(\hat{p}, q_1, u_0) - e(\hat{p}, q_0, u_0) = 0$ 。因此，為達一定效用水準所需的支出和  $q$  的供給數量無關，而我們所找這個財貨，不管  $q$  的數量為  $q_0$  或  $q_1$ ，其消費水準都等於 0，因為其價格是 Choke price。由於弱互補性具備(22)(23)兩個條件，根據前述我們得以估計  $q$  的需求價格，而不需要解效用和支出函數的繁複過程。實際上，我們僅需要此一財貨（假定為  $x_1$ ）的需求資料。此可由圖4看出來。

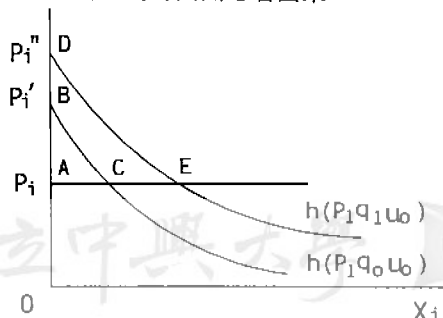


圖4 利用弱互補性關係求數量變動的效益

在圖 4 中假定  $X_i$  是  $q$  (公共財) 的弱互補品,  $h$  為補償需求曲線, 係在一定數量的  $q$  和  $u$  之下所估計出來的, 同時假定  $x_i$  的價格  $p_i$  是固定的 (且為 Choke price)。現在令公共財數量由  $q_0$  增為  $q_1$ , 在其他情況不變下,  $h$  向右邊移動, 我們可分幾個步驟來計算數量變動所產生效益。首先由原先的需求曲線  $h(p, q_0, u_0)$  來看, 假定價格  $p_i$  增為  $p_i'$ , 為了使其維持同樣效用水準, 我們必須補償 ABC 部份的面積。其次再看數量變動後的需求曲線  $h(p, q_1, u_0)$ , 由於弱互補性使其效用不受影響, 因為  $X_i$  的消費水準等於 0。最後假定又回到原來價格  $p_i$ , 結果多了 ADE 的效益, 但為了使其恢復原有效用狀況, 這一部份必須拿走。所以數量變動的淨效果為 BCED, 此即 ADE 減掉 ABC 所剩餘的部份, 這也是 3Q 式表達的 CV。至於 EV, 我們只要將圖 4 中的  $u_0$  全改為  $u_1$ , 則 BCED 即為 EV。

## 伍、不確定情況下的防洪需求

如何減少人們暴露在環境的風險 (有關風險的意義, 可參閱註二) 中, 已逐漸成為當前主要的環境論題之一 (例如 Smith and Desvousages 1987, 1988; Mulligan 1978), 而且研究人員和決策者也開始利用風險管理 (risk management) 來描述環境計劃的目標 (例如美國環保署 (EPA) 在 1988 年的報告中, 就將風險減少列為環境研究和發展計劃的中心目標, 見 Liu and Smith 1990)。從廣義的角度來看, 環境中的風險可以是短暫地暴露於危險廢棄物, 或是偶而面臨自然災害的侵襲, 或甚至終生居住在核子反應爐附近。實際上我們所接觸的各種環境外部性, 確是經常包含有風險, 例如工廠將硫化物排入大氣中, 因此而引起的健康影響是一種不確定的狀況, 又如颱風夾帶豪雨對於生命財產的影響, 也是不確定的事件。不過, 經由空氣污染的防治策略, 我們可以減少硫化物對於健康的風險; 或是加強防洪措施, 也可使洪害的風險因之減少。換言之, 如果我們認為外部性的數量和由其所引起的風險是二個可以控制的變數, 即代表風險應由外部性的被動特性, 轉變為由意志來選擇變數以決定外部性的水準。由於我們認為人們有能力調整環境外部性的水準和風險, 所以就必須將風險明確地包括在前述第參節的需求架構內。本節將先討論風險改變如何產生效益的概念架構, 然後探討消費者在不確定情況下做選擇的問題。

### 一、評估風險變動的理論基礎

過去二十多年來, 經濟學家主張使用 WTP (willingness-to-pay) 的分析

架構，來評估可以減少風險的公共政策 (Smith and Desvousages 1987)。要衡量這種政策的效益，我們必須先知道受影響的個人如何評價風險之減少。而傳統的分析方法，係利用預期效用模型 (expected utility model) 來說明個人對於風險的反應。因此，如果防洪計畫可以改變某一地區洪害的風險，則該地區居民對於計畫前後的可能損害，應當有不同的看法。所以在評估計畫時，我們應考量這樣的計畫對於風險之影響到底如何，至少從居民所認知的風險來看 (註二十一)，並假定他們係以風險所造成損害最小為其目標函數。換言之，一旦我們假定個人在不確定下做決策，而且其行為因此受到影響，則政策的貨幣價值應當會改變。

在涉及不確定的成本效益分析中，如何選擇適當的折扣率將未來價值轉變為現值，是一個爭論性的問題 (Graham 1981)，另一個和本節討論有關的論題是，是否使用期望值來衡量效益。假定我們考慮實施防洪計畫，則其產生的潛在效益，應該包括不同天候狀況下所能減少的洪害。一般估計這種效益的方法是，將不同天候狀況的發生機率，配合該計畫在每一狀況可能產生的個人效益，而計算出個人在每一年效益的期望值。但是，使用期望值代表個人對於風險採取中立的態度，這並不符合常人對於風險的態度，尤其是對於自然或環境災害而言 (註二十二)。

針對期望值不見得適合風險態度非中立的問題，我們似可用個人在所有狀況下確定支付的最大的數額 (maximum sure payment) 或是確定等量 (certainty equivalent, 見 Holloway 1979)，作為替代的衡量指標。事實上，Weisbrod (1964) 就使用選擇價格 (option price) 來表示這種最大的確定支付數額，並得到多數經濟學家的認同。他認為如果消費者對於某種資源或財貨的未來需求不太確定，但卻想要擁有使其未來需求可得到滿足的權利時，將願意支付若干額外代價以保存這種資源，則這一支付數額稱為選擇價值 (option value)。換言之，選擇價值是選擇價格超過期望值的部份。

要探討這種不確定效益的衡量方式，我們可用一簡單例子作說明。假定有兩種財貨，第一種稱為“元”，第二種是防洪財，並假設天候狀況為豪雨和小雨的機率分別為0.3和0.7。利用 Arrow的狀態—偏好法 (state-preference approach)，首先令居民在不同狀況下可以要求賦與不同數量的第一種財貨，亦即在豪雨時得 $e_h$ 元，在小雨時得到 $e_p$ 元。採用大家熟悉的 Von Neumann - Morgenstern效用理論，並經Hirshleifer 擴展的定理，我們可將居民的效用函數表示為

$$U = 0.3 u_w(e_w, \delta) + 0.7 u_p(e_p, \delta) \quad (31)$$

National Chung Hsing University

此處  $\delta$  代表防洪財的供應情形， $\delta = 1$  表示有提供， $\delta = 0$  表示沒有。

③1式代表個人的效用函數，但我們還要知道個人的風險態度。為簡化起見，假定個人偏好較多的金錢，所以  $u'_i(e_i, \delta) = \partial u_i / \partial e_i > 0$ ， $i = W, D$ ，並假定個人為厭惡風險者，所以  $u''_i = \frac{\partial^2 u_i}{\partial e_i^2} < 0$ ， $i = W, D$ 。我們將消費者剩餘定義為③2式中的  $S_i$ ：

$$u_i(e_i - S_i, 1) = u_i(e_i, 0), \quad i = W, D \quad (32)$$

所以消費者剩餘的期望值為

$$E(S_i) = 0.3S_w + 0.7S_D \quad (33)$$

同時將選擇價格定義為③4式中的  $OP$ ，

$$0.3U_w(e_w - OP, 1) + 0.7U_D(e_D - OP, 1) = \bar{u} \quad (34)$$

$$\bar{u} = 0.3U_w(e_w, 0) + 0.7U_D(e_D, 0)$$

根據前述將選擇價值 ( $OV$ ) 定義為

$$OV = OP - E(S_i) \quad (35)$$

Graham(1981)為了描述個人在預期效用固定於某一水準下時，可以選擇各種不同依狀況而支付的組合，而使用所謂的願意支付軌跡 (willingness-to-pay locus)。他的願意支付軌跡包含一系列的  $(r_w, r_D)$  序對，而且滿足下式

$$0.3u_w(e_w - r_w, 1) + 0.7u_D(e_D - r_D, 1) = \bar{u}$$

由於  $(r_w, r_D)$  可表示個人在不同狀況下對於防洪財的支付，所以  $(r_w, r_D) = (s_w, s_D)$  表示軌跡上的一點，而  $(r_w, r_D) = (OP, OP)$  也代表軌跡上的另一點。這可由圖 5 中看出。

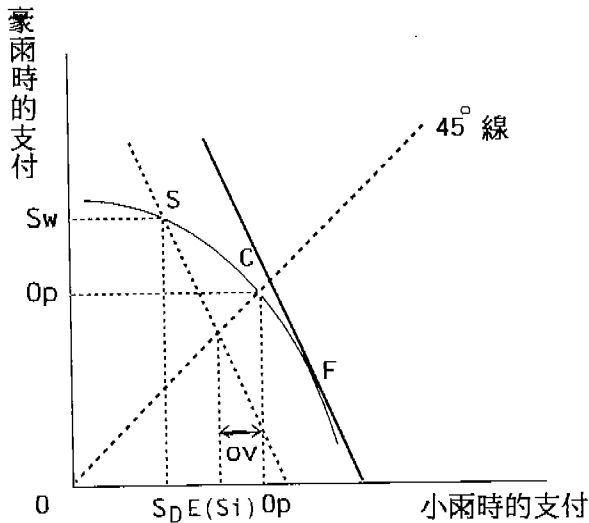


圖 5 願意支付曲線

在圖 5 中 S, C, F 三點分別代表消費者剩餘點、確定點和最大期望值點，都在同一曲線上。F 點的斜率代表小雨和豪雨的相對機率，所以和其平行但穿過 S 點的線，代表相同的期望值，因此  $O_p$  大於期望值，而有正的選擇價值。相反的，如果 F 點在  $45^\circ$  線的左邊，則  $OV$  將為負值。

由上述分析可知，除非  $U'' = 0$ （即個人為風險態度中立者），否則  $OV$ （選擇價值）不等於 0。惟根據風險的研究文獻，我們知道自然災害為集體性風險，而且個人一般都會採厭惡風險的態度，所以利用選擇價格概念來引導個人評估風險變動的價值，應是比較恰當的。

## 二、消費者在不確定情況下的選擇問題

根據前面第參節所述，消費者選擇的架構是在確定情況下建立的；本小節將參酌 Smith 和 Desvousages (1988) 所發展的模型，並將其略作修正以適合說明消費者在不確定情況下作選擇的基本模型。在這一模型中，我們將考慮兩個不同時期，並假定所有消費者的選擇都發生在第一期，而在第二期消費者得到一定的效用水準。我們也將消費者所能選擇的財貨分成兩類，一類是事後的 (ex post)，依當時狀況而定；另一類是事前的 (ex ante)，其

消費水準不能在已知狀況下決定。令某一典型消費者的效用函數為

$$U = U(x, q, s) \quad (36)$$

(36)式中的  $x$  代表事後財的向量，其消費量視當時狀況而定； $q$  為事前財的向量； $s$  則表依當時狀況而消費的財貨，唯非消費者所能控制。我們可進一步令  $x_i$  表狀況  $i$  的事後財，在此假定為復原工作， $q$  表示位於洪水平原區的土地；這些土地可能因洪害而受損，或是平安無事。因此我們考量兩種狀況——遭受洪害 (F) 和平安 (W)。為了與預期效用理論相一致，我們以下所用的效用函數僅包含消費的財貨，而沒有包括狀況。同時令  $y$  代表平安財，亦即在遭受洪害時將消費得比平常少。值得注意的是  $x$  (復原工作) 的消費量是一個選擇變數，視其時的狀況才決定。假設遭受洪害的機率為  $\pi_f$ ，則該消費者的預期效用為

$$EU(x_f, x_w, q, \pi_f) = \pi_f U(x_f, q, y_f) + (1 - \pi_f) U(x_w, q, y_w) \quad (37)$$

為符合實際情況，並且區分事前財和事後財，我們可以令  $\pi_f$  為  $q$  的函數，表示購買愈多的土地，則遭受洪害的機率也愈大。

在狀況有限的假定下，消費者效用極大化的問題為

$$\begin{aligned} \text{Max } & EU(x_j, q, y_j) \\ & \{x_j\}, q \end{aligned} \quad (38)$$

$$\text{st } \sum p'_j x_j + r'q \leq Y$$

(38)式中的  $Y$  代表可用所得， $p_j$  為  $x_j$  的價格， $y_j$  係在  $j$  狀況下的平安現象， $r$  則為  $q$  的價格。而我們也可定義事後支出函數為

$$\begin{aligned} e_j(p_j, q, \bar{u}) = & \min p'_j x_j \quad (39) \\ \text{st } & u(x_j, q, y_j) \geq \bar{u} \end{aligned}$$

(39)式表示在狀況  $j$  下，為保持效用水準於  $\bar{u}$ ，最少應當用來購買事後財的支出數額。至於事前支出函數則可定義為：

$$e(p_f, \dots, p_r, r, \pi_f, \dots, \pi_r, \bar{u}) = \min_{q, \{u_f\}} \sum_F e_i(p_i, q, u_i) + r'q \quad (40)$$

$$\text{s.t. } \sum_F \pi_f u_f \geq \bar{u}$$

事實上，(40)式仍可視為傳統的支出函數，因為它表示為了達到預期效用  $u$ ，消費者所必須支出的最少數額。因此，我們可以利用Shephard's lemma 得到下列式子

$$\frac{\partial e}{\partial p_i} = x_i(p, r, \pi, \bar{u}) \quad (41)$$

$$\frac{\partial e}{\partial r} = q(p, r, \pi, \bar{u})$$

此外，我們也可計算由於機率變動所引起支出變化的部份。此即風險減少的需求函數。其過程如下所述，先令(40)式的 Lagrangian 為

$$L = \sum_F e_f(p_f, q, u_f) + r'q + \lambda (\sum_F \pi_f u_f - \bar{u}) \quad (42)$$

由於  $\sum_F \pi_f = 1$ ，所以，我們可將  $\pi_i = 1 - \sum_{F>1} \pi_f$  代入(42)式，並且以  $\pi_i$  求偏

導數，再應用包絡定理 (envelope theorem)，可得

$$\frac{\partial e}{\partial \pi_j} = \sum_F \frac{\partial e_f}{\partial \pi_j} + \frac{\partial r'}{\partial \pi_j} q + \lambda (\bar{u}_j - \bar{u}_i) \quad (43)$$

(43)式即隱含地定義對風險減少之需求。該式右邊的前兩項顯示， $p_f$  和  $r$  這兩個價格和  $e_f$  隨某一狀態的機率而改變。 $\lambda$  在此表所得的邊際預期效用之倒數，這可由(40)式看出，而  $u_j$  和  $u_i$  則分別表特定狀況的效用水準。如果我們用剛才的例子來看(43)式，則該式變成

$$\frac{\partial e}{\partial \pi_F} = \frac{\partial e_f}{\partial \pi_F} + \frac{\partial e_w}{\partial \pi_F} + \frac{\partial r}{\partial \pi_F} q + \lambda (\bar{u}_w - \bar{u}_F) \quad (44)$$

在(44)式中，參數  $p$ ， $\pi$  和  $r$  都是支出函數中的解釋變數，但是在均衡狀態

National Chung Hsing University



下，部份參數可能是內生的，例如 $p_i$ 視某一狀況的機率而定。如果我們假定事後財的價格正好為 $\pi_F, S_i$  則

$$\frac{\partial e_F}{\partial \pi_F} = \frac{\partial e_r}{\partial P_{iF}} - \frac{\partial P_{iF}}{\partial \pi_F} = S_i X_{iF} \quad (45)$$

$$\frac{\partial e_w}{\partial \pi_F} = \frac{\partial e_w}{\partial P_{iw}} - \frac{\partial P_{iw}}{\partial \pi_F} = -S_i X_{iw}$$

(45)式中的 $X_{iF}$ 即為第 $i$ 個財貨在第 $j$ 種狀況時的最適水準，將其代入(44)式中，即為

$$\frac{\partial e}{\partial \pi_F} = S_i X_{iF} - S_i X_{iw} + \lambda (\bar{u}_w - \bar{u}_r) \quad (46)$$

(46)式右邊的前兩項類似個人所購買的保險，整個式子表示遭受洪害之機率增加所引起的支出變動，其中包括復原工作成本的增加和失去的效用兩部份。

(44)式的評估架構，隱含著我們假定個人在面臨風險事件時，可以藉助保險市場以減少其可能損失。另外，我們也可考慮利用選擇價格( $op$ )的變化來衡量風險改變的價值，即

$$\frac{\partial op}{\partial \pi_F} - \frac{\partial e}{\partial \pi_F} = \lambda (u_w - u_F) \quad (47)$$

(47)式中的 $\lambda$ 是一種轉換因子，將效用的變動改換為貨幣值，當我們使用選擇價格， $\lambda$ 即為選擇價格所得的預期邊際效用之倒數。如果保險市場是公平的（就保險統計而言），則所得的邊際效用應相等，而使用那一個衡量指標就都一樣了。

就理論上而言，事前支出函數將風險如何影響個人對於有關政策的評價，以及選擇可以調整風險減少的價值等包括在分析架構內，這對於風險下的政策評估具有重大意義。惟正如Smith和Desvousages(1988)所面臨的實際問題，資料的缺乏可能是未來在應用時必須克服的難題。

## 陸、結 論

本文的目的是在建立防洪需求和效益的概念架構，首先從集體和個體的觀點分別探討防洪的實質內涵和意義；其次利用對偶概念探討傳統需求理論，並著眼於需求的限制條件；接著建立一般市場財的限制需求函數，其中以防洪這個公共財的數量做為參數。進一步我們可以考量需求和政策效益間的關連，同時將不確定的因素納入分析模型中。

我們認為防洪措施除了具有公共財的特性外，也要兼顧社會福利，所以必須由公共部門投資、運作，並且在資源有限的條件下和其他公共投資互相比較、評估，因此如何衡量其效益就顯得特別重要了。災害一反應理論一方面闡明人們使用災害地區的程度及理由，一方面讓我們了解人們如何認知災害事件，如何由各種減少災害的調整策略中做選擇，這對於我們探討防洪需求方面的實質內涵頗有助益。

雖然在推估防洪效益時，我們因為沒有市場資料，而無法使用傳統需求理論來衡量消費者如何評估其價值；不過我們仍可將此種公共財的特徵視為傳統商品，並利用特別的估價方法，在同樣的需求原則下，對這些特徵賦予貨幣價值。另外，在傳統的需求理論中，我們通常經由價格之變動來衡量福利之效果，所以其支出和需求函數都含有價格變數，但這並不適合於分析防洪財數量變動之效益。解決的方法是對這些函數加上限制，也就是說，防洪財數量在對偶式中並不轉換為價格，所以不管是支出或需求函數中，都增加了防洪財數量這個變數，這就是限制支出和需求函數。

任何公共政策的實施一定會使公共財的數量發生變化，利用限制支出和需求函數，我們即可決定其數量變動所產生的福利效果。一般常用消費者剩餘、補償或相等變量來衡量福利效果，不過鑑於各種衡量方法的差異不僅來自所得效果，也來自替代效果，而在缺乏替代情況下，這種差異將趨於極大，所以消費者剩餘不適合做為估計公共財之用，因為我們無法將其和補償變量或相等變量間的誤差設定在可接受的範圍內。

傳統需求理論係在確定情況下進行分析，惟這種架構無法分析可以減少風險的公共財之需求，所以我們必須將風險明確地包含於需求架構。一般在衡量防洪效益時，經常使用期望值來代表每人每年的平均效益，但這種風險態度為中立的情況並不多見，因為人們常願意支付若干額外代價以保存某種資源或財貨，所以使用選擇價格較能反應人們厭惡風險的一般現象。將風險如何影響個人對於有關

政策的評價，以及透過選擇如何調整風險減少的價值等不確定要素，納入事前支出函數的分析架構內，我們得以較完整地說明消費者在不確定情況下的選擇問題，不過代價是可能欠缺足夠的資料來做實證分析。

綜合上述的結論，我們認為在資料限制以及不確定的情況下，似乎以採用條件估價法 (contingent valuation method) 來實證推估防洪效益最適合，一方面能符合新古典福利經濟學和修正的需求理論所要求的條件，另一方面又跳出傳統窠臼的限制，這是值得進一步探研的方向。

## 附 註

註一：例如我國於民國六十九年起開始執行東部及蘭陽地區整體治理計畫，到七十四年度共投資了新台幣20億 4千萬元，嗣後並由行政院將其列入十四項重要建設計畫項下，預計在七十五年度到八十六年度期間再投資79億2千4百萬元。而一項防洪計畫通常指某一特定的結構性及非結構性的防洪措施。

註二：根據風險的主觀說，「風險」意味著對未來損失的不確定；此說強調「不確定性」和「損失」之觀念，純屬個人對客觀事物之主觀估計，故無法以客觀的尺度予以衡量。風險的客觀說則認為，「風險」係由客觀機率所衡量的事物，所以此說視風險為客觀存在之事物，故可用客觀尺度來衡量。

註三：有關這方面問題的詳細說明，可參閱作者的「治山防洪計畫之經濟分析」。

註四：本文利用防洪財來泛指所有可以減少洪患的財貨或勞務，其目的是希望能像市場財一樣，讓消費者透過直、間接的消費行為而產生效用。

註五：自然資源的概念可以是以人為中心，也可以是以自然為中心。它包括自然界中的過程，如水文循環、光合作用等，以及自然界中任何人類認為有用的物體和物質。有關自然資源的基本概念和範圍，可參閱作者「人與自然資源」一文。

註六：Kates的模型係應用Simon的決策理論，解釋個人如何調適以應付自然災害。

註七：這裡所謂的「特別的估價方法」，指的是估計非市場財價值的方法，常用的例如家計生產函數、特徵價格法以及建立市場法等。

註八：Kopp & Portney (1985) 將效用函數中的財貨分為三類，即純私有財 (pure private goods)、準私有財 (quasi private goods) 和純公共財 (pure public goods)。本文所指的私有財就是純私有財，這種財貨可在

一般有組織的市場中買賣，參與交易人對財貨有清楚的個人財產權，而買賣過程也可讓消費者真實的表達他們對財貨的偏好程度，例如農產品、電器用品等都是，這是傳統需求理論最常應用的範圍。準私有財和一般私有財類似，只是不能自由地在有組織的市場中交易，例如公共圖書館、公園遊憩等，雖然其價值並非由競爭價格決定，但個人消費的數量卻是可以觀察到的。至於純公共財，如國防、空氣品質或防洪，則沒有個人財產權。每個人都可以享用，但由於它們並不在任何市場交易，我們既不能觀察到完全競爭的市場價格，也無從得知消費者需要的數量。

註九：詳細的內容可參閱Deaton and Muellbauer 1980，或Varian 1984。

註十：Quasi concavity 隱含無異曲線凸向原點。

註十一：間接效用函數為 quasi - convex，因此不具有和支出函數一樣的曲率性質。

註十二：當價格變動時，消費者經由替代效果而減少消費價格相對高的商品；另一方面，價格變動在實質上也會影響消費者的購買力（或所得）。所以價格下降相當於所得增加（其他情況不變），而價格上升則相當於所得減少，因此所得變動和價格變動方向相反，其符號也就成為負值了。

註十三：理論上由市場資料推估補償需求函數是可行的，只要原先的需求系統方程式滿足integrability conditions，即可確保這些普通需求函數都是由效用極大化過程導出的，而支出函數也因此可以從此一系統方程式中得到。已知支出函數，欲得到補償需求函數就相對容易了。不過在實際上，計量經濟上的問題卻不容易解決。

註十四：由效用極大化的問題中的直接效用和普通需求函數來看，如何從後者推及前者似乎非常不明顯；但由支出極小化問題來看，需求函數必須能積分為一 concave且線性齊次的支出函數，則為相當明確的事實。居於這個理由，我們稱呼可以使需求函數和偏好一致的條件為可積分條件。

註十五：我們必須在固定效用的路徑下對(2)式積分，而求得間接效用函數，但是偏微分方程式不一定可被成功地解出，而且我們還要保證間接效用函數是 quasiconvex，亦即需求要滿足Slutsky conditions。

註十六：有關這方面的探討可參閱Maler 1974 和 Freeman 1979。Maler可能是第一個證明傳統的價格變動可以擴展到這種數量變動的經濟學家。

註十七：本式得自價格和數量間的對偶性，而且可隱含地視為公共財的普通需求曲線。

註十八：Freeman (1979)認為環境品質變動可經由三方面來影響個人的福利，即產品價格的變動、生產因素價格的變動，以及非市場財數量的變動（如防

洪、空氣品質等公共財)，本文僅針對其中二方面來探討。

註十九：事實上還有補償剩餘 (compensating surplus) 和相等剩餘 (equivalent surplus)，前者 and cv 類似，後者和 ev 類似，唯二者都受到財貨數量不能調整的限制，所以較不適合應用。此外，在公共財的例子中，個人面對的是數量變動而非價格，因此補償剩餘和 cv 完全一樣，而相等剩餘則和 ev 一樣，所以也無需特別衡量，因為 cv 和 ev 已足以代表了。

註二十：Randall and stoll 利用對偶理論顯示，只要將 Willig 的公式稍作修正，即可適用於數量固定的效用函數中。他們的結果被廣泛地解釋為“除非有不尋常的所得效果，否則用 WTP 或 WTA 來衡量環境美質變動並無太大差異”。

註二十一：有關風險認知和態度的研究可參閱 Freudenburg 1988, Slovic 1987, and Liu and Smith 1990。

註二十二：Graham (1981) 的研究顯示，期望值僅在某些情況下適合用來衡量涉及個人風險的效益，至於涉及集體性的風險，則以選擇價格 (option price) 來衡量效益為宜。

## 參考文獻

1. 吳功顯、鄭秋桂，東部及蘭陽地區治山防洪整體治理計畫，第一期執行成果研究評估，農業經濟半年刊，第46期，pp.27—63，民國74年6月。
2. 宋明哲編著，風險管理，中華企業管理發展中心，台北，民國73年。
3. 徐享田，八卦山台地治山防洪工程效益調查分析，台灣經濟，第120期，pp.58—77，民國75年12月。
4. 黃宗煌，台灣地區國家公園之保育效益的評估，台灣銀行季刊，第四十一卷第三期，pp.305—325，民國七十九年。
5. 蕭景楷，人與自然資源，台灣農業，22卷3期，pp.60—62，民國75年6月。
6. 蕭景楷，治山防洪計畫之經濟分析，台灣經濟，第155期，pp.1—9，民國78年11月。
7. Burton, I, and, R.W. Kates, The Perception of Natural Hazards in Resource Management, Natural Resource Journal, Vol.3, pp.412—441, 1964。
8. Burton, I, R.W. Klate, and G. F. White, The Environment as Hazard, Oxford University Press, New York, 1978。

9. Boadway, R.W., and N. Bruce, Welfare Economics, Basil Blackwell Publisher Ltd, Oxford, 1984 °
10. Cummings, R.G., D.S. Brookshire, and W.D. Schulze, Valuing Environmental goods : A State of the Arts Assessment of the Contingent Valuation Method, Rowman and Allanheld, New Jersey, 1986 °
11. Deaton, A., and J. Muellbauer, Economics and Consumer Behavior, Cambridge University Press, New York, 1980 °
12. Fisher, A., G.H. Mc Clelland, and W.D. Schulze, Measures of Willingness to Pay Versus Willingness to Accept : Evidence, Explanations and Potential Reconciliation, in G.L. Peterson, B.L. Driver, and R. Gregory eds., Amenity Resource Valuation : Integrating Economics with Other Disciplines, Venture, State College, Pennsylvania, 1988 °
13. Freeman, A.M., III , The Benefits of Eavironmental Improvement : Theory and Practice, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1979 °
14. Freudenburg, W.R., Perceived Risk, Real Risk : Social Science and the Art of Probabilistic Risk Assessment, Science, Vol.242, pp.44— 49, 1988 °
15. Graham, D.A., Cost — Benefit Analysis Under Uncertainty, American Economic Review, Vol.71, pp.715— 725, 1981 °
16. Hanemann, W.M., Willingness To Pay and Willingness To Accept : How Much Can They Differ?, American Economic Review, Vol.81, pp.635— 647, 1991 °
17. Hausman, J.A., Exact Consumer's Surplus and Deadweight Loss, American Econmic Review, Vol.71, pp662— 676, 1981 °
18. Hey, J.D., Uncertainty in Microeconomics, New York University Press, New York, 1979 °
19. Hirshleifer, J., Investment Decision under Uncertainty : Choice — Theoretic Approaches, Quarterly Journal of Economics, Vol.79, pp.509— 536, 1965 °
20. Holloway, C.A., Decision Making Under Uncertainty : Models and Choices, Prentice— Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1979 °
21. Hurwicz, L., and H. Uzawa, On the Integrability of Demand Functions, in Prefereces, Utility and Demand, ed. J.S. Chipman, Harcourt Brace Jovanovich,

- New York, pp.114— 148, 1971 °
22. Just, R.E., D.L. Hueth, and A. Schmitz, Applied Welfare Economics and Public Policy, Prentice— Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1982 °
  23. Kates, R.W., Natural Hazard in Human Ecological Perspective : Hypotheses and Models, Natural Hazard Research Working paper No.14, University of Toronto, Toronto, 1970 °
  24. Kopp, R.J., and P.R. Portney, Valuing the Outputs of Environmental Programs : A Scoping Study, Resources for the Future, Washington, D.C., 1985 °
  25. Liu, J.T., and V.K. Smith, Risk Communication and Attitude Change : Taiwan's National Debate Over Nuclear Power, Discassion Paper QE 90— 21, Resources for the Future, Washington, D.C., 1990 °
  26. Mulligan, P.J., Willingness to Pay for Decreased Risk from Naclear plant Accidents, Working paper No.43, Center for the Study of Environmental Policy, Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 1978 °
  27. Parker, D.J., C.H. Green, and E.C. Penning— Rowsell, Swalecliff Coast Protection Scheme : Evaluation of Potential Benefits, Middlesex Polytechnic Flood Hazard Rcsarch Centre, London, 1983 °
  28. Penning— Rowsell, E.C., D.J. Parker, and D.M. Harding, Floods and Drainage, Allen & Unwin Publisher Ltd., London, 1986 °
  29. Randall, A., and J.R. Stoll, Consumer's Surplus in Commodity Space, American Economic Review, Vol.70, pp.449— 457, 1980 °
  30. Slovic, P., Perception of Risks, Sciencce, Vol.236, pp.280— 285, 1987 °
  31. Smith, V.K., and W.H. Desvousages, An Empirical Analysis of the Economic Value of Risk Changes, Journal of Political Economy, Vol.95, pp.89— 114, 1987 °
  32. \_\_\_\_\_, The Valuation of Environmental Risks and Hazardous Waste Policy, Land Economics, Vol.64, pp.211— 219, 1988 °
  33. Sorkin, A.L., Economic Aspects of Natural Hazards, D.C. Heath and Company, Lexington, Massachusetts, 1982 °
  34. Varian, H.R., Microeconmdic Analysis 2nd. ed. W.W. Norton and Co., New

York, 1984 °

35. Weisbrod, B.A., Collective Consumption Services of Individual Consumption Goods, Quarterly Journal of Economics, Vol.78, pp.471— 477, 1964 °
36. Willig, R.D., Consumer's Surplus without Apology, American Economic Review, Vol.66, pp.589— 597, 1976 °
37. Zimmerman, E.W., World Resources and Industries, Harper and Brothers, New York, 1951.

國立中興大學



National Chung Hsing University



## Demand for and Benefits from Flood Alleviation

Ching—Kai Hsiao\*

### Summary

The main objective of this study was to construct a conceptual framework of demand for and economic benefits from flood alleviation. We first discussed the collective and individual perspectives on flood alleviation in detail. Then the conventional demand theory was developed from a dual perspective, focusing on a variety of issues including separability, integrability, and other theoretical restrictions on the nature of demand. We further considered the restricted demand functions for marketable goods, involving levels of public good as a parameter. Thus, the demand for the public good was obtained by integrating to the underlying expenditure function and then differentiating to derive demand for public good. The link between demand and measures of policy benefits was also considered. Finally, the elements of uncertainty was introduced into our analytical model.

---

\*Associate Professor, Dept of Agricultural Economics, National Chung - Hsing University.