

台灣稻米損失函數之估計及其天然災害 保險費率之計算

朱蘭芬*、陳吉仲**、陳星瑞***

本文之主要研究目的在於應用計量的方法估計出台灣各地區稻作因颱風所造成之損失函數，接著以此損失函數為基礎來試算出實施天然災害保險下，台灣各地區稻作之保費費率。就稻米的損失函數之估計而言，本研究嘗試以最小平方法（Ordinary Least Square，以下簡稱 OLS）、Tobit 模型以及 Truncated 模型來估計稻米的損失函數，由於颱風是造成稻米損失的主要天然災害，因此損失函數的解釋變數為颱風帶來之最大風速和累積雨量，由實証結果發現颱風所帶來最大風速對於台灣各地區的稻米皆有顯著的影響；至於雨量對中南部的稻米單位面積之損失較北部與東部地區的影響小。接著，本研究利用純保費法來計算稻作實施天然災害保險的保費費率，以每公頃十萬元的保險金額而言，每公頃的保費費率為 0.166% 至 4.178% 之間，因此每公頃的純保險費用約 75 至 3,400 元。

關鍵詞：損失函數、Tobit 模型、Truncated 模型、費率

* 國立中興大學應用經濟系博士生。

** 國立中興大學應用經濟系教授。

*** 國立中興大學應用經濟系碩士生。

本研究為 91 年度行政院國科會專題研究計劃 (NSC 91-2625-Z-005- 004) 之部份成果。

I 、前 言

在農業的生產過程中，氣候的變化是影響農業產出的主要因素之一，春雨、梅雨、颱風及寒潮為台灣四季氣候變化的主要特徵，當氣候異常時，其所伴隨而來的一些天氣變化現象，如豪雨、強風、乾旱及低溫等現象會帶給台灣農作物不同程度的災害損失。由近十年來的天然災害所造成農業損失之統計資料，發現台灣地區因天然災害所導致的農業損失金額共高達 624 億元（農業統計年報，1994~2004），其中有 70.25% 是颱風所造成的損失，此反映出颱風是造成台灣農業天然災害損失的最主要因素。

國內氣象界過去對台灣地區氣象災害之調查研究多著重在農業災害方面，劉鴻喜（1965）曾分析 1957~1962 年各種氣象災害對台灣不同農作物的影響，發現颱風災害影響的範圍最大亦最嚴重。謝信良（1986）曾探討近二十年來，台灣地區四種主要的氣象災害，發現台灣地區每年因颱風所造成災害損失高居首位，雨害的損失居次，其次為乾旱及寒（霜）害。根據中央氣象局統計，從 1897 至 1998 的 100 年之資料發現侵襲台灣或造成災情的颱風次數共有 364 次，平均每年約有 3.57 個颱風，其中又以七、八、九三個月的颱風次數最多，佔了將近 80%。且近年來的颱風所造成的損失日益嚴重，如民國 85 年賀伯颱風、86 年溫妮颱風、87 年瑞伯颱風及 89 年象神颱風都在台灣地區造成重大的災害損失及人員傷亡。

颱風所造成的農業災害的損失之所以如此巨大，與其所挾帶而來的強風及豪雨有著密切的關係，強風可以吹斷或吹倒作物、吹落穀粒或果實，而豪雨會淹沒農田或因排水不良而倒伏及發生病蟲害，2002 年的第一期稻作即是受到豪雨的影響而使得單位產出下降，進而使市場的價格上漲。

因此本研究之主要目的在於估計颱風的風速與其所挾帶之雨量對稻米單位產出損失之影響。政府目前針對因天然災害而產生損失的農民是採取災害

救助的方法，然而農業天然災害救助辦法有其本身之限制，如無法照顧到全體受災農戶（因為非政府公告災區之受災農民便無法受到補貼），且由過去的統計資料發現天然災害補助金額只佔總損失金額的 10%，再加上此救助的方式並無法使得農民產生預防損失的動機而達到風險分攤的機制。依照目前農委會在實務上的做法，最高的是果樹和花卉，每公頃補助 5 萬元，最低的是稻作和雜糧，每公頃只補助 1 萬 2 千元，此將無法有效發揮救助的精神。因此在將來之農業政策上可能要設計出可以取代災害救助或與之相配合的新政策，而農作物天然災害保險政策是一可能的方向。

事實上，為解決天然災害對農業生產造成巨大損失之問題，世界上許多先進國家早已實施農作物災害保險，如美國及日本，甚至許多開發中國家也已陸續開始辦理，如印度、菲律賓。然而台灣近年來的天災不斷所導致農業災害日益嚴重，因此以颱風現象研究實施農作物天然災害保險之經濟分析，對於農民的福利提升應有所幫助。而在所有農作物中，以稻米為台灣地區最主要之糧食作物，根據歷年農業統計年報發現稻作損失佔農業災害總損失之比例甚大，因此本研究擬就稻米一項來評估其實施天然災害保險下之保費費率計算，此可作為日後實施天然災害保險的保費費率之依據。因此本研究的目的有兩點，第一是估計台灣各地區稻米因颱風災害所造成之損失函數；第二經由上述之稻米損失函數來估計實施天然災害保險之費率。

II、颱風與災害損失之分析

在分析颱風對作物產出的影響時，可能要針對颱風的特性來分析，其中颱風的主要特性以侵台的路徑、月份、強度及累積雨量等來分析，底下就台灣近四十年來侵台颱風之特性，如颱風發生的頻率、強度以及颱風侵台所造成的稻米損失金額等作一基本的統計分析，此分析將有助於瞭解如何估計颱風對稻米損失函數。

本研究所蒐集的災害資料主要為 1959~1998 年期間所有侵台颱風之氣象資訊，及台灣地區因颱風災害而導致之稻米損失金額及稻米單位面積損失數量等資料，其中稻米的單位產出損失資料是由該縣市之稻米損失量除以該地區的生產面積而得。稻米損失金額與各地區的稻米損失數量資料則來自各年之農業年報，而在各颱風之氣象訊息蒐集方面則是從各氣象學報及颱風調查報告等書籍中取得。為了分析颱風災害之地域分布情形，將台灣本島地區依各行政區劃分為 15 個地區，若進一步將台灣本島地區劃分為北部、中部、南部、及東部四區，各地區所涵蓋的縣市名稱如下，北部地區包括台北縣市、桃園縣、新竹縣市、苗栗縣、宜蘭縣；中部地區包括台中縣市、彰化縣、南投縣、雲林縣；南部地區則有嘉義縣市、台南縣市、高雄縣市、屏東縣；東部地區有台東縣和花蓮縣。

2.1 侵台颱風之頻率

近四十年（1959~1998）台灣地區因颱風帶來之強風、豪雨及海水倒灌所導致農業災害計有 116 次，就月份分配而言，以八月侵台次數最高，計有 39 次，九月 28 次居次（圖 1）。

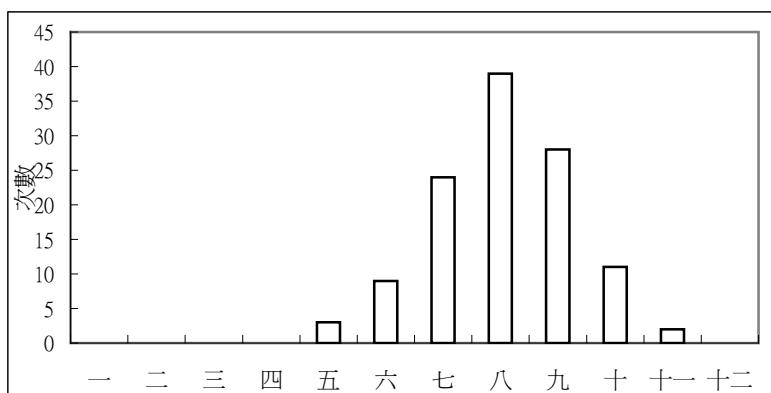


圖 1 台灣地區近四十年來侵台颱風之逐月次數分佈圖

資料來源：中央氣象局網站及本研究整理。

2.2 侵台颱風之強度

颱風強度以其近中心附近平均最大風速為準，劃分為三級（如表 1）。在 116 次侵台颱風中，強烈颱風有 46 次（39%），中度颱風有 48 次（41%），輕度颱風有 22 次（20%）。表 2 為不同強度侵台颱風各月之次數統計，由表中可發現侵台的強烈颱風，主要是出現於七、八、九月。

2.3 颱風對稻米損失之影響

2.3.1 稻米金額損失時間及地域分布

在 1959~1998 年間的 116 次侵台颱風中，對台灣稻米造成之損失金額總計約新台幣 315 億元，平均一年約損失 7.8 億元。由稻米損失的月別分佈發現：八月份之侵台颱風次數雖居首位，但災情卻以九月最為嚴重，高達新台幣 175 億元，此可能因九月份正值台灣地區二期稻作結穗、成熟期，颱風挾帶之強風、豪雨使稻作遭受嚴重的損害所致；而八月份之損失金額約為新台幣 55 億元居次。十月份約為新台幣 48 億元。八至十月的三個月，稻米之損失金額即高達約新台幣 279 億元，佔颱風造成稻米總損失金額的 88%（表 3）。

表 1 颱風強度分類表

颱風強度	近 中 心 最 大 風 速		
	每秒公尺	每時海浬	相當風級
輕度颱風	17.2~32.6	34~63	8~11
中度颱風	32.7~50.9	64~99	12~15
強烈颱風	51.0 以上	100 以上	16 以上

資料來源：中央氣象局。

表2 各月份不同強度侵台颱風次數統計

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
強烈	-	-	-	-	1	-	12	13	13	6	1	-	46
中度	-	-	-	-	2	6	7	19	9	5	-	-	48
輕度	-	-	-	-	-	3	5	7	6	-	1	-	22
合計	-	-	-	-	3	9	24	39	28	11	2	-	116

資料來源：中央氣象局網站。

表3 台灣地區颱風侵台月份及稻米總損失金額

	稻米損失金額	百分比
5月	294.45	0.9
6月	829.28	2.6
7月	2,081.18	6.6
8月	5,581.94	17.7
9月	17,511.34	55.6
10月	4,821.48	15.3
11月	399.13	1.3
合計	31,518.80	100.0

資料來源：台灣農業統計年報整理而得。

就颱風對各地區的稻米損失金額之影響而言，在 1959~1998 年當中，因颱風而導致稻米金額損失最嚴重的是發生在雲林地區，總共新台幣近 57 億元，佔全台灣總損失金額的 18.2%，其次為彰化地區約有 52 億元，約佔全台總損失的 16.7%，台南、屏東及嘉義地區過去四十年的稻作總損失則分別為 33、29 及 27 億元（如表 4）。若以地區劃分，則南部地區之稻米損失金額佔總數的 33%，中部佔 42%，其它地區所佔比例則較低。顯示近四十年來，台灣農業災害之地區仍以中南部最嚴重，此可能與中南部為台灣主要稻米生產區及颱風侵襲的路徑有關。

表 4 台灣各地區近四十年來因颱風所造成稻米總損失金額

單位：百萬元、%

		稻米總損失金額	百分比
台	北	761.41	2.40
宜	蘭	2,138.65	6.80
桃	園	1,138.03	3.60
新	竹	952.52	3.00
苗	栗	1,281.59	4.10
北部合計		6,272.20	19.86
台	中	1,935.37	6.10
彰	化	5,265.76	16.70
南	投	445.01	1.40
雲	林	5,734.33	18.20
中部合計		13,380.46	42.45
嘉	義	2,701.58	8.60
台	南	3,357.08	10.70
高	雄	1,351.41	4.30
屏	東	2,923.74	9.30
南部合計		10,333.81	32.78
台	東	595.99	1.90
花	蓮	936.33	3.00
東部合計		1,532.32	4.86
合計		31,518.80	100.00

資料來源：台灣農業統計年報整理而得。

2.3.2 台灣各地區稻米平均損失金額與颱風強度之關係

台灣各地區平均稻米損失金額，在侵台颱風中大多以強烈颱風所造成之影響最為嚴重。但是颱風能否造成災害端看風速的大小和雨量的多寡而定。輕度颱風仍然可以有每秒 30 公尺的風速，也就是每平方公尺的面積上可以受到 110 公斤的壓力，如此大的壓力對根部較淺、不耐風的農作物上仍會造成損害，另外風速較小的輕度颱風也同樣可能帶來豪雨，造成水災，所以對輕度颱風亦不能加以忽視。表 5 中的數據顯示出在大部份的地區，颱風的強

度愈強所造成的損失就愈大，此表示風速對稻米的損失有正向的關係。

最後將過去四十年的颱風對各縣市在第一和第二期的稻作面積及損失做一平均（如表 6），其中表 6 的第二欄為過去四十年的一、二期的稻作平均生產面積，第三欄為各地區因颱風而受損的平均面積，第四欄則為各地區的稻作損失量之平均，第三和第四欄可發現颱風對二期稻作的影響遠大於一期作。另外將損失量除以稻作的生產面積可得單位生產面積的平均損失量（第五欄），此每公頃的稻作因颱風所造成的平均損失量約在 30 至 60 公斤，此數據相對於稻作的單位產量（5,500 公斤）所佔的比例甚小，此可能隱含颱風對某些地區（如颱風行逕的地區）的影響較大，但這些稻作損失佔整體的台灣稻作產量化幅度不大，此種情形可符合實施天然災害保險中的災害風險分擔之機制。但是第六欄則為受災面積為單位的每公頃之損失量，此表示颱風的侵襲會造成其所侵襲地區的稻作產生重大的損失。

表 5 不同颱風強度下的稻米平均損失金額

單位：千元/次

	輕度颱風	中度颱風	強烈颱風
台北	7,479.04	4,445.60	8,336.61
宜蘭	18,279.00	15,843.37	21,218.08
桃園	2,023.09	5,173.60	18,373.66
新竹	2,958.28	3,553.11	15,584.43
苗栗	6,584.67	4,216.29	20,311.95
台中	4,032.99	5,528.49	34,375.62
彰化	3,099.62	24,928.71	86,977.95
南投	2,688.77	2,343.50	5,942.81
雲林	5,786.12	69,936.99	48,914.34
嘉義	1,742.13	28,752.89	27,893.67
台南	3,313.27	36,330.90	33,484.83
高雄	1,595.09	15,730.12	12,201.67
屏東	4,342.25	25,618.14	34,750.87
台東	1,126.95	5,702.56	6,466.78
花蓮	4,032.62	10,143.82	7,841.50

資料來源：台灣農業統計年報整理而得。

表 6 颱風對台灣各地區一、二期稻作之損失影響程度

單位：公頃、公斤/公頃、千元/公頃

地區	稻作	平均生產面積(A)	平均受損面積(B)	平均損失數量(C)	單位生產面積之平均損失量(C/A)	單位受損面積之平均損失量(C/B)	單位受損面積之平均損失金額
台	一期	13,395	69	213,000	16	3,087	4,232
北	二期	10,619	123	317,000	30	2,577	7,531
宜	一期	17,995	404	1586,000	88	3,926	33,325
蘭	二期	14,801	285	753,000	51	2,642	16,719
桃	一期	33,135	40	138,000	4	3,450	2,501
園	二期	31,653	169	522,000	16	3,089	12,841
新	一期	14,675	12	36,000	2	3,000	964
竹	二期	13,702	143	457,000	33	3,196	11,216
苗	一期	16,358	42	84,000	5	2,000	2,544
栗	二期	15,751	213	638,000	41	2,995	14,574
台	一期	24,732	1	4,500	0.2	4,500	91
中	二期	24,870	250	855,000	34	3,420	18,599
彰	一期	44,178	44	345,000	8	7,841	4,184
化	二期	43,503	551	2,315,000	53	4,201	50,150
南	一期	9,445	2	10,000	1	5,000	244
投	二期	10,769	69	202,000	19	2,927	4,251
雲	一期	28,187	61	339,000	12	5,557	5,413
林	二期	36,756	635	2,394,000	65	3,770	54,513
嘉	一期	16,521	59	329,000	20	5,576	6,393
義	二期	27,477	250	1096,000	40	4,384	25,239
台	一期	12,164	89	425,000	35	4,775	6,914
南	二期	30,473	319	1,335,000	44	4,185	29,525
高	一期	12,671	1	6,000	0.5	6,000	141
雄	二期	16,015	178	520,000	32	2,921	11,956
屏	一期	24,955	122	566,000	23	4,639	12,642
東	二期	27,783	335	1,111,000	40	3,316	25,538
台	一期	8,213	157	567,000	69	3,611	13,540
東	二期	8,300	49	186,000	22	3,796	4,168
花	一期	9,528	164	561,000	59	3,420	13,547
蓮	二期	9,319	90	326,000	35	3,622	7,440

資料來源：台灣農業統計年報整理而得。

III、損失函數的計量模型和實證結果

根據農委會公佈之重大農業災害作物損失估計統計資料（農業統計年報，1994~2004），造成農作遭受損失的天然風險事故計有颱風、水害（含豪雨）、寒害、旱害、病蟲害等。這些天然災害不僅對作物生長有重大的影響，亦間接對社會經濟造成衝擊。早期美、日、加等國即有許多農作物損失估計的相關研究（Botts & Boles, 1958；Yeh & Sun, 1980；Abbaspour、Hall & Moon, 1992）。近年來，國外更有許多研究已將天然災害損失與災害防治效益的評估視為重要的課題，茲以近十年研究為例，國外以損失函數的計量模型為研究方法且以農作物為研究對象之相關文獻有 Hansen (2004)、Larsson (2005)、Rajarajeswari 與 Muralidharan (2006)、Crow *et al.* (2000) 等，皆將病蟲害視為天然災害之一。Zhang (2004) 則以作物產出和迴歸分析及地理資訊系統（Geographic Information System，以下簡稱 GIS）來估計旱災對中國大陸松遼平原玉米生產所造成的影響。另外，在一般天然災害的問題探討方面，有關地震所造成的損害之相關研究有 Bernknopf、Brookshire 與 Thayer (1990)、Murdoch、Singh 與 Thayer (1993)、Beron *et al.* (1997)；有關颱風所造成的損害之相關研究則有 Fronstin 與 Holtmann (1994)，其利用 Tobit 模型估計安德魯颶風對 Florida 洲東南地區的影響，該研究之損失函數的被解釋變數為各個地區房屋損害的百分比，解釋變數為房屋特質與颶風的特性，前者包括房屋的價值、屋齡、屋齡平方等，後者為颶風強度。有關水災所造成的損害之相關研究則有 Discoll、Dietz 與 Alwang (1994) 以特徵價格法估計洪災對房屋價值的影響。

國內有關災害損失的文獻可分為農業災害的損失文獻及一般天然災害的損失之文獻。過去在農業災害損失估計的文獻中，大部分皆是以美、日等國的損失模式做為本國實證的損失模型（如蘇夷士，1965；蘇文生，1976；楊和炳，1980；方明川，1982；張伯文，1984；蘇文斌與楊和利，1997；鄭孟

育, 2002), 也有以實際調查資料建立損失函數並進一步分析經濟福利的模型(如 Gau 與 Liu, 2002; 張本岳與彭作奎, 1994)。近年來, 一般天然災害相關研究的範圍則有慢慢擴大的趨勢, 由早期天然災害對農作物損害的分析擴大到天然災害對整個社會經濟、環境層面的分析, 此類研究著墨於損失原因的分析、災害的防治措施、災後的重建計畫與保險規劃, 如張靜貞、羅紀琼與林振輝(2003)以基隆河汐止、五堵地區為標的, 採實地訪問方式, 調查汐止、五堵地區以往洪災淹水地區居民之損失狀況, 並分析淹水居民參加洪災保險的意願、願付之保費費率等相關問題; 羅以倫與蕭代基(2004)利用問卷調查資料建立洪災損失函數, 找出淹水深度與損失金額的關係, 再利用淹水潛勢資料並配合洪災損失函數, 完成洪災損失超越機率曲線之推估進而針對分洪工程進行工程措施之成本效益分析; 劉錦龍與詹貴婷(2002)利用實地訪問資料, 採用截取式迴歸模型與二分選擇模式, 估算出汐止受災戶每戶願付保險費用並進一步求出每戶投保金額。

綜合上述文獻可知, 有關損失函數的估計之被解釋變數為單位的損失量或者是損失金額, 而解釋變數則為其所相對應的災害之特性, 如淹水的深度等特性。因此, 本文之第一目的是估計颱風對稻米的產出影響之損失函數。在估計因颱風而造成的稻米損失函數中, 其被解釋變數為稻作的單位面積之平均損失量, 解釋變數則為颱風的特性, 如最大風速和累積雨量, 但是由過去 40 年(1959~1998)的資料發現, 即使有颱風的侵襲, 農業統計年報中有關稻米損失的數字仍為零, 即被解釋變數之資料為零, 當被解釋變數的資料為零時可能會有三種不同的涵義, 第一是實際的損失為零, 此時利用最小平方法(OLS)即可估計稻米的損失函數; 第二是當颱風的侵襲造成某種程度的損失, 但因損失程度未達可申報之標準, 此時假設農民皆未申報, 此表示將損失量 Truncated 而以零表示之, 此時的估計模型可以 Truncated 模型來估計之; 第三種情形則是颱風侵襲時並未造成損失, 但由於其所帶來之雨量會增加稻米的產出, 由於農民不可能申報此種負的損失, 此時的年報的統

計資料會呈現是零的情形，而估計模型或許可以 Tobit 模型來估計之。由於從年報中的統計數據無法判定上述有關零的數據之真正背後的涵義，因此底下的實証模型將會針對上述的三種估計模型：最小平方法(OLS)、Tobit 模型及 Truncated 模型來估計稻米的損失函數。

上述三種模型中的最小平方法和 Tobit 模型已在許多的文章中介紹，底下即針對 Truncated 的模型及修改後的 Truncated 模型做一介紹。由於在估計颱風對稻米的損失函數時，當颱風的強度或者是其所帶來的豪雨超過某一度時，每一公頃的稻作之損失量即無法再增加，亦就是說因為稻米的單位產出有一上限，當颱風的侵襲造成稻米產量的減少時，其減少的最大量為其單位產出，因此以 Truncated 的模型在估計稻米的損失函數須設立上限值。

底下的 Truncated 的模型是以 Maddala (1984) 所介紹的 Truncated 式的迴歸模型為基礎，將其修改而應用在估計稻米的損失函數之估計。首先假設颱風對稻米損失函數為(1)式：

$$y_i = f(X_i) + u_i \quad (1)$$

其中 y_i 為稻米的單位產出之損失量， X_i 為 k 個外生變數之向量，如最大風速和累積雨量， u_i 為誤差項並假設其分配為 $IN(0, \sigma^2)$ 。若今 L_i 為稻米單位面積損失的最大值，即稻米的單位產出量，則 y_i 的機率密度函數將為一 Truncated 的常態分配 (truncated normal distribution)，

$$g(y_i) = \frac{(1/\sigma)\phi[(y_i - f(X_i))/\sigma]}{\Phi[(L_i - f(X_i))/\sigma]} \quad \text{if } y_i \leq L_i$$

$$g(y_i) = 0 \quad \text{其它}$$

其中 σ 為母體標準差， $\phi(\cdot)$ 與 $\Phi(\cdot)$ 分別為標準常態的機率密度函數及分配函數。由於利用最小平方法估計(1)式將導致顯著的偏誤估計量，因此最大概似法 (MLE) 為一較適當的估計方法，此時的 Truncated 回歸模型的對數概似函數可以表示為：

$$\log L = -N \log[(2\pi)^{1/2} \sigma] - \frac{1}{2} \sum \left(\frac{y_i - f(X_i)}{\sigma} \right)^2 - \sum \log \Phi \left(\frac{L_i - f(X_i)}{\sigma} \right) \quad (2)$$

其中，N 表示樣本數。

3.1 異質性下的截斷迴歸模型

在農產品的產出函數估計中，誤差項常存在著異質性問題 (heteroscedasticity)，而稻米的損失函數亦可能存在著類似的問題，此時利用(2)式所求得的最大概似之估計量 (ML Estimator) 亦會產生不具有效率性 (Efficiency)，若要解決此異質性問題，(2)式的概似函數須做修改。假設原先的稻米損失函數修改為：

$$y_i = f(X_i) + h(X_i)u_i \quad (3)$$

則稻米損失值的期望值和變異數分別為 $f(X_i), h^2(X_i)$ ，此時的 Truncated 回歸模型的對數概似函數可以表示為：

$$\log L = -N \log[(2\pi)^{1/2} h(X_i)] - \frac{1}{2} \sum \left(\frac{y_i - f(X_i)}{h(X_i)} \right)^2 - \sum \log \Phi \left(\frac{L_i - f(X_i)}{h(X_i)} \right) \quad (4)$$

經由(4)所求得的估計式應俱有一致性和有效性。

3.2 稻米損失函數的實証模型

如前所述，颱風之所以會帶來災害和其所挾帶而來的強風及豪雨有密切關係，當風雨達到一定的水準程度時，將會造成稻米的完全損失，若出現超過此水準之風雨時，稻米損失量會一樣。換句話說，當颱風侵襲時，各地區的稻米最大損失量即為當年各地區稻米的最大產量，不可能超過各地區稻米最大產出量。為了運用上述的 Truncated 回歸模型概念求得稻米損失函數，因此可將(2)式修改為如下(5)式：

$$Y_{it} = f(X_{it}) + h(X_{it})u_{it} \quad (5)$$

i : 地區 (i=1,2,3,...15)，全台共分為 15 個地區，分別為台北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、南投、雲林、嘉義、台南、高雄、屏東、台東、花蓮；

T : 1959 至 1998 年的樣本期間；

Y_{it} : i 地區 t 年因颱風所造成之稻米單位面積損失產量；

X_{it} : i 地區 t 年侵台颱風之氣象因子，包括颱風瞬間最大風速 (Instantaneous Wind Speed, 以下簡稱 IWS) 與累積降雨量 (Rainfall Accumulation, 以下簡稱 RA)；

u_{it} : 誤差，假設其分配服從 $IN(0, \sigma^2)$ 。

在本研究中各地區稻米的單位面積最大損失量 (產量； L_i) 將以樣本期間內之最後一年 (1998 年) 為基準，若假設 $f(X_{it})$ 和 $h(X_{it})$ 是為一 Cobb-Douglas 的函數，故(5)式的概似函數可改寫為如下(6)式：

$$\begin{aligned} \log L = & -N \log[(2\pi)^{1/2} \cdot (a + b \cdot lws + c \cdot lrs)] - \frac{1}{2} \sum \left(\frac{lY_{it} - d - e \cdot liws - f \cdot lrs}{a + b \cdot liws + c \cdot lrs} \right)^2 \\ & - \sum \log \Phi \left(\frac{lL_{it} - d - e \cdot liws - f \cdot lrs}{a + b \cdot liws + c \cdot lrs} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

其中， $lY, liws, lrs, lL$ 分別是 Y, iws, rs, L 等變數取對數之後的變數。

3.3 稻米損失函數之估計結果

上述三種損失函數的估計結果如表 7 所示，表 7 的第三欄為 OLS 的估計結果，而第四欄則為 Tobit 模型估計的結果，最後一欄為 Truncated 模型的估計結果，由於稻米產出的損失和颱風的風速和雨量的關係可能是非線性，因此在底下的各種模型之估計方法中，皆假設(5)式中的 $f(X)$ 和 $h(X)$ 是非線性，為簡化起見，我們假設這些函數皆為 Cobb-Douglas 的函數型態，因此底下的估計參數為一彈性之概念。

表 7 台灣各地區的稻米損失函數

地 區	颱風特性	最小平方法	TOBIT	Truncated model
台 北	瞬間最大風速	1.747 (3.38)	2.894 (2.61)	2.815 (3.01)
	累積降雨量	0.382 (3.31)	1.500 (3.63)	1.548 (4.39)
桃 園	瞬間最大風速	1.209 (2.87)	4.618 (2.79)	4.388 (4.47)
	累積降雨量	0.171 (1.82)	1.924 (2.53)	1.197 (1.57)
新 竹	瞬間最大風速	1.104 (2.35)	4.592 (2.74)	4.486 (4.63)
	累積降雨量	0.277 (2.88)	1.734 (3.53)	1.655 (2.63)
苗 栗	瞬間最大風速	1.240 (2.66)	3.572 (2.68)	3.479 (3.63)
	累積降雨量	0.387 (4.05)	2.094 (4.53)	1.948 (2.75)
台 中	瞬間最大風速	1.602 (3.86)	4.941 (3.69)	4.308 (4.43)
	累積降雨量	0.299 (3.09)	1.683 (4.05)	1.766 (7.15)
彰 化	瞬間最大風速	2.414 (5.48)	6.779 (5.10)	6.706 (6.71)
	累積降雨量	0.113 (1.11)	0.487 (1.66)	0.656 (0.75)
南 投	瞬間最大風速	0.462 (1.32)	1.344 (1.16)	1.245 (1.30)
	累積降雨量	0.388 (3.79)	1.176 (3.18)	1.428 (1.56)
雲 林	瞬間最大風速	2.010 (4.03)	4.440 (3.57)	4.403 (4.42)
	累積降雨量	0.094 (0.76)	0.334 (1.13)	0.301 (1.35)

表 7 台灣各地區的稻米損失函數(續)

地 區	颱風特性	最小平方法	TOBIT	Truncated model
嘉 義	瞬間最大風速	1.761 (3.67)	4.800 (3.42)	4.800 (4.81)
	累積降雨量	0.075 (0.63)	0.289 (0.87)	0.198 (3.21)
台 南	瞬間最大風速	2.931 (5.18)	6.524 (5.24)	6.500 (6.52)
	累積降雨量	0.249 (2.11)	0.509 (2.26)	0.502 (6.72)
高 雄	瞬間最大風速	2.156 (4.38)	4.512 (4.54)	4.400 (4.45)
	累積降雨量	0.282 (2.25)	0.624 (2.53)	0.598 (9.78)
屏 東	瞬間最大風速	2.287 (3.62)	4.659 (3.49)	4.624 (4.65)
	累積降雨量	0.317 (2.72)	0.831 (3.11)	0.679 (1.18)
宜 蘭	瞬間最大風速	1.124 (2.37)	2.659 (2.73)	2.555 (2.92)
	累積降雨量	1.015 (4.91)	3.720 (5.39)	3.655 (4.25)
花 蓮	瞬間最大風速	0.0082 (0.02)	-0.153 (-0.13)	-0.118 (-0.35)
	累積降雨量	0.609 (4.29)	3.838 (4.79)	3.789 (3.79)
台 東	瞬間最大風速	0.892 (1.58)	2.350 (1.86)	2.151 (2.21)
	累積降雨量	0.268 (2.53)	0.742 (2.91)	0.598 (2.12)

資料來源：本研究。

註 1：括弧內為 t 值。

由表 7 中的最小平方法、Tobit 以及 Truncated 模型中所估計之結果顯示出最大風速(IWS)和累積雨量(RA)對台灣各地區的稻米產出之損失皆有

正面的影響，其中由最小平方法的估計結果中，最大風速對稻米產出損失之彈性值約為 0.89 至 2.93 之間，此表示當最大風速增加 1% 時，稻米的單位產出會損失 0.89% 至 2.93%；Tobit 模型所估計之最大風速對稻米單位產出損失之影響為 2.35% 至 6.77% 之間，此幅度比最小平方法之估計結果高，而由 Truncated 模型所估計之結果則為 2.15% 至 6.70%，此結果與 Tobit 模型所估計之結果接近。但是由這三個模型所估計的結果可以發現最大風速對中部和南部的稻米產出損失之影響遠超過北部和東部，此隱含當颱風的來襲時，若是風速愈強（或者是強烈颱風），則中南部地區的稻作損失將可能會愈大。

就累積雨量而言，由最小平方法所估計出對稻米單位產出之損失影響為 0.17 至 1.01，而由 Tobit 模型所估計之結果則為 0.62 至 3.83，另外由 Truncated 模型所估計之結果為 0.19 至 3.78，與 Tobit 模型估計結果接近。由這些數據可發現累積雨量對稻米產出損失的影響比最大風速還小，因此當颱風來襲時，對稻米會產生較嚴重的影響是其風速而非雨量。另外由表 7 亦可發現雨量在東部的影響比在北、中及南部的影響還大，因此由表 7 的最大風速和累積雨量可以歸納出當颱風來襲時，若是強風，則中南部的稻農要特別注意，若是颱風侵襲所帶來的豪雨時，則東部地區的稻農就須特別的注意。

IV、稻米損失函數與天然災害保險的關係

農業生產的過程與氣候特性有著密切關係，而極端的氣候特性卻使此生產過程蒙受風險損失，進而使得市場的供給量、需求量以及價格產生波動，農民的所得及福利亦會受到影響，當因天然災害導致產出減少而使得農民所得受損時，除了政府的天然災害救助之外，天然災害的保險即是風險分攤的方式之一。有關天然災害保險、農作物保險、所得保險之相關研究一直是學者探討的議題。國內有關農作物保險之相關議題，如投保方式、保險標的物、保險金額、保險賠償與保險費率訂定等皆有研究，但本文主要目的之一

在於探討計算天然災害之保險費率。

有關保險費率訂定之相關文獻中，首推蘇文生（1976）以日本災害補償法來計算費率的方式並實證分析台灣水稻收穫保險進行之費率，其分成三個步驟進行，首先求出保險標的在某地區計算期間之平均受害率，再求出異常危險及正常危險之平均受害率，最後將上述之標準差求出，以求出標準正常受害率及標準異常受害率，兩者之和即為純保險費率；而陸年青（1979）與楊和炳（1980）亦相繼以日本災害補償法計算費率的方式實證分析台灣水稻收穫保險進行之費率，兩者不同處僅在於資料使用年限的不同，計算出來的純保險費率分別為 5.13% 與 6%；劉泰英與詹益郎（1983）介紹美、日兩國之農作物保險費率之計算方式，認為保險費率應採取高、中、低三個標準，由農民自由選擇以符合不同農民之偏好，惟缺以台灣之資料作實證分析。張伯文（1984）仍以日本模式之計算方式，但文中認為日本對異常年之費率有高估的現象，造成純保險費率偏高，因此，提出兩種修正方式；潘德芳（1991）亦根據日本模式為基礎，將時間與空間之災害機率（正常被害率、異常被害率）納入考量，並以台灣 1960~1989 年之稻米資料為實證分析，結果顯示不同地區的平均純保險費率為不同，而不同種植的期別亦因災害發生的頻率不同而有所不同。另外程家慶（1995）針對台灣地區稻作分別求出供給與需求兩方面之保險費率，並以此兩者之差距作為政府補助支出的依據。董淑娟、凌氤寶（2001）將台灣分成二十二個縣市別（包括離島地區），並估計各縣市作物平均每期之基準保險費後，進而求算出保險費費率。

就國外有關農作物保險費費率文獻整理而言，Miranda (1991) 曾針對美國 1980 年通過的聯邦作物保險法案 (Federal Crop Insurance Act) 提出保費費率以及損害賠償的改革建言，呼籲須以面積作物保險 (Area-Yield Crop Insurance) 作為改革的基礎。該文中除了用理論模型說明此改革基礎的有效性與公平性外，更以 Kentucky 地區 102 個大豆生產者之相關資料作為實證之基礎，進一步將面積作物保險下的最適保險費率估計出來；Miller、

Kandic 與 Rathwell (2000) 則估計美國喬治亞洲與南北卡羅來納州桃子產出保險 (yield insurance) 的費率並與 Risk Management Agency (以下簡稱 RMA) 所制訂的保費費率相比較，估計結果顯示估計出來的保險費率是栽種者預期收益的減函數，且 RMA 所制訂出來的保費費率低於低收益栽種者之預期收益，高於高收益栽種者之預期收益，此估計結果為 RMA 所接受，因此 RMA 於 2000 年重新制訂保費費率，而 Schurle (1996) 利用美國堪薩斯州 1973~1988 年的農場資料，估計六種農作物：旱田小麥、旱田大豆、旱田玉米、水田玉米、旱田穀類大豆、水田穀類小麥的企業規模 (栽種面積) 之收益變化與作物保險保費之關係。研究分兩個步驟進行：首先，先將農場的收益變化與企業規模之迴歸方程估出。估計的結果顯示：旱田小麥、旱田大豆、旱田穀類大豆、水田穀類小麥四種作物與栽種面積有正相關；接著，將栽種面積分成 50~500 英畝五個等級，並將此五等級的保費計算出來。Nelson (1990) 利用美國愛荷華州七個區域之相關資料，比較常態分配與 Beta 兩種不同分配假設下，作物保險費率的高低，計算結果顯示在常態分配的假設下，會高估損失的機率致使保險保費也較高。由於作物保險損失事件非彼此獨立，故不適合用中央極限定理來計算保費，應該用更彈性的偏態分配來計算保險費率。Binici 與 Zuauf (2006) 利用土耳其 1982 至 2004 年 Konya 16 個地區小麥的歷史資料，以指數平滑的方式建構其平均的預期面積產出，再利用 Skees、Black 與 Barnett (1997) 之方式將損益平衡的保險費率 (break-even premium rate，以下簡稱 EPR) 算出，估計結果顯示地區不同其 EPR 就有差異。

由上述國內外有關天然災害保費費率相關文獻之整理可發現其實証的步驟是先計算損失函數及其相對應的機率密度函數，並且是以產出的損失為計算保費費率的基礎，最後再以生產面積來計算相關的保費費率。本研究底下的相關保費費率的計算，在以颱風對稻米的影響為例，其實証過程亦以上述的步驟來計算出相關的保費費率。

然而由文獻和美國所實施的農業天然災害保險，由於市場可能因為訊息的不充足或保險費率偏高，致使民眾不願投保（Kunreuther，2001）等因素，使得私人保險公司不願意提供農業天然災害保險。就實際狀況而言，天然災害（尤其是巨災）的風險計算困難度很高，主因乃因其發生次數少、頻率低，造成資料蒐集不易，民間業者承辦天然災害保險的意願不高，即使有產品問市，保險費的門檻也不低，使得一般民眾無法購得所需之保障。故許多國家不得不採取折衷的方法：在法規制度設計以強制性來規範，強迫業者搭配其他產物險的方式來銷售，或由政府提供減稅與再保之誘因給保險業者（Gardette，1998）。鑑於上述理由本文即假設政府為一保險公司來實施此天然災害保險，利用前節所估計之稻米的損失函數來計算天然災害保險實施時的保費費率。

在計算稻米的天然災害保險費率時須做一些相關的假設，首先在投保方式上，由於作物災害保險係一種政策性保險，為確保投保農民的人數能達到必要的最低水準，達成危險分散的目的，並減少不必要的營業管理費，以及防止風險逆選擇的情形發生等，稻作災害保險宜採取強制性的投保方式；在保險價額方面，本文認為以生產成本制度較為適當，因在承保農作物保險中，生產成本的損失對農民來說，實為已發生的財物損失，也是農民在恢復生產時最直接的費用來源，同時考量政府現行之農業天然災害救助辦法中之補償規定，亦是以生產成本費用為依據，視受害程度來給予補助，故若能以生產成本當作保險價額，則日後政府在救助或補助方面之預算亦會相對地減少；而在保險金額和損失賠償方面，為了避免道德危險的發生，本研究認為宜採取不足額保險方式，其保險金額可按保險價額之 80% 計算，而賠償標準則可採取二成以下不賠制度；至於在保險費率釐訂方面，早期學者多引用日本之純保險費率的計算公式，係因日本之農業經濟環境與台灣地區之情況相當類似，然而國內尚未實施作物保險，與日本實施多年情況大不相同，且作物之生產所發生的災害損失多由自然天候所造成，其每年發生次數及作物

所受損失之程度均不規則，故難以由統計方法精確地求出其平均受害率，以作為徵收保險費之依據。然而在考量台灣各地區之農業環境條件不同的因素下，實有釐訂不同地區之差別費率的必要性與重要性，因此本研究將採取分類費率法，試圖求得台灣各地區稻作之差別費率。

首先，經由損失函數之估計結果，我們可以求得台灣各地區近四十年來，因颱風災害所導致稻米平均單位產出損失 $E(NY)$ ，又因為本研究分別利用最小平方法 (OLS)、Tobit 模型與 Truncated 模型推估稻米損失函數，所以台灣 15 個地區將會有三種不同的平均損失量 ($E(NY)$)。由於上述的三種模型之估計是在變數取自然對數之後的估計結果，因此須針對平均的損失量作還原，因此各地區稻作的真正損失值為表 8 所示。由表 8 可發現各地區利用 Tobit 模型所估計而得稻米平均單位產出的損失值為三種模型中最小值，此可能與 Tobit 模型在估計損失函數時會將稻米損失與否的機率納入考量的緣故；而 Truncated 模型由於在推估損失函數前已先將沒有損失的樣本刪除，因此其估計的 $E(NY)$ 值為三種模型中最大值；至於用最小平方法 (OLS) 所得之 $E(NY)$ 值則介於 Tobit 模型與 Truncated 模型之間。

本研究用來釐訂稻作保險費率之方式亦即類似「純保費法」，其中將先計算稻米因災害的損失金額 (L)，此損失金額將為稻米因颱風侵襲所導致的平均單位產出損失 $E(NY)$ 乘上稻米的平均單位價值，接著再將此損失金額和保險金額來試算出颱風災害之稻作保險費率。在計算各地區的純保費之前，應納入重複種植因子加以推估，但由於本研究是以稻米為研究對象，而台灣的稻作一般而言在一年內會有兩期的生產，也就是說台灣地區稻作耕地面積之使用次數為 2 次，然而颱風侵襲台灣時，其時間大多發生在 7~9 月（約佔 80%），此時正逢大部份地區的二期稻作生產期，因此重複種植因子在本研究中將其令為 1。

表 8 台灣地區之稻作平均單位產出損失量 $E(NY_i)$

單位：公斤/公頃

地 區	最小平方法	Tobit Model	Truncated Model
台 北	4.679	2.801	18.338
宜 蘭	5.680	2.435	63.880
桃 園	2.065	1.383	5.847
新 竹	2.583	1.598	14.296
苗 栗	3.149	1.589	75.793
台 中	3.096	1.363	85.884
彰 化	3.367	1.777	102.309
南 投	2.686	2.016	38.475
雲 林	4.572	3.248	147.378
嘉 義	3.347	2.514	49.501
台 南	5.307	3.294	50.300
高 雄	5.624	3.904	76.861
屏 東	6.019	3.931	70.246
台 東	3.861	2.974	52.985
花 蓮	2.930	1.433	56.940

資料來源：本研究。

表 9 為各地區稻作每年之平均損失的範圍，由表 9 可以發現，因颱風所導致各地區稻米的平均產出損失上限中，以雲林地區為最高，平均每公頃約損失 147.38 公斤，其次為彰化地區，平均每公頃約損失 102.31 公斤，台中為第三。若以北、中、南、東四個地區稻作損失上限而言，中部地區稻作平均每公頃約損失 93.51 公斤為最高，南部地區平均每公頃約損失 61.73 公斤，居第二。有了平均產出損失的範圍後，為了估計各地區稻作因颱風災害所需的純保險費用，我們還要知道稻米的平均單位價格，而由於本研究的樣本期間長達 40 年，因此在推估之前，亦先對稻米單位價格資料進行平減的動作，進而得出稻米近四十年來的平均單位價格為每公斤 28.90 元。最後再藉由公式將稻米因颱風侵襲所導致的平均單位產出損失 $E(NY)$ 乘上稻米的平均單位價格計算出台灣各地區稻作颱風災害之純保險費如表 10 所示。

表 9 台灣地區稻米平均單位產出之損失範圍

單位：公斤/公頃

地 區	$E(NY)$ 下限	$E(NY_i)$ 上限	地 區	$E(NY)$ 下限	$E(NY_i)$ 上限
台 北	2.801	18.338	雲 林	3.248	147.378
宜 蘭	2.435	63.880	嘉 義	2.514	49.501
桃 園	1.383	5.847	台 南	3.294	50.300
新 竹	1.598	14.296	高 雄	3.904	76.861
苗 栗	1.589	75.793	屏 東	3.931	70.246
台 中	1.363	85.884	台 東	2.974	52.985
彰 化	1.777	102.309	花 蓮	1.433	56.940
南 投	2.016	38.475			

資料來源：本研究。

表 10 台灣地區之稻作颱風災害純保險費用

地 區	$E(NY_i)$ 下限	平均單位價	純保費下限	$E(NY_i)$ 上限	純保費上限
	(公斤/公頃)	格(元/公斤)	(元/公頃)	(公斤/公頃)	(元/公頃)
(1)	(3)	(1)*(3)	(2)	(2)*(3)	
台 北	2.801	28.90	80.95	18.338	529.97
宜 蘭	2.435	28.90	70.37	63.880	1,846.13
桃 園	1.383	28.90	39.97	5.847	168.98
新 竹	1.598	28.90	46.18	14.296	413.15
苗 栗	1.589	28.90	45.92	75.793	2,190.42
台 中	1.363	28.90	39.39	85.884	2,482.05
彰 化	1.777	28.90	51.36	102.309	2,956.73
南 投	2.016	28.90	58.26	38.475	1,111.93
雲 林	3.248	28.90	93.87	147.378	4,259.22
嘉 義	2.514	28.90	72.66	49.501	1,430.58
台 南	3.294	28.90	95.20	50.300	1,453.67
高 雄	3.904	28.90	112.83	76.861	2,221.28
屏 東	3.931	28.90	113.61	70.246	2,030.11
台 東	2.974	28.90	85.95	52.985	1,531.27
花 蓮	1.433	28.90	41.41	56.940	1,645.57

資料來源：本研究。

估計出各地區稻作颱風災害之純保險費用之後，我們便能將其利用在各地區單位面積之保費費率計算上。由於稻作天然災害保險之保障範圍係屬補償生產投入成本之損失，因此承保的保險價額不如商業性財產保險一般可投保到數百萬元的保障，而是考量農戶實際種植所需投入之一切直接與間接生產成本。根據資料顯示台灣地區稻作每公頃平均生產成本約十萬元，此十萬元可做為天然災害保險的保險金額，因此在收支平衡原理下可計算出稻作每公頃純保險費率為表 10 的純保費除以 10 萬元，如表 11。若以費率上限最高的雲林地區為例，假設某農戶擁有 1 公頃的稻作耕地面積，則此位農戶之稻作因颱風災害所應繳交的最低保費為 75.12 元 ($100,000 * 1 * 80\% * 0.0939\%$)，最高為 3,407.36 元 ($100,000 * 1 * 80\% * 4.2592\%$)，有了各地區稻作的最適保費範圍後，保險公司便能以此數據作為颱風災害保險的依據。

表 11 台灣 15 個地區稻作因颱風災害所致生產成本損害保險之試算純保費

地區	純保費下限	每公頃保險	每公頃費	純保費上限	每公頃保險	每公頃費
	(元/公頃)	金額(元)	率下限	(元/公頃)	金額(元)	率上限
(1)	(3)	(1)/(3)	(2)	(3)	(2)/(3)	
台北	80.95	100,000	0.0810%	529.97	100,000	0.5300%
宜蘭	70.37	100,000	0.0704%	1,846.13	100,000	1.8461%
桃園	39.97	100,000	0.0400%	168.98	100,000	0.1690%
新竹	46.18	100,000	0.0462%	413.15	100,000	0.4132%
苗栗	45.92	100,000	0.0459%	2,190.42	100,000	2.1904%
台中	39.39	100,000	0.0394%	2,482.05	100,000	2.4821%
彰化	51.36	100,000	0.0514%	2,956.73	100,000	2.9567%
南投	58.26	100,000	0.0583%	1,111.93	100,000	1.1119%
雲林	93.87	100,000	0.0939%	4,259.22	100,000	4.2592%
嘉義	72.66	100,000	0.0727%	1,430.58	100,000	1.4306%
台南	95.20	100,000	0.0952%	1,453.67	100,000	1.4537%
高雄	112.83	100,000	0.1128%	2,221.28	100,000	2.2213%
屏東	113.61	100,000	0.1136%	2,030.11	100,000	2.0301%
台東	85.95	100,000	0.0860%	1,531.27	100,000	1.5313%
花蓮	41.41	100,000	0.0414%	1,645.57	100,000	1.6456%

資料來源：本研究。

農作物保險的保險期間原則上應以承保一年期為主，由於本研究所探討的天然災害是以颱風為對象，由於颱風並非每個月都會侵襲台灣，為避免農民可能僅投保數個月或是臨時加保，或是僅承保較經常發生天然災害的月份，因此須要求農民的保險之購買是以一年為基準。

V、結論

本研究主要是在分析侵台的颱風對台灣各地區的稻米單位產出損失函數之估計，經由三種不同的計量模型所估計之結果發現，當風速增強百分之一時，對稻米單位產出的損失約在 0.9% 至 6.7% 間，而累積雨量增加百分之一時，則單位產出損失增加 0.2% 至 3.8%，風速對稻作所造成的損失超過累積雨量所造成的損失，另就風速與雨量對各區域的影響而言，風速對中南部的影響比其它區域大，而雨量對東部的影響則是比其它區域大，因此若是強風，則中南部的稻農要特別注意，若是颱風侵襲所帶來的豪雨時，則東部地區的稻農就須特別的注意。

由於此種天然災害對稻農的所得及福利造成損失，為減少這種災害所造成之損失，一般可分為兩種，第一種是事前的預防；第二種是事後的補救措施。事前的預防措施包含了颱風訊息的準確預測與此訊息的提供以讓生產者可事先做好防範措施，事後的補救措施則包括災害損失的補償或者是天然災害保險的實施，本研究利用所估計的稻米損失函數及天然災害保險中有關保險費率的計算方式，推估若要實施天然災害保險，其保費的費率會受到稻米單位產出損失函數的影響，在每年的保險金額為十萬元時，每公頃的應繳交的純保費為 75 至 3,400 元之間，亦純保費之所以不同主要在於本研究所求得的各地區費率並非為固定，而是為一範圍的數值，亦即颱風災害對台灣不同地區的影響會有所不同，由於天然災害的保險在完全競爭市場的前題下，沒有保險公司會來承擔保險，此時政府就須介入，當政府介入時的天然災害

保險之實施可能要以強制性為主，因此本文雖估計出每公頃十萬元的保險金額之純保費用介於 75 至 3,400 元，但是建議政府在採行時應該以單一的費率為主。

參考文獻

- 中央氣象局，1998。防災颱風資料庫。台北：中央氣象局。取自 <http://rdc28.cwb.gov.tw/>。
- 方明川，1982。「農作物保險精算與費率問題之研究」，『中華民國精算學會會報』。6卷，1期，117-146。
- 行政院農業委員會，1994。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，1995。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，1996。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，1997。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，1998。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，1999。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2000。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2001。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2002。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2003。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2004。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 張本岳、彭作奎，1994。「台灣沖蝕防治社會福利之分析--損害函數之應用」。碩士論文，國立中興大學農業經濟系研究所。
- 張伯文，1984。「台灣地區實施農作物災害保險問題之探討」，『台灣銀行季刊』。35卷，2期，180-202。
- 陸年青，1979。「台灣農作物保險之研究」。經濟部農作物保險策劃組。
- 張靜貞、羅紀琼、林振輝，2003。「基隆河汐止、五堵地區居民參與洪災保險意願之研究」，『台灣經濟預測與政策』。34卷，1期，39-72。
- 程家慶，1995。「台灣稻作災害純保險費率之研究」。碩士論文，國立中興大學農業經濟系研究所。
- 楊和炳，1980。「台灣水稻生產災害保險之研究」。碩士論文，國立中興大學農業經濟系研究所。

- 董淑娟、凌嵒寶，2001。「台灣農作物保險可行性分析－經算收支平衡模式之應用」。碩士論文，國立高雄第一科技大學風險管理與保險所。
- 劉泰英、詹益郎，1983。『台灣地區農作物保險可行性之研究』。台北：台灣經濟研究所。
- 劉錦龍、詹貴婷，2002。「基隆河水患防治與洪災保險：假設市場評估法之應用」。碩士論文，國立中央大學產業經濟研究所。
- 劉鴻喜，1965。「台灣氣象災害之分析及其對農業之影響」，『台灣銀行季刊』。16卷，2期，188-217。
- 潘德芳，1991。「台灣農作物災害管理之探討」，『台灣農業季刊』。27卷，1期，36-52。
- 鄭孟育，2002。「台灣農作物颱風損失模式之研究：以水稻為例」。碩士論文，國立高雄第一科技大學風險管理與保險所。
- 謝信良，1986。「台灣地區氣象災害之探討」，『大氣科學』。13期，89-107。
- 羅以倫、蕭代基，2004。「基隆河水災損失減輕措施之成本效益分析」。碩士論文，國立台北大學資源管理研究所。
- 蘇文生，1976。「我國舉辦農作物收穫保險之研究」。碩士論文，私立逢甲大學保險學研究所。
- 蘇文斌、楊和利，1997。「台灣水稻作物保險費率之分析」，『台灣經濟』。247卷，81-98。
- 蘇夷士，1965。『台灣近十年來農業災害之分類測定及農業保險費率之合理計算基礎』。台北：國家長期發展科學委員會。
- Abbaspour, K. C., J. W. Hall, and D. E. Moon, 1992. "A Yield Model for Use in Determining Crop Insurance Premiums," *Agricultural and Forest Meteorology*. 60: 33-51.
- Bernknopf, R. L., D. S. Brookshire, and M. A. Thayer, 1990. "Earthquake and Volcano Hazard Notices: An Economic Evaluation of Changes in Risk Perceptions," *Journal of Environmental Economics and Management*. 18: 35-49.
- Beron, K. J., J. C. Murdoch, M. A. Thayer, and W. P. M. Vijverberg, 1997. "An Analysis of the Housing Market Before and After the 1989 Loma Prieta Earthquake," *Land Economics*. 73: 101-113.
- Binici, T. and C. R. Zulauf, 2006. "Determining Wheat Crop Insurance Premium Based on

- Area Yield Insurance Scheme in Konya Province, Turkey," *Journal of Applied Sciences*. 6: 1148-1152.
- Botts, R. R. and J. N. Boles, 1958. "Use of Normal-Curve Theory in Crop Insurance Ratemaking," *Journal of Farm Economics*. 41: 35-44.
- Crow, W. T., D. P. Weingartner, R. McSorley, and D. W. Dickson, 2000. "Damage Function and Economic Threshold for *Belonolaimus longicaudatus* on Potato," *Journal of Nematology*. 32: 318-322.
- Discoll, P., B. Dietz, and J. Alwang, 1994. "Welfare Analysis when Budget Constraints are Nonlinear: The Case of Flood Hazard Reduction," *Journal of Environmental Economics and Management*. 26: 181-194.
- Fronstin, P. and A. G. Holtmann, 1994. "The Determinants of Residential Property Damage Caused by Hurricane Andrew," *Southern Economic Journal*. 61: 387-397.
- Gardette, J. M., 1998. "Insurability of River Floods? Legal Comparison between France and Germany," *Insurance: Mathematics and Economics*. 22: 182-183.
- Gau, H. S. and C. W. Liu, 2002. "Estimation of the Optimum Yield in Yun-Lin area of Taiwan Using Loss Function," *Journal of Hydrology*. 263: 177-187.
- Hansen, L.M., 2004. "Economic Damage Threshold Model for Pollen Beetles (*Meligethes aeneus* F.) in Spring Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Crops," *Crop Protection*. 23:43-46.
- Kunreuther, H., 2001. "Incentives from Mitigation Investment and More Effective Risk Management: The Need for Public-Private Partnerships," *Journal of Hazardous Materials*. 86: 171-185.
- Larsson, H., 2005. "A Crop Loss Model and Economic Thresholds for the Grain Aphid, *Sitobion avenae* (F.), in Winter Wheat in Southern Sweden," *Crop Protection*. 24: 397-405.
- Maddala, G.S., 1984. *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Miller, S. E., H. K. Kandic, and P. J. Rathwell, 2000. "Evaluation of Crop Insurance Premium Rates For Georgia and South Carolina Peaches," *Journal of Agribusiness*. 18: 303-317.
- Miranda, M. J., 1991. "Area-Yield Crop Insurance Reconsidered," *American Journal of Agricultural Economics*. 73: 233-242.

- Murdoch, J. C., H. Singh, and M. Thayer, 1993. "The Impact of Natural Hazards on Housing Values: The Loma Prieta Earthquake," *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*. 21: 167-184.
- Nelson, C. H., 1990. "The Influence of Distributional Assumptions on the Calculation of Crop Insurance Premia," *North Central Journal of Agricultural Economics*. 12: 71-77.
- Rajarajeswari, N. V. L. and K. Muralidharan, 2006. "Assessments of Farm Yield and District Production Loss from Bacterial Leaf Blight Epidemics in Rice," *Crop Protection*. 25(3): 244-252.
- Schurle, B., 1996. "The Impact of Size on Yield Variability and Crop Insurance Premiums," *Review of Agricultural Economics*. 18: 415-422.
- Skees, J. R., J. R. Black, and B. J. Barnett, 1997. "Designing and Rating an Area Yield Crop Insurance Contract," *American Journal of Agricultural Economics*. 79: 430-438.
- Yeh, M. H., and S. Sun, 1980. "An Evaluation of the Actuarial Structure of Manitoba Crop Insurance Program and Its Implications," *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 28: 54-70.
- Zhang, J., 2004. "Risk Assessment of Drought Disaster in the Maize-Growing Region of Songliao Plain, China," *Agriculture Ecosystems and Environment*. 102: 133-153.

An Estimation of Rice Damage Function by Typhoon and the Premium Calculation of Disaster Insurance in Taiwan

Lan-Fen Chu*, Chi-Chung Chen**, and Hsing-Jui Chen***

The purposes of this study are to estimate rice damage functions by typhoon using econometric toll and the premium calculation of disaster insurance in Taiwan. To estimate rice damage functions by typhoon, OLS, Tobit, and Truncated Models are applied. The empirical results show that there is a positive significant impact of wind speed on rice. However, the impacts of rainfall by typhoon in the central and southern areas are much smaller in the areas of the northern and eastern. Finally, the estimation of rice damage functions is applied to calculate the premium. Basic on \$NT 100, 000 of rice production cost per hectare as insurance coverage, the premium is ranged from 0.166% to 4.178% which is about \$NT 75 to 3,400 per hectare of insurance cost if the disaster insurance is implemented.

Keywords: *Damage Function, Tobit and Truncated Model, Premium.*

* Ph.D. student, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.

** Professor, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.

*** Master, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.

We appreciate the funding support provided by National Science Council (NSC 91-2625-Z-005- 004).