

臺灣發行颱風債券之 危險移轉效益研究

The Benefit of Risk Management: A Study
of Issuing Typhoon Bonds in Taiwan

撰稿人：呂 廣 盛

Kuang-Sheng Lu

陳 威 榮

Wei-Jung Chen

臺灣發行颱風債券之危險移轉效益研究

摘 要

根據中央氣象局歷年颱風襲臺的統計，每年發生颱風災害事件約 3.7 次，平均損失超過新臺幣 200 億元，導致無法買到再保險。因此，引入新的風險管理方法來分散、轉移颱風的災害損失，始終是政府、產業界及學術界的重要課題。

鑒於臺灣成功發行地震債券已有效達到地震巨災風險管理的效果。本研究嘗試以資本資產定價模型（Capital Asset Pricing Model, CAPM）及現金流量現值分析法，就債券還本類型與啟賠條件來確定颱風債券的收益率及價格。研究結果顯示，以本金 50%保證型為最合適的債券發行價格，並以再保險為主，颱風債券為輔的危險移轉效果最佳。而為確立發債的效益，建議可成立專責研究的機構，同時修改法規並確立理賠流程標準化等，以達到保險經營的效益。

關鍵字：巨災債券、資本資產定價模型、現值分析、收益率、啟賠條件

呂廣盛先生：逢甲大學風險管理與保險學系兼任助理教授

陳威榮先生：中國中南大學管理科學與工程博士，九華保險代理人股份有限公司顧問

ABSTRACT

According to the statistics from Central Weather Bureau, typhoons have had hit Taiwan on an average about 3.7 times per year over the past few years, with an average of NT \$20 billion loss. This result in the reinsurance can't be purchased. Therefore, introducing the new catastrophic risk management method to minimize the lost caused by typhoon has always been an important topic for the government, academic and insurance industry.

As the issued earthquake bond has been working effectively to reach catastrophic risk management standard, the article attempts to use Capital Asset Pricing Model (CAPM) and cash flow's Present Value Analysis to confirm the price and bond yield of typhoon bond according to bond's type and trigger condition. The result shows that the most suitable price for issuing the bond is Capital Guaranteed Notes with 50% dR. The best beneficial result in diverting the risk into the practice is to set Reinsurance as primary factor and Typhoons risk as secondary factor respectively. To ensure the profit of the issued bonds, it is suggested to establish a specific responsibility research institution, meanwhile revising the regulation and standardize the settlement of claim to achieve the profits of the insurance.

Key word : Catastrophe Bond, Capital Asset Pricing Model, Present Value
Analysis, Triggers.

壹、緒 論

颱風（熱帶氣旋）或稱颶風是一種嚴重的自然災害，多發於熱帶和副熱帶沿海國家和地區。颱風的破壞力主要由強風、豪雨和暴潮三個因素引起。歷史上，由颱風的破壞力所造成危害，屢屢給人類帶來重大損失；在 1737~1977 年的 240 年中，全世界發生死亡 5,000 人以上的颱風災害有 25 次。在 25 次大颱風災害中，孟加拉灣海岸地區占 17 次，西半球只占 3 次；自 18 世紀以來，發生死亡 10 萬人以上之颱風災害有 8 次，其中死亡人數超過 30 萬的出現過 4 次。20 世紀末隨著全球氣候變遷，颱風災害損失越來越大。最近幾十年中，全世界每年發生颱風 80 餘個，經濟損失達 60 億~70 億美元。

依據世界銀行 2005 年調查報告指出，全球有 50% 的人口（35 億）暴露在地震、旱災、火山爆發、颱風、洪水、山崩及土石流等天然災害，5% 的國家地區面臨旱災、颱風、洪水 3 種天然災害威脅。臺灣地區發生地震、颱風、洪水三者中的 2 種天然災害可能性為 90%，3 種天然災害同時發生的可能性為 73%，而在颱風發生後造成水災的程度在世界排名第 13 位。由此可知，臺灣同時遭受地震、颱風及洪水後土石流的 3 種天災的巨大損失之危險地區。

921 地震後，臺灣在 2002 年 4 月推出政策性住宅火災暨地震保險，並於 2003 年 8 月於美國發行地震巨災債券。地震債券發行之初，曾考量將颱風、洪水及土石流等風險加入地震巨災債券，或是另外單獨發行颱風巨災債券，但是因債券價格釐定的方式、發行時間的急迫性及欠缺發行經驗等因素考量下，僅以地震巨災債券先行。發行巨災債券的目的，主要是藉由天災風險的證券化，達到風險分散的效果。然而巨災債券與一般傳統投資工具不同，它屬於一種創新型的金融工具，而且商品的結構屬性和保險特性的本質，使得定價會受到多種因素影響，再加上發行巨災債券的價格要較其他債券的違約風險需要支付更高的風險貼水，而更不易釐定，甚至可能使發行債券成本高於再保險成本。這也是我國在 2006 年 5 月第一次發行地震巨災債券到期後，即未再繼續發行的主要原因。

我國財產保險業在費率自由化第三階段實施後，由於全球極端氣候及巨災風險的發生，較以往頻繁而且為害更烈，使得巨災再保險的洽商更是不易，台灣的市場更常面臨天災險費率不足的問題。尤其依據中央氣象局的統計資料顯示，颱風為臺灣最主要之天然災害，每年平均侵臺 3.7 次，造成年均新台幣 150~200 億元的經濟損失。因此，為承擔與分散颱風風險，有效降低颱風的損害，補足再保險保障不足的部份，重新考慮發行颱風巨災債券不失為可行的方法之一。本研究鑑於地震債券發行之初，價格釐定經驗的不易，故就影響颱風債券定價有關的本金償還類型、啟賠點及收益率等因素加以分析，並對發行颱風債券及再保險移轉風險效果進一步評估，期能為台灣的颱風災害損失防阻提供另一種解決的方案。

貳、颱風債券之相關理論探討

「巨災」，通常係指地震、旱災、火山爆發、颱風、洪水、山崩及土石流等天然災害所造成人員傷亡及巨大的經濟損失等。據統計¹，從 1985～2009 年，侵臺颱風中以 1986 年的韋恩、1996 年的賀伯與 2009 年的莫拉克颱風等，分別造成當年新台幣 122.39、378.90 及 476.68 億元巨大的經濟損失及人員傷亡。另外，臺灣地區於 2001 年 7~9 月，在短短三個月之內，即遭到潭美、桃芝及納莉三個颱風侵襲，造成臺灣浩劫。潭美颱風過境南區卻造成高雄市 40 年罕見的水災；桃芝颱風給中部地區南投、花蓮帶來嚴重土石流；納莉颱風貽禍台北城，使台北市成水鄉澤國，捷運及台北火車站淹水，忠孝東路變成一條長河。當年的三個颱風災害損失，重創我國長期所建立經濟建設，嚴重影響我國經濟發展。

在 20 世紀 90 年代，巨災損失即透過政府與社會的救濟、保險制度的補償以及風險理財機制等方式加以分散和承擔。但近年來，由於全球巨災不斷發生，導致再保險的洽訂不易且保險費率不足，使得保險業瀕臨破產邊緣。因此，保險業乃透過資本市場，以巨災損失結合發行巨災債券來取得資本市場資金，希望藉此來達到巨災風險分散的效果，使得各種巨災債券不斷推陳出新，形成另一種創新巨災風險理財與承擔的機制。這些巨災債券的發行可以是單一風險，如：地震債券、颱風債券等，也可以結合不同的巨災風險共同發行，如：颱風與土石流債券、地震與颶風²債券。由於每一種巨災債券的風險程度不同，模型的建立與定價亦各不相同。

一、巨災債券的架構與內容

巨災債券發行的目的主要有（陳繼堯，2001）：1.作為傳統再保險替代工具，降低國內天災風險保障之不足，提高國內保險公司再保談判時籌碼。2.發展及引進新的風險分散技術，提昇保險與證券業對此工具瞭解。3.藉機進入國際資本市場，增加國內保險、證券公司與國際資本市場互動。

因此，巨災債券的發行類似一般的公司債或政府公債，即其交易的方式為買賣雙方透過資本市場債券發行方式，投資人支付債券本金做為債券之承購，保險或再保險公司則約定按期支付債息與投資人，並按未來之約定巨災發生與否及多寡，即發生的情況作為後續付息或期末清償與否的依據，若無發生巨災賠償情況，投資人按期取得利息，期滿可領回本金；但巨災損失超過特定金額或啟賠事件發生時，發行公司有權利要求債券持有人放棄或遞延利息與本金，此時與發行公司簽訂再保險合約的保險公司，就可以對

¹ 中央氣象局網站，<http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/tek-report.htm>，氣象災害。

² 發生在大西洋西部、加勒比海、墨西哥灣和北太平洋東部稱之；在北太平洋西部及南中國海者稱為颱風。

發行公司提出給付要求，將損失移轉給債券持有人。巨災債券的發行組織架構如下（如圖 1）：

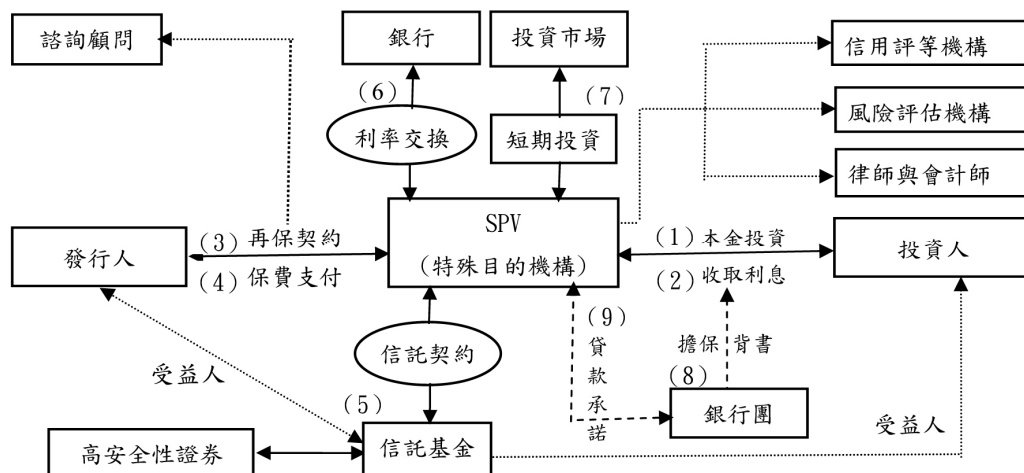


圖 1 巨災債券發行組織架構

資料來源：本研究整理

巨災債券的條件，又稱為損失啟賠條件（Trigger），為巨災債券償還本金及支付利息與否的條件。啟賠條件的決定有二種：1.損失補償啟賠型（Indemnity Type），以發行人實際損失作為巨災債券賠付與否和賠付金額多少之依據，並以具有公信力機構所提供損失金額為基準；即該巨災債券係與特定保險人巨災損失相聯結。例如我國於 2003 年發行住宅地震基本保險的 FORMOSA RE 即是。2.指數啟賠型（Index Type），將損失金額修訂為指數，以此指數為基準。指數啟賠型又可細分為下列三種：(1)產業損失啟賠型（Industry-loss Trigger），以整個保險市場所可能遭受損失或專業機構對抽樣保險公司巨災賠償金額統計數字為賠付與否或賠付金額多寡依據，即該巨災債券係與整個產險業的巨災損失或與特殊巨災指數水準相聯結。(2)參數啟賠型（Parametric Trigger），以巨災事件相關之實際參數作為賠付與否或賠付金額多寡依據。(3)模型損失啟賠型（Model-loss Trigger），以模型公司（如美國 AIR 公司）設定之產業風險暴露組合資料庫為基礎，以真實巨災事件之參數，進行原指定程式分析計算所得之損失值為賠付與否或賠付金額多寡的依據。

債券償付的條件，則可分為下列三種：1.本金沈沒型（Principal at Risk），又稱本金不確定型或本金變動型債券；當巨災損失超過債券契約所約定損失償付金額時，所超過巨災損失金額會直接從本金扣除，作為賠付特殊目的機構（SPV）應支付給分保公司的再保攤賠，直到債券金額全部償付巨災損失殆盡，但若債券契約期滿後，本金仍有剩餘

時，該贖餘部份需退還給投資者。2.本金保證償還型（Principal Protected），即約訂契約期間內，不論有無巨災事件發生，特殊目的機構（SPV）都必須將債券金額償還給投資者，只是償還本金之期限將視契約規定之不同而有所差別，視有無巨災損失發生而有不同；若無巨災損失發生，則債券到期償還本金，反之，若發生巨災損失，則不論發生巨災損失多寡，債券發行者可依約定償付期間（通常為 10 年後）延後支付本金，在這這期間無需支付利息，得保有一筆資金作為融通。3.部份本金保證型（Guaranteed Minimum Principal），此種債券乃是本金沉沒型與本金保證償還型之混合，特殊目的機構（SPV）為因應市場不同風險偏好之投資人所設計出來，當巨災損失金額超過自留額時，特殊目的機構應支付給分保公司的再保攤賠，會直接從本金扣除，直到所扣除本金達到預先約定扣除比率為止，即不再扣除，2002 年 Syndicate 33(Lloyd's)針對美國加州即 New Madrid 兩地地震災害所發行 33 百萬美元的巨災債券 St. Agatha Re Ltd 即為此型。

巨災債券的價格，基本上類似保險費率，即由預期損失與附加費用兩部分而成。危險費率以預期損失幅度（Loss Severity）與頻率（Loss Frequency）為基礎，並參照過去經驗統計與模擬方式來計算。附加費用率則為證券發行的各項費用，包括：風險評估費、律師費、會計師費、銀行簽證費、評等費、行銷費，及其他各項顧問及管理費等，其費用甚高。

債券的債信評等由專業債信評等機構對債信強度進行評估的順序與結果。評等人將評估結果以簡明之等級報導出來，以供投資人決策參考。在巨災債券方面，以信用風險與巨災風險有關為主³，是以損失模型公司（Loss Modeling Co.）的意見，對於評等有舉足輕重的影響。

二、相關理論與文獻探討

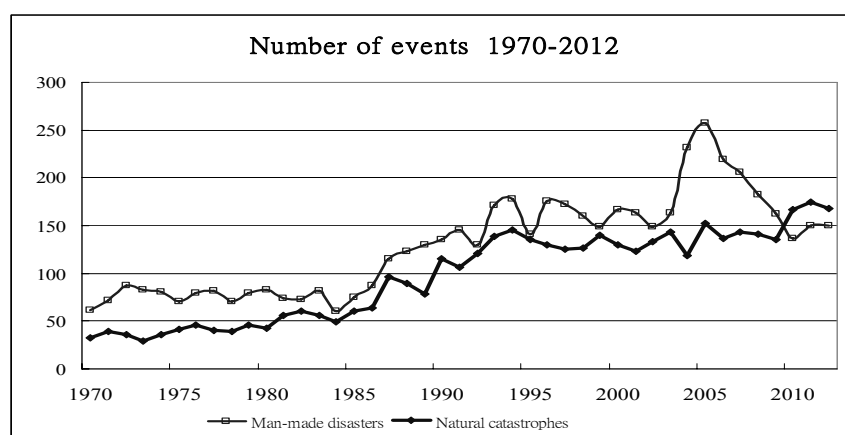
巨災之發生已是人類生存風險中難以避免的一環，最近二十年以來，由於氣候變遷之影響，世界各地常發生超出正常變動幅度之情形，巨災事件數日益增多，由年均 100 次增加 150 次以上（如圖 2 的 1970~2012 保險巨災事件）。巨災損失也日益龐大，從上世紀 70 年代的 29 億美元，到 80 年代的 59 億美元，90 年代更提高到 182 億美元；自 2000 年以後更劇烈持續往上攀升到 2008 年的 525 億美元及 2012 年 770 億美元。巨災發生時，往往需要保險制度來提供心理上的安全感與財務上的保全，例如：超過 200 年洪水頻率之降雨量、超高溫或極低溫的極端氣候等，嚴重影響環境生態及人類的生活，從而導致風險管理機制的失靈。

台灣因所在地理位置，深受海洋與大氣交互作用之影響，再加上地形狹窄、河道短促等自然環境因素影響，使台灣成為氣候性天然災害頻繁的地方；夏秋兩季一向是台灣

³ 一般在商品分析中，要注意市場、信用、流動性、操作及法律等風險。

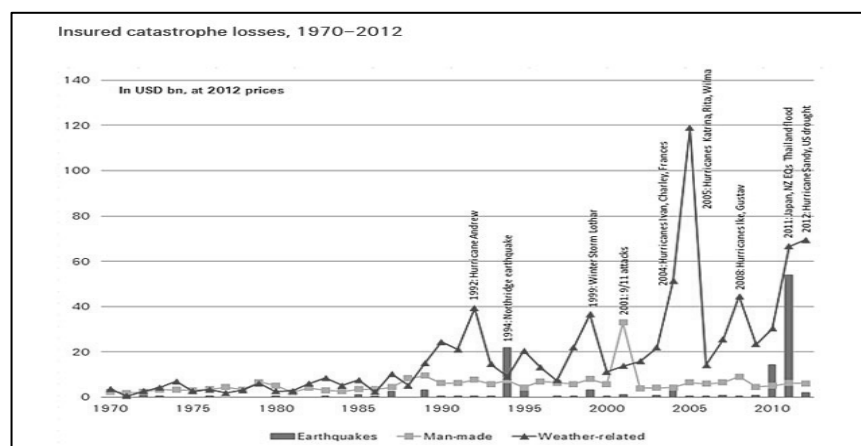
颱風的旺季，而在去年，除了接踵而來的幾個重大災情的夏颱，颱風的累積雨量與單位時間內的降雨量又屢創新高，甚至出現了罕見的冬颱；其所附帶的豪雨，造成重大損失，平均個人與家戶洪災災害損失約為 8 萬元（蕭代基，2004）。

2009 年 8 月，莫拉克颱風襲臺，引發八八水災，導致 643 人死亡及 60 人失蹤，經濟總損失金額約為新臺幣 4,766.8 億元。而 1992 年安德魯（Hurricane Andrew）、2005 年美國的卡翠娜、瑞塔、威瑪颶風（Hurricane Katrina, Rita, Weimar）及 2012 年珊迪（Hurricane Sandy），分別導致約為 400, 1,200 及 700 億美元保險損失（如圖 3 的 1970-2012 保險巨災損失）。



資料來源：Swiss Re.，2013，Natural catastrophes and man-made disasters in 2012: a year of extreme weather events in the US, Sigma, 02/2013, p2.

圖 2 1970~2012 年保險巨災損失事件



資料來源：Swiss Re.，2011，Natural catastrophes and man-made disasters in 2010: a year of extreme weather events in the US, Sigma, 02/2013, p5.

圖 3 1970~2012 年保險巨災損失

有關颱風洪水保險制度的相關文獻回顧與探討如下：

1. David Miller (2000) 研究颱風風險債券的不確定性對定價影響。該分析將不確定性分為損失幅度與損失頻率的不確定性，並以損失幅度和損失頻率相互獨立為前提。在不考量推導、計算過程，損失幅度不確定性可以通過百分位法衡量，而損失頻率不確定性可以通過歷史數據得出。所有颱風債券不確定最終可歸結為可使用歷史數據量不夠。
2. 韋僕 (2005) 透過美商達信保險經紀人股份有限公司針對我國颱風洪水保險制度的運作加以探討。研究結果顯示，仍有多項影響該保險制度得否順利推動與建立的關鍵及待解決之問題，如：全國淹水潛勢資料過舊、民意支持度不高、保費不具負擔性、財源籌措困難等，因此實施本制度前尚須克服多項難題，並須相關單位共同配合。
3. 許丁元 (2005) 作者研究發現：(1) 自 1996 年至 2005 年完成發行的 73 個巨災債券資料，發行總額高達 90 億美元。可知巨災債券市場、交易的數目及金額已相當穩固。(2) 隨著巨災債券成功的發行率增加，以及幾乎無巨災債券啟動理賠之案例，使得發行者及投資者更願意投入這個債券市場。(3) 非保險業之一般企業直接發行巨災債券，使得無法由傳統保險市場取得足夠保障之問題解套，補償營運中斷所造成的損失，將災害風險移轉至資本市場使損失降到最低。(4) 預估未來可能透過證券化到資本市場籌資的風險事故，包括農業（如作物產量或損失）、氣象（如熱帶氣旋、雨量、冰雹或旱災）等風險。
4. 溫怡玲 (2005) 就風險管理的角度，對我國颱風洪水保險制度的建構加以研究。研究結果顯示，2003 年住宅火災保險附加颱風洪水險之投保件數為 1,524 件，投保率約僅萬分之二，且多因向銀行辦理住宅貸款而投保；顯示出國人對於颱風洪水之投保意願仍舊偏低。因此，建立完整之颱風洪水保險制度已是刻不容緩。
5. Emanuel (2005) 追蹤研究全球平均氣溫的發展，發現熱帶氣旋在過去 30 年內持續增加，全球的平均氣溫提高，並預測颶風的強度應會增加。但其研究主要側重於颶風的頻率顯示及活動趨勢檢測。
6. Webster, P.J., Holland, Curry, Chang. (2005) 研究過去 35 年在海水表面溫度增加的環境中，檢測了熱帶氣旋的數目和氣旋天數及熱帶氣旋強度。研究結果發現，在數量和比例上，颶風達到 4 和 5 級的不斷增加。在地區部分，增加最多的發生在北太平洋、印度洋和西南太平洋的海洋，而發生在北大西洋增加百分比最小。

參、臺灣發行颱風債券之危險移轉效果

臺灣經歷多次重大地震及颱風巨災事件後，保險業與再保險業在經營上受到重創，

除了保險費與再保費須不斷調漲之外，承保能量面臨空前挑戰，因此發行颱風債券（Catastrophe Bond）成為另一種分散風險選擇方法之一。臺灣若要分散風險及建立承擔基制，首先必須對於債券價格進行實證分析。

一、颱風經驗分佈函數的建立

本研究對臺灣地區自 1985 年以來颱風的損失紀錄進行整理歸納，得出臺灣颱風損失分佈表（如附錄），而實質的經濟損失是以 2002 年不變價格為基準經過換算後得來的金額。

從原始數據可知臺灣颱風損失的分佈很不平均，因此，根據原始損失數據，以不等距分組的方式，將原始數據加以整理，其分佈情況如表 1 所示。

表 1 臺灣颱風損失分佈的原始數據

颱風損失金額(億元)	頻 數
0 ~ 10	63
10~20	11
20~30	6
30~40	7
40~50	1
50~60	3
60~70	3
70~80	2
80~90	3
90~100	2
100~200	4
200~300	0
300~500	2
合 計	107

資料來源：本研究整理自行政院主計處、內政部消防署、中央氣象局。

根據表 1 損失分佈的原始數據，將臺灣颱風損失的頻數、頻率、累積頻率及頻率密度分佈情形，編製臺灣颱風損失的次數和頻率分佈表，如表 2 所示。

表 2 臺灣颱風損失的次數及頻率分佈表

颱風損失金額(億元)	頻 數	頻 率	累積頻率	頻率密度
0 ~ 10	63	0.588785	0.588785	0.058879
10~20	11	0.102804	0.691589	0.010280
20~30	6	0.056075	0.747664	0.005607
30~40	7	0.065421	0.813084	0.006542
40~50	1	0.009346	0.822430	0.000935
50~60	3	0.028037	0.850467	0.002804
60~70	3	0.028037	0.878505	0.002804
70~80	2	0.018692	0.897196	0.001869
80~90	3	0.028037	0.925234	0.002804
90~100	2	0.018692	0.943925	0.001869
100~200	4	0.037383	0.981308	0.000374
200~300	0	0.000000	0.981308	0.000000
300~500	2	0.018692	1.000000	0.000093
合 計	107	1.000000	—	—

由頻率分佈計算出頻率密度(頻率密度=頻率/組距)，並繪製頻率密度線形圖(如圖 4)。

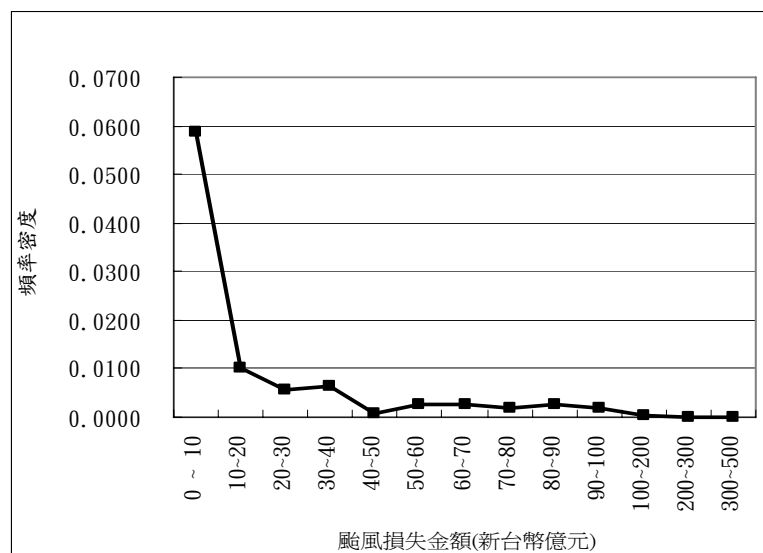


圖 4 頻率密度線形圖

因此，可得經驗分佈函數在各組上限函數值，如表 3 所示。

表 3 經驗分佈函數在各組上限的函數值

X	$F_n(x)$
10	0.588785
20	0.691589
30	0.747664
40	0.813084
50	0.822430
60	0.850467
70	0.878505
80	0.897196
90	0.925234
100	0.943925
200	0.981308
300	0.981308
500	1.000000

由 $(x, F_n(x))$ 可得到修勻的經驗分佈函數曲線，如圖 5。

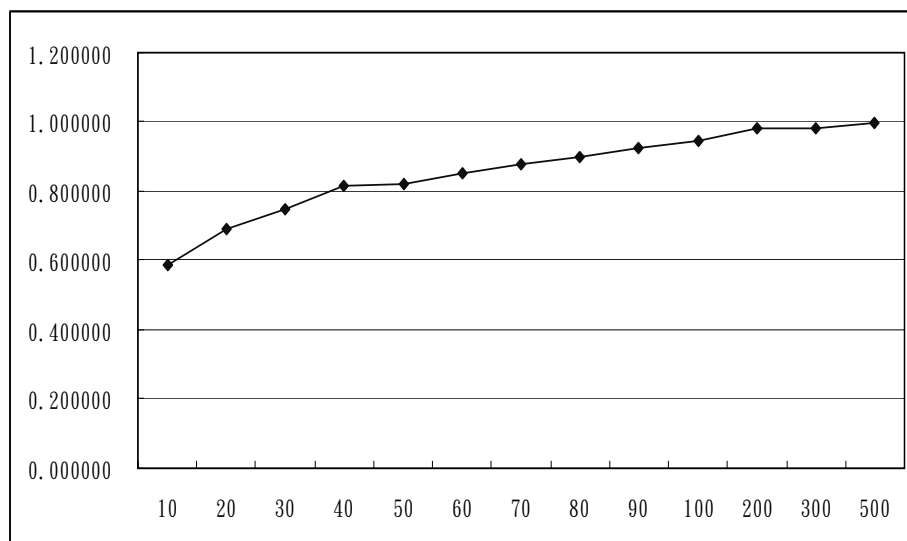


圖 5 修勻的經驗分佈函數曲線

本研究使用臺灣颱風數據所修勻的經驗分佈函數曲線，可以估計各組上限之間的經驗分佈函數值，進而計算出損失金額落在某個區間的概率。但從圖 3-1 可見，曲線在損失金額 1~10 億元之間爬升過快，造成估計結果的誤差將大大增加。為了減小誤差，將損失金額做對數變換為 $y = \ln x$ ，從而建立 y 與 $F_n(y)$ 的對應函數關係（如表 4），並修改 $F_n(y)$ 的曲線（如圖 6）

表 4 y 與 $F_n(y)$ 的對應函數

$\ln x$	$F_n(y)$
2.30	0.588785
2.99	0.691589
3.40	0.747664
3.69	0.813084
3.91	0.82243
4.09	0.850467
4.25	0.878505
4.38	0.897196
4.50	0.925234
4.61	0.943925
5.30	0.981308
5.70	0.981308
6.22	1

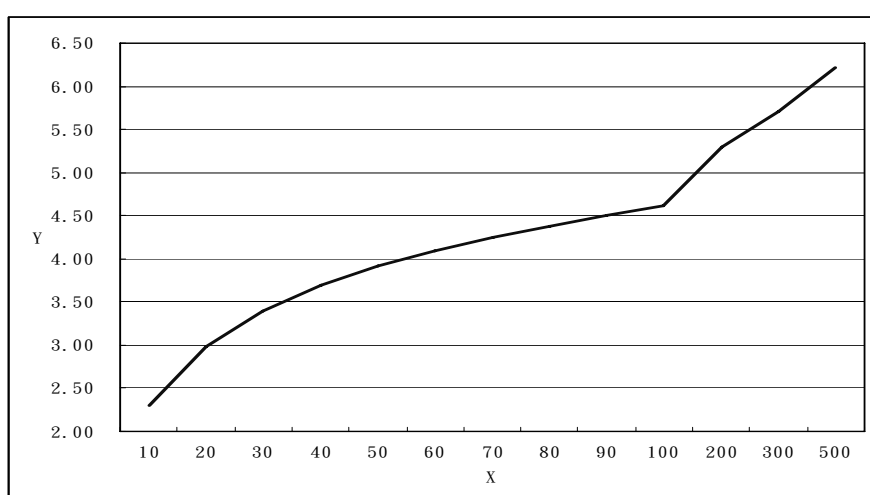


圖 6 修勻的 $F_n(y)$ 曲線

由此，可以依據經驗分佈函數圖或使用線性插入值的方法計算出臺灣颱風損失金額的概率。

二、颱風損失分佈模擬

1. 臺灣颱風損失金額的模擬

根據臺灣颱風損失的原始數據資料，扣除損失幅度較大的偏差值後，計算出樣本的敘述性統計量，如表 5 所示。

表 5 樣本數據的主要統計量

主要統計變量	統計變量值（單位:千元）
平均值	1891939
均值標準誤差	273160
中位數	593911
標準差	2820363
峰度	2.85
偏度	1.88
最小值	911
最大值	12367933

從臺灣颱風損失金額的頻率密度的直方圖和樣本的敘述性統計量可以發現，樣本數據具有單峰的特點，偏度為 1.88，分佈為高度正偏斜；峰度為 2.85，分佈比較平緩，具有較高的分散程度。綜合以上特點，本研究將假設颱風損失服從常態分佈、對數常態分佈以及伽瑪分佈，比較這三者模擬效果，選擇其中最佳的作為颱風損失的分佈函數。

本研究對以上三種分佈函數的模擬效果（如圖 7、圖 8、圖 9）進行比較，研究結果顯示，對數常態模擬效果要優於其他兩種分佈。故本研究選取對數常態模型作為颱風損失的分佈函數。因此，計算得出樣本的原點距為：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} x_i f_i}{\sum_{i=1}^{13} f_i} = \frac{5 \times 63 + 15 \times 11 + 25 \times 6 + \cdots + 400 \times 2}{63 + 11 + 6 + \cdots + 2} = 30.60747$$

二階原點距為：

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{13} x_i^2 f_i}{\sum_{i=1}^{13} f_i} = \frac{5^2 \times 63 + 15^2 \times 11 + 25^2 \times 6 + \cdots + 400^2 \times 2}{63 + 11 + 6 + \cdots + 2} = 4683.4112$$

然後根據矩估計法得到對數常態分佈參數的矩估計值分別為：

$$\hat{\mu} = 2 \ln \bar{x} - 0.5 \ln M = 2 \times \ln(30.60747) - 0.5 \times \ln(4683.4112) = 2.616597$$

$$\hat{\sigma} = \ln M - 2 \ln \bar{x} = \ln(4683.4112) - 2 \ln(30.60747) = 1.615997$$

所以，臺灣颱風的損失服從對數常態分佈：

$$f(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}\sigma} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}}$$

其中， $\mu = 2.616597$ ， $\sigma = 1.615997$ 。

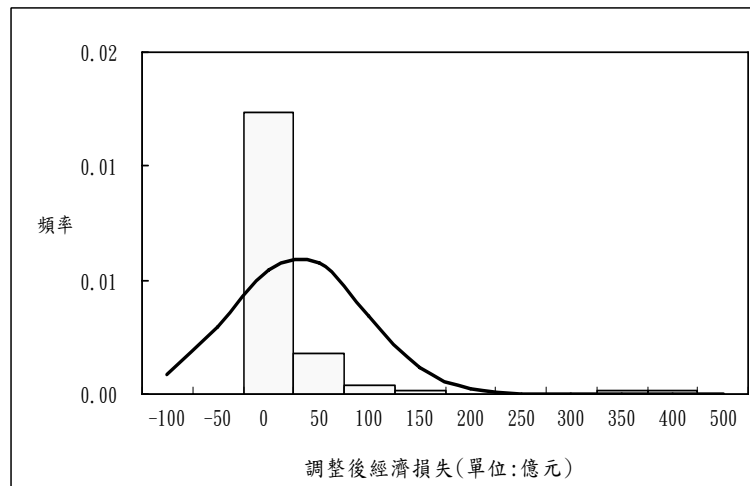


圖 7 常態分佈模擬效果直方圖

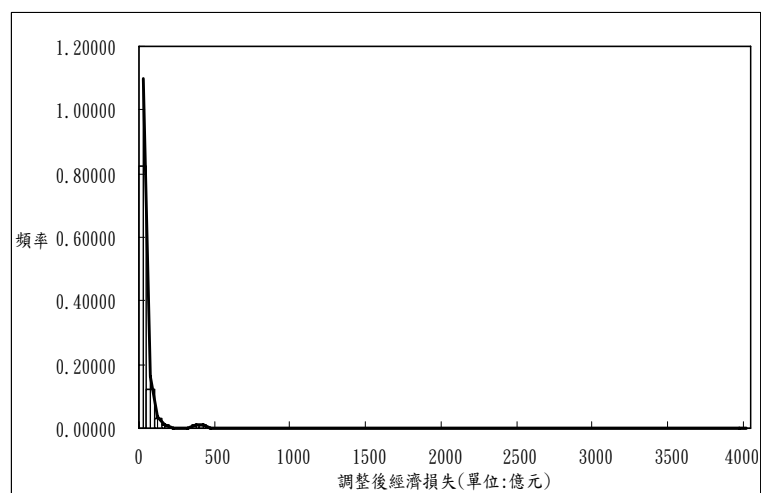


圖 8 對數常態分佈模擬效果直方圖

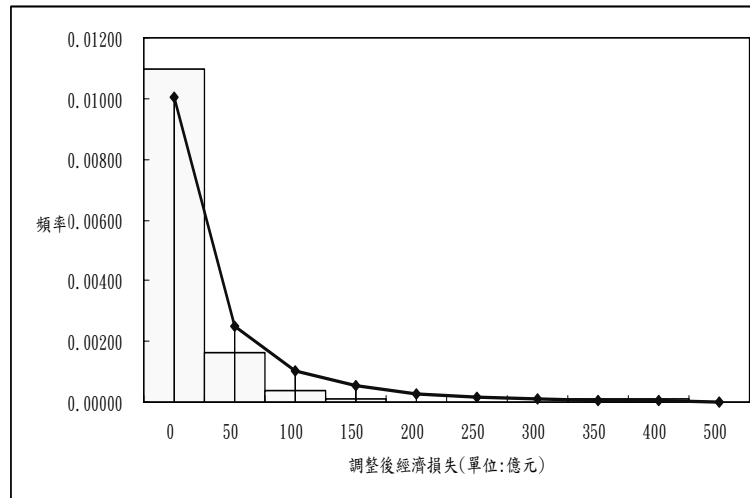


圖 9 調整後經濟損失直方伽瑪分佈圖

2. 颱風損失次數的模擬

假設臺灣颱風損失次數服從參數 λ 的波氏 (Poisson) 分佈，其分佈函數為：

$$P(\xi = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, k = 0, 1, 2$$

作圖 10，觀察其損失次數分佈的模擬效果。波氏分佈參數的矩估計值就是觀察分佈的平均值，即 $\lambda = 3.96$ ，將這一估計值帶入波氏的分佈函數，就得到波氏分佈的概率。由圖可知，波氏分佈的模擬效果比較好。因此，每年颱風次數服從以下分佈：

$$P(\xi = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, \lambda = 3.96, k = 1, 2, 3$$

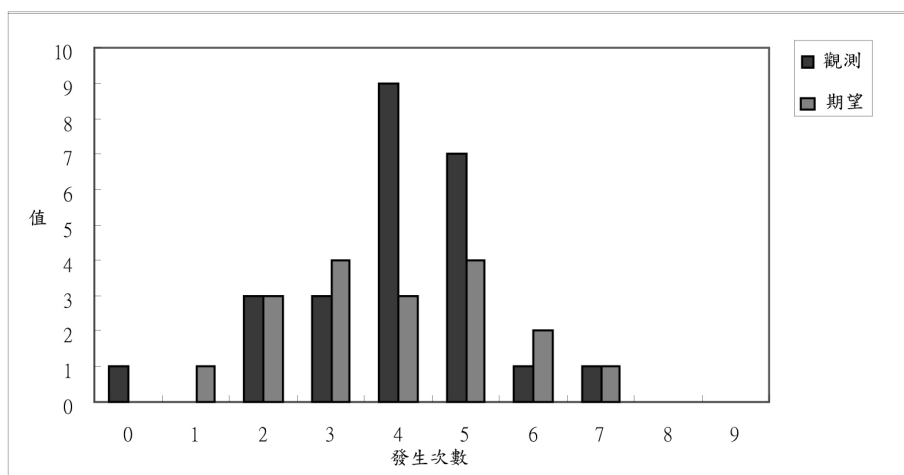


圖 10 波氏分佈模擬的優度檢驗

三、颱風災害債券收益率的確定

本研究以資本資產定價模型（Capital Asset Pricing Model, CAPM）來確定颱風債券的收益率⁴（Bond Yield）。

$$E(R_i) = R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f]$$

上式中， $E(R_i)$ 表是某金融機構資產的期望收益率； R_f 表示無風險收益； β_i 表示該金融機構資產貝塔（Beta）係數⁵； $E(R_m)$ 表市場組合的期望收益率。

平價發行一年期的巨災債券，假設，

R ：為票面利率；

p ：為巨災發生的概率；

在不發生巨災的條件下，投資者獲得的收益率為 R 。

颱風巨災債券依據本金償還的條件分為三種：本金有風險（沒收型）債券、本金部分有風險（部分保證型）債券及本金無風險（保證型）債券。不同的債券類型各有不同的啟賠條件，本研究選取（300, 0.0185041）（90, 0.1290052）（60, 0.1961249）三個點分別作為本金沒收型颱風債券、本金 50%保證型颱風債券和本金保證型颱風債券的啟賠點。

假定無風險利率 R_f 為 4%，颱風風險債券的 β_i 為 0.6，市場組合的期望收益率 $E(R_i)$ 為 11%，不同類型颱風債券的票面利率為：

(1) 本金沒收型債券，如果巨災發生時，收益率為-100%時，則票面利率為：

$$E(R) = R(1-p) + (-1)p = R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f]$$
$$R = \frac{R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f] + p}{(1-p)} = \frac{4\% + 0.6 \times (11\% - 4\%) + 1.85\%}{1 - 1.85\%} = 10.24\%$$

(2) 本金 50%保證型債券，如果巨災發生時，收益率為-50%時，則票面利率為：

$$E(R) = R(1-p) + (-0.5)p = R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f]$$
$$R = \frac{R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f] + 0.5p}{(1-p)} = \frac{4\% + 0.6 \times (11\% - 4\%) + 0.5 \times 12.9\%}{1 - 12.9\%} = 16.82\%$$

⁴ 收益率（Bond Yield）是衡量債券投資收益是債券收益與其投入本金的比率，通常用年利率表示。決定債券收益率的主要因素有：債券的票面利率、期限、面值、持有時間、購買價格和出售價格。

⁵ 貝塔（Beta）係數是用以度量一項資產系統性風險的指標，是資本資產定價模型的參數之一。用以衡量一種證券或一個投資證券組合相對總體市場的波動性的一種證券系統性風險的評估工具。

(3) 本金保證型債券，如果巨災發生時，收益率為 0 時，則票面利率為：

$$E(R) = R(1-p) + 0 \times p = R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f]$$

$$R = \frac{R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f]}{(1-p)} = \frac{4\% + 0.6 \times (11\% - 4\%)}{1 - 19.61\%} = 10.20\%$$

投資人購買風險性資產（例如債券），至少要有「無風險收益」的收益率，至於額外冒險的預期收益率，則由風險數量（即貝塔（Beta）係數）乘上風險價格（即預期市場收益率減去無風險收益率）的結果便是債券的風險貼水。本研究依債券本金償還的三種不同風險類型，選取三個啟賠點，如果巨災發生時，本金沉沒型、本金 50%保證型及本金保證型所得票面利率分別為 10.24%、16.82%及 10.20%。投資人則依其風險偏好就投資組合中各種債券類型選擇合適的風險承受度及風險貼水（Risk Premium）。研究結果顯示，在一定期間內收益率會隨著債券所定風險高低或啟賠條件而產生波動，債券期望收益率將會隨著投資人投資組合、風險偏好，債券風險的高低和金融機構資產貝塔（Beta）係數，本金償還類型及啟賠點等因素的差異而變動。

四、颱風債券價格的確定

假設颱風債券面值為 1 元，如果不發生巨災損失，該債券每期末支付利息為 i 元，並在最後期末(T)償還本金。如果巨災發生，投資者將根據颱風債券類型獲得債息或本金支付，假定此支付函數為 f ，之後債務結束。用 τ 表示巨災發生時，如果巨災風險在到期前發生，則 $\tau \in \{1, 2, \dots, T\}$ 。該債券持有人的現金流量表示為：

$$i(t) = \begin{cases} i|_{(\tau > 1)} + f(i+1)|_{(\tau=1)} & t = 1, 2, \dots, T-1 \\ (i+1)|_{(\tau > T)} + f(i+1)|_{(\tau=T)} & t = T \end{cases}$$

該債券在 $t=0$ 時的價格為 P ，表示未來現金流量的現值：

$$P = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{i(t)}{(1+i)^t}$$

1. 單一期現金流量分析

假定發行面額為 100 元的單一時期颱風債券，風險的波動表現於利率高低，不同類型颱風債券的價格為：

(1) 本金沒收型颱風債券，假設年利率為 9.0%，啟賠點為 (300, 0.0185041)。

$$P = \frac{109.0 \times 98.15\% + 0 \times 1.85\%}{1 + 4\%} = 102.87$$

(2) 本金 50%保證型颱風債券，假設年利率為 8.6%，啟賠點為 (90, 0.1290052)。

$$P = \frac{108.6 \times 87.1\% + 50 \times 12.9\%}{1 + 4\%} = 97.15$$

(3) 本金保證型颱風債券，假設年利率為 8.0%，啓賠點為（60, 0.1961249）。

$$P = \frac{108.0 \times 80.4\% + 100 \times 19.6\%}{1 + 4\%} = 102.33$$

2. 兩期現金流量現值分析

假定發行面額為 100 元的兩期颱風債券，風險的波動表現於利率高低，不同類型颱風債券的價格為：

(1) 本金沒收型颱風債券，假設年利率為 8.8%，啓賠點為（300, 0.0185041）。

第一期預期收益的現值：

$$P_1 = \frac{9.0 \times 98.15\% + 0 \times 1.85\%}{1 + 4\% / 2} = 8.66$$

第二期預期收益的現值：

$$P_2 = \frac{109.0 \times 98.15\% \times 98.15\% + 0 \times 1.85\%}{(1 + 4\% / 2)^2} = 100.92$$

債券的價格： $P = P_1 + P_2 = 8.66 + 100.92 = 109.58$

(2) 本金 50%保證型颱風債券，假設年利率為 8.6%，啓賠點為（90, 0.1290052）。

第一期預期收益的現值：

$$P_1 = \frac{8.6 \times 87.1\% + 0 \times 12.9\%}{1 + 4\% / 2} = 7.34$$

第二期預期收益的現值：

$$P_2 = \frac{108.6 \times 87.1\% \times 87.1\% + 50 \times 87.1\% \times 12.9\% + 50 \times (1 + 0.086) \times 87.1\% \times 12.9\% + 50 \times 12.9\% \times 12.9\%}{(1 + 4\% / 2)^2} = 91.25$$

債券的價格： $P = P_1 + P_2 = 7.34 + 91.25 = 98.59$

(3) 本金保證型颱風債券，假設年利率為 8.0%，啓賠點為（60, 0.1961249）。

第一期預期收益的現值：

$$P_1 = \frac{8.0 \times 80.4\% + 0 \times 19.6\%}{1 + 4\% / 2} = 6.30$$

第二期預期收益的現值：

$$P_2 = \frac{108 \times 80.4\% \times 80.4\% + 100 \times 80.4\% \times 19.6\% + 100 \times (1 + 0.08) \times 80.4\% \times 19.6\% + 100 \times 19.6\% \times 19.6\%}{(1 + 4\% / 2)^2} = 97.33$$

債券的價格： $P = P_1 + P_2 = 6.30 + 97.33 = 103.63$

本研究蒐集中央氣象局 1985~2011 年 107 個颱風損失分佈，模擬颱風損失金額及損失事件，從而確定颱風債券在不同本金收回類型和啟賠點，分別為單一期與兩期現金流量之現值計算出颱風債券價格。單一期現金流量依本金沉沒型、本金 50%保證型及本金保證型分別得出颱風債券價格的現值為 102.87 元、97.15 元及 102.33 元；而兩期現金流量依本金沉沒型、本金 50%保證型及本金保證型分別得出颱風債券價格的現值為 109.58 元、98.59 元及 103.63 元。研究結果顯示，在颱風債券價格方面，無論單一期現金流量或兩期現金流量現值分析，本金沉沒型颱風債券的價格波動最大，本金保證型的颱風債券的價格波動次之，本金 50%保證型颱風債券的價格波動最小，價格亦較為合理。

五、颱風債券與再保險的風險移轉效果

巨災損失具有損失幅度與損失頻率不易預測的特性，導入本研究前述颱風損失分佈模擬的結果。對於保險公司經營的風險承受度和資本的清償能力都會產生不易控制的重影響。

本研究乃根據颱風損失的特性，假定保險市場內每家保險公司皆依自身經營的條件來決定自身的資本額、總承保限額、保險標的物風險集中度等影響保險公司營運的重要因素，在再保險和發行颱風債券等經營假設的條件下，就運用無避險、再保險、發行債券及再保險為主債券為輔等四種不同情境，針對颱風巨災風險在保險公司的風險資本⁶（Risk Capital）與經營績效下做效益比較，以確認合理定價下的颱風債券發行效果：

假設保險公司整體資產營運模型如下：

$$E_t = E_{t-1} + P_t + I_t - C_t - T_t$$

其中， E_t ：第 t 期期末資產價值；

E_{t-1} ：第 t 期期初資產價值；

P_t ：第 t 期的保費收入；

I_t ：第 t 期的投資收入；

C_t ：第 t 期的理賠支出；

T_t ：第 t 期的稅賦支出；

t ：第 t 期的期間。

整體資產營運模型中，保費收入（ P_t ）則反映公司的總承保限額，理賠支出（ C_t ）則代表著保險公司的保險標的物風險集中度，再加上期初資產價值（ E_{t-1} ）、投資收入（ I_t ）

⁶ 風險資本包括資產、信用、核保、資產負債配置及其他風險等五種。

與稅賦支出 (T_t) 的經營結果，最後成為保險公司的最終價值 (期末資產價值 (E_t))。

就運用再保險和發行颱風債券的四種假設的經營條件下，則經營效益的比較如下：

(一) 無任何避險因子變化影響

由於保險公司之賠款率加上費用率經常會超過 100%，總保險費大都支付在非巨災保險理赔。假定保險公司營運經過一年淨值為負值就宣告破產，並結算不足資本額。所以本研究為簡化模擬過程和加速評估，保守假設保險公司在非巨災性承保部份為收支平衡；亦即保險公司僅承保巨災性保險。考量影響保險公司整體資產營運模型的一般因子變化：

$$P-direct_t = \sum_{Area} [Ave-sa \times Issue-num_t \times E(Loss-rate)_t] \times (1-loading)$$

其中， $P-direct_t$ ：第 t 期的直接保費收入；

$Area$ ：承保某一地區；

$Ave-sa$ ：平均保額；

$Issue-num_t$ ：第 t 期在一地區的保單數量；

$E(loss-rate)_t$ ：第 t 期在一地區的經驗損失率；

$loading$ ：附加費用率；

$1-loading$ ：損失率。

$$I_t = (E_{t-1} + P_t) \times invest-return$$

其中， $invest-return$ ：投資報酬率。

$$C_t = \sum_{Area} [Ave-sa \times Issue-num_t \times real-loss-rate_{Area}^i]$$

其中， $real-loss-rate_{Area}^i$ ： i 保險公司在一地區的實際損失率；

$$T_t = (P_t + I_t - C_t) \times T-rate$$

其中， $T-rate$ ：公司稅率。

在上述的條件不變下，可推論出在無避險的情況下，假設保險公司總保費為預期損失率 (採用長期平均損失率) 加上附加費用率 (包含公司稅率)，假定保單年增率及無退保情形發生。由於各保險公司之間沒有直接的競爭關係，保險費率的變化不會引起各公司之間的業務消長。保險合約約定，保險公司於期初按保額收取保費，期末給付保險賠付。雖然保險公司將風險分散各地區，事故發生是相互獨立，可降低風險集中度，但是

巨災保險為逆選擇業務，收到保費少，但承擔累積保額高；若發生巨災損失，而無再保險或發行債券等任何避險措施，巨額賠款將直接由期初所收到的少數保費來支付，一旦發生不足支付賠款時，將動用公司的自有資本及投資收益，使得保險公司的經營績效不佳。況且自有資金取得不易，年底支付大筆巨災賠款將會影響保險公司的清償能力，甚至嚴重影響風險資本額中的資產及核保風險，一旦低於保險資本適足率（自有資本除以風險資本額）規定 200% 以下，將使公司清償能力面臨嚴重不足。

(二) 再保險因子的變化影響

在整體資產營運模型中加入再保險的因子，則保費收入（ P_t ）的變化如下：

$$P_t = P\text{-}direct_t + Net\text{-}P\text{-}reinsurance_t$$

$Net\text{-}P\text{-}reinsurance_t$ ：第 t 期的淨再保費收入（＝再保險保費收入－再保險保費支出）。

$$P\text{-}direct_t = \sum_{Area} \left[Ave\text{-}sa \times Issue\text{-}num_t \times E(Loss\text{-}rate)_t \right] \times (1 - loading)$$

$$Net\text{-}P\text{-}reinsurance_t = P\text{-}reinsurance_t - P\text{-}reinsurance\text{-}payable_t$$

$$= \sum_{insurer} \sum_{Area} \left[Ave\text{-}sa \times Issue\text{-}num_{Area,t}^{insurer} \times P\text{-}rate_{Area,t}^{insurer} \right] - \sum_{Area} \left[Ave\text{-}sa \times Issue\text{-}num_t \times P\text{-}rate\text{-}t \right]$$

$P\text{-}reinsurance_t$ ：第 t 期的再保費收入；

$P\text{-}reinsurance\text{-}payable_t$ ：第 t 期的再保費支出；

$Issue\text{-}num_{Area,t}^{insurer}$ ：第 t 期原保險公司在一地區承保的保單數量；

$P\text{-}rate_{Area,t}^{insurer}$ ：第 t 期原保險公司在一地區的保單費率；

$$C_t = C\text{-}direct_t + Net\text{-}C\text{-}reinsurance_t$$

$C\text{-}direct_t$ ：第 t 期的直接賠款；

$Net\text{-}C\text{-}reinsurance_t$ ：第 t 期的淨再保賠款；

$Net\text{-}C\text{-}reinsurance_t$ （淨再保賠款）＝再保賠款－再保攤回

在上述的條件不變下，可推論出在再保險營運因子的情況下，假定再保合約為每期更新，依據當期的總承保額與資本額重新決定再保險額並計算再保險費。再保險費於期初支付，而再於期末支付再保賠款。若再保險公司清償能力不足，原保險公司為命運共

同體，再保賠款無法攤回，則其再保所承受的損失將回溯至原分保公司承擔，影響風險承受度，對原保險公司經營績效不利；反之，透過再保險公司分出適當的再保險費，且獲得再保賠款攤回的支持，可提高原保險公司經營績效。而若原保險公司清償能力不足時，則再保險公司仍對其再保部份有給付責任，雖可減輕自有資金取得壓力，但卻增加原保險公司的風險資本中核保風險，影響保險資本適足率。

(三) 颱風債券相關因子的變化影響

在整體資產營運模型中加入颱風債券發行的因子，則理賠支出（ C_t ）的變化如下：

$$C_t = \max \left(\sum_{Area} [Ave-sa_t \times Issue-num_{Area,t}] - I(Trigger) \times Bond-volumn \right)$$

若 $Cat-loss$ （颱風損失） $> Trigger$ （啟賠條件），則 $I(Trigger) = 1$ 。

若 $Cat-loss$ （颱風損失）未啟動 $Trigger$ （啟賠條件），則 $I(Trigger) = 0$ 。

其中， $Bond-volumn$ ：颱風債券發行額度。

$$I_t = Bond-volumn \times Risk-P-Rate + \sum_{Time \leq t} Used-funds-amortized_t$$

其中， $Risk-P-Rate$ ：債券額外風險貼水；

$Used-funds-amortized_t$ ：過去第 t 期曾運用巨災本金必須攤回部份。

$$T_t = (P_t - C_t - Bond-volumn_t \times Risk-P-Rate) \times T-rate$$

在上述的條件不變下，可推論出僅發行颱風債券的情況下，當本金達啟賠條件時，保險公司可優先以本金作為賠償資金；當本金足以支付當期損失時，餘額將於當期退還投資者，不足時才由保險公司本身資產償還。本金動用部分將於未來一段期間內平均攤還，其約定攤還期間為十年或更長，有利於保險公司長期穩健經營。因此，債券展延，投資人將自動放棄期間利息，僅可取回動用本金，保險公司資金運用得以舒緩。債券投資人雖然放棄展延後的利息，保險公司尚需支付額外的風險貼水。風險貼水可參考本研究前述颱風債券定價模型中的颱風巨災事故發生概率來計算。由於債券本金僅能投資於低風險的工具，例如國庫券或公債，所以只能以市場利率來獲取報酬。因此常需支付較高的風險貼水，使得債券發行成本增加。由此可知，債券在資本市場可受到完全擔保，一旦發行債券的保險公司清償能力不足時，則債務將移轉資本市場承擔，保險公司的自有資本額將可穩健增長，從而提升保險資本適足率，但缺點則是發行成本會較高。

(四) 再保險與颱風債券相輔的相關因子變化影響

在整體資產營運模型中加入再保險與發行颱風債券的雙因子，則資產營運模型的變化如下：

1. 再保險因子變化影響

$$P_t = P-direct_t + Net-P-reinsurance_t$$

$$P-direct_t = \sum_{Area} \left[Ave-sa \times Issue-num_t \times E(Loss-rate)_t \right] \times (1 - loading)$$

$$\begin{aligned} Net-P-reinsurance_t &= P-reinsurance_t - P-reinsurance-payable_t \\ &= \sum_{insurer} \sum_{Area} \left[Ave-sa \times Issue-num_{Area,t}^{insurer} \times P-rate_{Area,t}^{insurer} \right] \\ &\quad - \sum_{Area} \left[Ave-sa \times Issue-num_t \times P-rate-t \right] \end{aligned}$$

$$C_t = C-direct_t + Net-C-reinsurance_t$$

2. 發行颱風債券因子變化影響

$$C_t = \max \left(\sum_{Area} \left[Ave-sa_t \times Issue-num_{Area,t} \right] - I(Trigger) \times Bond-volumn \right)$$

若 Cat-loss (颱風損失) > Trigger (啟賠條件)，則 $I(Trigger) = 1$ 。

若 Cat-loss (颱風損失) 未啟動 Trigger (啟賠條件)，則 $I(Trigger) = 0$ 。

其中， $Bond-volumn$ ：颱風債券發行額度。

$$I_t = Bond-volumn \times Risk-P-Rate + \sum_{Time < t} Used-funds-amortized_t$$

其中， $Risk-P-Rate$ ：債券額外風險貼水；

$Used-funds-amortized_t$ ：過去第 t 期曾運用颱風巨災本金必須攤回部份。

因國內法令規章及監理規範因素，導致保險公司無法發行颱風債券。在上述的條件不變下，可推論出以再保險方式搭配颱風債券發行的情況下，颱風巨災損失的分散與承擔機制，除了透過保險與再保險市場外，超過保險部分還可從資本市場迅速獲得賠償資金，可使被保險人的理賠能獲得保障，保險公司能承擔巨災損失，自有資本能持續累積，並能穩定降低風險資本，獲致良好的保險資本適足率。由上一節的研究可知颱風債券定價中無論是單一或兩期現金流量價格分析，都以本金 50%保證型颱風債券的價格較合

理，若能將債券期限擴展到三期或四期，除可減輕債券的發行成本，亦可將成本平均遞延到各期，更有利於保險公司長期穩定經營。

（五）小結

根據前述的設計模型，保險公司在經營一段期間後，對於颱風風險移轉的方式，按避險方式及對清償能力及經營績效的風險移轉效果，如表 6 所示。

表 6 台灣地區再保險和發行颱風債券的風險移轉效果

避險方式	風險資本	經營績效	風險移轉效果
無避險	X	X	差，清償能力低、經營績效差
再保險	○	◎	中，經營績效高
發行颱風債券	◎	○	中，清償能力高
再保險與颱風債券	◎	◎	佳，清償能力高、經營績效高

資料來源：本研究整理。

附註：表內符號 X、○、◎代表不同避險方式中風險資本與經營績效的個別效果為低、中、高。

由表 6 可知：發行颱風債券的所需的自有資本高，風險承受度強，風險移轉效果顯著，對於保險公司承保能量可以有效提升，可大幅提高保險業風險承受度，更重要的是其清償能力增強，確實提供保戶的保障增加。但考慮發行颱風債券所付出的成本較高，加上風險貼水的額外成本，讓風險承受度大打折扣。另外，再保險的避險效果依賴其承保能力，若其自有資本額不夠強大，即使有再保險的安排也無法顯著降低風險移轉效果。但是如果能夠透過發行颱風債券，儘管成本高昂，卻能有效地增加保險公司的風險承受度，達到穩健經營的效益；況且若將颱風債券相關條款配合實際需要來建置，必能更有利於保險公司的經營。

肆、結論與建議

產險業自 2002 年實施三階段費率自由化以來，由於市場惡性競爭下，目前巨額保單天災險費率只有原先的 10%~15%，保費確實不足。因此，天災險將無法分散和移轉到國外再保險市場，對保險公司的經營造成極大信用風險。

從模擬侵襲臺灣 27 年間發生的 107 個颱風，研究結果確定颱風債券在不同本金收回條件及啟賠點之收益率，及分析一期、兩期現金流量現值之價格，保險公司可考慮依契約的需求條件和資本市場現狀，以取得最有利的收益率與價格來發行颱風債券。另外，

再由台灣地區採用再保險和發行颱風債券二種風險移轉方法的成效分析：再保險的避險效果依賴其承保能力，若保險公司的資本額不夠強大，即使有再保險的安排也無法顯著提高風險移轉效果。而發行巨災債券的成本雖然較高，但是避險效果相當顯著，能有效提升保險公司的風險承受度，確保經營的穩健；更重要的是，可強化保險公司的清償能力，提升保險資本適足率，增加保戶的保障。因此，在考量臺灣的市場環境及健全保險市場運作，首應仍以再保險為主並考慮颱風債券的發行。

發行颱風債券，將風險證券化，不論在流動性、交易透明度及業務保密性等方面都優於傳統以再保險做為颱風風險的移轉方式。但是在保險資訊嚴重不對稱和市場運作成本較高的先天性條件下，臺灣曾有過成功發行地震債券的經驗，現今臺灣財產保險或再保險市場的總資本尚不足以賠付重大巨災損失，特別是颱風災害造成每年平均新台幣150~200 億元的經濟損失的情況下，發行颱風債券不失為解決颱風損害的良策之一。而為成功發行颱風巨災債券，確保發行價格的吸引力，本研究建議：

- 一、成立統籌的專責風險管理機構來釐定風險管理機制政策與監理，是成功發行颱風債券的先決條件。目前，國內防災及巨災風險管理機構有：內政部警政署、交通部中央氣象局、國家科技防災中心、保險業自行設置的巨災防阻中心、公私立大學的防災研究中心……等，無論在產官學或公、私部門參與的單位相當多，但卻無統一事權單位，容易形成各自研究發展，造成資源分散及單位重疊問題，致無法統合產生管理綜效。因此，我國可以參酌紐西蘭的地震保險制度，以政府主導再保險計劃或是仿美國的洪水保險制度的方式，以地方州政府主導之風險融資與移轉計劃。設置統籌專責的風險管理機構釐定風險管理政策，由各家保險公司為基層分擔者，透過再保險與債券市場機制來分散颱風巨災風險，並由統籌機構加以監理。
- 二、應積極發展颱風風險估計方法、建立保險資料庫及損失模型。颱風債券不同於實體抵押品的債券，係以未來可能發生的巨災風險為標的。因此不論是在風險估計方法、損失模型的建立、發條件、信用評等機構之遴選條件、發行及保管機構的管理、債券清償機制等皆不同實體債券。鑑於台灣地區 2003 年發行地震債券時就因法令規定不符而無法在國內發行巨災債券，而在美國發行時，因尚無實際理賠經驗，未建立標準化理賠作業流程，使得標準普爾（S&P）未能給予評等，幸好當時債券發行利率較市場優渥，迎合市場投資者風險偏好，故能順利在國外發行地震債券。因此，未來台灣如發行颱風債券來移轉天災風險時，應汲取發行地震債券的經驗，施行下列具體的做法：（一）颱風損失資料的蒐集及資料庫建立。可透過專責的風險管理機構主導並委託專責單位，蒐集並彙整中央氣象局、警政署、保險業及公私立大學等單位有關颱風經濟損失及保險賠款損失等資料，建置完整天然災害損失資料庫，以利模型建立。（二）建置颱風模型。颱風損失模型可以由天然災害損失資料庫建置颱

風損失模型或初期可委由國外有經驗的模型公司（例如 AIR、RMS）來合作，再逐步技術移轉至專責風險機構重置，以符合國內實情的颱風巨災模型。(三)強化颱風債券的發債條件。風險債券的發債條件，首重內部風險的管控，而要做好內部風險的管控，則首應將風險發生的理賠流程標準化，並建立理賠作業程序不可，此亦為未來發債時，信用評等機構據以評等的依據。發行颱風債券的條件，可汲取 2003 年發行地震債券的經驗，逐步建置有關的理賠流程標準化及作業程序，以強化颱風債券的發債條件。(四)遴選信用評等機構。信用評等可作為專責機構及投資人的決策依據，因此做為信用評等的機構商譽也常是專業投資人進行是否購買債券的一個重要參考因素。目前資本市場的主要信用評等機構在國外有穆迪（Moody's）投資服務公司、史坦普（Standard & Poor's）公司和惠譽國際（Fitch Rating）評等公司，國內則有中華信用評等公司，都是中央銀行認可的信評機構。但是發行風險債券畢竟不同於實體債券，有關執行債券信用評等的機構及其條件都不同一般信用評等公司，為便於債券購買者的評斷，對於信用評等的機構可要求須符合一定條件方得參與颱風債券的用評等。(五)發行及保管機構的管理。一般發行機構多為特殊目的機構（SPV），而保管機構則需依主管官署債券保管機構法令做為參考，以獲得投資人信賴。(六)債券清償機制。依契約所約定損失事故發生時，依契約條件執行清償作業。將有助於主管監理、評等作業及模型建置等發行債券的實務運作，發揮颱風風險管理的效能。

- 三、修改債券及衍生性商品相關法令，加強債券及衍生性商品之保障及監理。目前不動產債券發行在國內以行之有年，無實體標的而發行債券的法令則闕如。監理機構可配合金融證券市場發展，積極修訂相關法令及監理法規，輔助證券業逐步開放保險連接債券商品，以利接軌國際市場，俾減輕再度發行巨災債券發行成本，並可考量發行涵蓋與颱風有關的巨災危險事故（例如：地震、洪水及土石流等）及長年期的颱風債券來分攤初期之發行成本，並能在巨災債券交換市場上允許保險公司在主管機關監理下，參與巨災風險交換、擴大巨災承保能量，使得巨災風險得以達到實際移轉和分散效果。

參考文獻

- 1.岳夢蘭 (2013), 建立國家天災風險管理體系, 天災風險管理論壇, 國立政治大學綠色能源財經研究中心, 2013 年 05 月 21 日。
- 2.陳繼堯 (2001), 再保險：理論與實務 (Reinsurance: theory and practice), 台北市, 智勝文化, 391 頁。
- 3.許丁元 (2005), 巨災債券移轉風險之研究, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文, 未出版, 中壢市。
- 4.溫怡玲 (2007) 我國颱風洪水保險制度建構之研究—將坡地(土石流)災害納入承保範圍之可行性分析, 第 5 屆財產保險業金筆獎論文, 中華民國產物保險商業同業公會。
- 5.張宏賓 (2000), 巨災債券及巨災選擇權契約之發展現狀與在臺灣之應用可行(上)、(下), 證券暨期貨管理月刊。第 18 卷, 第 4、5 期, 1~2、1~16 頁。
- 6.防災國家型科技計畫成果彙編(2005), 金融監督管理委員會保險局, 計畫內容與執行成果。計畫名稱, 颱風洪水保險制度之運作; 執行單位, 美商達信保險經紀人股份有限公司; 計畫負責人, 韋僕; 執行期間, 93 年 6 月~94 年 6 月。
- 7.David Miller (2000) ,Ph.D.: Uncertainty in Hurricane Risk Modeling and Implications for Securitization.
- 8.Emanuel, K. (2005) Increasing Destructiveness of Tropical Cyclones Over the Past 30 Years. Nature, Vol. 436, 686-688.
- 9.Marc J. Goovaerts^{a,b}, Roger J.A. Laeven (2008) Actuarial risk measures for financial derivative pricing, Insurance: Mathematics and Economics vol.42, pp. 540–547
- 10.Swiss Re.(2013), Natural catastrophes and man-made disasters in 2012: a year of extreme weather events in the US, Sigma, 02/2013, pp.2 & 5
- 11.Webster, P.J., Holland, Curry, Chang. (2005) Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. Science, Vol. 309, 1844- 1846.
- 12.<http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/hazards/meteo-hazards-data.htm>
- 13.http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnIID=10&cat=50&id=0000214746_AEM8OXXZ34DK9V7KVXDSC&ct=2

附 錄

臺灣颱風損失分佈表

序號	時間 (年)	名稱	經濟損失當 年價(千元)	實質貨幣(2002年 不變價格)(千元)	全倒	半倒	死亡	失蹤	受傷
1	1985	海爾	935,206	1,342,021	6	11	2	8	12
2	1985	尼爾森	514,327	738,059	11	12	6	4	24
3	1985	衛澳	11,585	16,624	0	1	0	0	0
4	1985	白朗黛	2,843	4,080	1	0	1	0	5
5	1986	南施	2,287,362	3,259,491	3	0	1	1	2
6	1986	佩姬	26,864	38,281	0	0	2	0	1
7	1986	韋恩	12,239,280	17,440,974	6,624	31,532	68	19	422
8	1986	艾貝	7,501,473	10,689,599	98	312	12	2	39
9	1987	費南	867,811	1,229,688	0	0	3	1	0
10	1987	亞力士	233,556	330,549	1	25	1	0	0
11	1987	傑魯得	2,222,952	3,149,923	271	1054	7	4	39
12	1987	琳恩	872,782	1,236,732	254	277	54	9	8
13	1988	蘇珊	463,816	648,879	2	2	0	1	0
14	1988	華倫	1,966	2,750	0	0	0	0	0
15	1988	魯碧	71,921	100,617	3	0	5	4	1
16	1988	尼爾遜	1,661	2,324	0	0	0	0	0
17	1989	戈登	744	997	0	0	0	0	0
18	1989	莎拉	6,070,741	8,143,793	432	760	32	20	47
19	1990	瑪莉安	139,747	179,854	0	0	4	0	0
20	1990	歐菲莉	1,741,759	2,245,505	88	139	35	3	10
21	1990	楊希	2,907,910	3,742,480	45	96	23	7	15
22	1990	亞伯	134,554	173,171	2	3	0	1	3
23	1990	黛特	1,330,639	1,712,532	47	71	5	5	4
24	1991	艾美	650,390	807,784	21	108	1	3	8
25	1991	愛莉	9,231	11,465	0	0	0	0	0
26	1991	耐特	353,336	438,843	29	52	4	3	11
27	1991	密瑞兒	349,660	434,278	0	0	0	0	0
28	1991	露絲	1,194,972	1,484,155	2	2	1	0	1
29	1992	寶莉	2,018,940	2,400,520	3	1	6	5	6
30	1992	歐馬	1,226,990	1,458,891	10	3	2	1	9
31	1994	提姆	5,685,348	6,305,501	182	411	6	5	53
32	1994	凱特琳	1,088,466	1,207,109	3	6	8	0	0

33	1994	道格	8,907,992	9,878,963	44	166	20	2	23
34	1994	弗雷特	70,570	78,262	1	0	3	1	2
35	1994	葛拉絲	250,161	277,429	9	57	9	0	34
36	1994	提斯	174,149	193,131	0	5	6	3	5
37	1995	狄安那	664,448	710,959	2	0	1	1	0
38	1995	蓋瑞	153,836	164,605	0	2	2	21	0
39	1995	肯特	251,168	268,750	0	0	1	1	14
40	1995	賴恩	254,797	272,633	12	30	1	3	0
41	1996	葛樂里	933,881	969,368	0	1	3	0	9
42	1996	賀伯	37,890,050	39,329,872	503	880	51	22	463
43	1996	薩恩	18,261	18,955	2	1	2	0	3
44	1996	爾尼	239,809	248,922					
45	1997	溫妮	2,384,928	2,454,091	121	2	44	1	84
46	1997	安珀	3,413,730	3,512,728	0	26	0	1	40
47	1998	妮寇兒	351,849	356,071	1	0	0	0	2
48	1998	奧托	1,042,396	1,052,681	4	7	1	1	1
49	1998	楊妮	18,916	19,143	0	0	1	0	0
50	1998	瑞伯	8,099,891	8,197,050	4	26	28	10	27
51	1998	芭比絲	846,283	856,439	5	9	3	3	1
52	1999	瑪姬	1,423,858	1,438,097	0	1	1	5	0
53	1999	山姆	291,465	294,380					
54	1999	丹恩	664,138	670,779					
55	2000	啟德	263,037	262,511	0	0	0	0	1
56	2000	碧莉絲	7,644,368	7,629,079	434	1725	14	7	112
57	2000	巴比倫	1,333	1,330	0	0	0	0	0
58	2000	象神	5,418,116	5,407,280	0	0	64	25	65
59	2001	西馬隆	70,753	70,611	0	0	0	0	0
60	2001	奇比	784,851	783,281	1	4	14	16	124
61	2001	尤特	191,893	191,509	0	0	1	0	6
62	2001	譚美	127,519	126,905	0	0	5	0	0
63	2001	桃芝	14,723,151	14,693,705	645	1972	111	103	188
64	2001	納莉	5,691,986	5,680,602	94	10	265	0	0
65	2001	利奇馬	859,071	857,353	0	0	0	0	0
66	2002	雷馬遜	2,340	2,340	0	0	0	0	0
67	2002	娜克莉	3,870	3,870	2	1	10	0	0
68	2002	卡莫里	49,905	49,905	0	0	0	0	0
69	2003	莫拉克	302,027	302,027	0	0	0	0	0
70	2003	杜鵑	2,633,875	2,633,875	462	0	6	1	5

71	2003	米勒	212,494	212,494	0	0	0	0	0
72	2004	敏督利	6,516,458	6,594,655	270	0	29	12	16
73	2004	艾莉	4,787,900	4,845,355	72	44	16	15	399
74	2004	海馬	232,424	235,213	0	0	5	1	0
75	2004	納坦	536,159	542,593	0	0	4	2	104
76	2004	南瑪都	586,794	593,836	0	0	1	3	1
77	2005	海棠	9,831,405	9,949,382	0	0	13	2	31
78	2005	馬莎	586,869	593,911	0	0	0	0	2
79	2005	泰利	3,670,653	3,714,701	0	0	5	0	59
80	2005	龍王	2,153,988	2,179,836	0	0	1	2	53
81	2006	珍珠	226,613	229,332	0	0	0	0	0
82	2006	碧利斯	786,873	796,315	0	0	3	0	2
83	2006	凱米	308,435	312,136	2	13	0	0	4
84	2006	寶發	5,450	5,515	0	0	0	0	0
85	2007	帕布及梧提	1,119,816	1,133,254	0	0	0	0	0
86	2007	聖帕	3,457,662	3,499,154	0	55	1	1	17
87	2007	韋帕	43,994	44,522	0	0	1	0	3
88	2007	柯羅莎	8,628,125	8,731,103	4	26	11	2	128
89	2007	米塔	84,350	85,362	0	0	1	0	0
90	2008	卡玫基	3,381,220	3,421,795	8	2	20	6	8
91	2008	鳳凰	2,918,475	2,953,497	0	1	3	0	6
92	2008	辛克樂	5,643,770	5,711,495	66	7	15	7	26
93	2008	哈格比	16,105	16,298	0	0	0	0	0
94	2008	薔密	7,547,679	7,638,251	0	7	4	1	65
95	2009	蓮花	852,018	862,406	0	0	0	0	2
96	2009	莫拉菲	2,143	2,169	0	0	0	0	0
97	2009	莫拉克	47,668,881	48,240,908	722	441	643	60	1555
98	2009	芭瑪	320,054	323,895	0	0	1	0	0
99	2009	盧碧	1,350	1,366	0	0	0	0	0
100	2010	萊羅克	105,850	107,120	0	0	0	0	0
101	2010	莫蘭蒂	50,151	50,753	0	0	0	0	0
102	2010	凡那比	12,221,278	12,367,933	0	0	2	0	111
103	2010	梅姬	1,525,668	1,543,976	0	0	38	0	96
104	2011	桑達	4,978	50,377	0	0	0	0	0
105	2011	海馬	900	9,108	0	0	0	0	0
106	2011	米雷	2,945	2,980	0	0	0	0	0
107	2011	南瑪都	6,016,586	6,088,785	0	11	2	0	0

資料來源：本研究整理自行政院主計處、內政部消防署、中央氣象局