

運用蒙地卡羅方式 模擬水稻收入保險二期作 之理賠情形

圖片來源：Shutterstock

文／黃奕哲 任職於財團法人農業保險基金

壹、前言

臺灣四面環海，地處亞熱帶季風區，其海洋島嶼型之氣候特性，造就春雨、梅雨、颱風及寒潮之四季特徵，其中颱風的強風和豪雨往往對臺灣帶來重大的災害損失，根據農業部民國112年與113年農業統計年報統計數據，農業損失金額中高達8成為颱風災害所致，另外觀察颱風農業災情報告，112年小犬颱風造成農

業損失約新臺幣6億元；113年凱米、山陀兒及康芮等3個颱風造成農業損失高達約67億元，此反映颱風是造成臺灣農業災害損失之最主要因素。此外，根據國家科學與技術委員會與環境部共同發布「2024國家氣候變遷科學報告」¹指出，未來臺灣颱風強度將持續增強，專家也警示颱風將成為臺灣農業災害損失的重大隱憂。

■ 註1：國家科學及技術委員會&環境部，國家氣候變遷科學報告2024：現象、衝擊與調適，2024年。

由於氣候變遷與天氣異常越來越明顯，對於農業的威脅與風險加劇，政府為了填補天然災害對農業之損失，以及提高農業經營保障，安定農民收入，建立了農業保險制度，並訂定農業保險法，全面推動農業保險政策。

鑑於近年農業保險的損失率波動極大，筆者先前為深入瞭解各險種損失率的分布情形，因此於財團法人農業保險基金第6期半年刊發表了「運用蒙地卡羅統計方式模擬113年農業保險理賠情形」²，該研究係基於歷史數據的波動趨勢，透過亂數模擬各險種的「產量」與「價格」變數，再依據各險種的保險條款設定，計算各險種的理賠金額與損失率。

在上述研究中可以發現，家畜保險與水稻收入保險，兩者分別為農業保險中的最大宗，保障範圍遍布全臺，且兩險種的保險費收入，各占據農業保險總保險費收入的3成以上。經查家畜保險近年的損失率皆非常穩定，損失率皆為70%左右，但是水稻收入保險的損失率可謂為大幅波動，在無颱風侵襲的年度，損失率可低於100%；但當年度遭受強颱侵襲時，損失率便大幅攀升，導致損失率飆升至500%以上。由此可見颱風影響水稻損失，而模型的損失率與準確性攸關水稻收入保險的

理賠情形。

經查前期研究所採用的模型變數為「產量」與「價格」變數，而水稻收入保險損失率的計算方式，係依據水稻收入保險保單條款規定，以「實際產量」與「基準產量」的差異，再乘以「目標價格」推算所得。其中「產量」的模擬，是以近15年產量取最高與最低者，作為蒙地卡羅亂數均勻分配之上、下限值進行模擬。因此筆者為了面對極端氣候的影響，並更加精進與提升前期研究準確性，本次研究將「颱風」的主要氣象特徵納入模型變數，並設計颱風損失模型，在新模型中，將前期研究中的「產量」與「價格」變數，更新為風險變數，包含颱風的「次數」、「風速」、「路徑」及「強度」等氣象特徵，並以易受颱風影響的水稻2期作為研究標的，經由蒙地卡羅亂數模擬方式對各項颱風參數進行模擬，可模擬水稻收入保險2期作之理賠情形。

透過上述統計方法，不僅可模擬水稻收入保險的最大損失率，並且藉由加入本研究之颱風模型，更能貼近實際損失情形，使模擬結果更具參考價值。這些結果將可作為政策制定的參據，協助政府及農民提前因應臺灣農業可能面臨的各種風險，提升農業保險機制的穩定性與應變能力。

■ 註2：黃奕哲，運用蒙地卡羅統計方式模擬113年農業保險理賠情形，2024年。

貳、文獻研究與模擬方法

一、文獻研究

水稻是臺灣最具代表性的糧食作物之一，其不僅在農業生產中占有重要地位，更深深融入臺灣的歷史、文化與日常生活中，作為臺灣主要的糧食作物，對於維持國內糧食自給率具有關鍵作用。根據農業部於112年的統計資料，臺灣農作物種植面積中，稻米占22.2萬公頃，顯示其在農業生產中的重要性。政府長期以來透

過各種政策措施支持水稻產業，包括設立農業保險法、設計水稻收入保險、推廣稻作優良品種，以及提供農業補貼等，以確保水稻產業的穩定發展。由於水稻是臺灣非常重要的產業，國內外學者們針對水稻的生長週期進行了深入的研究，經彙整如下：

（一）營養生長期：此階段包括秧苗期和分蘗期，主要特徵是根系生長和葉片增多。根據「農業技術專刊-水稻栽培管理技術手冊」³研究指



圖片來源：Shutterstock

■ 註3：賴文龍&郭雅紋，水稻栽培管理技術手冊，2015年。

出，適當的肥水管理對於分蘗數量和質量有顯著影響。

(二) 生殖生長期：此階段涵蓋拔節、抽穗和開花，是決定產量非常重要關鍵時期，專家們關注環境因素如風速、溫度、雨量對抽穗和開花的影響，並探討如何透過栽培管理提高結實率。

(三) 成熟期：此階段稻穀開始充實，最終成熟。研究重點在於確定最佳收割時機，以確保稻米品質和產量。

根據苗栗區農業改良場張素真與賴巧娟發表的「稻作生產氣象因子風險評估」⁴與「水稻防災栽培曆」，水稻在抽穗期與孕穗期階段，特別容易受到颱風與豪雨的影響，颱風的強風會導致稻作枯死、葉片破損及黃化等現象，而豪雨則會引發植株倒伏、穗上發芽及空穀等問題。

此外，根據臺中區農業改良場賴文龍與郭雅紋發表的「農業技術專刊-水稻栽培管理技術手冊」，水稻的生長週期可分為插秧、成活、分蘗、幼穗、孕穗、抽穗開花、成熟等階段，其中在孕穗與抽穗開花的階段，由於蒸散作用大，水稻對水分的需求增加，此時需要進行湛水灌溉以維持稻穗正常發育，然而颱風所伴隨的強風，將會加速水分蒸散，導致稻穗發育及

葉片受損。此外，若強風發生在抽穗後，會造成倒伏與毀損、稻穗脫水等現象，也可能加劇細菌性葉部病害之傳播，尤其是白葉枯病的危害。

根據上述農業改良場專家的研究，影響水稻生長危害的氣象因子分為「強風」與「豪雨」兩種災害，然而，根據朱蘭芬、陳吉仲及陳星瑞發表的「台灣稻米損失函數之估計及其天然災害保險費率的計算」⁵，研究結果顯示，颱風的風速對於臺灣各地區的稻米具有顯著的影響，至於雨量對稻米單位面積之損失影響相對較小。另外根據近期針對水稻損失的研究，由方人平、張靜貞發表的「颱風對臺灣水稻災損之關鍵因子分析及應變策略」⁶中，更進一步證明，透過模型模擬結果，可得知颱風的風速與水稻損率呈現顯著正向關係，而單日最大雨量與總累積雨量並無顯著效果，顯示於颱風災害中，強風是導致水稻受損的主要因素。

為進一步瞭解颱風之強風對水稻減產之關係，根據農業部發布水稻保護電子書期刊⁷指出，颱風風害主要造成兩大影響：一是強風導致稻株激烈搖擺，進而損傷植株，影響抽穗期花粉母細胞畸形分裂，授粉不良，且有些易倒伏品種，因稈基部細小、稈壁薄，厚膜組織不發達，

■ 註4：張素真&賴巧娟，稻作生產氣象因子風險評估，2016年。

■ 註5：朱蘭芬&陳吉仲&陳星瑞，台灣稻米損失函數之估計及其天然災害保險費率之計算，2007年。

■ 註6：方人平&張靜貞，颱風對臺灣水稻災損之關鍵因子分析及應變策略，2022年。

■ 註7：鄭清煥，農業部動植物防疫檢疫局電子期刊-風害研究，2017年。

葉鞘之纏著度差，遭強風侵襲易倒伏。二是當抽穗期遇到強風且無雨時，由於蒸發作用強盛，導致水分供應不足致穗葉枯萎。通常當風速達20公尺至25公尺（每秒），水稻減產約10%；風速達25公尺至30公尺（每秒），減產約15%；風速達30公尺至40公尺以上（每秒），減產甚至可達25%。

綜上所述，在保險標的（水稻）生長週期曲線中，最容易受到災害影響的關

鍵時期為「孕穗期與抽穗期」，而在模型中應以「颱風之強風」作為主要氣象災害變數。本研究將以被保險標的的抽穗期與孕穗期設定為風險區間，以及將颱風的氣象參數設定為風險變數，建立颱風損失模擬模型，透過亂數模擬颱風之「風速」、「路徑」、「強度」等變數，可計算各鄉鎮地區遭遇颱風後，水稻可能的減產情形，本研究蒐集交通部中央氣象署發布47年至113年全臺颱風歷史統計資料，



圖片來源：Shutterstock

並進一步根據水稻收入保險條款之理賠公式，推算各鄉鎮地區之理賠金額，期望能為農業政策與保險機制提供更科學且精準的參考依據。

二、模擬方法及模型參數設定

（一）模擬方法的說明

本研究採用之蒙地卡羅模擬法，是一種基於機率與亂數運算的一種概率模型，可利用機率以及亂數來模擬不確定事件的可能結果，該方法透過大量隨機模擬，可根據過去的歷史資料與波動趨勢，模擬預測一系列多個可能的結果，基於大數法則（Law of Large Numbers）的統計原理，即當模擬的次數足夠多時，其平均值將趨近於理論值，因本研究假設資料數據的變動符合隨機亂數分布，因此採用RAND函數來生成隨機數據，該函數可產生 ≥ 0 且 < 1 的均勻分布（Uniform Distribution）的隨機數值，透過模型之RAND函數，可亂數模擬0%至100%區間的模擬數值，觀察模擬數值坐落於累積百分比之區間，則代表該年度模擬之數據。

（二）模型之參數選定與流程

依據朱蘭芬、陳吉仲及陳星瑞發表的「台灣稻米損失函數之估計及其天然災

害保險費率的計算」與方人平、張靜貞發表的「颱風對臺灣水稻災損之關鍵因子分析及應變策略」研究顯示，影響水稻2期作最主要的天然災害為「抽穗期與孕穗期」階段遭遇「颱風之強風」。因此本研究將風險變數選定為「抽穗期與孕穗期」、「颱風發生月份」、「颱風路徑」、「颱風風速」及「當年度發生颱風次數」。本研究模型將依據上述變數的順序，進行模擬運算，具體流程如下：

- 1.檢視颱風發生月份：根據水稻作物生長週期，以及南北各縣市氣候影響，本研究彙整各縣市之抽穗期與孕穗期（如附錄-附表1），若模擬結果顯示該颱風發生於該鄉鎮的孕穗期或抽穗期，則進入下一步；若不符合，則終止該次計算。
- 2.確認颱風路徑影響範圍：若颱風路徑影響該鄉鎮，則繼續進行下一步；若無影響，則終止該次計算。
- 3.評估颱風風速對減產的影響：若風速達到減產門檻，即該鄉鎮每公頃區域實際產量⁸與每公頃基準產量⁹相比減產達10%以上，則記錄其影響程度；若風速不足以造成減產，則終止該次計算。
- 4.統計當年度颱風發生次數：檢視當年度模擬颱風次數，確認是否符合上述條件，若符合，則累計計算各次減產比例。

■ 註8：每公頃區域實際產量：指每期作稻作收割後，依農糧署公告之當期作「稻米生產量調查報告」各鄉（鎮、市、區）之平均收穫量。

■ 註9：每公頃基準產量：依農糧署公告前5個具有收穫量數據年度（不含當年度），各鄉（鎮、市、區）當期作「稻米生產量調查報告」之全品種平均收穫量奧林匹克平均值（不含最大值與最小值，取3年平均値）。

5.計算該模擬年度損失率：根據各鄉鎮減產比例，即可計算水稻收入保險之理賠金額與損失率。

6.根據上開5項步驟，即可計算各鄉鎮減產比例，經彙整公式表示如下：

各鄉鎮減產比例

$$= \frac{\text{颱風發生次數}}{\sum_{i=1}^n F(\text{第}i\text{個颱風發生月份, 第}i\text{個颱風路徑, 第}i\text{個颱風風速})}$$

(三) 模型參數之設定

1.設定颱風發生月份：根據交通部中央氣象署統計資料，各年度颱風發生月份統計如附表2，模型將依據歷史颱風發生月份的機率分布，亂數模擬颱風發生月份。

2.設定颱風侵臺路徑：

(1) 颱風侵臺路線

依據交通部中央氣象署發布之颱風研究¹⁰，將影響臺灣地區的颱風路徑分成

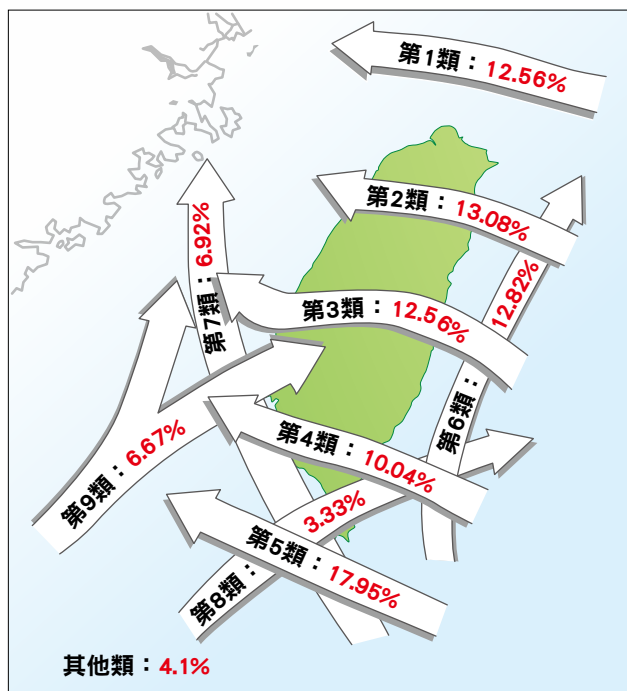
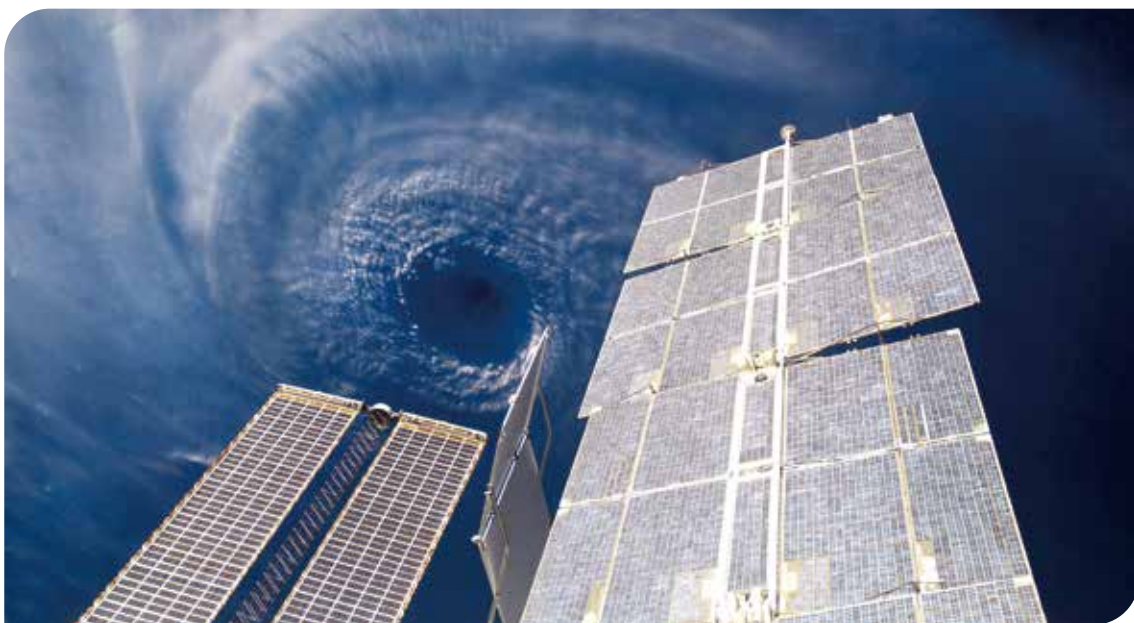


圖 1、影響臺灣地區颱風路徑分類圖 (民國前 1 年至 112 年)

資料來源：交通部中央氣象署

註 10：交通部中央氣象署，颱風百問，2024。



圖片來源：Shutterstock

10類，包含9種明確的走勢，以及最後1種囊括所有無從分類的「其他」路徑（如圖1）。侵臺颱風以由東向西橫越臺灣為主，沿東岸北上或穿越巴士海峽後沿西岸北上者次之，來自南海的颱風則相對較少。各路徑影響地區與次數百分比如附表3。

（2）颱風實際影響各鄉鎮情形

考量部分鄉鎮可能不受某些颱風路徑所影響，因此需取得各種路徑所實際影響的區域，本研究統計各鄉鎮過去遇到颱風風速，觀察各鄉鎮是否有達到該颱風風速標準，進而可推估受災的縣市及損失的情境，統計方式如次：

A.氣象資料取得方式

（A）選擇氣象站：為取得颱風影響各鄉鎮之情形，需取得各鄉鎮氣象站紀錄資料，由於各鄉鎮轄下有多間氣象站，爰本研究以各鄉鎮公所為錨點，並取距離公所最近之測站，以該測站之氣象資料代表該鄉鎮之氣象。

（B）計算距離方式：

1.參採國內外論文研究方式，經取得公所與氣象站之經緯度後，可以三角函數計算公所與氣象站兩組之直線距離，公式如下：

$$6371004 * \text{ACOS}(1 - (\text{POWER}((\text{SIN}((90 - \text{鄉鎮區公所緯度}) * \text{PI}()) / 180) * \text{COS}(\text{公所經度} * \text{PI}()) / 180) - \text{SIN}((90 - \text{氣象站$$



圖片來源：Shutterstock

緯度) $\times \pi/180$) $\times \cos$ (氣象站經度 $\times \pi/180$),2)+ $\text{POWER}((\sin((90-\text{鄉鎮區公所緯度})\times \pi/180)\times \sin(\text{鄉鎮區公所經度}\times \pi/180)-\sin((90-\text{氣象站緯度})\times \pi/180)\times \sin(\text{氣象站經度}\times \pi/180)),2)+\text{POWER}((\cos((90-\text{鄉鎮區公所緯度})\times \pi/180)-\cos((90-\text{氣象站緯度})\times \pi/180)),2))/2$

II.由於上開公式僅考量兩座標點平面之經緯度，公式內尚無計算高度，且經計算部分鄉鎮距離最近之氣象站為高海拔地區，考量水稻之生長特性以及農民普遍種植情形，爰僅採計海拔500公尺以下之氣象站為該鄉鎮代表。

B.統計各鄉鎮實際遭遇颱風情形

經取得各鄉鎮氣象站資料後，即可統計各種颱風路徑有無影響該鄉鎮，各地區遭受影響歸納如次：

- (A) **東部地區**：因地處颱風之要衝，且無地形阻擋。以第2、3、4類路徑颱風出現的風力最為猛烈，第5、8類路徑颱風出現的風力亦甚烈。
- (B) **北部、東北部地區**：此區以第1、3類路徑颱風出現的風力較為猛烈，其他第2、4、6類路徑颱風所出現的風力次之。
- (C) **中部地區**：因為受到中央山脈屏障，除第3、7、9類路徑颱風出現的風力較烈外，其他各類路徑颱風出現的風力多不太強。

(D) 南部地區：因為受到中央山脈屏障，除第3、4、7、9類路徑颱風出現的風力較為猛烈外，其餘各類路徑颱風出現的風力均不會太強。

(E) 根據上開情形，觀察第3類路徑（穿心颱風）可實際影響全臺地區：第7與9類路徑可對中南部地區造成顯著影響。後續模型將依據各颱風路徑影響之鄉鎮，進而推算颱風風速造成的影響。

3.設定颱風風速與減產比例

依據農業部發布水稻保護電子書期刊，其針對風害之研究，可彙整颱風風速與水稻減產比例如表1，如該次模擬颱風風速為每秒20至25公尺以上，則可取得該鄉鎮水稻減產比例，各颱風風速與水稻減產比例之次數百分比如附表4。

4.設定颱風發生次數

經查農業部災損報告，當年度颱風發生的次數越多，災損成比例上升，如同保險事故發生越多，其可產生累積理賠的效果，因此本研究將模擬每年度發生颱風的次數，而每一次颱風的參數，皆以同樣方式亂數產生，過往歷史每年颱風發生次數百分比如附表5。

(四) 水稻收入保險理賠金額計算方式

1.根據上開模擬方式，可取得各鄉鎮的減產比例，即依據水稻收入保險理賠公式，計算理賠金額方式如次：

- (1) 基本型理賠金額＝（每公頃基準產量×0.8－模擬每公頃實際產量）×每公頃賠付18,000元
- (2) 加強型理賠金額＝（每公頃基準產量×0.90－模擬每公頃實際產量）×每公頃目標價格×投保面積

表 1、颱風風速與水稻減情形

風速	減產情形
小於20公尺／秒	無減產
20至25公尺／秒	減產10%
25至30公尺／秒	減產15%
大於30公尺／秒	減產25%

資料來源：農業部水稻保護期刊

(3) 每公頃基準產量：計算水稻模擬理賠金額時，需取得每公頃基準產量與每公頃目標價格，依據水稻收入保險保單條款，基準產量採用之計算方式為「奧林匹克平均」（或可稱裁剪平均值）¹¹，為統計學上用來衡量集中趨勢的一種方法，類似於平均數和中位數，經捨棄掉概率分布或樣本中最高及最低的資料後，再計算出的平均值。因此根據各鄉鎮前5年（不含當年）產量資料，可取得各鄉鎮之每公頃基準產量，公式如下：

基準產量

$$= \frac{(108\text{年至}112\text{年總產量} - \text{最高年度產量} - \text{最低年度產量})}{3}$$

2. 水稻收入保險總損失率之計算公式如下：

水稻收入保險總損失率

$$= \frac{\text{各鄉鎮水稻收入保險理賠金額合計}}{\text{各鄉鎮水稻收入保險保險費收入合計}}$$

參、模擬結果與驗證

一、模型模擬結果

研究結果顯示，強風為颱風造成稻作災損最主要的致災因子，若水稻生長週期於抽穗期與孕穗期時遭受強風侵襲，將造成水稻減產。

為模擬歷史資料波動的趨勢，以及模擬水稻收入保險之損失率，本研究採用蒙地卡羅統計方式，該方式允許在模型中輸入每次模擬年度的颱風發生次數、月份、風速及路徑等變數，並根據颱風影響的區域與強度，模擬各鄉鎮水稻的減產情形，進而計算保險理賠金額與損失率。

根據上述模型設定，如果模擬之颱風月份為該縣市之抽穗期與孕穗期，則將進入下一步驟，並計算颱風路徑是否有影響該縣市，例如模擬颱風月份為4月，由於該月份沒有縣市之水稻生長週期為孕穗期與抽穗期，因此即使模擬的颱風強度為強颱，各縣市亦不會發生損失情形；反之，如果模擬颱風月份為8月，則表示臺南市、高雄市、屏東市、臺東縣等縣市之水稻生長週期為孕穗期與抽穗期，因此將繼續觀察颱風路徑是否有影響上開縣市，如有影響該縣市則進一步觀察風速是否有達到減產情形，後續再依據減產情形計算

註 11：Bialik, Carl. Removing Judges' Bias Is Olympic-Size Challenge，2012年。

該年度的理賠金額，進而計算損失率。

根據上開模式，可取得各項模擬結果的水稻收入保險的損失率，由於損失率的計算，是依據該年度發生的所有颱風數據累積計算而得，因此如需探討「月份、路徑、風速」變數與該年度損失率的關係，需先假設該模擬年度僅發生1次颱風，進而觀察各模擬年度的損失率波動情形，以取得風險變數與損失率的關係。根據本模型選定的變數，以下將針對「次數、月份、路徑、風速」與該模擬年度損失率的關係，依序說明如次：

（一）次數

本研究根據47年至113年全臺颱風歷史統計資料，以蒙地卡羅方式模擬每一個模擬年度中，颱風總共發生的次數，其中歷史發生最高颱風的次數可達到8次颱風（附表5）。根據結果顯示（如表2），隨著颱風模擬的次數越高，平均損失率也會逐步得到越高的結果，此結果驗證了先前的假設，模擬的損失率將隨著颱風次數增加，並成比例性上升，產生累積理賠的效果。如該鄉鎮在當年遭到2次以上的颱風影響，減產比例將以累加方式計算，舉例彰化縣在該模擬年度受到2次颱風侵襲，颱風強度分別為每秒20公尺與28公尺，則減產比例為10%與25%累加，表

表 2、模型模擬結果 - 颱風發生次數

颱風發生次數	當年度平均損失率（基本型）	當年度平均損失率（加強型）
1	55%	66%
2	129%	217%
3	149%	256%
4	166%	302%
5	194%	378%
6	219%	471%
8	327%	707%
平均	146%	260%

資料來源：本文整理

示彰化縣減產比例為35%，同時達到基本型與加強型理賠門檻。

此外，觀察表2可發現，如該模擬年度發生了2次颱風，平均損失率即可超過100%，證明如果當年度颱風發生2次以上，該年度的理賠金額即有可能超過保險費收入，因此需於該年度進行預警，預為進行危險準備金提列。

另外讀者可能有發現，在表2中並未有發生7次颱風次數的損失率，此可觀察附表5，由於歷史中尚未發生過7次颱風，因此在模型中不會模擬出颱風次數發

生7次的損失率結果。

（二）月份

本研究損失率的計算是依據該年度發生的所有颱風數據累積計算而得，因此如需探討「月份」變數，需假設該模擬年度僅發生1次颱風，進而觀察各年度的損失率模擬結果（如表3），研究結果發現在8月至10月才開始有損失率，主因為8月至10月為各縣市水稻生長週期的抽穗期與孕穗期，根據模型設定，颱風如果發生於上述月份，模型才會進一步計算該地區的損失情形。此外可發現8月颱風對於

表 3、模型模擬結果 - 颱風發生月份

颱風發生月份	當年度平均損失率（基本型）	當年度平均損失率（加強型）
4	0%	0%
5	0%	0%
6	0%	0%
7	0%	0%
8	31%	70%
9	138%	168%
10	151%	112%
11	0%	0%
12	0%	0%
平均	52%	64%

資料來源：本文整理

平均損失率整體影響較小，平均損失率未超過100%，然而9月與10月的平均損失率皆超過100%，表示未來當面對9月與10月侵襲的颱風時，需特別注意該年度的水稻收入保險理賠情形。

（三）路徑

根據模擬結果（如表4）可發現，第3、4、7、9號路徑的平均損失率明顯為高，尤其以第3號路徑的平均損失率為最高，主要係上開路徑所影響的縣市皆為水稻的大產區，其中第4號路線主要影響東



圖片來源：Shutterstock

表 4、模型模擬結果 - 颱風路徑

颱風發生路徑	當年度平均損失率（基本型）	當年度平均損失率（加強型）
1	2%	0%
2	35%	82%
3	137%	128%
4	76%	113%
5	34%	86%
6	6%	1%
7	93%	46%
8	30%	73%
9	96%	47%
平均	52%	64%

資料來源：本文整理

部區域；7號與9號的路線主要影響中南部區域；第3號路徑更是著名的穿心颱風，其影響範圍遍布全臺。如果上面所提的颱風路徑，其模擬的風速亦有達標，將會造成該年度損失率顯著的提升。尤其第3號路徑的颱風如果風速有達標，將造成全臺水稻大規模減產的情形，因此未來如面對第3號路徑的穿心颱風，亦須特別注意該年度水稻減產情形。

（四）風速

最後一個氣象變數為風速，可以觀察表5，當風速達到每秒25公尺以上後，隨著風速的提升，平均損失率也會隨著提升，主因為當風速達到每秒25公尺以上，依據農業部發行的水稻保護期刊研究，該鄉鎮的水稻產量將減產15%，減

產15%表示達到加強型的理賠門檻，因此當風速達標後，模型才會進行下一步驟開始計算損失率。而當風速達到每秒30公尺以上時，該鄉鎮的水稻產量將減產25%，意即該年度減產情形達到加強型理賠門檻10%與基本型理賠門檻20%以上，因此平均損失率將往上攀升。

（五）整體損失率

經重複上開模式，可取得模擬1萬次實驗次數的結果，便可計算水稻收入保險基本型與加強型的總理賠金額與損失率，經計算1萬次的平均損失率，基本型損失率為115%，加強型損失率為190%，經觀察各模擬結果之損失率的波動情形，與近年水稻收入保險的損失率貼近，顯示該研究結果合理，亦表示本模型採用的風險

表 5、模型模擬結果 - 颱風風速

颱風風速	減產情形	當年度平均損失率（基本型）	當年度平均損失率（加強型）
小於20m/s	無減產	0%	0%
20-25m/s	減產10%	0%	0%
25-30m/s	減產15%	0%	19%
30m/s以上	減產25%	71%	85%
平均	52%	64%	

資料來源：本文整理



圖片來源：Shutterstock

變數可被接受。此外，根據水稻收入保險2期作近年之損失率，波動劇烈起伏，最高甚至可達500%以上，經觀察本研究之模型結果，亦可模擬出該情形，如模擬颱風為強颱，且路徑橫掃全臺，亦可取得500%以上之損失率，如模擬颱風為輕颱或非孕穗與抽穗期，亦可取得100%以下之損失率。經彙整各模擬損失率呈現常態分配分布，表示模擬次數越多次，可取得趨近平均數之結果。

根據上開模擬結果顯示，臺灣稻作主要產區中，花蓮縣、臺東縣、彰化縣、

雲林縣、嘉義縣為投保面積較大之縣市，如該次模擬颱風為上述縣市之孕穗期與抽穗期，亦或是模擬颱風的強度為強颱且路徑橫掃上述縣市，該期作之損失率將有非常大的波動。針對上開縣市建議應增加防災措施，或種植抗性之水稻品種，並強化農民防災意識等事前預防策略，以及呼籲投保水稻收入保險。

另外觀察颱風路徑，以第3、4、7、9種路徑，可對水稻收入保險的損失率造成非常大的減產情形，其中以第3種路徑為穿心颱影響最大，該類型颱風往往使得

全臺籠罩於暴風圈之內，造成全臺種植水稻有大量損傷情形；如果模型模擬的路徑為上面4種路徑，該年度的損失率將會大幅提升。

觀察整體模型結果，有將近8成模擬損失率大於100%，表示與一般商業保險比較，損失率已然有偏高情形。因此建議農業保險基金應妥適擬定未來各年度危險分散方案，以移轉風險及穩定收支波動。

二、模型驗證

本研究為更加檢視模型之驗證性，特別將112年與113年真實颱風歷史數據匯入模擬颱風模型，以確認模型結果是否符合實際損失率發展情形。

（一）113年驗證情形

經彙整113年共3個侵臺颱風數據（如表6），並輸入模型後，驗證113年2

期水稻收入保險損失情形。查模擬理賠金額與實際理賠金額近似，其主要係113年度3個颱風皆為強颱，且颱風路徑皆掃遍全臺，致模擬情形與實際情形相符，理賠金額皆相當高，爰進一步以112年颱風數據進行驗證。

（二）112年驗證情形

1.經彙整112年共4個侵臺颱風數據（如表7），並輸入模型後，驗證112年2期水稻收入保險損失情形。

2.理賠驗證結果。

經比較模型結果與實際結果，查模型有低估與高估之情形，經彙整各縣市主要差異列次如次：

（1）模型低估情形：

A.該低估情形主要為苗栗縣。該縣市之模型結果為未理賠，惟實際結果為有理賠。

表 6、113 年侵臺颱風數據

颱風名稱	發布警報日	強度	路徑	中心最大風速
凱米	113年7月25日	強颱	2	53（公尺／秒）
山陀兒	113年10月3日	強颱	7	55（公尺／秒）
康芮	113年10月25日	強颱	3	53（公尺／秒）

資料來源：本文整理



圖片來源：Shutterstock

B.原因：主要係根據歷史氣象資料，上開4個颱風路徑經模型判定未影響苗栗縣，爰模型未將苗栗縣計算為有理赔情形。

（2）模型高估情形：

A.該情形主要為南投縣、嘉義縣、臺南市、高雄市、屏東縣，上開縣市之模型

結果為全數理赔，惟實際結果為理赔率約10%左右。

B.原因：經瞭解112年主要災損係受小犬颱風影響，由於小犬為10月強颱，南部地區水稻生長期已屆收割期，因此農民緊急搶收，爰未造成該地區嚴重減損，惟中部地區由於水稻生長期仍為分蘗

表 7、112 年侵臺颱風數據

颱風名稱	發布警報日	強度	路徑	中心最大風速
杜蘇芮	112年7月24日	中颱	7	48（公尺／秒）
卡努	112年8月1日	中颱	10	48（公尺／秒）
海葵	112年9月1日	中颱	4	60（公尺／秒）
小犬	112年10月2日	中颱	4	48（公尺／秒）

資料來源：本文整理

期，尚無法進行收割，影響後期坪割計算水稻產量，查臺中、彰化、雲林地區減產比例皆達10%以上。

(3) 綜上所述，模型結果會顯著受到人為影響，如農民緊急搶收爰未造成該地區嚴重減損等，且進一步查詢苗栗縣各鄉鎮產量減幅比例，發現達20%理賠標準鄉鎮之損失率，皆為21%至26%，因此可建議該部分地區可持續觀察產量波動趨勢及理賠情形。

肆、結語

強風為颱風造成稻作災損最主要的致災因子，若水稻於抽穗期與孕穗期遭受強風侵襲，會造成嚴重減產，根據模型結果顯示，如果當年度颱風發生2次以上、或是颱風發生在9月與10月，該年度的理賠金額即有可能超過保險費收入，因此需於該年度進行預警，預為進行危險準備金提列；未來如面對第3、4、7、9號路徑的颱風路徑，亦須特別注意該年度水稻減產情形。此外，針對臺灣稻作主要產區中，花蓮縣、臺東縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣為投保面積與種植較大之縣市，建議應增加防災措施，或種植抗性之水稻品種，並強化農民防災意識等事前預防策

略，以及呼籲投保水稻收入保險。

經觀察各模擬結果之損失率的波動情形，與近年水稻收入保險的損失率貼近，顯示該研究結果合理，亦表示本模型採用的風險變數可被接受。

為驗證模型的正確性，本研究更進一步將112年與113年颱風變數資料帶入模型，模型結果亦與實際損失情形近似，且損失率結果於模擬結果範圍內。另進一步於模擬1萬次之結果發現，損失率有高達8成為100%以上，爰參採一般產險業最常用以評估經營績效的方法，綜合比率（損失率+費用率）評估是否獲利，其中如損失率小於100%者，為損失率安全經營，反之亦然。因此建議農業保險基金應持續安排再保險方案，以面對未來巨大之風險。

本次研究使用之蒙地卡羅模擬法，優點為無母數方法，不必有模型分配的假設，故不存在模型風險；同時計算上無須考慮繁雜的變異數、共變異數問題，且程式設計簡易，容易操作。惟蒙地卡羅的缺點為歷史資料中的趨勢可能扭曲結果，容易忽略資料集合外之風險考量，面對政策型農業保險的設計，某些年度資料或是某些鄉鎮實際產量公布數據，可能造成模擬結果失真。且其風險值可能受到極端值或



圖片來源：Shutterstock

結構性改變的影響。因此本研究方式需要經過數年度的觀察值，模擬之準確度將越來越趨近於母體。

根據本次研究結果可發現，在新模型中將前期研究中的「產量」與「價格」變數，更新為颱風的「次數」、「風

速」、「路徑」及「強度」等風險變數，並經由蒙地卡羅亂數模擬方式對各項颱風參數進行模擬，可順利模擬水稻收入保險2期作之理賠情形，表示模擬之風險變數其具參考價值。本次研究結果除可作為農

業保險基金安排農業保險再保評估使用外，亦期望能給予政府及農業相關單位參考。若後續有可精進的方法，建議可於本研究基礎下持續開發。

此外，有關本研究歷史數據之觀察期間，係交通部中央氣象署發布之47年至113年報告，可用以模擬水稻收入保險之損失率進行分析。其數據樣本可再行精進，考量未來氣候變遷，或可提高氣象

係數進行計算，例如增加颱風次數、風速等，藉由提高風險比率，可更符合模擬未來保險損失率推估情形，若未來需進行後續研究，建議可隨著水稻收入保險開辦年度，增加樣本年限，同時刪除部分鄉鎮離群值，可使模擬數值更貼近歷史趨勢，期望能建立完整的農情資料庫，以利未來計算損失率。



圖片來源：Shutterstock

附錄

附表 1、各縣市之抽穗期與孕穗期

月份	縣市
8月	臺南市、高雄市、屏東市、臺東縣
9月	苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南市、高雄市、屏東縣、花蓮縣、臺東縣
10月	基隆市、新北市、臺北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、花蓮縣

資料來源：本文整理

附表 2、每年颱風發生月份之次數統計表（47 年至 113 年）

每年颱風發生月份	發生次數	百分比	累積百分比
4月	4	0.91%	0.91%
5月	20	4.56%	5.47%
6月	37	8.43%	13.90%
7月	95	21.64%	35.54%
8月	121	27.56%	63.10%
9月	97	22.10%	85.19%
10月	47	10.71%	95.90%
11月	16	3.64%	99.54%
12月	2	0.46%	100.00%
總計	439次	100.00%	

註：經使用模型之RAND函數，可亂數模擬0%至100%區間的模擬數值，觀察模擬數值坐落於累積百分比之區間，則代表該颱風模擬之月份，例如亂數模擬為50.00%，坐落於35.54%與63.10%之間，表示本次模擬颱風發生月份為「7月」。

資料來源：本文整理

附表 3、颱風路徑之分類與影響地區（民國前 1 年至 112 年）

類別	影響區域	百分比	累積百分比
1	通過臺灣北部海面向西或西北進行者	12.56%	12.56%
2	通過臺灣北部向西或西北進行者	13.08%	25.64%
3	通過臺灣中部向西或西北進行者	12.56%	38.20%
4	通過臺灣南部向西或西北進行者	10.00%	48.20%
5	通過臺灣南部海面向西或西北進行者	17.95%	66.15%
6	沿臺灣東岸或東部海面北上者	12.82%	78.97%
7	沿臺灣西岸或臺灣海峽北上者	6.92%	85.89%
8	通過臺灣南部海面向東或東北進行者	3.33%	89.22%
9	通過臺灣南部向東或東北進行者	6.67%	95.89%
其他	無法歸於以上的特殊路徑	4.10%	100.00%
總計		100.00%	

註：經使用模型之 RAND 函數，可亂數模擬 0% 至 100% 區間的模擬數值，觀察模擬數值坐落於累積百分比之區間，則代表該颱風模擬之路徑，例如亂數模擬為 50.00%，坐落於 48.20% 與 66.15% 之間，表示本次模擬颱風路徑為「第 4 種路徑」。

資料來源：本文整理

附表 4、颱風風速之次數統計表（47 年至 113 年）

風速	發生次數	百分比	累積百分比
小於 20 公尺／秒	16	3.64%	3.64%
20 至 25 公尺／秒	67	15.26%	18.90%
20 至 25 公尺／秒	41	9.34%	28.24%
大於 30 公尺／秒	315	71.75%	100.00%
總計	439	100.00%	

註：經使用模型之 RAND 函數，可亂數模擬 0% 至 100% 區間的模擬數值，觀察模擬數值坐落於累積百分比之區間，則代表該颱風模擬之風速，例如亂數模擬為 50.00%，坐落於 28.24% 與 100.00% 之間，表示本次模擬颱風風速為「每秒 20 公尺至 25 公尺」。

資料來源：本文整理

附表 5、每年颱風發生次數之次數統計表（47 年至 113 年）

每年颱風發生次數	發生次數	百分比	累積百分比
1次	12	18.18%	18.18%
2次	11	16.67%	34.85%
3次	15	22.73%	57.58%
4次	12	18.18%	75.76%
5次	11	16.67%	92.43%
6次	4	6.06%	98.49%
7次	0	0.00%	98.49%
8次	1	1.52%	100.00%
總計	66次	100.00%	

註：經使用模型之RAND函數，可亂數模擬0%至100%區間的模擬數值，觀察模擬數值坐落於累積百分比之區間，則代表該颱風模擬之次數，例如亂數模擬為50.00%，坐落於34.85%與57.58%之間，表示本次模擬颱風次數為「2次」。

資料來源：本文整理

參考文獻

方人平&張靜貞（2022）。颱風對臺灣水稻災損之關鍵因子分析及應變策略。

交通部中央氣象署（2024）。颱風百問。

朱蘭芬&陳吉仲&陳星瑞（2007）。台灣稻米損失函數之估計及其天然災害保險費率之計算。

國家科學及技術委員會&環境部（2024）。國家氣候變遷科學報告2024：現象、衝擊與調適。

黃奕哲（2024）。運用蒙地卡羅統計方式模擬113年農業保險理赔情形。

張素真&賴巧娟（2016）。稻作生產氣象因子風險評估。

鄭清煥（2017）。農業部動植物防疫檢疫局電子期刊-風害研究。

賴文龍&郭雅紋（2015）。水稻栽培管理技術手冊。

Bialik, Carl(2012).Removing Judges' Bias Is Olympic-Size Challenge