

# 風險管理與天然災害防災體制之建立

張靜貞

中央研究院經濟研究所研究員

Risk Management and the Establishment of a Mitigation System for Natural Disaster

Ching-Cheng Chang

Research Fellow, The Institute of Economics, Academia Sinica

## 摘要

本文從財經觀點來探討防災體制的重要性，文章重點在於以及如何將風險管理的概念應用在減災機制的建立上，所討論的內容包括風險評估的方法、個人與政府的決策模式、以及各種風險分攤措施（保險、減稅、發行鉅災債券等）在減災體制中所扮演的角色，最後本文也針對誘因機制的設計與個人政府之間的合作提出一些建議。

## 一、前言：

全世界天然災害發生的次數有逐年增加的趨勢，根據根據去(2001)年3月 Financial Times 發佈的消息指出，全球性的氣候變異加上人口過度集中於高風險地區是造成近十年來重大天然災害的主因。根據瑞士蘇黎世再保公司的統計，平均而言，全世界近十年來每年在天然災害的花費已超過 500 億美元，其中有 1/3 是花在預測、減緩及防災工作上，2/3 則是災害的直接損失。若以災害種類來看，以地震所造成的經濟損失最高，占 35%，洪災居次占 30%，風災占 28%，而地震也是造成死傷人數最多的。災害的保險理賠方面，風暴理賠占了 70%，地震理賠 18%，洪災理賠 6%，其他（如：火山爆發，森林火災）理賠 6% (Guy Carpenter & Company, 2000)。

表一所示為過去 40 年來全世界較大規模之天然災害發生的次數以及經濟損失增加的趨勢，附錄 A 為自蘇黎世再保公司網站所下載的趨勢圖。由表一可明顯看出到了 90 年代，天然災害損失上升的幅度較以往多出兩倍以上，保險公司的賠償金額也激增。

表一 1960~2000 年全世界天然災害損失之統計

年 份	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-2000
次數	20	27	47	63	102
經濟損失 (億美元)	385	711	1278	1986	6385
平均年增率 (%)	---	6.33%	6.04%	4.51%	11.32%
保險損失 (億美元)	---	68	117	247	1168

平均年增率 (%)	---	---	5.58%	7.76%	16.81%
平均損失(億美元/次)	19.3	26.3	27.2	31.5	62.6
保險/經濟損失 (%)	---	9%	9%	12%	18%

資料來源：1950-1999 年來自 Munich Re (1999) 與 Guy Carpenter & Company (2000)；2000 年資料來自 Guy Carpenter & Company, 2000。

事實上，災害損失的激增在 1985 年以後就已開始出現明顯的跡象，根據蘇黎世再保公司進一步之分析指出，主要的原因除了災害發生次數的增加之外，還有投保比例的提升以及災區財產價值的增加所致。因此，該公司認為應該要將通貨膨脹率以及所得成長後生活水準提高的因素扣除掉，所計算出來的金額才能真實反映出由天然災害所造成之損失，計算之結果如表二所示。

表二 1970~1999 年全世界天然災害損失—  
用通貨膨脹率與 GDP 調整生活水準後之金額

單位：億美元	
年 代	損 失 金 額
1970-1979	3150
1980-1989	2830
1990-1999	6360
90 年代：70 年代	2 : 1

資料來源：Munich Re (2000), p.80.

表三所列為 Guy Carpenter & Company (2000) 所統計 90 年代重大天然災害事件及所造成之損失

狀況，台灣 921 集集大地震也列在此表中，在地震損失中仍以 1995 年日本神戶大地震最為嚴重，其次是 1994 年美國的舊金山大地震。風災是以 1992 年美國 Andrew 颶風所帶來之損失最為嚴重，水災損失則是以 1998 年中國大陸為首，而台灣在 2000 與 2001 年所發生的象神、桃芝、與納莉風災均出現在 Guy Carpenter & Company 於 2001 與 2002 年所公布的世界級天然災害事件當中。

表三、90 年代自然災害發生事件

年份	國家	自然災害	經濟損失 (百萬美元)	保險損失 (萬百美元)
1990	Europe	European Winter storms	14,800	10,200
1991	Japan	Super Typhoons Mireille	6,000	5,200
1991	USA	Forest Fires	2,000	1,750
1991	Bangladesh	Cyclone and Storm Surge	3,000	100
1992	USA	Hurricane Andrew	30,000	17,000
1993	India	India earthquake	250	0
1994	USA	Northridge Earthquake	44,000	15,300
1995	Japan	Kobe Earthquake	100,000	3,000
1997	E. Cn Europe	European Floods	5,900	795
1998	USA	Hurricane Georges	10,000	3,400
1998	USA	USA Hailstorms	1,500	1,305
1998	Canada & USA	Ice storms	2,500	1,150
1998	China	China Floods	30,000	1,000
1998	Central America	Hurricane Mitch	5,500	150
1999	Europe	European Winter storms	?	5,000
1999	Japan	Typhoon Bart	5,000	3,000
1999	USA	Hurricane Floyd	5,000	2,200
1999	USA	Tornadoes	2,000	1,485
1999	Turkey	Izmit Earthquake	13,000	1,000
1999	Australia	Sydney Hailstorm	1,500	960
1999	Taiwan	Taiwan Earthquake	11,000	850
1999	Greece	Athens Earthquake	4,000	150
1999	India	Cyclone and Storm Surge	2,500	0

資料來源：Munich Re, 1999.

台灣由於位處太平洋與歐亞大陸的交界地區，深受海洋與大氣交互作用的影響，加上季風、緯度、地形等自然環境因素，是一個氣候性天然災害頻傳的地方，除了 921 集集大地震外，近年來更數度遭受到風災之重創，如 2000 年 10 月的象神颱風造成 7 千萬美元的損失，2001 年的桃芝造成 2 千萬美元的損失，9 月更發生了聞名中外的納莉颱風，損失高達 57 億美元。納莉不但造成百年來最大的洪水災情，創下台北市一天之內降雨量達 425 公釐的最高紀錄，也導致保險業損失高達 5 億美元，創下台灣有史以來最高額的洪水損害賠償的紀錄，與 921 集集大地震的保險損失 7.5 億美元頗為接近(Guy Carpenter, 2002; Munich Re, 2001)。民眾的寶貴生命、財產與居住環境所受的威脅不計其數，也嚴重破壞整體經濟與產業的發展環境。因此，民眾對防災體制的建立有極為迫切的需求，防災科技研究活動亦受到相當程度的重視。

本文將從財經觀點來探討防災體制的重要性，以及如何將風險管理的概念應用在減災機制的建立上，所討論的內容包括風險評估的方法、個人與政府的決策模式、以及各種風險分攤措施（保險、減稅、發行鉅災債券等）在減災體制中所扮演的角色，最後，本文也針對誘因機制的設計與個人政府之間的合作提出一些建議。

## 二、災害評估與減災之關係

從財經的角度來探討減災機制的設計，主要是希望分析如何讓居民或者政府有意願去從事防災或參與避險方面的投資，因此首先就是要去瞭解投資在這些防災或避險計畫所花費的成本與所獲得的效益究竟有多大，如果效益大於成本則政府與民眾應該有意願來從事投資，反之則否。如果財務分析結果顯示是不可行的，但基於社會與人道觀點必須去進行此投資，則應該有一些配套方案，來提高其可行性，更要注意政府與民間必須有意願去配合執行。

### 1. 成本效益分析

在成本方面，主要去計算居民或者是政府在從事防災工作時所需的一些投資，在效益方面，則是要計算因為採取了這些防災措施所減少的災害損失，兩方面都牽涉到風險性的考量。例如效益的計算的計涉及災害損失之評估，但這個損失必須要用災害發生的機率來調整，還要考慮受損建物或設備的使用年限，並加權平均與折現處理後，換算為一個調整後之總效益，再與此防災避險計畫之總成本

(亦經折現與物價調整)進行本益比之分析,從而瞭解政府或民間是否應進行此投資。

以水災為例,計算防洪措施的效益必須要用到水災發生的機率值以及因水患所造成的直接與間接損失。直接損失指的是水利設施的損壞,這可根據水利設施的使用年限與折現率把每一年的效益值加總起來,得到一個折現後的總效益值,然後再與水利設施的重建成本做本益比的分析。至於間接損失方面,主要是考慮到因為水災所帶來整個社區瓦解後的重建成本、居民在心理上所產生的恐懼與治療成本、因工作中斷所遭受的經濟損失、因飲用水遭到汙染必須去買水,或因飲用不潔的水造成生病住院等等,這些間接損失範圍的認定與計算都是相當困難的工作,而且有些往往是無法量化的,因此政府部門做本益分析時總是會面臨相當的困難,也相當耗時耗力。

最後,在從事成本效益分析時,必須要考慮諸多不確定性因素的存在,除了災害發生機率的不確定性之外,還有許多經濟面的不確定性,以及個人行為的不確定性。以颱風災害而言,因為有氣象預報系統的存在,有些居民或社區會根據自己以往的經驗,事先採取不同的防範措施,因此損失會有所不同,甚至氣象預報本身的準確程度與不確定性也會影響個人面對風災時的行為。另外還有許多總體經濟的因素,例如地方經濟發展的速度、房地產價格的漲跌等,台灣的對外貿易依存度極高,甚至於國際經濟情勢也會影響到某些地區經濟發展與人口流動的速度。這些皆是此分析的缺點,還是必須仰賴其他方法,來協助決策制訂者做出正確的判斷,當然最後的決定還有其他如文化、政治、社會等非經濟層面因素的考量。

## 2. 防災意願偏低之分析

根據國內外的經驗,就個人而言,主動採取防災避險措施的意願並不是很高。舉例而言,美國加州因為曾經發生很多次的地震或天然災害,屬於多災害的地區,所以州政府曾在1989年進行了一項針對四個災害頻仍的郡當中3500戶住宅所做的一個意願調查,調查結果顯示只有5%~9%的樣本戶願意採取減災措施,比例明顯偏低(Palm, Hudgson, Blanchard and Lyons, 1990)。而在1992年,美國佛州曾發生颶風Andrew,雖會造成重大災情,但之後所做的防災意願調查也顯示類似的偏低情況。

如果從成本效益評估的觀點來看, Kunreuther (2001)分析這種防災意願低落現象的主要原因在於:第一,因為大多數的人都不認為災害很快會再發生,也就是一般人通常會低估災害發生的機率,

也就是低估防災計畫的效益,因而採取一種投機性的心理,或存有駝鳥心態,不願意去做防災投資。第二,因為大部份的建築物使用的年限是長達25~30年,但如果這個居民只打算居住5~10年的話,因而高估防災投資的成本,導致於沒有意願去做任何防災的投資。第三的可能原因是有些居民缺少投資資金的來源,尤其是低收入戶或弱勢民眾。第四點是居民可能期待能從政府獲得一些災害救濟,因此就不須要去投資。最後一點是針對建商而言,可能的原因是投資在防災減災的成本沒有辦法從房屋的售價中回收,所以一般建商也不願意投資在建物的防災處理上。

至於政府部門的防災意願,通常也是用成本效益的觀點來探討。由於防災工作成本估計很難求得精確,通常必須要把一些不確定的因素考慮進去,根據不同的假設,得到不同成本的估計值,再來進行本益比的分析。至於效益的估計(也就是災害損失的評估),困難主要在於損失的定義與範圍,除了直接損失之外,還有哪些間接的損失是必須要考慮進來?這牽涉到主觀的認定,也直接影響到最後的判斷。許多公共建設(如:電力、交通、自來水、下水道、消防、救護等)涉及民生基本需求,如果沒有考慮到間接的損失,往往會低估對這些公共建設設置完善防災措施的需求。

## 三、各國災害評估

### 1. 聯合國的災害評估

聯合國轄下之拉丁美洲暨加勒比海經濟委員會(Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 簡稱ECLAC)成立於1948年,該委員會工作重點在於進行區域內儲蓄、資本形成過程及生產資源之研析,藉以推動區域內經濟之穩定及催化其經濟擴張之原動力。鑑於拉丁美洲一直是地震、風災、水患頻繁之地區,從1970年開始,ECLAC為了協助世界銀行評估這區域主要災害的損失,作為提供緊急援助與貸款之依據,從多次的經驗中,發展出一套方法,能夠在極短時間內用少數人力預估災害事件所造成的影響,以便及時提供所需之救援。其次並從各部門以及整體的層次來詳細計算災害損失,以便於事件後評估各項復建工作的緩急輕重,以最有效率的方式來達成重建(reconstruction)之目的。

ECLAC最近出版了一本評估手冊(ECLAC, 2002),詳細介紹評估的概念與一套標準程序。該手冊的目的並不是去確認災害的起源,或是解釋在緊急狀況中所該採取的行動,而是對於各相關部門

資本存量之測量或是生產流量的損失之評估。手冊中除了詳述家戶與農工商等產業部門之損失計算方法外，對於公共部門（包括：電力、下水道與飲用水、交通運輸、通訊系統、學校與醫院等）更建立了一套完整且詳盡的評估程序。最後還增加了如何計算環境、就業、所得、及對總體經濟的影響，由此可見間接損失的評估已經是一種國際上的作法。

## 2. 美國 FEMA 的災害評估

1950 年代在美國中西部連續發生的幾個大的洪災以及東南部發生兩個大颱風，國會在民意要求下於 1956 年通過了一個洪災保險法案，並提供 30 億美元的預算給行政部門，希望能順利的建立一個全國性的洪災保險制度。到了 1968 年，國會正式通過了全國洪災保險法案(National Flood Insurance Act of 1968)，這個法案就是美國現行的全國洪災保險制度的法源依據。

1979 年卡特政府成立 FEMA，將洪災保險與洪氾區的管理等合為一體來進行規劃，歸劃時建立了一套標準化的洪水保險的評估辦法(Flood Insurance Study)，以每個社區(community)為單位，評估當地的洪水問題、發生頻率、水位上升的狀況、繪製洪水界線圖、最後是繪製當地保險的風險區位圖，完成後會出版一個完整的研究報告，將各社區的資料與圖表予以公告，一方面做為規劃保險費率之依據，一方面也提供居民投保與購屋之參考。但這些報告中並不包括經濟損失的評估，純粹是洪水風險、水位、淹水範圍等資料之提供。災害的評估因為已經有聯邦保險制度的存在，多半由私人保險代理商去勘查與認定，也有若干大型災害是由 FEMA 與當地政府進行勘查，以便進行災區之認定與救援或救濟工作。

## 3. 英國的防洪計畫效益評估手冊

英國曾在 1977 年出版一本都會防洪計畫效益評估手冊(Parker, Green and Thompson, 1987)，1987 年出修正版，中也對防洪工程的間接損失如何計算提出詳細的說明。這本手冊特別強調間接損失主要是指因為生產與社會活動的中斷所造成的損失，特別是通電訊等網(Network)的中斷，但這些影響很難估計，必須設計特別的電腦程式來計算。另一個問題是這些間接損失往往會被重複計算，故必須要建立一套評估手冊，以減少錯誤的發生。手冊中公共部門的損失包括交通運輸中斷、公用事業（瓦斯、電力、下水道、通訊）、公共服務的中斷等損失，甚至於提供緊急服務（如市政、警察、消防、救護車、自來水、軍隊、民間義工團體等單位）的成本

也計算在內，顯示英國政府對於公共部門防災工作的重視。

總言之，在進行防災的成本效益評估時，風險因素的考量相當重要，其中包括天然災害發生的機率究竟有多高？災害嚴重的程度如何？這些不確定因素會影響個人或政府的防災行為與投資決策。重大天然災害的發生頻率雖少，但災情嚴重，因此很少有足夠的歷史資料或樣本點來進行統計機率之分析。近年來陸續有一些災害評估手冊的出版，指導政府如何去進行完整的評估，不但可作為事件發生當時緊急救援工作之規劃依據，也可用來作為事後重建與進行大型防災工程投資的評估依據，對事後與事前防災的評估幫助頗大。

## 四、防災誘因機制的設計

### 1. 財經工具

防災誘因機制的設計，最主要可用的財經工具有兩種，第一個就是保險，如果保險制度的設計把人民或者是政府採取防災措施的因素考量在費率計算的方面，這樣的保險制度可以做為防災的誘因機制，換句話說，保險費率的計算必須能考慮因防災所降低的損失，費率隨著有無採取減災措施而有所不同，也就是採精算費率制度。這樣的保險機制不但能作為減災的誘因功能，從財務的觀點上也可避免發生道德風險(Moral Hazard)的問題，永續經營。

另外一個誘因機制的話就是針對於很多開發中國家，因為沒有辦法用健全的保險市場，來做為減災的工具。在歐美學者專家建議由政府來從事巨災的公債發行，用債券方式發行來建立一類似保險的機制，用於籌措事後復建工作之財源，另外一方也可透過此市場機制來提供減災的誘因。

Kunreuther (2001) 曾以下面這個簡單的例子來說明應該如何決定此種公債的價格（即利率），同時這個例子也說明如何利用發行巨災公債來作為政府從事減災的誘因工具。首先假設某國希望發行巨災公債來讓該國的水利設施每年獲得 500 元的保險，而該國水利設施一年當中發生 500 元損失的機率是 1%，購買公債的投資人若在年初購入該債券，一年之後，如果沒有發生災害（99% 機率），投資人可領回本金加利息，但如果一旦發生災害（1% 機率），投資人將損失所有的本金。當然，此公債的利率必須高於市場一般存款的利率相當的幅度，才能吸引投資人去購買。令市面上的存款利率為 5%，那麼發行此公債的利率（ $r$ ）可由下式計算而得：

$0.99 \cdot r - 0.01 = 0.05$ ,  $r = \frac{0.06}{0.99} = 0.0606$  因此，若用此利率來計算，政府每年因發行 500 元公債所應支付的利息支出為： $0.0606 \times 500 = 30.3$  元。

如果該國政府對水利設施採取了防災措施而使損失減少至 300 元，那麼發行公債的利息支出將會減少至： $0.0606 \times 300 = 18.2$  元，採取減災措施將使政府減少 12.1 元（ $= 30.3 - 18.2$ ）的利息支出。

在實際的市場中，為了避免發生類似私人保險的道德風險問題（即政府高估損失金額），通常發行時不直接採用損失金額作為發行之標準，而是用某種較為客觀的指數（例如：淹水深度或降雨量之類），當然此種發行方式也會造成賠償金額與實際損失之間有某種程度之差距，這些問題目前已經有一些財務金融專家在研究中。

## 2. 機制的設計

所有財經誘因機制的設計，最基本的要求就是對風險的評估要做到越準確越好，要有準確風險發生的機率預測，不管是對於被保險人或是保險公司，甚至是世界銀行，他們都希望能有準確的風險預測值，才能夠判斷是不是要提供足夠的資金，來預防或者是從事減災的工作，特別是在發生這種天然災害的機會雖然並不多，但是災情會很嚴重的，如果計算不準確，往往會導致這些金融機構的破產。

在先進國家中，隨著科技與電腦資訊產業的發展，私人保險業者已發展出一些精密複雜的大型數學模式，可以用來模擬災害發生的情形，同時計算出可能的損害範圍與損失，從而計算出保險費率，或其他衍生性金融商品的價格，透過市場機制來發展出避險的工具。

至於政府部門，在防災誘因的機制中可扮演再保公司的角色，或擔任發行巨災公債的機構，甚至有專家建議應該由世界銀行之類的世界性金融機構來做為發行巨災公債的經銷商，它可以利用各國利率的差異來發行，用較低的利率把公債發行給開發中國家，然後將公債賣給利率較高的一些私人或已開發國家的投資者。如果由世界銀行來從事巨災公債發行的話，一方面可以減少世界銀行當災害發生時必須要從事的災難貸款，即可減少承接這些災難緊急貸款的負擔；另一方面，可以避免如果公債由私人金融機構來發行的話，因利率過高，導致開發中國家無法負擔問題。

但對於許多金融保險市場並不健全的開發中國家而言，政府仍可利用簡單的減稅或低利貸款計畫，設計出減災的誘因機制，例如用抵減房屋稅的

方式鼓勵民眾將自家住宅加以改善，減少災害的損失，或多或少也可產生類似保險的功能。其次，政府也可以用加強建築法令的方式，強制民眾採取必要的避險措施，甚至將居民從危險地帶遷移至安全地區，以避免投入大量不必要的公共建設資金在這些危險地帶。

以上這些法令與強制措施如果能夠徹底去執行，不但整體災害損失情況得以改善之外，也會間接促使民間保險業者在無庸擔心破產之餘，願意從事災害保險業務的承接，甚至開發其他減災的金融商品，如此將可減輕政府未來救濟或保險的財務負擔。因此，政府與民間的合作關係不但在防災工作上極為重要，在建立防災誘因的機制上也是很重要的一環。

## 五、參考文獻

Guy Carpenter & Company, Natural Hazards-Review of the Year 1999, Feb, 2000.

-----, Natural Hazards-Review of the Year 2000, Feb, 2001.

-----, Natural Hazards-Review of the Year 2001, Feb, 2002.

Kunreuther, H., 2001. "Incentives from Mitigation Investment and More Effective Risk Management: The Need for Public-Private Partnerships." Journal of Hazardous Materials 86(2001): 171-185.

Munich Re., 2000. Topics 2000, <http://www.munichre.com/>, Munich Reinsurance Company Website accessed September 2002.

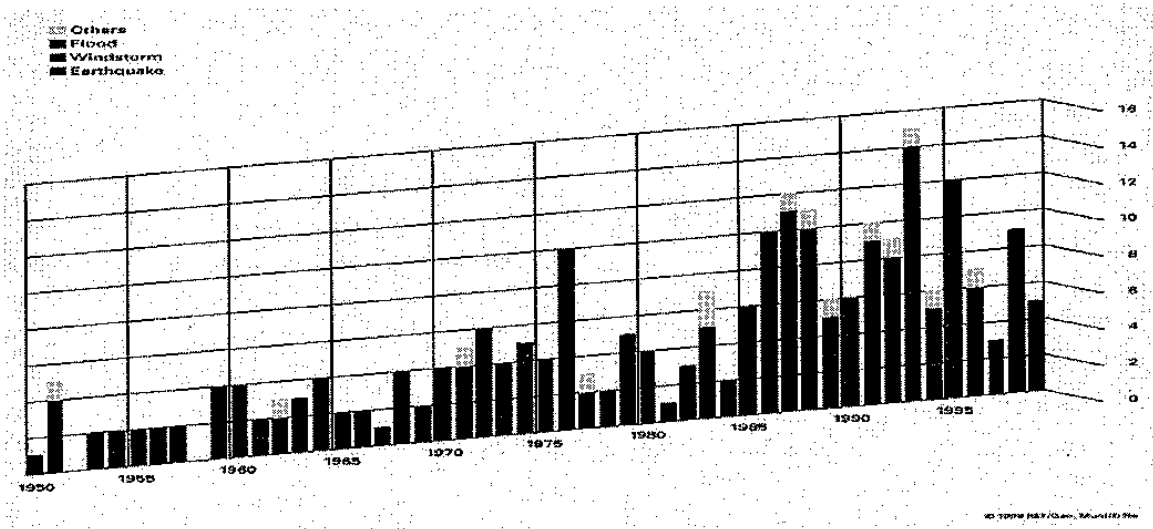
Parker D.J., C.H., Green, and P.M. Thompson, 1987. Urban Flood Protection Benefits: A Project Appraisal Guide. Brookfield, Vermont: Gower Publishing Co.

Palm, R., M., Hodgson, R.D., Blanchard, and D.M., Lyons, 1990. Earthquake Insurance in California: Environmental Policy and Individual Decision Making. Boulder: Westview Press.

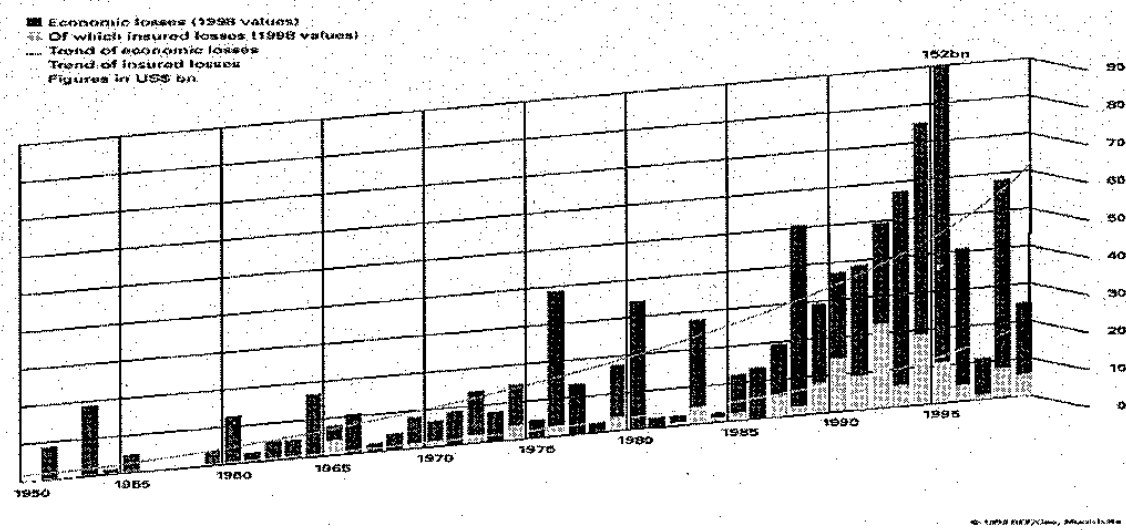
United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean-ECLAC, 2002. Handbook for Estimating the Socio-Economic and Environmental Effects of Disasters.

<http://www.proventionconsortium.org/toolkit.htm>, Website accessed October 2002.

附錄 A 1950~1999 年世界巨災的經季與保險損失趨勢圖



資料來源：Munich Re.(2000), p. 40.



資料來源：Munich Re.(2000), p. 41.