

韌性研究之回顧與展望

Review and Prospect of Resilience Studies

潘穆嫻 Mu-Yin Pan^{*}

林貝珊 Pei-Shan Sonia Lin^{**}

林元祥 Yuan-Shang Lin^{***}

摘 要

在全球環境變遷的威脅下，韌性與脆弱性的研究逐漸成爲氣候變遷、災害管理與防救災工程、永續發展、環境治理等領域的重要研究議題，學者們在不同空間及時間尺度下，以脆弱性與韌性的視角探討人類社會受到災害衝擊時可繼續運行及後續的復原能力。在積累了過去近四十年以脆弱性探討災害的研究中，韌性（resilience）研究取徑在脆弱性的整合論述中脫穎而出，成爲當代環境變遷與災害治理相關研究的重要取徑。然而，雖韌性研究有其深厚的學理基礎與演繹過程，台灣學界對於韌性研究的概念仍以工程的理解爲主，而實務界亦多僅是應用韌性的片面概念而無法理解其深刻意涵；此外，在華文學術界仍缺少優秀的回顧性論文以綜論韌性研究在過去的演育及其與脆弱性、災害研究的交織關係。本文之目的即在於系統性的回顧國內外韌性研究發表，梳理其在全球環境變遷與災害研究中的演變，並檢視台灣各學術領域韌性研究之進展，進一步綜述其當前在台灣災害管理研究上的議題與未來在研究與實務可能的貢獻。期透過本文能清晰韌性研究的整體學術樣貌，激發更多元領域的學者一齊豐富韌性研究的內涵並充實其應用與實踐。

關鍵字：韌性、脆弱性、災害、調適、災害管理

^{*} 中央警察大學防災研究所碩士班進修中，服務於屏東縣政府消防局。

^{**} 通訊作者，國立台灣大學地理環境資源研究所博士，中央警察大學防災研究所助理教授，桃園市龜山區大崗里樹人路 56 號，sonialin@mail.cpu.edu.tw。

^{***} 美國杜克大學土木與環境工程博士，中央警察大學防災研究所教授。

Abstract

Under the threats of global environmental change, resilience and vulnerability research have gradually become a key issue in fields such as climate change, disaster management, sustainable development, and environmental governance. Scholars have examined the capability of societies to face disasters through the lens of resilience and vulnerability in various spatial and temporal scales. In the past four decades, in the vulnerability approach to hazard research, “resilience” has stood out in disaster discourses and has been one of the most important approaches in modern environmental change and disaster governance research. Although resilience has a deep theoretical foundation and an evolutionary process, many Taiwanese scholars only focus on its engineering aspect. Further, many practitioners use its literal meaning instead of understanding and making use of its root, core meaning. Reviews of resilience studies are limited in Chinese literature, especially in terms of discussions on the evolution of resilience studies and its relation with vulnerability and hazard research. This paper systematically reviews the evolution of resilience studies to explore the revolution it has caused within global environmental change and hazard research, and broadly examines thoughts from several schools, namely ecology, engineering, humanities, and social sciences in Taiwan. In addition, it discusses current issues and future contribution of resilience studies in Taiwan. It attempts to not only explore the different meanings of the concept of resilience and clarify the differences in its applications in academia but also consider the role of resilience in future hazard research and in disaster prevention policies and offer policy implications for future research and practice.

Keywords : Resilience, Vulnerability, Hazard, Adaptation, Disaster Management

壹、前言

近年來全球受到氣候變遷的衝擊，災害規模日益擴大、頻率也急遽攀升，災害特性亦因極端氣候而改變。為減少災損及控制影響範圍，各國開始發展各類災

害管理之因應措施。學術界在全球環境變遷領域中的災害研究亦有豐碩產出，期望透過前沿研究而得以協助減緩氣候變遷與其所引發之環境災害帶給人類社會之衝擊。台灣從2000年之後，也開始建構面對氣候變遷及災害之各種能力，包括減緩、因應及復原能力，降低災害對台灣社會之衝擊與損失（林俊全、莊振義、李建堂，2014）；2016年第14任總統、副總統就職演說中，更宣示台灣將重視氣候變遷、國土保育、及災害防治的議題，從整體視野進行區域規劃與國土治理。地方環境行動國際委員會（International Council for Local Environmental Initiatives）自1990年成立至今，台灣已有11個縣市加入，積極推動地方政府以公平、安全、韌性、活力經濟及健康環境的目標致力於永續社區與城市計畫，在地方層級落實永續發展，以韌性的概念使社會在充分賦權（empowerment）與能力建構（capacity building）的基礎之上，能對於環境變遷與災害有快速反應、具有彈性及從中學習與恢復的能力，並以此作為都市與國土治理的重要成分。

於是，「韌性」（resilience）成為面對環境威脅與災害時的重要概念，近年更將學術研究成果應用至防災策略與空間規劃議題上，韌性研究不僅在近十年蓬勃發展，更成為當代倍受關注的研究領域，例如Cutter等人在2008年發表的研究中，即提出以地方為基礎來建構社區韌性以因應自然災害的概念；此外，國際科學總會（International Council for Science）的Future Earth計畫中，也將韌性視為地球永續發展的重要概念。在台灣的學術進程中，環境變遷與災害相關研究雖仍以災害衝擊取徑為大宗，然而，近年亦逐漸興起脆弱性（vulnerability）的災害研究取徑，而與脆弱性取徑同時浮出學術檯面的韌性研究，亦在近年備受關注，但相對來說韌性研究仍處於萌芽階段，在實務應用上缺乏對韌性研究脈絡與理論意義的恰當理解。雖西方國家在過去已有許多韌性研究的累積，但身為災害風險極高地區的台灣，目前亦仍未發展出具本土及主體性的韌性研究論述。

因此，本文的目的在於回顧過去國內外韌性研究的重要發表，梳理韌性研究在各學術領域中的流變與當代發展，特別是全球環境變遷與災害研究的脈絡並進一步檢視台灣近年各學術領域在應用韌性概念進行研究之發展，分析與反思韌性研究的多元理論起源與演育，並綜述其在研究方法與社會應用上可能的貢獻，期透過本文能清晰韌性研究的整體學術樣貌，激發更多元領域的學者一齊豐富韌性研究的內涵，並充實其應用意涵與實踐。本文首先從韌性研究的起源與概念演育梳理韌性研究與脆弱性的關係與演繹，並從國內外1970年代至今的研究中探究其多元論述所凝聚的定義與研究方法；接著從生態學、社會科學、工程及災害研究四領域回顧韌性研究過去與當前的發展；奠基在前兩部分的回顧，第三部分以韌

性研究應用在災害管理實務為例，談韌性觀點在不同災害及各災害管理階段的可能；最後本文反思韌性研究當前在台灣的發展，期藉此加深本文對於未來學術研究與實務應用上的貢獻。

貳、韌性研究之起源與概念演育

當代所談的韌性（resilience）具有多元論述的特性，不同學門領域因學科關注而各有其對韌性的定義（詳見下節），而‘Resilience’一詞的核心意義，也從早期生態學或工程學所談的「系統所能吸收或承受外在擾動衝擊及之後回復至受擾動前之狀態」的關注，移轉至更關注「系統在受衝擊後的學習與再組織，並從中轉化至另一種更新狀態的能力」。國內學者參照國外多年積累的研究成果，將resilience譯作回復力、恢復力、彈性、彈力、韌性等，本文考量resilience核心意涵及學術上使用的普遍性，在文中使用韌性一詞，以捕捉其承受外在擾動、學習與再組織、回復等概念。

一、韌性的定義與研究方法

韌性研究在文獻中有各種的定義，包括工程、生態、社會科學、心理學、地理學等學科都進行韌性的研究，而韌性的定義亦隨時間的推移而有所演進，各研究領域應用在社區、都市、區域等不同空間尺度上，亦有不同定義（表1）。然而綜而論之，各學門對於韌性的定義，普遍認為是系統能夠吸收外界干擾的能力外並保有一定的功能；受到外界干擾之後能夠透過學習、再組織而回到新的平衡；能夠減低損失的機會並快速恢復正常功能；此外，亦包含了軟體（技術、知識）、硬體（設備、體制）於衝擊後能夠恢復的速度與程度。

表1 韌性定義表

文 獻	定 義
Holling (1973, 1996)	系統能夠吸收擾動而保持其能力不變且透過調整系統行為的參數後，回復到穩定狀態之能力。
Timmerman (1981)	社區的基礎設施能夠承受外在壓力（如環境脆弱度，社會、經濟動盪）的衝擊或擾動，並透過體制、經濟結構、產權、人口結構等變化從中回復的能力。

Pimm (1984)	系統受到了擾動之後可以恢復到原始狀態的能力，以回復速度來衡量。
Wildavsky (1991)	一個社區或一個體系具備能力應付意料之外的危機之後能夠得到經驗、學習如何恢復。
Dovers and Handmer (1992)	區分人類與生態系統的不同，認為人類有預測及學習能力，將韌性分為主動與被動，被動是強化現有之條件，使系統具有對抗衝擊之能力，主動則是當社會遇到無法逃避的衝擊，可以設法重新營造一個新的系統。
Comfort (1999)	運用目前的資源和技能，以適應新的情況與運作環境的能力。
Mileti (1999)	社區所能承受的災害強度，在災害衝擊下社區能不被破壞和損失，當地的經濟能力或生活品質在無外援下也不會下降，提升社區韌性能阻止災害造成經濟損失。
Adger (2000)	人類社會抵禦外部衝擊的能力如社會的基礎設施、環境的變化、甚至經濟與政治的動盪。
Carpenter et al. (2001)	1.在環境的改變下，系統能維持控制在相同的功能和結構。 2.該系統在任何程度上都有自我組織的能力 3.系統能在其中建立和提高學習能力。
Bruneau (2003)	社會單元對減災（減少衝擊的機會）、控制災害影響（在突發事件後吸收衝擊）及完成復原行動（快速回復正常功能）的能力。
Walker et al. (2004)	吸收外界干擾的能力、並且重新再組織、保有原來系統功能與結構。
Tiemey and Bruneau (2007)	災前減災的措施，並反應自然人文系統對災害的應變與復原的能力。
Cutter (2008)	將韌性視為一個動態運作的過程，災前（自然系統、社經系統、環境）、災時（應變行為）、災後（學習及調適）等三個階段之各因子間互相影響，並建構出地方災害韌性模型。
Cashman (2011)	受到擾動反應的能力，並且提出減緩策略，目的是為維持或恢復其功能，包含資訊流通、自我學習、機動性及提升回饋機制。
Ron Boschma (2014)	韌性不僅是一個區域去適應衝擊的能力，也有關一個地區往後的發展，影響其發展因素包括地區的歷史、產業、網絡和體制。

資料來源：修改自張濱懷（2009）；郭光明（2014）；本研究彙整

由於各領域學者對韌性有不同的看法與概念，因此也發展出各種進行韌性研究的量化與質性方法（表2），例如生態系統的研究中著重生物多樣性、空間、及管理計畫等因子（Cutter et al., 2008）；另，Hunt and Watkiss（2011）應用成本效益評估、跨部門尺度、結合社會經濟背景之綜合評估等決策分析方式，評估災害風險研究以支援災害管理（王伯群，2015）。

表2 韌性研究方法

文 獻	研 究 內 容	方 法
Paton (2001)	採問卷和統計方法研究火山爆發後社區韌性研究，認為個人的自我效力、問題應對能力、社區歸屬感和年齡是火山災害韌性的主要影響因素。	量 化
Bruneau (2003)	地震韌性和減災決策提供科學依據，認為地震韌性由技術、組織、社會、經濟相互聯繫組成，評估其中穩健性、快速性、冗餘性、智能化。	量 化
Mustafa (2003)	有針對性對脆弱承災體的救助，是災後恢復的關鍵，關注於貧富分化和性別差異。	質 性
Cange and Shinozuka (2004)	採用蒙特卡羅（Monte Carlo）數學統計類比方法，透過電腦程式設計和GIS類比運算出在兩個不同等級的地震發生後技術、經濟、組織韌性。	量 化
Milman and Short (2008)	建立水供應系統韌性評估指標，從供給、財政、服務提供、水質、治理、基盤設施六個關鍵面向，提供可提升城市或水供應商能力的途徑，維持或增加人們獲得安全水源的比例，讓管理者優先考慮創新政策或計畫，使組織更具彈性及調適的能力進而增加系統的長期韌性。	質 性
Marshall et al. (2009)	使用李克特量表問卷及量化統計分析，訪問 Salum 地區漁業部門主要利害關係者，利用統計分析得到影響韌性的主要因素。	量 化
Kuhlicke (2010)	使用紮根理論，由八次深度訪談政府官員中從組織功能、個人對過去曾發生洪水事件中對水災的反應及災後透過新的學習，受訪者對水災的處理措施與態度進行分析，藉上述觀點了解韌性。	質 性
Ainuddin S. and Routray J. K. (2012)	以實地訪查、訪談及結構性問卷調查Quetta市的200位居民，提出一個新的社區韌性架構，提升地方層級的社區整備及意識。	質 性 量 化

Lin
(2015)

探討泰國南部受2004印度洋海嘯侵襲的島嶼沿海社區之災害韌性，研究發現非政府組織培力居民以建構韌性甚至可以內化到社區的運作系統中進而提升社會生態系統的健全。其復育紅樹林的以生態系統為基礎的防災思維，不僅減少海浪能量對沿海之衝擊、減緩雨季時大潮帶給沿海低窪區域的洪患威脅、更提升社區生計來源的多樣性，達到整體社區社會生態系統的韌性提升。

資料來源：王伯群（2015）；白仁德、林建元（2009）；本研究彙整

以質性研究方法所進行的研究，較專注在社區、組織、家戶或個體等社會面向的韌性研究，藉由訪談可深入了解韌性的重要性的影響因素及其脈絡；而量化方式所進行的研究，則多試圖建構模型以量測系統韌性，這些不同視角觀點、領域方法的研究，將使韌性研究的學術發展更多元。

二、韌性與脆弱性的關係

廣義而言，脆弱性指系統對抗災害事件的程度和特質（Timmerman, 1981），而韌性則指社會系統從災害中去回應、恢復的能力，包括系統可承受事件的衝擊和應對及災後適應過程中，社會系統去學習、重組的能力和過程（林冠慧、張長義，2015），而因為脆弱性與韌性兩概念在發展與應用上的緊密相關，白仁德、林建元（2009）認為在空間規劃與災害風險管理領域中，脆弱性和韌性研究通常是同時進行。

從學術發展的脈絡來看，脆弱性的定義往往包括韌性的含義，Timmerman（1981）最先討論社會對氣候變遷的影響，在其所著述的「Vulnerability, resilience and the collapse of society」文中提及脆弱性是系統可抵抗災害事件的程度，而此程度與特質由系統的韌性決定，而韌性則是系統或系統一部分承受災害事件的打擊並從中回復的能力。爾後，學者致力於脆弱性研究並從中探討系統韌性與脆弱性的關係，整體而言，研究有兩類處理脆弱性與韌性的取徑：一者，將脆弱性與韌性視為一體之兩面，如Folke等人（2002）認為脆弱性是承受被災害破壞的可能性，它的反面是抵抗災害及恢復的能力，亦即韌性；若承災體是脆弱的，就反映其低度韌性，反之亦然；另一取徑，則將韌性從脆弱性的定義中獨立出來，並認為脆弱性與韌性的關係並非簡單的反向關係，亦非連續體的兩端，而是一個在 同的社會層面和時空尺度中交叉的雙螺旋結構（白仁德、林建元，2009），此外，Buckle, Graham and Smale（2001）亦認為脆弱性

和韌性是由多個複雜因素交互作用所形成，其中，影響系統韌性因子是一種積極的減災行爲，可來自資源的獲得、經濟的支持、解決問題或進行決策的知識和技能；而降低脆弱性則只是由此產生的一種反應性結果。

然而，不論在研究取徑上將兩者視爲一體兩面或是如雙股螺旋的交織結構，脆弱性研究和韌性研究之理論緣起於不同學科，到近代才相互滋養，林冠慧、張長義（2015）在其所發表的回顧性文章中梳理國內外脆弱性研究的脈絡，在該研究中將台灣目前的脆弱性研究分爲三個面向，一爲以自然災害爲基礎的脆弱性研究，此研究面向以自然科學與土木工程學者爲主，從危害、暴露性、脆弱性三構面評估特定區域的自然災害風險；其二爲建立災害與脆弱性的整合性評估模型，以量化社會科學背景的都市計畫與城鄉規劃學者爲大宗，應用脆弱性於災害防救並發展出分析與操作定義，多數研究利用模糊達爾菲法（Fuzzy Delphi Method）、模糊層級分析法（Fuzzy Analytic Hierarchy Process）篩選權重後建立脆弱度指標；第三面向則是以災難社會學角度分析脆弱性，特別在災後重建議題中探討政治資源分配與心理健康。除探討脆弱性研究多元論述中韌性取徑之理論位置，其中指出應用生態學背景的韌性研究者主張脆弱性與韌性是兩個不同的概念，在理論緣起與本質上都有其根源與發展軌跡，並非如一般意識形態上所認知的較有韌性的系統其脆弱性較低，反之亦然；而在社會-生態系統理論（social-ecological system, SES）的研究中（Berkes and Folke, 1998），從韌性理論談民族生態學與自然資源管理，強調社會系統與生態系統間的相互回饋與演育過程，重視如何應用傳統生態知識進行共有資源的管理（Lin, 2014），從理解社會如何透過學習以提升韌性（林冠慧、張長義，2015）。因此，在此脆弱性與韌性的學術脈絡與思潮之下，近年有學者傾向將脆弱性與韌性分開獨立論述（Miller et al. 2010; Turner II 2010）；然而，國內目前仍有許多研究將脆弱性與韌性同時探討。

參、韌性研究在各領域的發展

Resilience是從拉丁文resilio衍變而來，有回復之意（Klein et al. 2003），從地理學人與環境研究的學術軸線來看，韌性的概念最早是從生態學發展而來（Holling, 1973），爾後漸運用在社會科學領域（Adger, 2005），探討人與環境耦合系統（coupled human-environment system）的運作（Carpenter et al., 2001;

Folke, 2006)，韌性在社會生態系統理論中，則比人與環境分析更加著重在探究社會如何透過學習以從擾動中再組織（Berkes and Folke, 1998; Berkes and Folke, 2003）。在工程學門的力學領域中，韌性是長久以來的研究主題，其是指一物體在受到外力衝擊後，會自行恢復原本的狀態，此概念隨後經由生態學界的引入及後續研究才發揚光大，在心理學、地理學、環境科學等領域亦有重大影響，而近年亦被各應用研究領域所用。以下從生態學、社會科學、工程學、及災害研究社會科學四面向綜述韌性研究在各學門領域的發展。

一、生態學與應用生態學：社會生態系統理論與韌性

生態系統是指在一空間內，生物與非生物成分經由物質的循環、能量的流動及訊息的交換而相互作用、彼此依存的生態功能單位，而生態平衡的調節主要是由系統反饋（feedback）、抵抗力（resistance）與韌性（resilience）三者來完成。生態系統韌性的研究緣起於1960至70年代間，學者對於掠食者與獵物之交互關係在穩定生態系統的功能之研究，其中，Holling 在研究中發現了生態系統的多元穩定狀態的特性，突破傳統生態學追求平衡穩定的觀點，於是他用 resilience 一詞來描述這狀態，Holling（1973）認為韌性是生態系統吸收擾動而能保持不變的重要因子，讓系統能持續存在並有能力承受改變，此外，也認為韌性是緩衝的能力（buffer capacity）（Cutter et al., 2008）。

1973年，Holling將韌性的概念引入生態學研究中，他在 Resilience and stability of ecological systems 一文中指出，生態學理論與自然系統運作中是以韌性（resilience）與穩定性（stability）兩種型態存在，穩定性是在短暫擾動後系統恢復到穩定狀態的能力，也包括系統再次回復到穩定狀態所需的時間，恢復速度越快或波動越小，代表系統越穩定；而且系統只存在單一的穩定態（平常態），生態系統受擾動後恢復至穩定的能力，強調效率、穩定性與可預測性，故又稱為「工程韌性」（engineering resilience）；另一方面，韌性為系統間長期維持的能力，是發生變化或擾動時能吸收擾動並重組系統讓系統能保持既有的功能、結構、價值的能力，此韌性認為系統並非恢復到最初的穩定態，而應有多元穩定，強調維持性、改變與不可預測性，亦稱為「生態韌性」（ecological resilience）（Holling, 1996）。工程韌性及生態韌性的差異在於系統穩定性的不同，前者注重單一性穩定，維護其原本系統功能的有效性；而當前所發展的韌性，實為上述強調多元穩定狀態的研究，這支研究一直至1980到90年代才受生

態學注意，並廣泛影響各研究領域。

Holling (1986) 韌性研究中的核心概念是適應性發展的更新循環 (adaptive renewal cycle) (圖1a)，他認為系統是一個的循環而可觀察其隨時間進程所產生的動態變化，而此循環由四個階段是發展連續的過程：循環中的爆發性階段 (the exploitation phase, r phase) 包括了開發與利用；守成階段 (the conservation phase, K phase) 需經歷長時間的發展及累積的鞏固；釋放與崩壞階段 (the release phase, Ω phase) 將經歷釋放與破壞 (Holling稱之為創造性的破壞)；與再組織階段 (α phase) 對發展的重要歷程 (林冠慧、張長義，2015)。而韌性的概念不僅發生在更新循環的過程中，亦呈現在更新循環的第3個向度中 (圖1b)。多個尺度鑲嵌的適應性發展的更新循環鑲嵌，則形成Panarchy (圖1c)，Panarchy是一個多層鑲嵌結構，在不斷的調整、更新循環中將生態系統和社會系統連結，它包括潛能/能力 (potential/capacity)、連結度 (connectedness) 及韌性 (resilience) 三個向度；潛能指系統在生態、經濟、社會和文化等領域可能的發展與創新；連結度表示系統間互相作用之數量和頻率；韌性則表示系統對於非預期或干擾承受脆弱度的能力，此三向度存在於各尺度循環中並鑲嵌在生態、時間、空間層次裡，尤其著重在時間和空間尺度上 (Cutter et al., 2008)。在Panarchy中的反抗 (revolt) 及記憶 (remember) 扮演跨尺度的連結以串聯更大的循環，而創造 (creative) 與保留 (conservative) 則透過動態平衡改變與記憶、擾動與多樣性之間串聯起不同尺度的循環。社會生態系統中皆具有調適循環的特質，並鑲嵌在不同尺度 (Gunderson and Holling, 2002)，在社會生態系統的運作，以韌性鏈結了跨尺度及建立回饋機制 (圖1b, c)，建構行動者及系統的調適力及韌性 (林貝珊，2013)。

Hunt and Berkes (2003) 將生態系統中的突發事件依規模區分為大、中、小三種規模並對應不同的韌性概念，小規模突發事件僅對系統造成的些微擾動，不會超過系統承受，因此可藉工程韌性效率的提升加以吸收並恢復原狀；中等規模的事件所造成的擾動則需系統在原有架構協調以達成新的平衡，即有賴系統容受力提升的生態韌性；而極端大的突發事件對系統所造成的衝擊非原有狀態所能因應，系統將受嚴重破壞，而必須經過再組織和再生，亦即從社會生態韌性驅動系統學習和創造力的培養 (黃泰霖，2012)。Berkes et al (2003) 進一步提出社會生態韌性 (social-ecological resilience) 的概念，一個具韌性的社會生態系統可以緩衝巨大的改變與干擾，其同意於生態的、經濟的、社會的永續。Brand and Jax (2007) 強調社會生態韌性中的社會擾動與重組間的關係，探討轉化 (transformability)、學習和創新，將韌性概念詮釋為組織制度和治理。現今

國際減災策略組織也將韌性概念進一步連結到時間與空間的互動行為（Janssen, Schoon, Ke and Borner, 2006），在複雜及動態系統中不斷調適的概念。

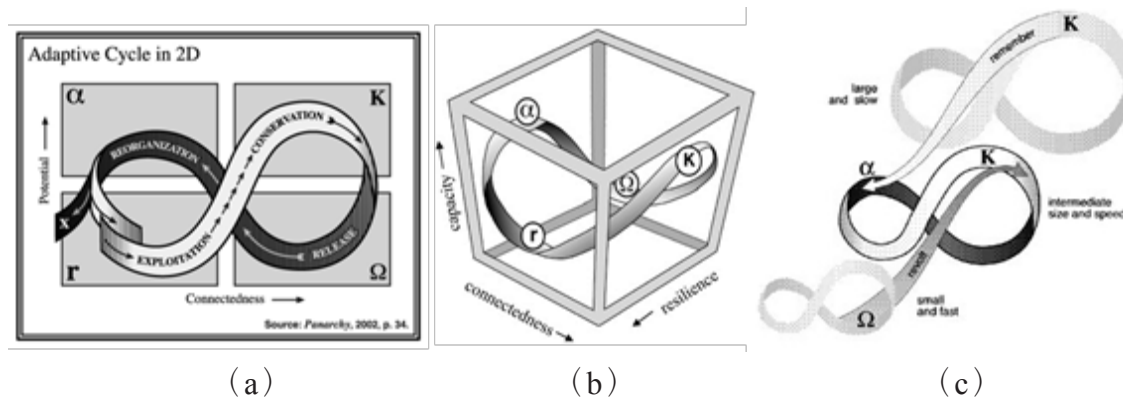


圖1 適應性發展的更新循環及Panarchy

圖片來源：Berkes, Collding & Folke, 2003:17-18; Gunderson and Holling, 2002:41

二、從社會生態系統的韌性到社會科學領域的應用

Bruneau 等人（2003）將韌性同時運用於實質及社會系統，進一步定義其4R的觀點，首先，穩健性（robustness）探討系統在沒有損失功能原則下可應對壓力或需求的能力；而冗餘性（redundancy）即在系統中某種程度上的冗贅與可替代性，當受到擾動而功能損失後仍能滿足基本需求；機動性（resourcefulness）即當系統面對災害威脅時，具備找出問題、建立優先序及資源調動的能力；效率（rapidity）則指在有限時間內，為了可承受損失及避免未來再受到損害，而具備建構優先順序並達到目標的能力。總的來說，社會韌性（social resilience）指一個族群或社區可以應對極端壓力及擾動的能力，是社會、政治及環境改變的結果。

Andrew Zolli與Ann Marie Healy在2012出版的Resilience: Why Things Bounce Back一書中闡述如何建立更有效的韌性來減少衝擊，並將韌性定義為個人、企業或系統在面臨巨大環境變化時，必要縮減或改變形態以維持核心使命與完整性的能力（王伯群，2015），企業或系統除了經歷本身成長、成熟、釋放與重組等週期，耦合的人與環境系統更增加複雜度，因此需要不斷的更新、重組系統以提升韌性。Zolli和Healy（2012）認為韌性不是消極面對環境的不確定性與風險，而是積極採取策略並運用創新或工具來增加能力，同時也認為韌性的實踐不是將系統回復到改變前的狀態，而是要持續調整、適應環境變化。

社會韌性的研究亦見於人類社會學，將韌性的概念回應到永續性

(sustainability)，Adger (2000) 認為在全球環境變遷下，強調韌性是永續發展的重要目標，不僅保持理想狀態、也允許適應變化並吸收壓力，因此，永續性不只是描繪系統的狀態，同時也提供問題、預警能力及吸收變化。

三、工程領域的韌性：可靠度與風險的關係

在工程領域面，韌性是指材料在崩壞前能吸收產生彈力的最大能量，是結構物因受力而產生形變後再次恢復到原先狀態的能力（葛怡等，2010）。爲了維持系統高效和穩定運作，工程師致力於系統的最佳化的狀態，企圖藉由控制系統資源的消耗，提高系統運作效能，而最佳化的結果可使系統在既定情境下維持高效和穩定運作，但往往在面對未如預期的衝擊下脆弱不堪（黃泰霖，2012）。

在工程的設計上，有少數研究將韌性與可靠度交互使用，意即認為韌性等同於可靠度。工程韌性是在確保系統受到衝擊後能在短時間內回復原有的機能，此回復時間的概念與可靠度工程（reliability engineering）中常用平均失效時間（mean time to failure）概念相似。可靠度工程是在探討應力與壓力間的相互關係，可靠度本身即是應力與壓力互相抗衡的結果，當壓力超過應力時，發生意外的機率就會增加（童慶斌，2014）。以社區防洪工程爲例，探討在減災、應變階段的功能需求，此時防洪工程的可靠度，可以定義爲水災未發生時期防洪工程在設計上足以排水（減災）的功能，或可定義爲水災中防洪工程設施可以真正排水（應變）不致造成淹水的功能需求。換言之，在工程系統上，運用以可靠度爲基礎的設計（reliability-based design）與功能函數（performance function）等概念（Alfredo and Wilson, 1984；Frantzich, 1998；周柏年、林元祥、黃伯全，2012）建構模式，來評估可靠度，是可行且常見的研究。此時，可靠度可定義爲系統功能函數能成功操作的機率（Alfredo and Wilson, 1984），不可靠度或失敗機率可稱爲危險度（risk）（ $\text{risk}=1-\text{可靠度}$ ）。值得強調的，此防洪工程的可靠度舉例中，是指水災中結構或防災設施之特殊性能要求；而韌性則是考量於水災後建物結構或防災設施整體可耐用性的回復情形，甚或受災對象區域經過一段時間考驗後的適應情形，而不僅僅是水災中之性能要求。

災害的發生隱含了許多不確定性（uncertainties）與風險（risk），其中不確定性無法確切測量，只能闡述其性狀或特質；風險不僅可以描述其性質，也可以運用適當的科學方法加以測量（林元祥，2000）。因此，韌性研究的範圍在能有效測量時，即可賦予如可靠度、風險或危險度等逕行評估。以上在工程領

域探討的可靠度、危險度評估，均是以一種絕對的測量結果呈現，而與當今韌性研究主流一例Cutter（2010）所談的社會韌性、經濟韌性、組織韌性、社會資本等一關注焦點有顯著的不同。

四、災害研究的社會科學

在災害管理領域，韌性研究取徑廣泛被運用在社區層次的防災——也就是近年國內實務界所推行的防災社區。其受災害研究學界及實務界的關注是源於2005年聯合國於日本兵庫縣舉行的世界減災會議（World Conference on Disaster Reduction）所提出的2005-2015兵庫行動綱領（The Hyogo Framework for Action for 2005-2015），該行動綱領明確的將建構國家與社區的災害的韌性（building the resilience of nations and communities to disasters）定為世界減災的目標，並透過減少脆弱性、增加地方能力及減少易受影響地區風險的途徑，鼓勵社區參與減災工作、強化社區因應災害的能力（coping capacity）、建構社區災害韌性列為行動重點（UNISDR, 2005）。在美、日兩國的災害管理策略中，早期較著重於災害整備與應變作業，近來隨災害規模擴大及複雜性提升，開始重視減災與復原重建層面，學術發展也從自然科學領域漸擴及社會科學的研究，例如美國在研究基礎設施的減災、應變及提升災害韌性的復原對策，著重社區韌性能力建構、民眾風險認知與社會脆弱度評估等面向；又如日本第四期科學技術基本計畫中，提出災民安全及產業復興與生活回復等社會科學課題（李宗勳，2015）。Mayunga（2007）也指出在社區面對災害衝擊時，有韌性的社會系統能連結個人行為及社區能力，並吸收衝擊而後重建，使社區維持運作。

韌性亦可被理解為系統面對外在刺激和壓力時產生的反應與調適過程，系統的內在能力會依受災程度不同而改變自身並重建以適應生存，強調透過改變系統非必要的屬性來加強自身重建能力（Manyena, 2006）。Mayunga認為韌性是社區抗災的能力，此能力受社會資本、經濟資本、人類資本、物質資本、自然資本決定，強調社區具備預測、準備及反應的能力，並可從災害中迅速恢復、從中學習應對及適應災害。而Folke（2006）認為透過韌性作為災害研究的觀點，可將擾動視為一種創造、改變、革新或發展的契機，強調隨空間尺度及時間的推移，擾動會使社會、機構、經濟、環境經過不斷的適應、學習及自我組織互相作用與影響；因此，研究可從系統在維持相同狀態下吸收的擾動量、系統自我組織的程度、及系統自我學習或適應能力三方面來評估社會生態系統的

韌性。

Cutter等人（2008）認為韌性是一種社會制度的回應力、從災難中恢復的能力，並災後重組、學習的能力，她的研究團隊強調韌性為地區的抗災能力，因此此韌性與脆弱性連結而發展出地方災害韌性的量化評估系統，企圖以地方為主給予組織和政策建議方案（Cutter et al., 2008）。在韌性思維引領下，減輕災害風險的概念被納入國際許多防災社區計畫中，並藉由在地參與式學習與快速評估方法，促使社區主動參與災害風險評估，近年亦有許多關於影響社區韌性的因素之研究產出，例如強健的社會網絡與社區凝聚力（Parker, 2000; Lin, 2013）；不同組織及利益關係者之間的關係（Penning-Rowsell and Fordham, 1994; Lin and Liu, 2016）；個人特質（Cashman, 2011）等。

肆、韌性研究在台灣當代災害管理的應用

一、在各災害類別分類之應用

當前台灣許多災害管理學者的韌性研究，多是以不同災害類別為標的、參考國內外韌性量化指標所進行的中大尺度研究，目的是希望在因應各種類別災害時，皆能援引韌性的概念進行災前減災、整備與應變、及災後復原重建的實踐。以下分別以台灣常見的地震、及颱風與洪水兩類災害，概論國內學者如何應用韌性進行該災害之研究。

（一）地震

Bruneau et al（2003）提出的地震災害之韌性模型（圖2），並以技術、組織、社會及經濟四個面向分析社區面對地震災害之韌性（郭光明，2014），從模型中可以理解，Bruneau et al將地震災害的韌性概念定義在實質及社會系統上，即減少錯誤的機率、減少錯誤所造成的死亡率、損害、消極的經濟及社會結果及減少回復的時間。

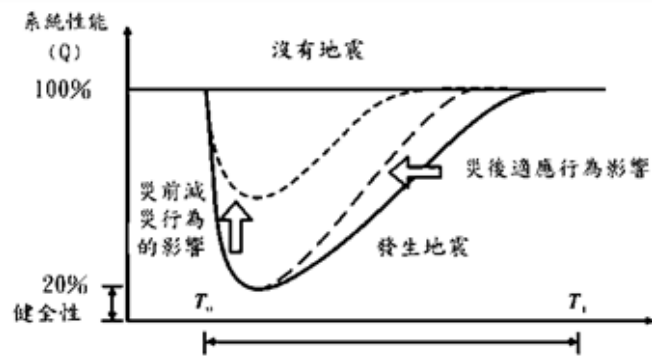


圖2 地震災害韌性模型

資料來源：Bruneau et al., 2003；轉引自郭光明，2014

Rose (2004) 定義地震韌性為社會群體減緩災害的能力、災害發生時的包容力及之後的重建能力，最小社會干擾並減緩未來震災對社會的影響。他提出在社區層級測量地震韌性的方法，並對社會與經濟韌性進行評量；2005年Rose and Liao在區域層級延續地震韌性議題，研究中自然災害韌性的思考面向，分析地震時水資源基礎設施中斷如何影響經濟層面，透過探討關鍵基礎設施應變流程圖提高系統穩固性（robustness）和系統回復速度（rapidity），以應付災害發生時對系統功能造成的衝擊，研究並置出系統可藉由增加先前規劃與災後重建能力，來提升韌性（張濱懷，2009）。

（二）颱風與洪水

台灣的災害管理研究社群中，以颱風災害為研究的發表量眾多，許多研究結合災害脆弱性與韌性的概念來分析地區或社會系統。例如白仁德等（2009）在行政院國家科學委員會專題研究計畫：「各層級國土空間規劃與管理之脆弱性與回復之評估研究-以縣市空間為對象」研究成果報告中，運用脆弱性及回復力觀念，由不同的空間層級觀點對颱風案例分析在該空間層級下之脆弱度與回復力因數，來建立具體可操作並適用於本土都市層級之評估指標。陳亮全、陳海立（2007）的研究則發現，在水災防治方面台灣大多以風險迴避手法或仍依賴工程的風險抑制，應從全盤檢討都市計畫方向著手，其以台北盆地都市發展歷程與水災事件作為探討對象，針對都市水災的變化及其易致災性進行分析，建議都市計畫應提升緩和災害強度、強化都市

災害處理能力，以及增加災害承載量等三項功能，期能對日後研擬國土空間規劃相關作業有所助益。Lin（2015）探討泰國南部受2004印度洋海嘯侵襲的島嶼沿海社區之災害韌性，從社會現象與田野觀察及深度訪談發現，非政府組織在災害不同時期所提供的不同支援，將培力居民韌性的建構，甚至可以內化到社區的運作系統中提升實質社會生態系統的健全，如2004年災後第一時間的無息借貸、漁船及蟹網等維生工具的修復，到災後3年左右在社區中成立防災組織，至災後5年開始拓展整合社區生計生態的防災思維，到2012-2015年以生態系統為基礎的防災思維，進行沿海及內陸紅樹林復育，藉以減少海浪能量對沿海之衝擊、減緩雨季時大潮帶給沿海低窪區域的洪患威脅、並提升社區生計來源的多樣性，達到整體社區社會生態系統的韌性提升。

而研究生論文的產出，更象徵大專院校及教授們對於韌性議題應用於颱風災害的關注轉向，例如楊靜怡（2009）以台中市、台中縣龍井鄉、東勢鎮為例之颱風回復力（resilience）評估研究，以里為單位、運用GIS展示其空間分布，並以美國韌性聯盟提出之評估體系的社會與經濟、制度與體系、實質環境三個面向、29項指標進行模糊德爾菲法篩選指標，其研究結果指出在社會與經濟層面，個人所得對韌性的影響比人口與產業大；在制度與體系層面，因應調適能力對地區的韌性有很大的影響力；而在實質與環境層面，地理條件對韌性的影響力最大。又如張濱懷（2009）研究颱風災害影響下淡水河流域回復力（resilience）之指標系統建構，透過分析颱風災害之報導、雜誌、期刊及檢討報告書等資料，歸納遭受颱風災害影響之流域系統將發生何種衝擊與損失及災害衍生出的相關課題，其分析架構分為科學技術、建成環境、組織制度、社會經濟、自然環境五個面向、13個指標，並利用模糊德爾菲法及分析網路程序法篩選指標及評估力指標權重，研究結果指出自然環境面向影響淡水河流域的回復力最鉅，透過環境保育、避免超限利用，並配合地方政府財政能力整合土地使用規畫、水資源、社會經濟與環境改善，將可有效提升淡水河之回復力。而郭光明（2014）透過問卷，以統計、社會網絡分析、多元迴歸分析等方法分析漁民與相關利害關係者之社會網絡，探討東港、林邊、佳冬的養殖漁民在面對氣候變遷所引發之洪災的反應及調適運作，此研究採用Ainuddin and Routray（2012）提出的社區韌性架構，從社會

（教育層級、年齡、社會資本）；經濟（家戶水平、單獨或者多元收入）；物質（避難所、屋齡、地點）；體制（減災策略、防災建設、市政服務）四層面探討韌性，研究結果當地女性對養殖產業轉型的意願上比男性高。參與減災計畫且社會網絡較密集者，在災後重建、調適學習上更容易取得到較多的網絡部門幫助，對養殖技術改善、產業的轉型的意願也較高。

二、災害管理四階段的應用

台灣在防災領域，仍多以傳統的災害管理減災、整備、應變、重建四階段談之，例如：內政部建築研究所在都市與建築減災與調適科技精進及整合應用發展計畫「面對天然災害之韌性都市建構策略與評估」中，針對颱風災害衝擊特性提出都市災害韌性評估架構，透過文獻回顧與焦點團體法，建置天然災害韌性評估體系與韌性指標，並以社會與經濟、制度與體系及實質環境三個構面發展「都市災害韌性運作模式」，其內容包括人口、產業、所得、土地使用、應變能力、調適能力與學習能力等7個評估項目並將指標應用在災前條件、災時應變及災後恢復、調適與學習（蔡綽芳等，2015）。

若以災害管理的四個階段來檢視韌性概念的應用，國外學者如Bruneau et al.（2003）定義韌性為社會單元對於減災、控制災害影響以及完成復原行動的能力（白仁德等，2009），Tierney and Bruneau（2007）認為災害韌性強調的是災前減災的措施，並反應自然與人文系統對災害的應變與復原的能力。縱使當前如雨後春筍的韌性研究在學術界對話，但部分學者卻認為韌性雖可作為預警及減緩災害衝擊的評估工具，卻很難實際應用在管理層面，有此論點的原因包括，缺乏具共識的工具來操作韌性的應用，特別是在非實質層面如量測社區暴露、抵抗、吸收及容納程度上仍有困難（Schelfaut et al., 2011）。然而，知名災害學者Cutter則致力於脆弱性及韌性的量化指標與模型之發展，如Cutter（2008）發展之地方災害韌性模型（disaster resilience of place, DROP），不僅可應用在自然災害，甚至可用於各種緊急狀況如恐怖攻擊或科技災害，DROP架構可檢測恢復程度的高低，將韌性視為事前到發生當下到事後的連續動態過程，她強調DROP從開始到復原階段的管理計畫不只要評估基本條件，還將不利的因素加以改善，整體結構中必須考慮到韌性的多面性，其視韌性是一種過程量，反映了災情已經存在的情況下，社會系統如何自我調節，從而消融間接損失並

儘快恢復到正常的能力。

國內目前許多韌性研究聚焦在災害管理的復原階段，如災後恢復重建計畫的制定，試圖找出影響韌性的環節及災後高效恢復的措施和途徑。李宗勳（2015）研究發現近年來國內颶風災害復原階段，災區民眾已習慣仰賴政府、民間團體資助的救助金及永久屋，缺少主動進行防災工作的誘因，然而韌性的培植須從下而上，重視民眾、社區、私部門的參與，政府、企業、個人相互配合，從個人連結到群體、再到地方、區域、全國，其研究結果顯示，超過半數的民眾不認為有分攤風險之需求且多數傾向政府以社會保險之方式推動天然災害保險制度；而機關人員大致認同目前政府所提供之各項災後重建社會福利措施，但對於提供永久屋之政策同意度較低；再者，政府與非營利組織人員普遍認為災後重建應該以培力為導向，並支持多元行動者之共同參與。

從以上研究的積累可知，台灣目前以災害類別為基礎的韌性研究，大多引用國外學者理論為基礎，缺乏本土化實證，且在建構及分析指標的過程常用的模糊德爾菲法，可能因未通過量化操作檢驗而得刪去關鍵的韌性核心概念。另外，將韌性研究應用在災害管理的四個階段時，往往過於著重結構層面，例如組織、制度、工程、技術，而鮮少洞察文化、種族、年齡等社會面向，且多著重在災後復原階段，未察覺減災等其他各階段韌性隨時序變化的情形。

伍、討論與結論：台灣當前韌性研究發展的議題與前瞻

綜上所述，當代韌性研究在各領域皆受到相當重視，其定義從早期的描述與分析系統能吸收衝擊並維持其功能的概念，進一步提升至強調韌性不僅是系統對抗衝擊以維持並恢復功能之能力，更重要的是系統能進行學習、再組織與發展的能力，以帶動系統進入另一種更新的發展體制。近年，韌性理論學者關注在社會生態系統體制轉移與變遷性（Folke et al., 2005），並探討社會韌性機制，例如社會學習、社會制度與治理、社會資本（Adger, 2003）、過去歷史經驗（Folke et al., 2005）及應用傳統生態知識於社會生態系統管理以建立韌性機制（Berkes et al., 2003）等。

由此窺見，韌性的概念在防災政策和災害管理上價值已受大眾所認可，然而在學術研究上仍有許多空缺需要填補。從當代部分學者積極發展韌性評估指標的企圖來談，應可體認要運用完整定義變數或函數去框架韌性研究是相當困難的

事，然而，以政府政策及工具性的災害管理角度，盡可能地釐清概念並具體化災害種類及影響對象與範圍，進而有效分析與評估韌性，應是災害管理學界發展韌性研究以服務政府及社會的努力目標；誠然，不同空間、地方、尺度、不同程度、在不同時間與階段，再發展韌性的考量上應有所不同（陳亮全，2014）。因此，韌性在不同時間與空間向度宜有彈性的定義，並同時豐富韌性的基礎社會科學研究與建構發展具操作性的韌性度量工具。

目前台灣許多災害學門的學者，引用國外的韌性經驗性研究文獻，萃取該些研究產出的災害韌性評估指標，並試圖參酌以建立台灣的災害韌性指標；在研究方法上，多先利用模糊德爾菲法整合專家學者意見後再以層級分析法給予指標權重（林冠慧、張長義，2015）；然而在此過程中，許多韌性的核心概念可能會因未通過量化的操作檢驗而遭刪除；抑或是因援引國外經驗研究的指標無法適當描繪台灣如政治特色、外籍配偶、外籍勞工、原住民族、防災制度等本質，而無法產出適合台灣環境、文化、生態與社會本土景況的指標。此外，專家學者因專業背景不同而傾向對自身專業領域之指標給予相對較高的評估值，恐會嚴重影響指標建立的結果。另外，許多指標建立資料仍須依靠政府統計資料，在捕捉韌性的核心概念上也因此流失掉一手資料的精確度，特別是以村里為單位的空間分析之資料取得難度相對為高，於是所產生的韌性指標僅剩工具性的目的，而缺乏韌性研究對社會脈絡的關注，甚至缺乏學理支撐的解釋，無法看見系統整體凝煉出韌性的過程性因素及系統間的相關性。

此外，台灣目前的災害防救體系與制度，屬於個別災害管理途徑，然而在災害型態愈趨多元且規模加劇的趨勢下，災害統計將面臨更多挑戰，特別是災害統計目前僅針對災損有較詳細的資料，而在減災、整備、復原重建階段的資料相對而言較為匱乏，因此與災害統計息息相關的指標遴選與體系的整合，也是建立韌性指標與其後續適用性的一大挑戰。因此，從人文社會科學的角度深刻理解社會、組織、社區、個體的韌性，實為台灣學界亟需邁進的，尤其是災害研究學門，除了從經驗性的研究及工具性的指標上呼應韌性的概念之外，更多研究應從人文社會科學的沃土中去發展，梳理當前韌性、脆弱性、永續發展與全球環境變遷之間相互交織的複雜關係，從學理上回應韌性的機制與根源因素，以發展具台灣脈絡且具人文社會意涵的韌性研究，以永續發展為目標建立具社會生態韌性的災害管理以作為全球環境變遷風險治理之基石。

參考文獻

- 王伯群，（2015）水災風險認知及災後回復程度之研究-以莫拉克颱風災區為例，長榮大學碩士論文。
- 白仁德、林建元，（2009）各層級國土空間規劃與管理之脆弱度與回復力之評估研究—以縣市空間為對象（II），行政院國家科學委員專題研究成果報告（編號NSC 98-2621-M-004-005），未出版。
- 林元祥，（2000）建築物火災危險度評估與實證調查研究，桃園：中央警察大學出版。
- 林元祥、陳建志，（2003）建築物區劃空間結構防火失敗之預測，*風險管理學報*，5（1）：65-89。
- 林貝珊，（2013）原住民族部落自然資源治理的社會網絡與人地關係：台灣花蓮縣銅門村溪流保育與推動慕谷慕魚自然人文生態景觀區為例，國立台灣大學地理環境資源研究所博士論文。
- 林冠慧、張長義，（2015）脆弱性研究的演變與當前發展，*地理學報*，77（1）：49-82。
- 林俊全、莊振益、李建堂，（2014）氣候變遷與災害防救，台北：五南，初版一刷。
- 林慶元，（2001）高層建築物防火構造與材料，*高樓建築防火研討會論文集*，16。
- 李宗勳，（2015）災防的韌性治理與風險分擔之關聯及實證調查，*警察行政管理學報*，11（1）：1-20。
- 周柏年、林元祥、黃伯全，（2012）居室火災人員避難失敗之隨機型評估—以煙層溫度與火源輻射熱觀之，*警學叢刊*，42（5）：1-15。
- 陳亮全、陳海立，（2007）易致災都市空間發展之探討:以台北盆地都市水災行程為例，*都市與計畫*，34（3）：293-315。
- 陳亮全，（2014）*韌性都市概念落實*，台北：余紀忠文教基金會。
- 郭光明，（2014）從社會網絡分析養殖社區水災回復力之運作—以屏東縣東港、林邊、佳冬為例，台北大學不動產與城鄉環境學系碩士論文。

- 童慶斌，（2014）國科會台灣氣候變遷科學報告第二版，取自於http://taiccat.ncu.edu.tw/files/archive/381_82a2e6df.pdf。（2015年4月11取得）。
- 葉欣誠，（2015）*災害防救體系之運作*，新北市2015災害管理國際研討會，台灣：新北市，9月16日。
- 黃泰霖，（2012）系統韌性概念回顧與災防策略之省思，*災害防救電子報*，88(1)：1-11。
- 蔡綽芳、洪鴻智、賴深江、簡長毅、洪至萱、蔡豐宇，（2015）*面對天然災害之韌性都市建構策略與評估*，新北市：內政部建築研究所。
- 張濱懷，（2009）*颱風災害影響下流域回復力指標系統建構之研究—以淡水河流域為例*，台北大學碩士論文。
- 張學聖、廖晉賢，（2014）複合性災害評估架構研究：莫拉克風災為例，*都市與計劃*，43(3)：305-327。
- 楊靜怡，（2009）*颱風災害回復力之評估—以台中市、台中縣龍井鄉與東勢鎮為例*，台北大學碩士論文。
- 楊國珍、葉禎輝，（2003）鋼結構火害安全檢測與評估補強，*鋼結構會刊*，15：71-90。
- 蔡承勳，（2015）*水梯田聚落環境變遷回復力之研究*，台灣大學碩士論文。
- 蘇鈺鈞，（2012）*鐵捲門於防火區劃中受火熱變形之研究*，國立交通大學碩士論文。
- Adger, W. N. (2000) .Social and Ecological Resilience: Are they Related? *Progress in Human Geography*, 24 (3) , 347-364.
- Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., Rockstrom, J. (2005) .Social-ecological Resilience to Coastal Disasters, *Science*, 309, 1036–1039.
- Ainuddin S. and Routray J. K. (2012) . Community Resilience Framework for an Earthquake Prone Area in Baluchistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2 (1) , 25–36.
- Alfredo H. S. Ang and Wilson H. T. (1984) . *Probability Concepts in Engineering Planning and Design Volume II : Decision, Risk, and Reliability*, John Wiley & Sons, 335-340.

- Berkes, F. and C. Folke. (eds.) (1998) . *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Berkes, F., J. Colding and C. Folke, (2003) . *Navigating Social-ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Boschma, R. (2014) . *Towards an Evolutionary Perspective on Regional Resilience*, Sweden: Lund University.
- Bruneau, M., Chang, S., Eguchi R., Lee G., O' Rourke, T., Reinhorn, A., Shinozuka M., Tierney, K. and Wallace, W. (2003) . A Framework to Quantitatively Assess and Enhance Seismic Resilience of Communities, *Earthquake Spectra*, 19, 733-752.
- Buchanan, A.H. (2001) . *Structural Design for Fire Safety*, West Sussex, UK: John Wiley and Sons.
- Buchanan, A.H. (2008) . The Challenges of Predicting Structural Performance in Fires, Ninth International Symposium on Fire Safety Science, Karlsruhe, Germany. September, 77-90.
- Buckle, P., Graham, M., Smale, S. (2001) . *Assessing Resilience and Vulnerability: Principles, Strategies and Actions*, Emergency Management Australia, Department of Defense Project, Australia.
- Cashman A.C. (2011) . Case Study of Institutional and Social Responses to Flooding: Reforming for Resilience? *Journal of Flood Risk Management*, 4, 33-41.
- Carpenter, S. R., Walker, B. H., Anderies, J. M. and Abel, N. (2001) . From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4, 765-781.
- CARRI. (2011) . *Community Resilience System Initiative (CRSI) Steering Committee Final Report — a roadmap to increased community resilience*, Community & Regional Resilience Institute, Washington.
- Comfort, L. K., Sungu, Y., Johnson, D. and Dunn, M. (2001) . Complex Systems in Crisis: Anticipation and Resilience in Dynamic Environments, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 9, 144-158.

- Corotis, R. (2011) . Conceptual and Analytical Differences between Resiliency and Reliability for Seismic Hazards, Structures Congress 2011, 2010-2020.
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., and Webb J. (2008) . A Place-based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters, *Global Environmental Change*, 18 (4) , 598-606.
- Cutter, S. L., Burton, C. G., and Emrich, C. T. (2010) . Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions, *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7 (1) , 51.
- De Sanctis, G., Faber, M.H. and Fontana, M. (2014) . Assessing the Level of Safety for Performance Based and Prescriptive Structural Fire Design of Steel Structures, *Fire Safety Science 11*, European Science and Research Institute.
- Folke , C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S. and Walker, B. (2002) . Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations, *Human Environment*, 31 (5) , 437-440.
- Folke, C. (2006) . Resilience: The Emergence of a Perspective for Social-ecological Systems Analyses, *Global Environmental Change*, 16 (3) , 253-267.
- Frantzich, H. (1998) . Risk Analysis and Fire Safety Engineering, *Fire Safety Journal*, 31, 313-329.
- Gerard, R., Barber, D. and Wolski, A. (2013) . Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings, San Francisco: Arup North America Ltd.
- Gunderson, L. H., and Holling, C. S., (ed.) (2002) . *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Washington, D.C.: Island Press.
- Hietaniemi, J. and Mikkola, E. (2010) . Design Fires for Fire Safety Engineering, VTT Working Papers 139.
- Holling, C. S. (1973) . Resilience and Stability of Ecological Systems, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.
- Janssen, M. A., Schoon, M. L., Ke, W. and Borner, K. (2006) . Scholarly Networks on Resilience, Vulnerability and Adaptation Within the Human Dimensions of Global Environmental Change, *Global Environmental Change*, 16, 240-252.

- Klein, R. J. T., Nicholls, R. J. and Thomalla, F. (2003) . Resilience to Natural Hazards: How Useful is this Concept? *Environmental Hazards*, 5, 35-45.
- Kuhlicke C. (2010) . Resilience: A Capacity and a Myth: Finding From an In-depth Case Study in Disaster Management Research, *Natural Hazards*, 67 (1) , 61-76.
- Lin, P. S. (2013) . Exploring Social Relations in the Planning Process of Local Protected Area in Indigenous Community: A Social Network Perspective on Conservation, *International Geographical Union Regional Conference*, Kyoto, Japan, 8,4-9.
- Lin, P. S. (2014) . *Bridging Indigenous and Sustainability Sciences Together for Sustaining Resilient Landscapes and Livelihood in Rapidly Changing Social-ecological Systems*, In: Johnson, J. T. ed. *Weaving Indigenous and Sustainability Sciences: Diversifying our Methods*, National Science Foundation, USA.
- Lin P. S. (2015) . *Ecosystem's Role in Empowering Communities to Face Global Environmental Change: Community-based Ecological Mangrove Restoration in Thailand*, In: Daniels, J. A. ed. *Advances in Environmental Research 40*, Nova Science Publishers, USA.
- Lin, P.S. and Liu, Y. L. (2016) . Niching Sustainability in an Indigenous Community: Protected Areas, Autonomous Initiatives, and Negotiating Power in Natural Resource Management, *Sustainability Science*, 11, 103-113.
- Manyena, S. B. (2006) . The Concept of Resilience Revisited, *Disasters*, 30 (4) , 434-450.
- Mayunga, J. S. (2007) . Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A Capital-based Approach, *Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building*, 1-16.
- Mileti, D.S. (1999) . *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*, Natural hazards and disasters, Washington,DC: Joseph Henry Press.
- Miller, F., H. Osbahr, E. Boyd, F. Thomalla, S. Bharwani, G. Ziervogel, B. Walker, J. Birkmann, S. van der Leeuw, J. Rockstrom, J. Hinkel, T. Downing C. Folker, and D. Nelson. (2010) . Resilience and vulnerability: Complementary or Conflicting Concepts? *Ecology and Society*, 15 (3) , 11.

- Milman, A., Short, A. (2008) . Incorporating Resilience into Sustainability Indicators: An Example for the Urban Water sector, *Global Environmental Change*, 18, 758-767.
- Nelson, D. R., Adger, W. N., and Brown, K. (2007) . Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework, *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 395-419.
- Parker, M. (2000) . *Organizational Culture and Identity: Unity and Division at Work*, London: SAGE Publications Ltd.
- Penning-Rowsell, C., and Fordham, M., (eds.) (1994) . *Floods across Europe: Hazard Assessment, Modeling and Management*. London, UK: Middlesex University Press.
- Perring, C. (2001) . *Resilience and Sustainability*, in H. Folmer, H.L., Gabel, S. G. and A. Rose, *Frontiers of Environment Economics*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Rose, A. (2004) . Defining and Measuring Economic Resilience to Disasters, *Disaster Prevention and Management Journal*, 13 (4) , 307-314.
- Rose, A. and Liao, S.Y. (2005) . Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions, *Journal of Regional Science*, 45 (1) , 75-112.
- Tierney, K. and Bruneau, M. (2007). A key to Disaster Loss Reduction. *TR News*, 14-18.
- Timmerman, P. (1981) , *Vulnerability, resilience and the collapse of society*, Toronto: University of Toronto, Institute of Environmental Studies, Research Paper.
- Turner II, B. L. (2010) . Vulnerability and Resilience: Coalescing or Paralleling Approaches for Sustainability Science?, *Global Environmental Change*, 20 (4) , 570-576.
- UNISDR. (2005) , *Hyogo framework for action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters*, Geneva, Switzerland: UNISDR.
- Wang, S. H., Huang, S. L. and Budd, W. W. (2012) . Resilience Analysis of the

Interaction of Between Typhoons and Land Use Change, *Landscape and Urban Planning*, 106, 303-315.

Wright, M. and Masten, A. (2005) . Resilience Processes in Development. *In: Handbook of Resilience in Children*, 17-37.

Zolli, A. and Healy, A. M. (2012) , *Resilience: Why Things Bounce Back*. UK: Business Plus.