



東海大學

環境科學與工程學系

碩士論文

區域性沿海水資源永續發展管理指標建立

— 以彰化沿海溼地為例

Building a Local Coastal Water Resources Sustainable Management

Indicator — A Case Study at Changhua Coastal Wetlands

研究生：陳品雯

指導教授：陳鶴文 博士

陳維燁 博士

中華民國 107 年 7 月

東海大學碩士班研究生
論文指導教授推薦書

環境科學與工程學系陳品雯君所提之論文

題目：區域性沿海水資源永續發展管理指標建立－以彰化沿海溼地為例

Building a Local Coastal Water Resources Sustainable Management Indicator—A Case Study at Changhua Coastal Wetlands

係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授：_____（簽章）

陳品雯

107 年 7 月 7 日

東海大學環境科學系碩士班

論文口試委員審定書

環境科學與工程學系碩士班陳品雯君所提之論文

題目：區域性沿海水資源永續發展管理指標建立—以彰化沿海溼地為例

Building a Local Coastal Water Resources Sustainable Management Indicator—A Case Study at Changhua Coastal Wetlands

經本委員會審議，認為符合碩士資格標準。

論文口試委員召集人 王厚傳 (簽章)

委員 王厚傳

邱仁杰

傅小輝

陳鶴文

中華民國 107 年 7 月 7 日

致謝

在東海研究所的這段時間，非常感謝老師們總是願意在百忙之中撥空關心我的論文進度，在我遇到困難時為我指點方向，也教導我許多做研究時的技巧與方法，讓我在這兩年之間學會利用系統的方式來進行統整性的思考，也因此得以完成我的論文。

接著要感謝幫我填寫專家問卷的專家學者們，雖然我們素未謀面，但你們依然願意耐心地完成我冗長的問卷，讓我可以順利地完成研究，真的非常的感謝。同時，也要感謝我的口試委員，在論文的最後階段提供給我許多寶貴的意見和建議，讓我的論文可以更完整地呈現以接近專業的水準，也非常感謝諸位委員對我論文的肯定，讓我對自己的成果更加有信心。

最後，我要感謝研究室的學長姐們和同學，從我剛開始進入研究室時懵懵懂懂的，到現在即將要離開，在這段既漫長又短暫的學習路上，非常感謝有你們的相伴，一起歡笑、一起努力也一起成長，特別是在對論文感到迷茫的時刻，可以從你們身上得到許多不同角度的思考，如果沒有你們的幫助、建議與鼓勵，就不會有我現在的成果。

陳品雯 謹致

中華民國 107 年 7 月

摘要

水資源是人類生存不可或缺的重要條件之一，沒有足夠量的水或是一定品質的水，都會造成我們生存上的困難，也因此水資源管理長久以來都是受到各界關注的議題。本研究是以彰化沿海的 6 個鄉鎮作為研究樣區，彰化海岸溼地是全台灣最大的潮間泥灘地，不論在生態、經濟或是水資源維護方面皆具有重要價值，然而，在彰化北部海岸則是填海造陸的彰濱工業區，橫跨了伸港、線西及鹿港 3 個鄉鎮，對此如何在此處達到社會經濟發展與環境資源之間的平衡便是個值得探討的重要議題。本研究目的為利用 DPSIR 建立區域水資源永續發展指標，希望透過指標對沿海區域的水資源發展進行管理，並找出改善區域水資源發展的最佳策略，以邁向區域水資源的永續。本研究以永續發展指標 DPSIR 架構，設立出區域水資源發展管理指標，包含 5 個面向，共 25 個指標項目，並透過專家問卷來建立指標項目間的關聯，藉此探討指標間相互影響之因果關係，發現水利用效率的調整是在面臨環境衝擊時可以最快速減緩衝擊的策略。同時研究收集樣區 2016 年資料進行樣區發展情況分析與探討，發現在彰化沿海北部為人口較密集的區域且較多工業發展，在水資源的發展中缺乏對濕地資源的保存，而在彰化沿海南部的區域則是以農業發展居多，雖水資源永續發展情況佳，但仍須調整水資源使用效率。

關鍵字：沿海水資源、永續發展、指標、DPSIR

Abstract

Taiwan is an island country which has rich coastal resources. However, social and economic development in recent years have led to changes in topography, geomorphology or hydrology in some areas. Furthermore, Taiwan is a high-population country which has topography steep slopes and concentrated rainfall, and the length of rivers in Taiwan are short that the rain flows into the sea quickly. Compared to other countries, Taiwan is poor in water resources. In order to manage the quality of water resources, which are applied for much purpose, the objective of this study is to build a set of water resources management indicators for Taiwan coastal areas. These indicators are established based on method of Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) and expert questionnaire. The research set up 25 indicators to describe water resources management, and these indicators are separated into DPSIR framework. We found that we can simplify complex environment issues through the DPSIR framework, and find out the best strategy for improvement by analyzing the relationship between indicators. For example, strategies such as adjusting water use efficiency can mitigate impacts most quickly in the face of environmental impacts.

Keywords: Water Resources Management, Sustainable development, Indicator, Driver-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR

總目錄

第一章	緒論	1
1.1	研究緣起	1
1.2	研究目的	2
第二章	文獻回顧	3
2.1	永續發展的概念與緣起	3
2.2	水資源永續發展管理	5
2.3	指標原理與概念	7
2.4	DPSIR 指標框架	9
2.4.1	DPSIR 框架的歷史和演變	9
2.4.2	DPSIR 框架的應用	12
2.5	小結	16
第三章	研究方法	17
3.1	研究區域背景	17
3.2	研究架構	19
3.3	DPSIR 指標架構建立	21
3.4	指標項目設定及定義	22
3.5	指標關聯建立	23
3.5.1	問卷評估形式	23
3.5.2	專家問卷整合方式	26
3.6	水資源發展情況分析	27
第四章	結果討論	29
4.1	DPSIR 指標架構建立	29
4.2	指標項目設定	31

4.3	指標關聯建立.....	35
4.3.1	受訪者設定與專家問卷發放.....	35
4.3.2	專家意見整合.....	36
4.4	水源發展情況分析.....	43
第五章	結論與建議.....	53
5.1	結論.....	53
5.2	建議.....	55
第六章	參考文獻.....	56
附錄	59



表目錄

表 3.1 DPSIR 指標框架定義.....	21
表 3.2 問卷評估形式.....	25
表 3.3 指標得分情況說明.....	28
表 4.1 指標架構及定義表.....	29
表 4.2 狀態指標架構及項目定義表.....	31
表 4.3 驅動力 and 壓力指標架構及項目定義表.....	32
表 4.4 影響指標架構及項目定義表.....	33
表 4.5 回應指標架構及項目定義表.....	34
表 4.6 問卷發放表.....	35
表 4.7 驅動力指標(D)對壓力指標(P)影響之程度.....	36
表 4.8 壓力指標(P)對狀態指標(S)影響之程度.....	37
表 4.9 狀態指標(S)對影響指標(I)影響之程度.....	38
表 4.10 影響指標(I)對回應指標(R)影響之程度.....	39
表 4.11 回應指標(R)對所有指標影響之程度.....	41
表 4.12 研究樣區驅動力指標(D)情況.....	44
表 4.13 研究樣區壓力指標(P)情況.....	45
表 4.14 研究樣區狀態指標(S)情況.....	46
表 4.15 研究樣區影響指標(I)情況.....	48
表 4.16 研究樣區回應指標(R)情況.....	49
表 4.17 研究樣區整體水資源發展情況.....	52

圖目錄

圖 2.1 永續發展面向	4
圖 2.2 利害關係者與管理目標之確認	6
圖 2.3 PSR 架構	10
圖 2.4 DPSIR 架構示意圖	12
圖 3.1 研究樣區	18
圖 3.2 研究流程圖	20
圖 3.3 DPSIR 架構關聯示意圖	24
圖 3.4 DPSIR 架構正負影響示意圖	28
圖 4.1 指標框架關聯	30
圖 4.2 區域水資源永續發展管理指標關聯圖	42
圖 4.3 研究樣區各面向之水資源發展情況	50
圖 4.4 研究樣區整體水資源發展情況	52

第一章 緒論

1.1 研究緣起

水資源是人類生存不可或缺的重要條件之一，沒有足夠量的水或是一定品質的水，都會造成我們生存上的困難。

台灣雖然四面環海，梅雨季節和颱風都能夠帶來豐沛的雨量，但由於台灣地勢上山坡陡峭，再加上雨勢較集中，因此河流短且急促，大部分的雨水都直接流入海洋，難以保留利用。此外，台灣土地面積狹小，但人口數卻很高，在人口密度高的環境下，水資源的競爭自然也提升，因此台灣在國際中被認為是缺水的地區。

水資源管理長久以來都是受到各界關注的議題，對台灣來說亦是如此，若能有效的調配和管理不但可以減少水資源的浪費，也能提升水資源的使用效率。在這之中沿海區域是一個非常特別的地帶，由於潮汐的變化，一半的時間屬於陸地，一半的時間又歸向海洋，使其成為生機蓬勃之處，具有豐富的生態，同時，沿海濕地也具有淨化水質的功能，是相當重要的環境資源。在台灣海岸溼地中，彰化海岸溼地範圍涵蓋大肚溪南岸、漢寶濕地、芳苑濕地及大城濕地，是全台灣最大的一處潮間泥灘地，然而，在彰化北部海岸則是有填海造陸的彰濱工業區，橫跨了伸港、線西及鹿港 3 個鄉鎮，因此如何在此處達到社會經濟發展與環境資源之間的平衡便是個值得探討的重要議題。

1.2 研究目的

本研究主要目的為建立區域沿海水資源永續發展指標，透過永續發展指標 DPSIR 架構，建立起適用於區域性沿海水資源發展的管理指標。指標建立完成後，透過指標之間的關聯建立，探討各指標之間相互影響的因果關係，同時利用研究所建立的指標來探討區域沿海水資源的現況，並對沿海區域的水資源發展進行管理，以此找出改善區域水資源發展的策略，以邁向區域水資源的永續。



第二章 文獻回顧

2.1 永續發展的概念與緣起

隨著人類社會近幾年的迅速發展，為了促進經濟上的發展，自然資源的開發與消耗不斷地增加，然而，這樣的發展已遠遠超出了環境所能負荷的程度，若我們持續無節制地開發環境資源，很有可能會對環境帶來不可逆的傷害以及破壞。

對此，世界環境與發展委員會(World Commission on Environment and Development, WCED)於 1987 年發表「我們共同的未來(Our Common Future)」一書，當中提出了永續發展(Sustainable Development)的概念，並將其定義為：「在不損害後代滿足自身需求的前提下，滿足當前需求的發展」，同時也提出永續發展應包括三個原則：

- (1) 公平性—就社會層面而言，主張資源的公平分配，使後代始後代能夠滿足生存的基本需求
- (2) 永續性—在經濟層面，透過資源的有效利用，生產具有高附加價值的產品，並以保護地球自然系統為前提，建立可持續的經濟發展
- (3) 共同性—在自然環境與生態層面，主張人類與自然環境能夠和諧地共存。

(Keeble 1988)

因此在永續發展的理念之下，環境、社會和經濟 3 個層面的發展為探討的重點，透過三個面向的協調發展，在環境資源的保護和人類社會發展中取得平衡，就可以確保地區永續發展的可能性。

而後，許多專家學者開始針對永續發展進行探討，其中，Giddings 等人(2002)

認為經濟依賴於社會，而社會則依賴於環境，環境、經濟和社會三個面向並非獨立存在，而是有著密不可分的關係。Haubrich 等人(2008)認為永續發展的概念是動態的，因此可以根據觀點的不同，而對永續發展的概念有不同的理解。此外，Ait-Kadi (2016)也提到，要使永續發展目標成功，必須要認識到，環境議題之間的關聯性，並非只要使用單一的方法就可以獲得良好的改善。永續發展的三大概念如下圖 2.1 所示：

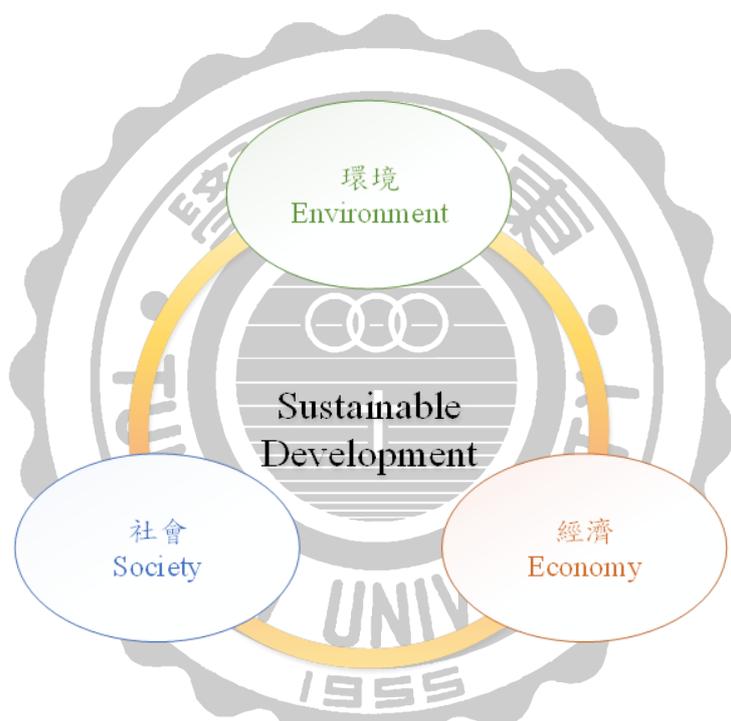


圖 2.1 永續發展面向

2.2 水資源永續發展管理

在人類的發展之中，水是一項不可或缺的資源，也是人類生存的基本需求之一，除了影響社會經濟的發展外，也對我們的生存至關重要，然而，水資源是一種有限的自然資源，並非取之不盡用之不竭，在近幾十年以來，人類對水資源的需求不斷地增加，但水資源的可用性和質量卻正在下降，是由於人口的增長、都市發展和工業化等因素(Peterson and Schoengold 2008)。由於這樣的水資源可用性與水需求之間的不平衡，導致許多地區正面臨著水資源缺乏的問題，也成為了世界上最緊迫的問題之一(Peterson and Schoengold 2008)。從水目標在 2015 年被納入聯合國發展議程中，就能展現了水資源這項議題對人類發展的重要性(Ait-Kadi 2016)。

世界水資源開發報告(World Water Assessment Programme, WWAP)(2003)提出，水資源綜合管理的目的為：「在不損害生態系統永續性的前提下最大限度地發揮用水的經濟效益和社會福利」。針對當前水資源缺乏的問題，若能有效地水資源管理不僅可以對水資源進行控制，提升水資源的使用效率，同時也可以減少水資源的浪費，達到水資源的永續發展。(Pires and others 2017)

Lambooy (2011)對 20 家荷蘭的跨國性公司進行調查，發現他們大多數都已經對水資源進行監測和控制的措施，以減少企業在用水方面的浪費。Gani and Scrimgeour (2014)探討不同的治理方式對水資源品質改善的影響，他們發現政策的制定對於發展中地區的水資源品質改善具有極大的影響力，比起水資源受到污染後才進行整治工作，在水資源尚未被污染之前就對其進行控制和管理才是

更加有效的方式。而 Pahl-Wostl 等人(2013)認為目前水資源管理在知識層面的已經有一個良好的基礎，未來應該更致力於將現有的知識，轉化推進為具體的行動，來解決當前所面臨的水資源缺乏問題。

然而水資源管理的一個關鍵問題在於他會涉及許多不同背景的利益關係者，例如：決策者、規劃者、管理者以及民眾(Taravati and Eiafati 1998)，每個利益關係者所專注的目標都不同，為了使來自不同背景的利益關係者們可以充分的參與水資源的管理，以及水資源管理的順利進行，需要透過某些工具來達到利益關係者之間的有效溝通與意見整合。其中，UNICEF (2003)認為指標是一個有利的工具，不僅可以有效的對水資源的狀態進行管理和控制，同時也可以將複雜的資訊簡化，使利益關係者可以更效率的進行溝通。

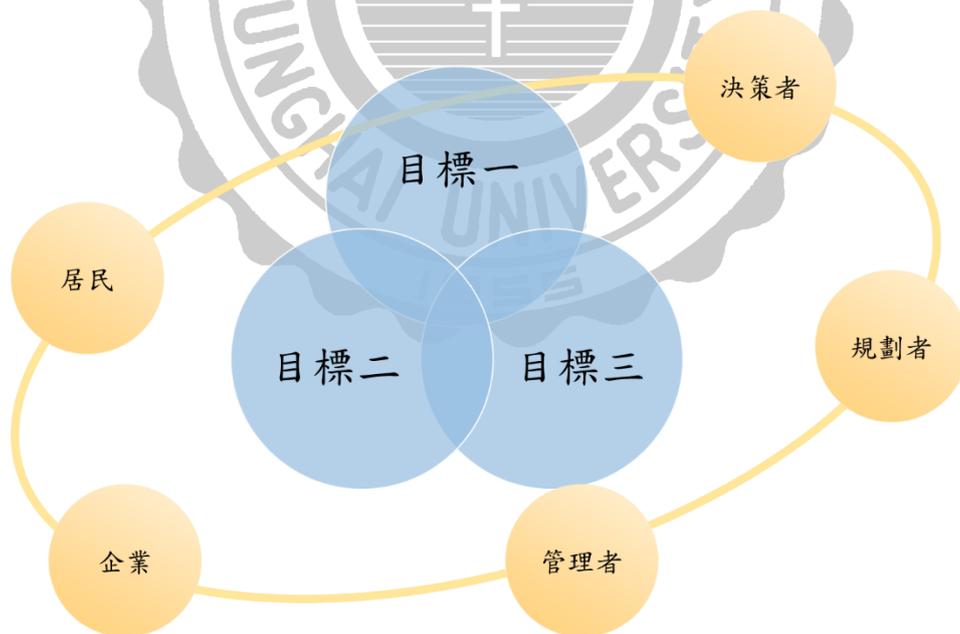


圖 2.2 利害關係者與管理目標之確認

2.3 指標原理與概念

經濟合作發展組織 OECD(1997)最先對環境指標定義：「指標是一個參數，或是從參數中得到的值，比直接給定參數值具有更高的意義，可以用來觀察或描述環境、現象或是區域的狀態」，是目前最廣受認同的環境指標定義。

從指標的定義中，可以知道指標這項工具能夠將較為複雜或抽象的環境、現象或是區域的狀態進行較為具體化地描述，此外透過指標的設立我們可以更準確地觀察我們所關注的議題。Franceschini 等人(2007)也提出了指標作為一個管理工具的三個基本功能：

- (1) 控制：使管理者和操作者能夠評估和控制他們所負責的資源績效
- (2) 溝通：對內、外部利益相關者傳達績效
- (3) 改進：指標所提供的訊息和回饋可以理想地辨別出績效和期望之間的差距大小及其方向(正或負)，可用於觀察生產程序以進行調整或其他動作。

對永續發展管理的議題而言，指標不但可以將抽象的環境概念和永續發展概念，透過指標的設立來實現更具體化項目的探討，同時也大幅降低了利益相關者在探討議題時，因所處環境之背景差異而導致的溝通問題。此外決策者和管理者也可以藉由指標來觀察區域的資源狀態，一旦發現問題就可以立即針對缺失之處進行控制和管理的應對措施。

由於指標這項工具在永續發展管理層面的各項優勢，在近年來已經被大量的運用在環境資源管理和永續發展的議題探討層面。Greaker 等人(2013)利用康德氣候政策指標，以國家對溫室氣體預算、溫室氣體排放價格，以及國外的溫室氣體排放等因素，試圖訂立出國家氣候政策的基準。Căilean and Teodosiu (2016)利用指標結合碳足跡，探討羅馬尼亞的固體廢棄物管理，當中探討了需求、消費和廢棄物之間的關聯性，以及系統的永續性的評估，並與歐盟進行比較。Ting 等人(2015)利用指標建立一套評估台灣水產養殖漁業的指標，分別從生態、經濟、社會與制度四大面向，探討台灣養殖漁業的 5 年之間的狀態和變化。

然而指標雖可大幅簡化複雜的資訊，但若指標零散而沒有架構也會導致在觀察與分析時花費大量時間，特別是在永續發展的議題討論時，因涉及了許多層面的探討，因此更加需要一個具有系統性的指標架構。美國為最優先發展永續發展指標的地區，整合國內的各項指標，收先分為經濟、環境與社會三大範疇，再將指標以 PSR 架構來進行探討(Mitchell 1996)。而葉欣誠 (2007)也將永續發展指標分為社會、經濟、環境與制度四個面向來進行架構，並建立出台灣永續發展的評估指標。

2.4 DPSIR 指標框架

驅動力-壓力-狀態-影響-回應(Driver-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR) 框架是經濟合作與發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)(1993)和歐洲環境局(European Environment Agency, EEA)(1995)為社會生態系統的適應性管理而開發的工具。

DPSIR 指標框架是一個具有系統性的綜合指標架構工具，他的特點就在於使用因果框架來描述社會與環境之間複雜的相互作用，不僅可以將零散的指標以更具系統性的方式組織架構，同時也可以透過觀察系統中指標相互影響的因果關係，來探討我們所關注的議題，幫助我們更快速理解系統之間的相互作用情況，並有助於思考地區規劃和管理策略的制定。(Pandey and Shrestha 2016)

2.4.1 DPSIR 框架的歷史和演變

DPSIR 框架發展之初為 1979 年加拿大統計局所提出的狀態-回應(SR)框架，他們認為觀察環境的永續發展需要建立一個環境統計的體系，且這個體系需要與社會和經濟的數據相互結合，來達到宏觀的資訊系統應用，因此他們結合了環境狀態報告、自然資源帳戶和國民經濟會計等資訊，建構出一套完整的生態指標(Friend and Rapport 1991)。

隨著時間的推移，經濟與合作發展組織(OECD)將其改編為壓力-狀態-回應(PSR)模型，增加了一項壓力(P)的架構，並使用這一組核心指標來評估環境績效(Performance 1993)，闡述人類活動所造成的環境壓力、環境狀態與社會針對此狀

態所做出的回應。三者的定義及其之間的因果關係如下列敘述與圖 2.3 所示：

1. 壓力：描述人類活動的環境壓力，包括自然資源的質量和數量
2. 狀態：描述環境現狀、資源的品質和數量以及其隨著時間的變化
3. 回應：顯示社會對環境的關注程度，以及對環境變化的反應程度

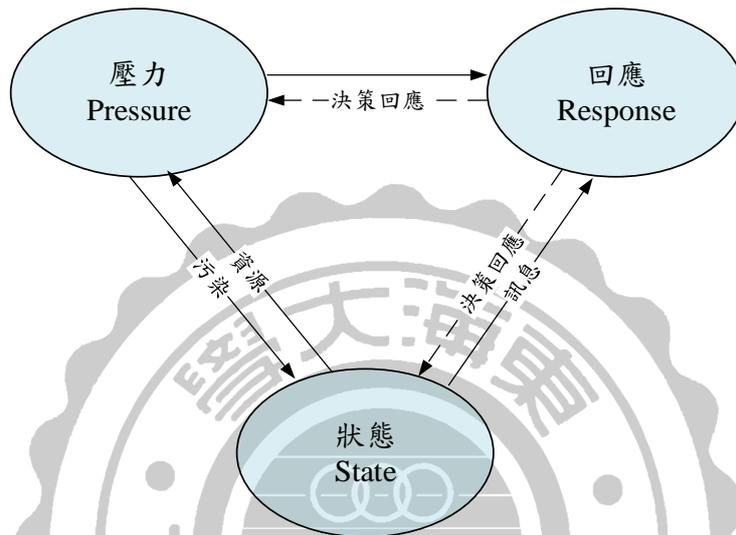


圖 2.3 PSR 架構

Hughey 等人(2004)利用 PSR 模型調查紐西蘭的環境狀況，並且以問卷方式收集紐西蘭人對於環境和環境管理的看法，最後將環境訊息以及紐西蘭人對環境的認知進行連結，除了調查環境本身的發展狀態，同時也可以幫助政策的實施與制定。Wolfslehner and Vacik (2008)也利用 PSR 框架探討森林的永續經營，比較四種不同的策略對森林發展的差異，他們發現了一些造成系統壓力的原因，如：森林道路的建設會為系統帶來壓力，影響針葉物種的優勢。同時，他們也提出了一些可以改善系統的方向，如：透過提升樹木對氣候變化的適應性可以增加自然生長的樹木面積。他們認為 PSR 框架雖能以因果關係的方式顯現資訊，但僅以三個面向進行探討仍然太過於簡化環境議題，在實際環境操作的可用性可能也

會大打折扣。

如今我們所使用的 DPSIR 模型框架，可以分為五個面向：驅動力(Driving force)、壓力(Pressure)、狀態(State)、影響(Impact)、回應(Response)，是由歐洲環境局增加了兩個新的組件，即驅動力(D)和影響(I)，以幫助決策者識別人與自然系統之間的因果關係，並協助人們評估永續發展的進展(Gari and others 2015)。

歐洲環境局(2003)對 DPSIR 框架中每個類別的定義如下：

1. **驅動力(Driving force)**：驅動力描述社會中的人口、經濟發展以及生活方式，他是驅使環境產生直接影響的活動，也是導致環境壓力的根本原因，如農地、能源、工業、交通等。
2. **壓力(Pressure)**：壓力是指在人為發展引起的直接壓力，或是自然環境中的相關影響。一般來說，可用資源的枯竭、過度開發和氣候變化等都可以被認為是系統的“壓力”，例如：物質排放、資源的利用以及土地的利用。
3. **狀態(State)**：狀態描述了一個區域內主要由人類活動引起的環境的狀況和趨勢，包括物理狀態(如溫度)、化學狀態(如大氣 CO₂ 的濃度)和生物狀態(如魚類數量)。
4. **影響(Impact)**：是指由於自然環境狀況的變化而造成對人為系統的影響，如人類和生態系統健康、資源可用性、製造資本損失和生物多樣性。環境的影響在不同系統會隨著地理、經濟和社會狀況，其變化趨勢以及適應變化的能力會有所不同。
5. **回應(Response)**：回應是指社會中的群體或是個人為了修改驅動力的行為、

減少或是預防壓力、恢復或影響狀態、減輕或減少影響，所採取的補償、改善或適應行動。

透過框架的五個面向，可以連結出環境事件中各個組成之間的因果關係，如圖 2.4 所示：環境或是社會的驅動力(D)會產生出壓力(P)如一些物質的排放或是污染，而這些環境的壓力會改變環境的狀態(S)，進而對社會與環境帶來了一些衝擊與影響(I)，這樣的影響會刺激社會做出相對的回應(R)，以修改或是替代驅動力，並且消除、減少或是預防壓力的產生，使狀態能夠維持並減少影響的程度。

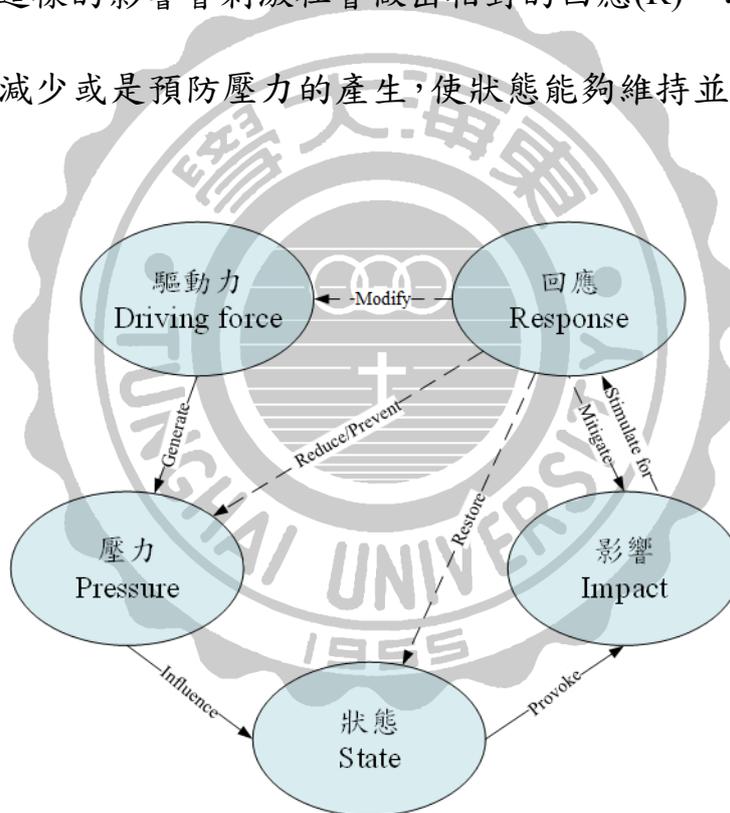


圖 2.4 DPSIR 架構示意圖

2.4.2 DPSIR 框架的應用

DPSIR 能使環境與經濟模式之間形成關聯，並引導學者和決策者思考之間的因果關係(Sun and others 2016)，非常適合做為大尺度系統的環境管理，也因此

它是有助於將環境保護與社會經濟發展相結合的一種工具。

Borja 等人 (2006)利用 DPSIR 模型來分析西班牙巴斯克地區 12 個過渡區和 3 個沿海水體的壓力和影響，其主要目的為評估到 2015 年未達到“水框架指令(Water Framework Directive, WFD)”目標的風險，並篩選出具有高度風險的水體。Mangi 等人 (2007)使用 DPSIR 框架來分析肯尼亞沿海漁業的社會經濟問題、環境變化和政策措施，並開發可以為肯尼亞的漁業管理提供客觀資訊的指標，該指標可以清楚地顯示肯尼亞的社會經濟和生態條件以及其他熱帶珊瑚礁生態系統，也透過指標發現當地的主要問題可能來自過度捕撈以及在珊瑚礁中使用破壞性漁具。

DPSIR 架構的優點之一是將環境問題的因果關係用簡單的方式描述清楚，可以作為利益相關者、研究者以及決策者之間的溝通工具，同時也能使管理者做決策時更加容易。也因此，DPSIR 的模型框架被研究人員廣泛運用於永續發展、水資源管理以及生物多樣性等各式的環境相關議題的研究中。

于伯华 and 吕昌河 (2004)以 DPSIR 模型探討中國區域農業的永續發展，將造成農業系統發生變化的原因作為驅動力，並且分成自然驅動力以及經濟驅動力，而壓力則是其他經濟活動在資源利用上與農業的競爭，特別是水土資源的競爭，在驅動力以及壓力下農業系統環境的狀況則為狀態的表現，而影響是描述出農業系統變化對人類生產與生活的反應，由於影響可能會對人類健康造成危害，因此為實現系統的永續發展，人類調整自身的行為社會的回應，這些調整包括直接調整和間接調整，諸如農業結構調整、消費結構調整以及改變農業稅收等策略。

然而，有時候儘管研究中都是使用歐洲環境局(EEA)對 DPSIR 的定義來進行指標選擇，但由於環境議題的複雜性，有時候很難將一個指標單純的歸類在某一個面向，再加上每個研究所專注的重點不同，因此實際的運用上仍然會發現同樣一個指標項目，在不同的研究中被歸類在不同的面向，例如：Haase and Nuisl (2007)將土地利用改變的指標分類在驅動力，但 Omann 等人(2009)則將其歸類於壓力。

雖然 DPSIR 架構已經被廣泛運用於環境議題的研究之中，但仍有些研究認為 DPSIR 有不足之處，包含該架構僅以簡單的線性因果鏈呈現，難以完全套用在複雜的環境問題中；無法明確解釋環境問題中的因果關係；以靜態指標做為基礎無法考慮到環境的變化或動態；除非定期對重複指標進行研究，否則無法捕獲環境趨勢(Gari and others 2015)。

不過本研究認為 DPSIR 架構之所以受到廣泛運用以及各界認可，也是因為

它具有幾項優勢，包括能夠在複雜的環境問題中建立強而有力的框架、聯結並整合社會與環境、提供環境問題因果關係的思考，以及促進生態、人類活動和社會之間的衡量，同時，DPSIR 的指標框架發展至今已十餘年，是目前發展較為成熟同時也是受到國際間認可的指標框架。



2.5 小結

隨著人類社會和經濟的快速發展，環境的問題層出不窮，終於在近年來逐漸受到重視，也使得永續發展成為近年來國際間的重要議題，尤其“水資源”為人類生存的必要條件之一，因此水資源的永續發展管理更是不可或缺。

水資源的永續管理是一個牽涉到多個層面的議題，包含社會、經濟以及環境，在這個過程中會有許多不同的利益關係者參與，如何達成利益關係者之間的有效溝通，讓水資源永續發展的管理過程更加順利，是一個重要的關鍵，此外由於現實環境的複雜性，以及隨著時間改變的動態特性，也使得永續發展議題的探討變得更加困難。

透過 DPSIR 指標框架來探討水資源的永續發展管理，首先，指標這項工具，我們可以簡化複雜的資訊，讓指標做為利益關係者參與水資源管理的橋梁，也可以透過指標來觀察環境的狀態，達到控制與管理的目的，而指標框架讓指標有了更系統性的架構，使我們在探討議題時可以更快速了解情況或是發現問題，特別是 DPSIR 指標框架，將複雜的環境議題區分為五大構面：驅動力、壓力、狀態、影響與回應，除了可以讓我們快速觀察及瞭解區域的情況，也可以將系統中的因素建立起線性的因果關聯，讓水資源的永續發展議題有了不同層面的探討，也更便於我們在面對環境議題時的應對方法思考和決策。

第三章 研究方法

3.1 研究區域背景

台灣四面環海，沿海資源豐富，北部海岸峽角與彎澳相間，有許多風化作用所產生的奇特岩石景觀；東部地區是屬於斷層海岸，海岸平直且有與海平面落差懸殊的斷崖峭壁；南部沿海是珊瑚礁海岸，除了具有生態價值外，也非常適合發展景觀遊憩；最後西部沿海則是多為沙灘、潟湖及沙洲。

其中彰化縣的沿海區域非常特殊，彰化海岸溼地範圍涵蓋大肚溪南岸、漢寶濕地、芳苑濕地及大城濕地，是全台灣最大的一處潮間泥灘地，擁有相當豐富的生態資源，此外濕地為水域與陸域之間的交會地帶，是經常或間歇地被潮汐、洪水淹沒的土地，具有淨化水質、穩定海岸、漁獲生產、提供生物棲息地、景觀遊憩等功能，造就其在經濟或生態上之重要性皆佔有一席之地。然而，在彰化北部海岸則是透過填海造陸方式建立的彰濱工業區，其園區範圍廣大，跨越了伸港、線西及鹿港 3 個鄉鎮，是台灣目前最大的工業園區，當中的產業類型更是多樣，諸如化學材料、汽車零組件以及精密機械等。在這個相當特殊的地區，該如何達到社會經濟發展與環境資源之間的平衡絕對是個相當值得探討的重要議題。

因此，本研究以彰化縣的沿海鄉鎮做為研究樣區，如圖 3.1 所示，包含：伸港鄉、線西鄉、鹿港鎮、福興鄉、芳苑鄉以及大城鄉，共 6 個鄉鎮。

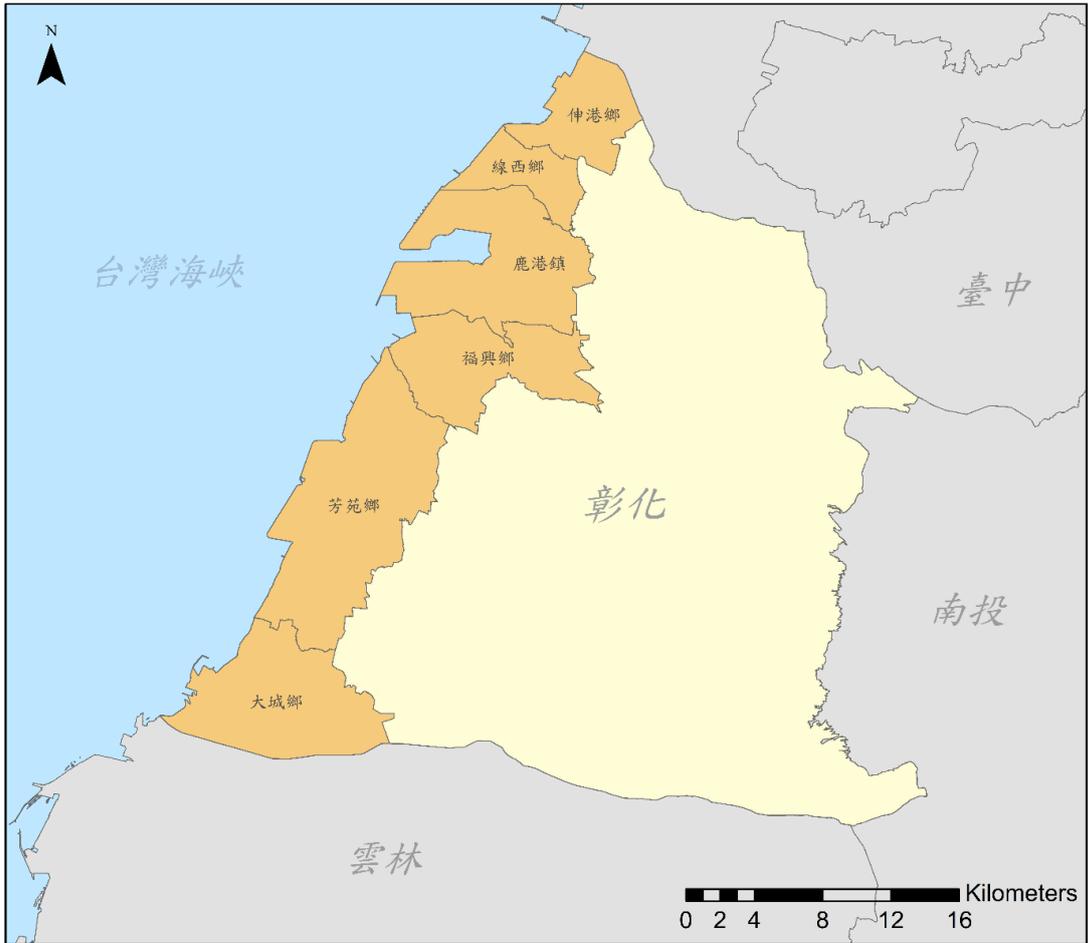


圖 3.1 研究樣區

3.2 研究架構

本研究之區域水資源永續發展管理指標建立，整體架構總共可以分為三大部份：指標建立、指標關聯建立與水資源永續發展狀態評估。研究首先確立研究樣區及研究範疇，之後進行 DPSIR 的框架建立，並根據相關文獻以及研究樣區的狀態來設定框架內的指標項目，接下來針對各個項目進行定義以及資料的可得性評估，若在資料取得上有困難就會回到前面進行指標項目的調整。當指標項目確立，會進行專家問卷的調查來進行指標間的關聯建立，同時研究會收集樣區內的資料，探討樣區內的水資源永續發展情況，最後，針對樣區的水資源永續發展情況來探討區域內水資源的永續發展管理方式以及改善策略。本研究架構如圖 3.2 所示。



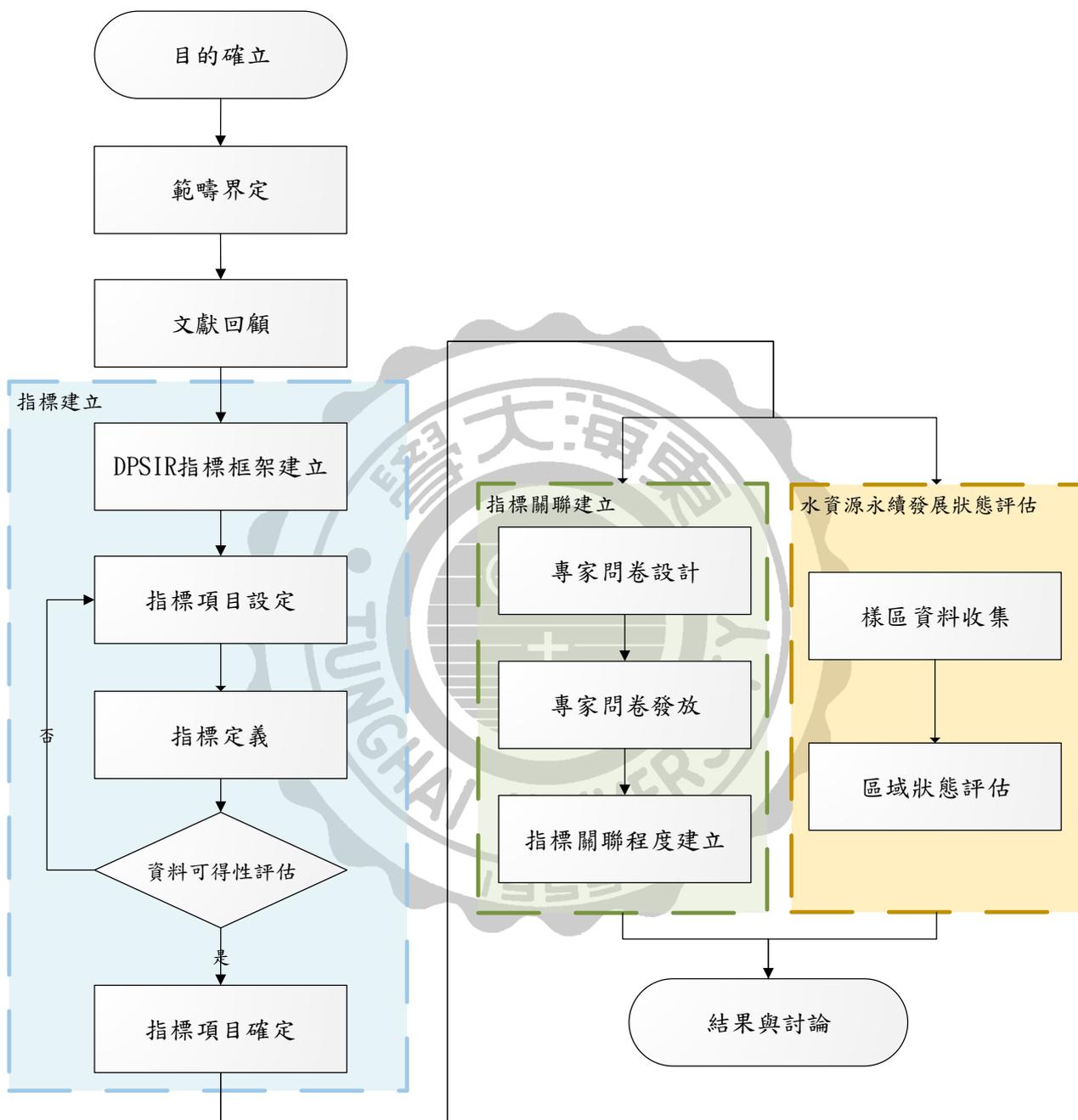


圖 3.2 研究流程圖

3.3 DPSIR 指標架構建立

由前述的文獻回顧中，可以了解水資源永續發展管理涉及到許多層面，是個複雜的系統，而指標是一個有效的工具，可以同時達到簡化、溝通與改進的目的，其中 DPSIR 的指標框架更是探討環境管理議題時經常使用的工具，透過驅動力、壓力、狀態、影響以及回應五大面向，將指標進行架構，並且透過這個架構使指標與指標之間建立起因果關聯，使我們可以從中尋找出環境管理的策略。因此，本研究利用 DPSIR 框架，建立水資源永續發展管理指標。

本研究是以經濟合作發展組織(OECD)及歐洲環境局(EEA)對 DPSIR 框架的定義為基礎，建立出以下水資源永續發展管理指標的框架，如表 3.1。

表 3.1 DPSIR 指標框架定義

架構	定義
驅動力 Driving force	社會中的人口、經濟發展以及生活方式，驅使水資源產生直接影響的活動，也是導致水資源壓力的根本原因。
壓力 Pressure	指在人為發展引起的直接壓力，或是自然環境中的相關影響。例如：物質排放或是水資源的利用。
狀態 State	指區域內水資源的狀況和趨勢，包括物理狀態、化學狀態和生物狀態。
影響 Impact	由於水資源狀態的變化而造成對系統的衝及，如資源可用性、製造資本損失和生物多樣性。
回應 Response	社會中的群體或是個人為了修改驅動力的行為、減少壓力的產生、恢復水資源狀態、減輕影響和衝擊，所採取的補償、改善或適應行動。

3.4 指標項目設定及定義

在研究範圍確定後首先對環境背景進行了解，觀察環境狀況及趨勢並將環境問題列出，當對環境問題有更具體的了解之後，就可以依據環境的狀況選擇適合的指標來做為代表。

在設定指標項目時，首先需要設定出狀態指標，而這些狀態指標是根據研究目的所列出的我們最為關心的項目，透過狀態指標我們可以快速了解區域水資源的情況優劣，是整個指標架構中最為重要的部分。接下來根據研究區域的背景，設定出可能改變環境狀態的社會、經濟或是自然因素，來代表驅動力及壓力指標，其中，驅動力與壓力最大的差異在於壓力是直接改變水資源狀態的因素，而驅動力則是透過間接的方式，來改變水資源的狀態。

由於環境與社會經濟有著牽一髮而動全身的緊密關係，接下來必須思考這些狀態的改變，會對人類生活、社會、經濟、環境或是我們所關心的領域帶來什麼影響和衝擊。最後，思考這些環境議題產生的原因，並根據這些變化所帶來的衝擊和影響，選擇可以有效改善或是降低環境衝擊的社會回應指標。

在建立 DPSIR 指標架構的過程中，除了指標的設定外，指標的定義亦為一項重要過程，明確地定義指標是為了可以更有效的對指標進行分類，使其在整個架構中有明確的定位，此外透過明確的指標定義也可以使指標成為利益關係者之間有效的溝通工具，一方面可以簡化溝通時所需的資訊，同時也可以大幅減少溝通時的理解差異或是誤會，有助於後續的管理和分析動作。

3.5 指標關聯建立

本研究透過專家問卷的方式，詢問相關領域的專家學者各指標之間相互影響的關聯程度，再整合專家學者的意見，建立起指標之間的關聯性。指標關聯建立的步驟如下：

1. 問卷設計
2. 受訪專家設定
3. 問卷填寫意願調查
4. 問卷送出
5. 問卷回收
6. 指標關聯程度分析

3.5.1. 問卷評估形式

根據 DPSIR 指標框架的關聯架構：驅動力產生壓力；壓力改變狀態；狀態改變造成影響；影響產生社會回應；回應對每個來源進行修正的回饋，因此我們可以將指標間關聯區分為以下五大部分：

1. 驅動力指標(D)對壓力指標(P)影響之程度
2. 壓力指標(P)對狀態指標(S)影響之程度
3. 狀態指標(S)對影響指標(I)影響之程度
4. 影響指標(I)對回應指標(R)影響之程度
5. 回應指標(R)對所有指標影響之程度

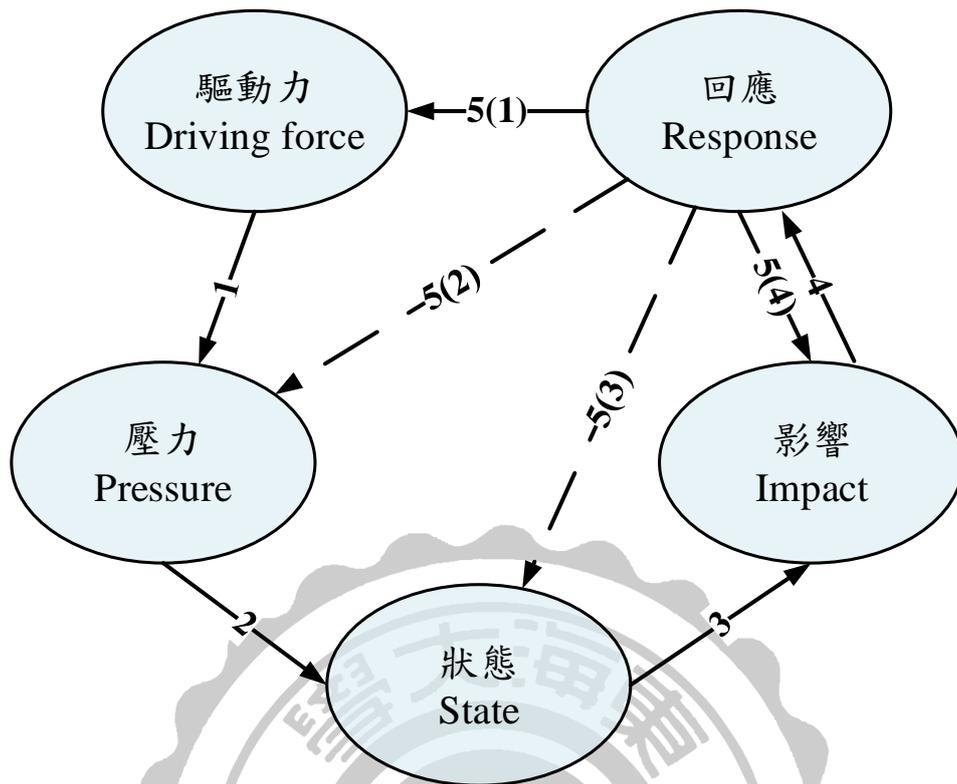


圖 3.3 DPSIR 架構關聯示意圖

在每一個部分中都是一個「因」的面向，對上「果」的面向，例如：驅動力是造成壓力的原因，因此驅動力為「因」，而壓力為「果」，在這一個部分中就會探討每個驅動力這一面向中的指標項目對於壓力一面向中的指標項目其影響的程度為高或低，也就是說受訪的專家需要評估每一項在 DPSIR 框架中「因」與「果」之間的關聯程度。

而指標的關聯程度由低至高可以分為 5 個等級如下：

- 1 分：極低，幾乎沒有關聯
- 2 分：偏低，相關度較低
- 3 分：普通，具有部分關連
- 4 分：偏高，具有高度相關
- 5 分：極高，具有極高相關

相關領域專家可以針對每項指標之間的相互影響關係，給予關聯程度的評分，來對指標的關聯程度高低進行評估，問卷評估形式如下表 3.2 所示。

表 3.2 問卷評估形式

		幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
指標 A	對 指標 B 影響之程度					

3.5.2. 專家問卷整合方式

問卷回收後利用加權平均方式計算指標之間的關聯，其計算方式如下：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

其中：

\bar{x} ：指標關聯程度(分)

w_i ：關聯程度得分(分)

x_i ：認為指標關聯為該程度的專家數量(人)



3.6 水資源發展情況分析

在建立指標之間的關聯之後，下一步是要觀察本研究的樣區內的水資源情況，因此將收集樣區內各個指標的資料，來探討在每個區域當前的水資源發展情況，觀察是否有已經發生或是潛在的問題。

本研究將指標的狀態分為 5 個等級，分數由低至高分別為：-2、-1、0、+1、+2 分，分數越高者代表其對水資源或是環境越有善。驅動力指標(D)所代表的是促使區域水資源發展的推進力，因此在此面向得分高者表示其促使區域的水資源發展的推進力較小，也對水資源更友善，反之若得分較低則表示該區域的水資源發展推進力較大，可能對水資源帶來更多壓力；而壓力指標(P)若得分較低者表示該區域內所面臨的水資源壓力較小，反之得分高者水資源壓力較大，對區域的水資源狀態造成負面影響的可能就更高；狀態指標(S)得分高者表示其水資源的狀態優良，反之得分低者表示其水資源狀態不佳，仍有極大的改善空間；影響指標(I)若得分較高表示該區域所面臨的水資源衝擊問題較小，反之則較大，需要進行調整或是改善的行為，避免造成未來難以挽回的水資源或是環境問題；回應指標(R)得分高者表示在該區域內所從事的水資源維護會改善行為顯著，反之則表示區域的回應行為較少。表 3.3 將架構內各面向指標的得分高低進行了統整性的說明，圖 3.4 為各面向之正負影響示意圖，而本研究也根據前述各面向得分高低和彰化歷年的水資源發展情況，將指標項目的得分標準訂立如附件二。

表 3.3 指標得分情況說明

框架	得分	說明
驅動力(D)	高	驅動力小，促使區域水資源發展的推進力較弱
	低	驅動力大，促使區域水資源發展的推進力較大
壓力(P)	高	壓力低，區域所面臨的水資源壓力較小
	低	壓力高，區域所面臨的水資源壓力大
狀態(S)	高	狀態優，區域水資源狀態優良
	低	狀態劣，區域水資源狀態有極大的改善空間
影響(I)	高	影響小，區域水資源狀態改變所帶來的衝擊較微弱
	低	影響大，區域水資源狀態改變所帶來的衝擊強烈
回應(R)	高	回應強，改善或維護區域水資源狀態的回應行為顯著
	低	回應弱，改善或維護區域水資源狀態的回應行為略少

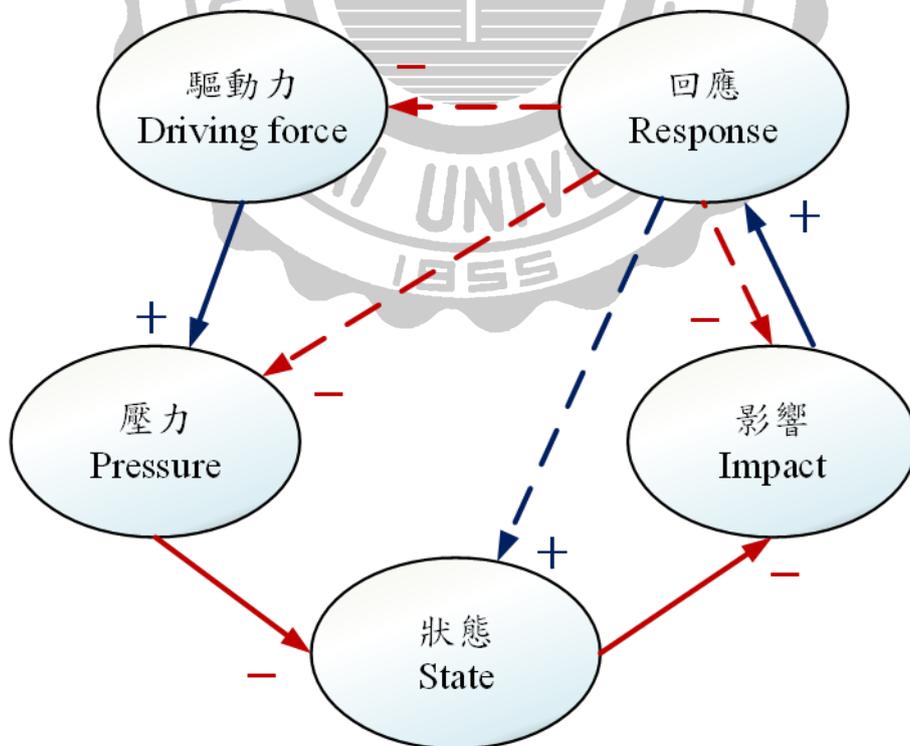


圖 3.4 DPSIR 架構正負影響示意圖

第四章 結果討論

4.1 DPSIR 指標架構建立

為了使指標可以更全方面地呈現出他們在環境中的關聯影響，本研究將 DPSIR 框架再向下細分出幾個類別，各類別定義及關聯如下表 4.1 及圖 4.1 所示：

表 4.1 指標架構及定義表

框架	類別	定義
驅動力 (Driving force)	自然	指自然環境所產生的驅動力，可以被評估但難以透過人為的方式達到有效的控制。
	人為	指由於人類發展所帶來的社會趨動力，可以被評估且較容易透過人為的方式達到控制。
壓力 (Pressure)	供給	社會能夠供給的水資源
	需求	社會對水資源的需求壓力
	污染	由於污染物質的排放，所帶來的水資源污染壓力
狀態 (State)	品質	指水資源的品質狀態優劣
	數量	指水資源量的狀態多寡
影響 (Impact)	使用價值	指水資源受到使用後可得到的社會或經濟價值
	非使用價值	指資源本身存在於環境中的價值
回應 (Response)	政策	透過政府規範來限制或降低水資源衝擊的社會補償策略
	管理	管理者或地區居民對水資源系統做出的管理行為或是補償措施。

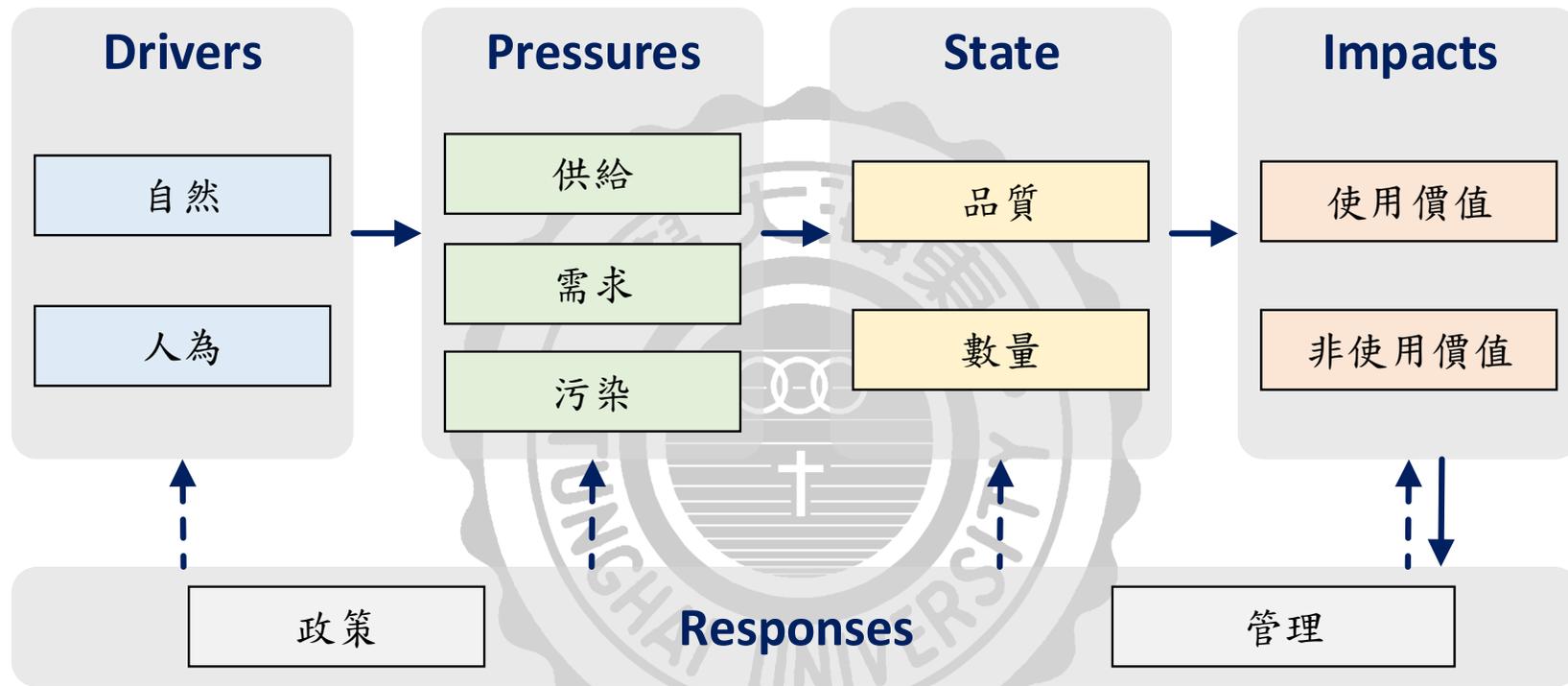


圖 4.1 指標框架關聯

4.2 指標項目設定

(一) 了解區域水資源狀態(S)

指標項目設立時，根據研究目的為了觀察區域沿海水資源的永續發展，首先訂立出狀態指標來觀察區域的水資源情況。彰化沿海區域發展包含：農業的生產、近海漁撈、內陸養殖漁業，以及化學材料、汽車零組件以及精密機械等工業發展，在區域中考慮到居民的生活品質、產業發展以及糧食生產，因此水質優劣以及水量多寡是我們首要關心的項目。其次，由於彰化長期以來大量抽取地下水做為農業灌溉以及漁業養殖用水，地下水資源被過度抽取而導致地層下陷，因此地下水水量也成為了本研究所考慮的狀態指標之一。最後，由於彰化沿海擁有大範圍的絕佳溼地環境，濕潤的土壤培養了豐富的營養物質，也吸引許多生物在此棲息，因而在生態上具有重要的價值，同時良好的生態環境也可以發展觀光休憩，為區域帶來經濟的貢獻，再加上溼地作為陸域與海域的交界之處，具有淨化水質的功能，是相當重要的環境資源，因此溼地面積也是在彰化沿海區域水資源不可忽視的狀態指標之一。狀態指標架構及項目定義如表 4.2 所示。

表 4.2 狀態指標架構及項目定義表

框架	指標	定義	設立目的	
S 狀 態	品質	S1 水質	評估水體品質優劣	
	數量	S2 濕地面積	區域的濕地面積。濕地泛指水域與陸域之間的交會地帶，經常或間歇地被潮汐、洪水淹沒的土地	濕地的功能包含淨化水質、穩定海岸、漁獲生產、提供生物棲息地、景觀遊憩等，在生態及經濟發展上皆具有重要價值
		S3 河川流量	評估地區的河川流量多寡	評估可用地表水資源的情況
		S4 地下水水量	地下水含水層的水量	評估地下水水資源的含水量，若過度使用可能對環境造成不可逆危害

(二)區域水資源驅動力(D)與壓力(P)觀察

透過狀態指標的設置以及彰化沿海背景的觀察，將可能改變水資源狀態的因素列出，在驅動力的部分將水資源的來源加入考量，因此設立降雨量來評估地區可用水的來源，同時由於台灣位於亞熱帶區域，夏季時經常受到颱風影響帶來大量雨水，因此也將極端事件納入考量。而影響水資源的人為區域發展趨動力則是以區域的人口數量、土地利用情況、觀光數量以及當地居民對環境的覺知作為代表指標。驅動力和壓力指標架構及項目定義如表 4.3 所示。

表 4.3 驅動力和壓力指標架構及項目定義表

架構	編號	指標項目	指標定義	設立目的
D 驅 動 力	自然	D1 天然災害	自然的災害，無法控制其發生，例如：暴雨或是乾旱	暴雨或乾旱等極端事件的影響，不僅會對水資源造成影響，也可能造成社會或是經濟的損失
		D2 降雨量	地區的平均降雨量	評估地區的雨水資源量
	人為	D3 土地開發	針對沿海地區的土地開發與利用情形進行探討	探討地區的土地利用情形，可根據情況對沿海周遭土地進行規劃
		D4 人口數	地區登記的人口數量	評估地區人口的擁擠程度，用來評估水資源的使用人數多寡
		D5 環境覺知	地區居民對環境保護的認知、了解程度及意識	評估地區居民對於環境議題的認知程度，以及對於環境保護的意識
		D6 觀光人數	地區觀光發展帶來的觀光人數	觀光除了可以使民眾更加了解沿海地區的文化發展並提升地區經濟發展，但同時也會帶來地區的資源消耗
P 壓 力	供給	P1 供水量	區域供水量，包括民生用水、農業用水、工業用水等	查看區域可供給的水資源量
		P2 糧食產量	農林漁牧業的生產量	地區的糧食生產狀況，可評估用於生產糧食的水資源量多寡
	需求	P3 用水量	地區人口的平均用水量	查看區域人口以及產業使用水的情況
	污染	P4 工廠數量	工廠數量或規模	工廠排放的廢水若未經過適當處理，可能會污染水資源

(三)思考水資源狀態改變所帶來的影響(I)

由於環境問題的複雜性，當水資源狀態發生改變，緊接而來的就是對社會、經濟或是環境的衝擊。水資源若是妥善的被利用，水資源對人類社會所帶來的效益就可以透過其經濟上的價值來評估，因此設立了農業產值、工業產值以及觀光產值三項指標為代表。而當水資源的水質或是水量狀態不理想時，地區的可用水資源就將受到競爭，因此水資源貧乏是一個相當重要的考慮項目，同時考慮到彰化地區居民對地下水資源的依賴，但過度地使用地下水會導致地層下陷的問題，在沿海區域甚至有可能衍伸出土壤鹽化及海水倒灌的問題，因此本研究將地層下陷作為影響的指標代表之一。在非使用價值部分，是由於彰化沿海具有腹地廣大的溼地，營養豐富的土壤可以吸引生物聚集，為區域帶來不少生機，因此生物的多樣性也是水資源影響的代表指標之一。影響指標架構及項目定義如表 4.4 所示。

表 4.4 影響指標架構及項目定義表

架構	編號	指標項目	指標定義	設立目的
I 使用 價值 影響	I1	水貧乏	評估水資源的指標，包括一地區的需水量、水資源之可用度、可及性，以及人們可取用水的能力。	探討水匱乏對人類或是社會的衝擊程度，若水資源不足可能會造成水資源的競爭或降低該地區的水資源的品質
	I2	農業產值	農林漁牧業的產值	評估地區糧食產業的生產效益
	I3	工業產值	工業的產值	評估地區的工業發展狀況
	I4	觀光產值	觀光遊憩據點遊客人數統計	評估地區由觀光所帶來的經濟效益
	I5	地層下陷	由於地下水補水量無法負荷人為開採而造成的地面向下沉陷的垂直地表變形	評估地區地下水資源是否過度使用，導致環境的不可逆危害
非使用 價值	I6	生物多樣性	大區域的生物棲息地與活動交流之基盤	評估地區生態的豐富程度，豐富的生態可以顯示地區環境品質優良適合生物生存

(四)如何針對水資源衝擊做出改善及預防的回應(R)

針對各種不同的社會及環境衝擊，應該如何作出改善或是預防的回應是區域是否能夠邁向永續發展的關鍵。針對水資源缺乏的問題，可以透過提升水資源的利用效率來減少浪費，也可以透過人工的林地建造來保留地表的逕流，同時增加土壤中的水分含量。針對沿海溼地資源的保存，一方面可以透過政府設立沿海保護區，對這些資源進行完整的保護，一方面也可以透過地區居民自發性的進行社區營造來減少資源的破壞。最後，可以透過環境教育的方式來提升人們對於環境資源或是水資源的重視，從最根本之處來維持或改善水資源的發展。回應指標架構及項目定義如表 4.5 所示。

表 4.5 回應指標架構及項目定義表

架構	編號	指標項目	指標定義	設立目的	
R 回 應	政策	R1	沿海保護	國家級與國家重要級的沿海保護區面積	防止濕地資源遭到過度開發，造成環境或生態上不可逆之後果
		R2	造林面積	人工造林的面積	建造林地，保留地表的逕流水量
	管理	R3	社區營造	地區居民自發性的維護及營造活動	地區居民自發性的管理，可以同時促進地區發展以及環境維護，取得兩者之間的平衡
		R4	水利用效率	從可負擔性、供水品質、服務可及性、供水量和可靠性方面進行評估。	評估地區供水設施的績效，減少資源的浪費
		R5	環境教育	一種教育的過程，透過認識環境，以及組成環境的交互作用，得到知識、技能和價值觀，能個別或集體地解決環境問題	透過宣導以及教育的方式，使地區居民增加環境相關的知識，從而減少對環境危害的行為

4.3 指標關聯建立

指標項目設立及其定義確立後，透過專家問卷調查並整合專家意見來建立指標之間的關聯性，問卷內容如附件一。

4.3.1 受訪者設定與專家問卷發放

根據研究探討議題，本研究將問卷寄出給環境、生態、水利及土地管理等相關領域專家，共 17 位，回收的問卷共 12 份，問卷回收率為 70.58%。受訪者的專長領域與問卷發放情況如下表 4.6 所示：

表 4.6 問卷發放表

專家領域	發放問卷數(份)	回收問卷數(份)
環境相關領域	11	8
生態	1	1
海洋及水利	2	1
人文及社區發展	2	1
土地管理	1	1
總計	17	12

4.3.2 專家意見整合

本研究利用加權平均的方式將專家問卷結果進行整合，整合後的指標關聯程度將分為五個部分進行說明：

1. 驅動力指標(D)對壓力指標(P)影響之程度

驅動力指標與壓力指標的影響程度如表 4.7 所示，其中自然趨動力主要是對供水量(P1)及糧食產量(P2)造成影響，說明對於區域水資源的供給而言，自然氣候條件的重要性是不可否認的，而人為的驅動力則是產生用水量(P3)壓力的主要因素，顯示出人類社會的活動都是產生用水需求壓力的來源。其中土地發展(D3)是對系統有最大影響性的驅動力指標，對系統中的四項壓力指標都有高程度的關聯，因此有效地管理區域的土地利用方式或行為，是區域水資源永續發展的關鍵。

表 4.7 驅動力指標(D)對壓力指標(P)影響之程度

	P1 供水量	P2 糧食產量	P3 用水量	P4 工廠數量
D1 天然災害	4.000	4.583	3.250	2.500
D2 降雨量	4.833	4.583	3.500	2.333
D3 土地開發	4.333	4.417	4.583	4.083
D4 人口數	3.833	4.333	4.917	3.333
D5 觀光人數	3.000	2.667	4.167	2.417
D6 環境覺知	2.833	3.000	4.250	3.750

2. 壓力指標(P)對狀態指標(S)影響之程度

壓力指標對狀態指標的影響程度如表 4.8 所示，其中水資源的污染壓力是造成水質改變的主要因素，而區域的水資源供給和需求壓力是造成河川流量(S1)以及地下水水量(S2)改變的主要因素，說明水資源的量最主要是受到區域供給和需求壓力的影響，其中在此兩項狀態指標的影響程度中，供水量的關聯程度大於用水量，顯示雖然人類活動所產生的用水需求對於水資源的量具有相當的影響程度，然而這些受到自然氣候驅動力所產生的供水情況優劣更是影響區域水量的關鍵。

此外，透過專家的意見整合發現這些水資源壓力(P)對於溼地面積(S3)的狀態改變並不具有極高的關聯程度，說明區域的水資源供給、需求或是污染情況並不會是造成溼地面積改變的直接因素。

表 4.8 壓力指標(P)對狀態指標(S)影響之程度

	S1 河川流量	S2 地下水流量	S3 濕地面積	S4 水質
P1 供水量	4.417	4.500	3.500	3.667
P2 糧食產量	3.917	4.250	3.083	3.250
P3 用水量	4.000	4.333	3.333	3.667
P4 工廠數量	3.667	3.833	2.917	4.500

3. 狀態指標(S)對影響指標(I)影響之程度

狀態指標對影響指標的影響程度如表 4.9 所示，其中河川流量(S1)和地下水水量(S2)是與水貧乏(I1)程度具有較高程度關聯的指標，顯示對於水資源的缺乏而言，比起水資源的量人們可能較不注重水資源的品質優劣，但在農業產值(I2)的影響中，河川流量、地下水水量和水質狀態都是屬於較高的關聯程度，表示對於農業生產而言，水資源的量和品質都是需要關注的因素。

工業產值(I3)與河川流量(S1)具較高程度關聯，顯示工業的發展比起地下水資源可能更加依賴地表水資源，而地層下陷(I5)受到地下水水量改變的影響最大，可以表示在區域水資源發展中地下水若是被不受限地大量使用，一旦超出區域地下水補水量的負荷程度就很有可能造成地層下陷的問題。

最後，溼地面積(S3)與觀光產值(I4)和生物多樣性(I6)具有較高程度的關聯，說明溼地資源的保存不但可以豐富區域的生物多樣性，同時也可以吸引遊客聚集，可以說溼地是生物生長和人類與自然環境接觸的極佳之地。然而相比觀光發展，區域的生物多樣性除了溼地面積的保存外，還需要水質的支持，若是沒有一定程度的水體品質，也有可能對區域的生物多樣性造成影響。

表 4.9 狀態指標(S)對影響指標(I)影響之程度

	I1 水貧乏	I2 農業產值	I3 工業產值	I4 觀光產值	I5 地層下陷	I6 生物多樣性
S1 河川流量	4.750	4.333	4.000	3.500	3.750	3.833
S2 地下水水量	4.417	4.083	3.417	2.667	4.667	3.273
S3 濕地面積	3.250	3.167	2.500	4.083	2.917	4.727
S4 水質	3.833	4.167	3.833	3.636	2.167	4.583

4. 影響指標(I)對回應指標(R)影響之程度

影響指標對回應指標影響之程度如表 4.10 所示，其中水貧乏(I1)和生物多樣性(I6)衝擊的產生，是較容易引發社會回應的因素，與水貧乏(I1)有較高關聯程度的社會回應指標包含：造林面積(R2)、水利用效率(R3)以及環境教育(R5)，其中又以水利用效率(R3)的關聯程度最高，也就是說當水資源缺乏的衝擊發生時，比起建造林地和進行環境教育，人們更傾向優先探討水資源使用的效率，來從中尋找是否有浪費水資源之處以舒緩水資源貧乏。

而與生物多樣性(I6)的衝擊有高精度相關的回應指標為沿海保護(R1)、造林面積(R2)和環境教育(R5)，顯示出當生物多樣性的衝擊產生時，會使人們促進環境教育，同時也會引發人們進行生物生長環境的保護和建造行為。

表 4.10 影響指標(I)對回應指標(R)影響之程度

	R1	R2	R3	R4	R5
	沿海保護	造林面積	水利用效率	社區營造	環境教育
I1 水貧乏	3.500	4.000	4.500	3.500	4.000
I2 農業產值	3.250	3.417	3.750	3.250	3.250
I3 工業產值	3.250	3.583	4.083	2.917	3.083
I4 觀光產值	3.750	3.500	3.083	4.250	4.000
I5 地層下陷	4.333	3.583	3.917	3.583	3.833
I6 生物多樣性	4.333	4.083	3.500	3.417	4.417

5. 回應指標(R)對所有指標影響之程度

回應指標與其他指標的影響程度如表 4.11 所示，其中沿海保護(R1)和水利利用效率(R3)這兩項社會回應最為活躍。與沿海保護具有高程度關聯的指標包含：土地開發(D3)、觀光人數(D5)、環境覺知(D6)、溼地面積(S3)與生物多樣性(I6)，可以發現透過沿海保護的政策除了能夠直接回應溼地面積改變和生物多樣性的衝擊外，也可以回應到指標系統中最初始的人為驅動力指標，是一個能夠從社會系統最根本處進行調整和改善的社會回應方法。而與水利利用效率(R3)具有高程度關聯的指標包含：環境覺知(D6)、供水量(P1)、糧食產量(P2)、用水量(P3)、水貧乏(I1)、農業產值(I2)、工業產值(I3)與地層下陷(I5)，可以發現水利利用效率的調整會回應到水資源的供需求壓力，說明他是一個能夠有效改善人們用水習慣的方法。此外，雖水利利用效率的調整無法直接回饋到水資源狀態，但它可以直接對環境衝擊進行回應，顯示它是一項在面臨環境衝擊時可以最快速減緩衝擊的策略。

其中，值得注意的是每一項水資源的回應都與環境覺知(D6)具有高程度的關聯，可能說明了當我們從事這些社會回應的行為時，都會使我們與環境建立起關聯，產生更多對環境的覺知，而這樣的環境覺知作為系統中的驅動力，也表示他對於整個區域水資源永續發展系統具有一部分的影響力，因此我們可以說即便水資源的回應策略可能無法在短期內完整地改善區域水資源，但我們也不能因此而忽視這些回應策略，就更長遠的角度來看每一次的社會回應行為，都是在建立人們對於環境的意識，若能夠讓這樣的循環朝好的方向前進，那麼就能與水資源的永續發展更加地接近。

表 4.11 回應指標(R)對所有指標影響之程度

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
	天然災害	降雨量	土地開發	人口數	觀光人數	環境覺知
R1 沿海保護	3.833	2.250	4.250	3.000	4.083	4.417
R2 造林面積	4.250	3.000	3.833	2.667	3.250	4.167
R3 水利用效率	2.167	1.833	2.750	2.917	2.583	4.273
R4 社區營造	2.167	1.833	3.417	3.667	3.667	4.333
R5 環境教育	2.167	1.917	3.583	2.833	3.667	4.750
	P1	P2	P3	P4		
	供水量	糧食產量	用水量	工廠數量		
R1 沿海保護	2.500	3.167	2.333	2.750		
R2 造林面積	3.167	3.273	2.727	3.000		
R3 水利用效率	4.167	4.167	4.167	3.583		
R4 社區營造	2.333	2.667	3.083	2.667		
R5 環境教育	2.417	2.917	3.750	2.833		
	S1	S2	S3	S4		
	河川流量	地下水水量	濕地面積	水質		
R1 沿海保護	2.500	3.250	4.250	3.500		
R2 造林面積	3.667	3.667	3.083	3.667		
R3 水利用效率	3.667	3.750	2.917	3.500		
R4 社區營造	2.000	2.167	2.500	3.000		
R5 環境教育	2.500	2.750	3.500	3.500		
	I1	I2	I3	I4	I5	I6
	水貧乏	農業產值	工業產值	觀光產值	地層下陷	生物多樣性
R1 沿海保護	2.667	3.417	2.250	3.917	3.917	4.667
R2 造林面積	3.750	2.833	2.667	3.250	3.167	4.750
R3 水利用效率	4.545	4.250	4.167	3.667	4.250	3.667
R4 社區營造	2.750	2.917	2.750	3.833	2.417	3.545
R5 環境教育	3.182	2.750	2.667	3.500	3.417	4.000

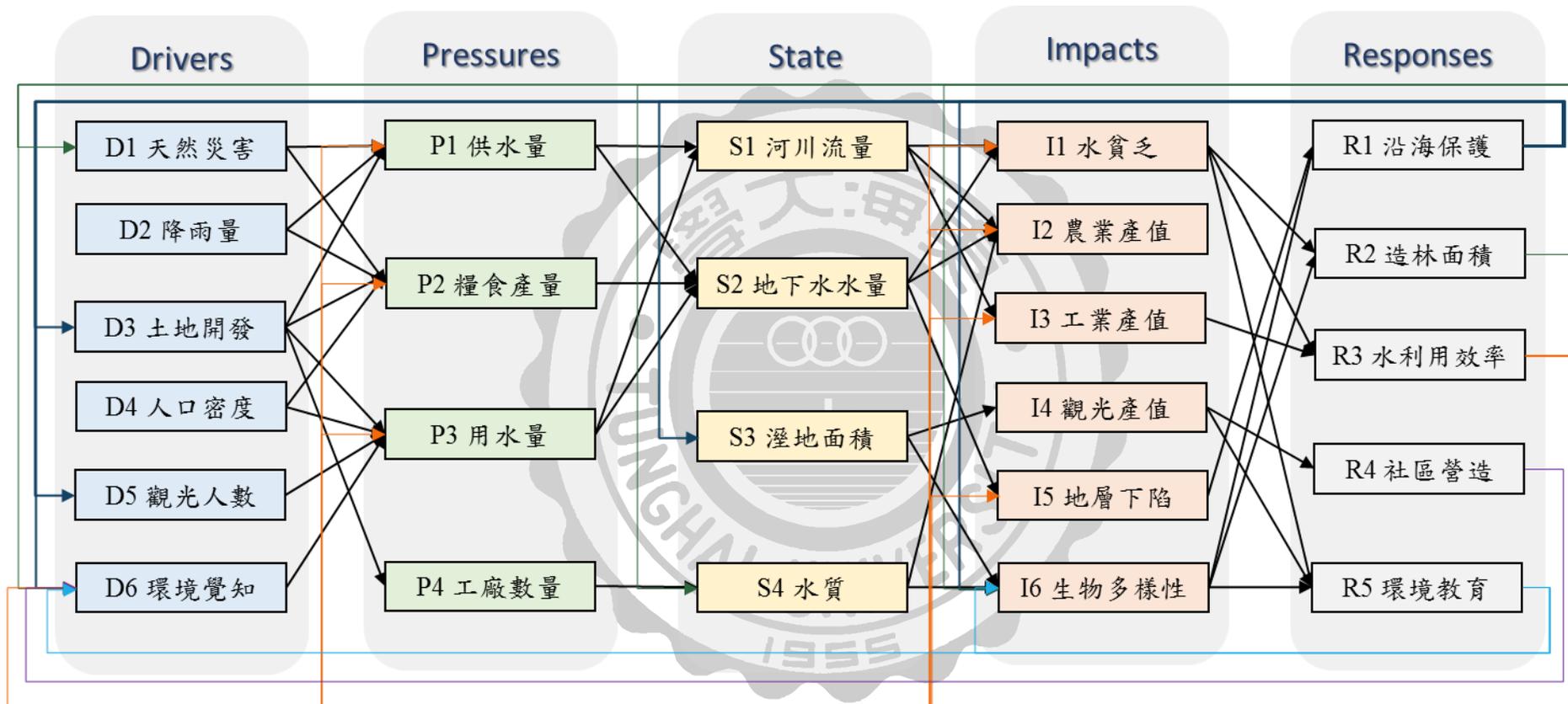


圖 4.2 區域水資源永續發展管理指標關聯圖

4.4 水源發展情況分析

在確認指標之間的關聯後，已經對指標之間的相互影響關係有了瞭解，而下一步是要觀察本研究的樣區內水資源的發展情況，因此本研究收集了 2016 年彰化沿海區域六個鄉鎮各個指標的資料如附件三，來探討樣區內當前的水資源發展情況，以下會先分別探討框架各面向之得分情況與分析結果，最後再進行區域統整性的說明：

1. 樣區驅動力指標(D)情況分析

首先在驅動力的部分，人口密度(D4)為差異最大的指標項目，以伸港鄉與鹿港鎮為人口密度最高的地區其次為線西鄉與福興鄉，而芳苑與大城則是人口密度較低的區域；而在土地發展(D3)的驅動力部分，伸港、線西與鹿港為土地發展趨動力得分較低的區域，而福興、芳苑和大城則為土地發展趨動力得分較高的區域。整體來看，六個區域的驅動力的平均都介於 1 與-1 之間，區域間平均驅動力分數差異不大，沒有驅動力情況特別突出或是特別差的區域，唯伸港、線西、鹿港與福興的驅動力得分為負，未來發展時可能需要多加注意，避免再持續增加其驅動力。各區域驅動力指標(D)的得分情況由表 4.12 所示。

表 4.12 研究樣區驅動力指標(D)情況

驅動力指標項目(D)		樣區得分					
編號	指標項目	伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉
D1	天然災害	0*	-1*	-1*	-2*	0*	-1*
D2	降雨量	0*	0*	0*	0*	0*	0*
D3	土地開發	-0.7	-0.7	-0.7	0.7	0.7	1
D4	人口密度	-2	-1	-2	-1	1	2
D5	環境覺知	0*	-1*	-1*	-1*	1*	1*
D6	觀光數量	-1*	0*	2*	-1*	0*	-1*
平均		-0.6	-0.6	-0.4	-0.7	0.4	0.3

*為假設之數值

2. 樣區壓力指標(P)情況分析

壓力指標項目的部分中工廠密度(P4)有極大的差異，伸港、線西、鹿港與福興的工廠密度皆為最高的等級，然而芳苑與大城則是最低得等級，可以發現彰化沿海地區的工業分布情況極為不均，在糧食生產(P2)的部分也可以發現芳苑與大城為的分最高者，而伸港、線西以及鹿港分數則較低，顯示此三個區域沒有太多的糧食生產，可以發現在彰化沿海區域的發展中不論是在工業或農業都有著極大的差異，其中大部分區域皆著重於工業發展，僅芳苑與大城目前多為農業上的發展。

在水資源的供給與需求壓力部分，區域供水量(P1)以芳苑與大城最為緊迫，伸港和線西則為最充裕的區域，而在用水量(P3)的部分，鹿港與福興的表現稍差於其他區域，但六個區域的用水差異並未過於懸殊，皆在可以接受的範圍內。最

後，六個樣區整體的水資源壓力平均得分為 0.3，在尚可接受的程度範圍，得分較高的區域為芳苑和大城，其次為伸港與線西，而鹿港為得分最低的區域，各區域壓力指標(P)的得分情況由表 4.13 所示。

表 4.13 研究樣區壓力指標(P)情況

壓力指標項目(P)		樣區得分					
編號	指標項目	伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉
P1	供水量	2	2	1	1	0	0
P2	糧食產量	-1	-1	-1.5	0	2	2
P3	用水量	1	1	0	0	1	1
P4	工廠密度	-2	-2	-2	-2	2	2
	平均	0	0	-0.6	-0.3	1.3	1.3

3. 樣區狀態指標(S)情況分析

各區域的狀態指標情況中，溼地面積(S2)為差異最大的指標項目，其中以伸港與芳苑為最高得分的區域，其次為福興與大城，而線西與鹿港則是分數最低的區域，這是由於伸港鄉緊鄰大肚溪，因此在大肚溪口長期的積累之下伸港地區有了大片的溼地面積，而芳苑鄉是由於其狹長的地形，海岸線相較於其他鄉鎮更加綿長，因此溼地面積也較其他區域來得更多。此外，福興與大城兩個區域雖沒有前述的兩者有這麼好的天然環境資源，但在區域的沿海也有不少的溼地；線西與鹿港，此兩區域的海岸絕大部分都已被發展為彰濱工業區，因此在溼地面積(S2)這項指標中，是與其他區域差異最大的。

在水質(S1)狀態的項目中，伸港、芳苑與大城為得分最高的區域，而福興雖為得分最低區域，但其得分 0.3 並非相當糟糕的情況，且在水質此項目中六個區域的平均得分高達 0.8，這表示研究樣區中的水質算是維持在一個不錯的狀態。

最後，整體來看六個區域的狀態指標，伸港、福興與大城為平均水資源狀態較好的區域，其中伸港為平均得分最高的區域，其溼地面積(S2)與河川流量(S3)的指標項目都得到了相當高的分數，惟獨在地下水水量(S4)的部分稍微欠缺。而其他區域的狀態雖比不上伸港，但得分最低的鹿港其水資源狀態平均得分為-0.1，雖還有不少可以改進的空間，不過整體而言彰化沿海的水資源狀態目前非常幸運地尚未到達令人擔憂的程度。各區域狀態指標(S)的得分情況由表 4.14 所示。

表 4.14 研究樣區狀態指標(S)情況

狀態指標項目(S)		樣區得分					
編號	指標項目	伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉
S1	水質	1	0.9	0.7	0.3	1	1*
S2	溼地面積	2*	-2*	-2*	1*	2*	1*
S3	河川流量	2*	1*	1*	0*	-1*	1*
S4	地下水水量	0	0	0	1	-1	0*
	平均	1.3	0.0	-0.1	0.6	0.3	0.8

*為假設之數值

4. 樣區影響指標(I)情況分析

在影響的指標項目部分，大城鄉整體的影響最小，而鹿港、線西與伸港為影響較大的區域。在水資源的使用發展中，鹿港與伸港的發展較相似，主要投入於工業的發展，幾乎沒有農業發展的部份，其次是福興與芳苑雖工業產值較前兩個區域少，但可以看到他們的除了在工業上的發展外，也有不少農業上的發展，特別是芳苑的農業產值得分相當高，而大城則是工業產值最少的區域，以農業的發展居多。另外在水貧乏(I1)的項目中，大城為受到水貧乏(I1)影響最大的區域，也是此項目中唯一獲得負分的區域，而鹿港、伸港與福興看起來則較不需擔憂水貧乏問題；在地層下陷(I5)的部分，除了芳苑受到二林鎮的地層下陷影響，有輕微下陷的問題外，其他區域尚未產生地層下陷的問題。各區域影響指標(I)的得分情況由表 4.15 所示。

表 4.15 研究樣區影響指標(I)情況

影響指標項目(I)		樣區得分					
編號	指標項目	伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉
I1	水貧乏	1.5	0	1	1	0	-0.5
I2	觀光產值	-1*	1*	2*	-1*	0*	-1*
I3	農業產值	-2	-2	-1	0	2	2
I4	工業產值	2*	0*	2*	1*	1*	-2*
I5	地層下陷	0	0	0	0	-1	0
I6	生物多樣性	-2	-2	-2	1	1	1
平均		-0.3	-0.5	0.3	0.3	0.5	-0.1

*為假設之數值

5. 樣區回應指標(R)情況分析

沿海保護區(R1)指標中，大部份的區域都獲得良好的分數，唯線西與鹿港獲得了差異極大的評價，這是由於線西與鹿港並未設置沿海保護區，而其餘四個區域沿海皆在沿海保護區的設置範圍中，因此線西與鹿港在此項目中得分特別低。在社區營造(R3)的部分，福興得分 1.5 為得分最高的區域，而線西則為最低-1.5，可以發現即便同為彰化沿海區域的範圍，但社區營造的風氣仍然有懸殊的差異，此外，在水利用效率(R4)的部分，各區域的得分皆偏低，尤其是伸港和線西兩個區域的得分最低，而鹿港與福興雖為表現較好的區域，但還是有不少進步的空間。

由於彰化沿海區域的環境教育設施數量較少，僅芳苑有一處環境教育設施場

所，再加上 105 年度彰化沿海區域並沒有進行人工造林，因此回應指標(R)的整體得分皆不高，這也顯示彰化沿海區域在社會回應(R)的部分還有很大的進步空間。各區域回應指標(R)的得分情況由表 4.16 所示。

表 4.16 研究樣區回應指標(R)情況

回應指標項目(R)		樣區得分					
編號	指標項目	伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉
R1	沿海保護區	2*	-2*	-2*	2*	2*	2*
R2	造林面積	0	0	0	0	0	0
R3	社區營造	-0.5	-1.5	1	1.5	-0.5	-1
R4	水利用效率	-1.5	-1.5	0.5	0.5	0	-0.5
R5	環境教育	0	0	0	0	1	0
	平均	0	-1	-0.1	0.8	0.5	0.1

*為假設之數值

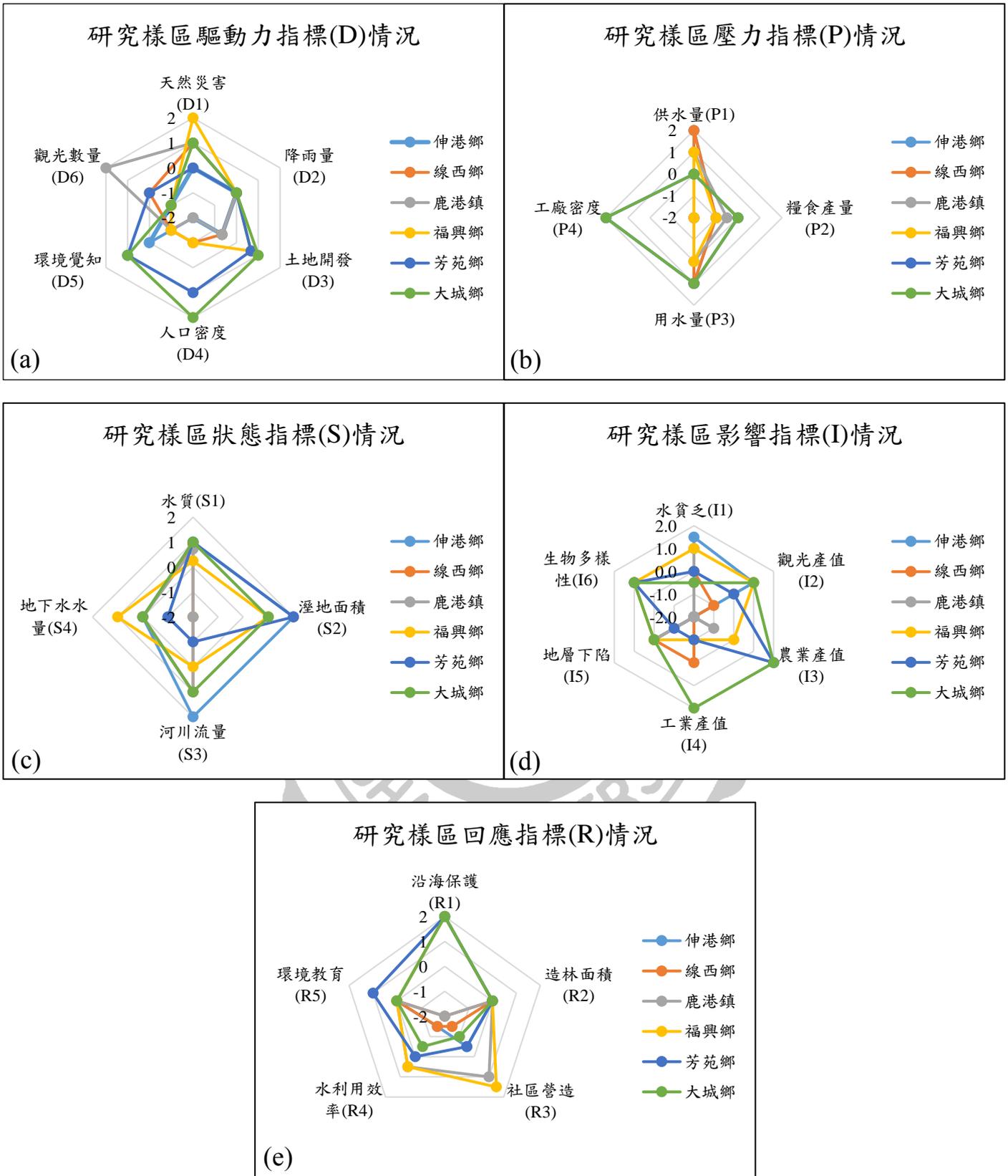


圖 4.3 研究樣區各面向之水資源發展情況

6. 樣區整體水資源發展情況分析

在分別探討樣區在各面向的發展情況之後，我們在這裡做一個統整性的分析。首先，鹿港與線西為整體表現最差的區域，此兩區域目前沿海多發展為工業區，因此溼地面積所剩無幾，再加上沒有沿海保護區的設置，因此可以發現在狀態(S)影響(I)與回應(R)三個面向的得分都是整個彰化沿海當中最差的。而相比於鹿港，線西雖工業發展程度並不及鹿港，但由於線西的且當地的社區營造風氣較為低落，因此線西是彰化沿海區域有最大改善空間的區域。

接著，伸港也是較著重於工業發展的區域，在驅動力(D)與影響(I)的部分都是獲得負分，尤其是驅動力(D)為六個區域中得分最低的，而其水資源狀態卻是得分最高的區域，這可能不是一個好的現象，若持續以這樣的模式進行發展，區域的水資源狀態可能會逐漸削減，因此改善伸港的驅動力(D)和影響(I)絕對是個當務之急。而福興鄉的發展情況與伸港相似，在驅動力(D)與壓力(P)的部分需要再多加留意，若能夠改善區域驅動力、水質和用水壓力等問題，就可以避免潛在的水資源危機。

最後，芳苑與大城為整體得分最良好的區域，他們的土地發展較少，且多著重於農業發展，但由於區域的供水量較少，因此兩區域的供水壓力較其他區域更高，是未來可以改進的方向。此外，芳苑還需要多加注意的是水質維護和地層下陷的問題，同時水利用效率也是芳苑可以再加強的項目，而大城在驅動力(D)、壓力(P)、狀態(S)和影響(I)四個方面的表現都是數一數二，唯獨回應(R)的部分表現較不突出，若能夠提升區域內的社會回應行為強度，將會是一個更加接進水資源永續發展的區域。各區域整體水資源發展的得分情況由表 4.17 與圖 4.4 所示。

表 4.17 研究樣區整體水資源發展情況

指標框架		樣區得分					
編號	指標項目	伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉
D	驅動力	-0.6	-0.3	-0.1	-0.1	0.4	0.7
P	壓力	0	0	-0.4	-0.5	0.8	0.8
S	狀態	1.3	0	-0.1	0.6	0.3	0.8
I	影響	-0.6	-0.8	-1	0.3	0.2	0.9
R	回應	0	-1	-0.1	0.8	0.5	0.1

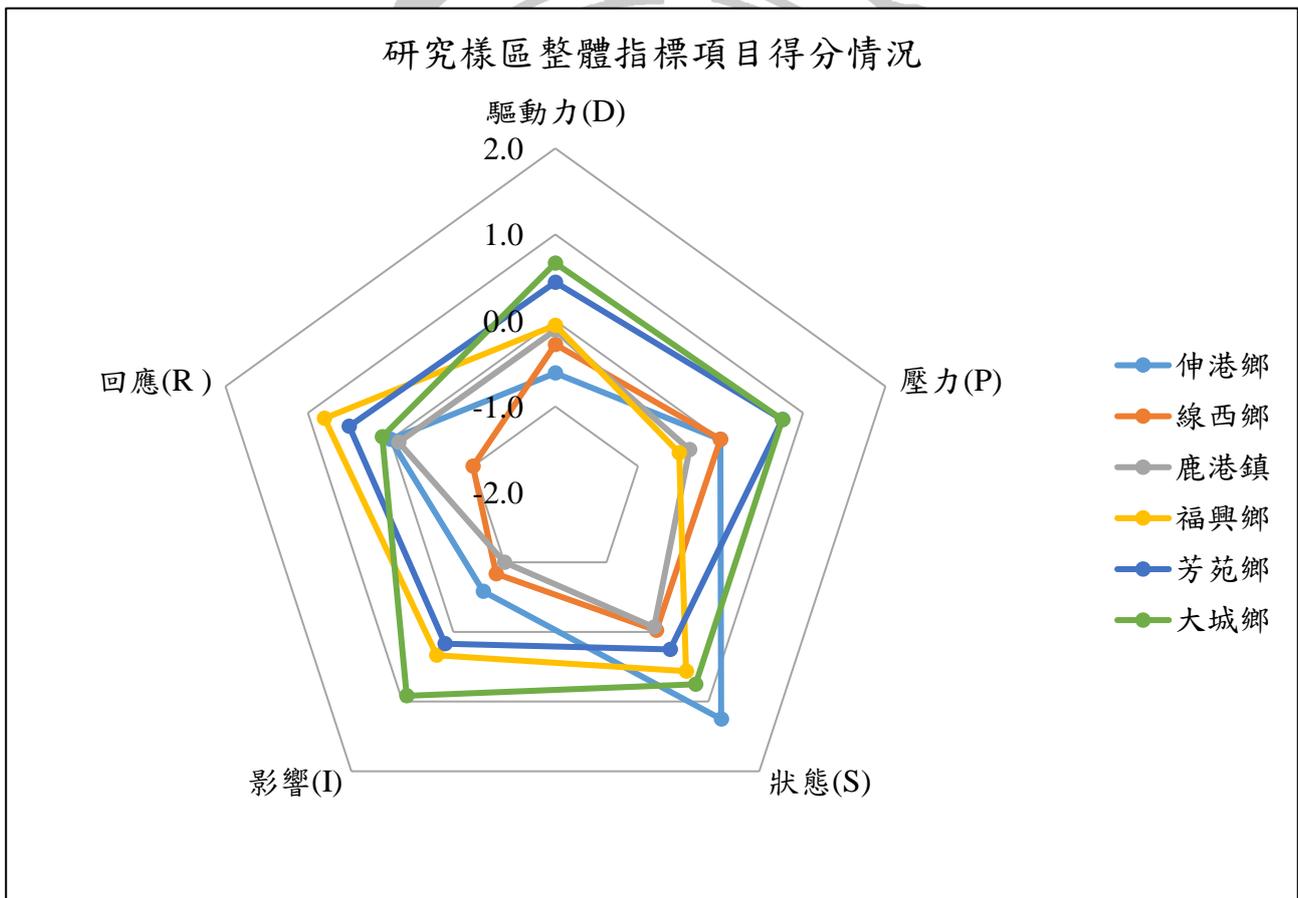


圖 4.4 研究樣區整體水資源發展情況

第五章 結論與建議

5.1 結論

(一) 影響區域水資源發展之因素：

1. 對於區域水資源的供給以及水量而言，自然氣候條件佔了很大程度的影響。而土地發展是對系統有最大影響性的驅動力指標，有效地管理區域的土地利用方式或行為，也是區域水資源永續發展的關鍵。
2. 溼地資源的保存不但可以豐富區域的生物多樣性，同時也可以吸引遊客聚集，不論在生態上或是經濟上都具有一定的重要性。
3. 水利用效率的調整雖無法直接回饋到水資源狀態，但他是一個能夠有效改善人們用水習慣的方法，也是在面臨環境衝擊時可以最快速減緩衝擊的策略。而當水資源缺乏的衝擊發生時，比起較長遠而根本的解決策略，人們可能更傾向優先探討可以即時紓緩問題的方法。
4. 即便水資源的回應策略可能無法在短期內完整地改善區域水資源，但在從事社會回應的行為時，會使我們與環境建立起關聯，產生更多對環境的覺知，就更長遠的角度來看所有的社會回應行為，都是促使區域邁向水資源的永續發展。

(二)研究樣區水資源發展情況

1. 線西與鹿港此兩區域是彰化沿海工業發展的熱區，但在工業快速發展的同時，卻忽略了對環境更加友善的水資源發展，在區域的發展政策中建議可以更加重視溼地資源保存與發展，而線西則需要同時加強區域的社區營造。
2. 伸港與福興有良好的水資源狀態，但在驅動力、壓力或是影響的部分都有得分偏低的情況，屬於具有潛在水資源危機的區域，若不進行調整可能會逐漸消耗區域的水資源狀態，導致未來區域水資源狀態惡化，建議增加區域的農業發展並減少工業發展。
3. 芳苑與大城為整體最接近水資源永續發展的區域，以農業發展居多，在供水的部分較為欠缺，因此建議可以再加強區域供水設施的建立。而芳苑同時還需要注意地下水的使用以及地層下陷的問題，此問題雖較難以快速獲得改善，但仍可以透過水資源使用方式的調整來獲得減緩。

5.2 建議

1. 本研究以-2~+2 為區域永續發展情況評分區間，可以透過得分之正負更快速區別其優劣，建議未來可以透過類似的方式進行得分區間的設定。
2. 本研究在資料收集來源主要為政府機關公開資訊，是為便於後續對彰化沿海區域水資源永續發展之管理，唯本研究之區域範圍較小，在資料收集時仍缺乏部分資料，建議未來可以與相關機構合作以求更加完整的區域資訊。
3. 本研究為求較簡化的環境資訊，因此在指標設立上僅以少數項目做為代表，若想對區域有更詳細的觀察，建議可以再增加部分指標項目，如：漁業養殖、生態旅遊。



第六章 參考文獻

- Ait-Kadi M. (2016). Water for Development and Development for Water: Realizing the Sustainable Development Goals (SDGs) Vision. *Aquatic Procedia* **6**,106-110.
- Borja A, Galparsoro I, Solaun O, Muxika I, Tello EM, Uriarte A, Valencia V. (2006). The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, coastal and shelf science* **66**,84-96.
- Căilean D, Teodosiu C. (2016). An assessment of the Romanian solid waste management system based on sustainable development indicators. *Sustainable Production and Consumption* **8**,45-56.
- Franceschini F, Galetto M, Maisano D. (2007). *Management by measurement: Designing key indicators and performance measurement systems*. (Springer Science & Business Media).
- Friend AM, Rapport DJ. (1991). Evolution of macro-information systems for sustainable development. *Ecological Economics* **3**,59-76.
- Gabrielsen P, Bosch P. (2003). Environmental indicators: typology and use in reporting. EEA, Copenhagen.
- Gani A, Scrimgeour F. (2014). Modeling governance and water pollution using the institutional ecological economic framework. *Economic modelling* **42**,363-372.
- Gari SR, Newton A, Icely JD. (2015). A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & Coastal Management* **103**,63-77.
- Giddings B, Hopwood B, O'brien G. (2002). Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable development* **10**,187-196.
- Greaker M, Stoknes PE, Alfsen KH, Ericson T. (2013). A Kantian approach to sustainable development indicators for climate change. *Ecological economics* **91**,10-18.
- Haase D, Nuissl H. (2007). Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy?: The case of Leipzig (Germany) 1870–2003. *Landscape and Urban Planning* **80**,1-13.
- Haubrich H, Reinfried S, Schleicher Y. (2008). Lucerne declaration on geographical education for sustainable development. *Interaction* **36**,39.
- Hughey KF, Cullen R, Kerr GN, Cook AJ. (2004). Application of the pressure–state–response framework to perceptions reporting of the state of the New Zealand

- environment. *Journal of Environmental Management* **70**,85-93.
- Keeble BR. (1988). The Brundtland report: 'Our common future'. *Medicine and War* **4**,17-25.
- Lambooy T. (2011). Corporate social responsibility: sustainable water use. *Journal of Cleaner Production* **19**,852-866.
- Mangi SC, Roberts CM, Rodwell LD. (2007). Reef fisheries management in Kenya: Preliminary approach using the driver–pressure–state–impacts–response (DPSIR) scheme of indicators. *Ocean & Coastal Management* **50**,463-480.
- Mitchell G. (1996). Problems and fundamentals of sustainable development indicators. *Sustainable development* **4**,1-11.
- Omann I, Stocker A, Jäger J. (2009). Climate change as a threat to biodiversity: An application of the DPSIR approach. *Ecological Economics* **69**,24-31.
- Pahl-Wostl C, Vörösmarty C, Bhaduri A, Bogardi J, Rockström J, Alcamo J. (2013). Towards a sustainable water future: shaping the next decade of global water research. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **5**,708-714.
- Pandey VP, Shrestha S. (2016). DPSIR Framework for Evaluating Groundwater Environment. In *Groundwater Environment in Asian Cities*. (Elsevier). pp 17-37.
- Performance DGoE. (1993). *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. (Organisation for Economic Co-operation and Development).
- Peterson JM, Schoengold K. (2008). Using numerical methods to address water supply and reliability issues: discussion. *American Journal of Agricultural Economics* **90**,1350-1351.
- Pires A, Morato J, Peixoto H, Botero V, Zuluaga L, Figueroa A. (2017). Sustainability assessment of indicators for integrated water resources management. *Science of the total environment* **578**,139-147.
- Stanners D, Bourdeau P. (1995). Europe's environment: the Dobris assessment. In *Europe's environment: the Dobris assessment*. (Office for Official Publication of the European Communities).
- Sun S, Wang Y, Liu J, Cai H, Wu P, Geng Q, Xu L. (2016). Sustainability assessment of regional water resources under the DPSIR framework. *Journal of hydrology* **532**,140-148.
- Taravati H, Eiafati S. (1998). Agenda 21 (United Nations Conference on Environment & Development)(translation). Environmental Protection Agency and United Nations Development Programme, 478p (In Persian).
- Ting K-H, Lin K-L, Jhan H-T, Huang T-J, Wang C-M, Liu W-H. (2015). Application of a sustainable fisheries development indicator system for Taiwan's aquaculture industry. *Aquaculture* **437**,398-407.

- UNICEF. (2003). The United Nations World Water Development Report: Water for People, Water for life. (ed. Berghahn Books, Barcelona).
- United N. (1997). Glossary of environment statistics, studies in methods. United Nations New York, NY Google Scholar.
- Wolfslehner B, Vacik H. (2008). Evaluating sustainable forest management strategies with the analytic network process in a pressure-state-response framework. *Journal of Environmental Management* **88**,1-10.
- 于伯华, 吕昌河. (2004). 基于 DPSIR 概念模型的农业可持续发展宏观分析. *中國人口·資源與環境* **14**,68-72.
- 李欣容. (2012). 東海大學校園生境品質與景觀管理策略. 碩士論文. 東海大學景觀學系
- 葉欣誠. (2007). 我國地方環境永續性指標之發展與建構. 取自 <http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/8121816531371.pdf>.



附錄

附錄一、彰化沿海濕地水資源永續管理指標問卷

親愛的受訪者 您好，

非常感謝您抽空協助填寫本問卷。

本研究題目為「區域沿海水資源永續發展管理指標建立」，本問卷針對「彰化沿海水資源管理指標關聯」進行之專家學者問卷，問卷主要目的為利用 DPSIR 建立區域水資源永續發展指標，以彰化沿岸地區環境管理為研究基礎，致力研究區域內環境與生態的明智利用，和確保永續的發展。素仰 台端對永續發展之豐富的學識經驗，擬請擔任填寫本問卷之專家學者，以求獲得您寶貴之意見。

本研究極需您的專業知識及豐富經驗之協助與指教，再次感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

東海大學環境科學與工程學系

指導老師：陳鶴文 教授

陳維燁 副教授

研究生：陳品雯

一. 內容說明

1. 背景及目的

水資源是人類生存不可或缺的重要條件之一，沒有足夠量的水或是一定品質的水，都會造成我們生存上的困難，也因此水資源管理長久以來都是受到各界關注的議題。

台灣四面環海，在這之中沿海區域是一個生機蓬勃之處，具有豐富的生態，同時沿海濕地也具有淨化水質的功能，是相當重要的環境資源。在台灣海岸溼地中，彰化海岸溼地範圍涵蓋大肚溪南岸、漢寶濕地、芳苑濕地及大城濕地，是全台灣最大的一處潮間泥灘地，然而，在彰化北部海岸則是有填海造陸的彰濱工業區，橫跨了伸港、線西及鹿港3個鄉鎮，因此如何在此處達到社會經濟發展與環境資源之間的平衡便是個重要的議題。

本研究以彰化縣六個沿海鄉鎮為研究樣區，透過永續發展指標 DPSIR 架構，建立區域水資源發展管理指標，希望透過指標對沿海區域的水資源發展進行管理，並找出改善區域水資源發展的最佳策略，以邁向區域水資源的永續。

本問卷是建立在上述的研究基礎，希望可以透過此問卷，來結合相管領域專家學者的意見，試圖找出指標間相互影響的關聯性。

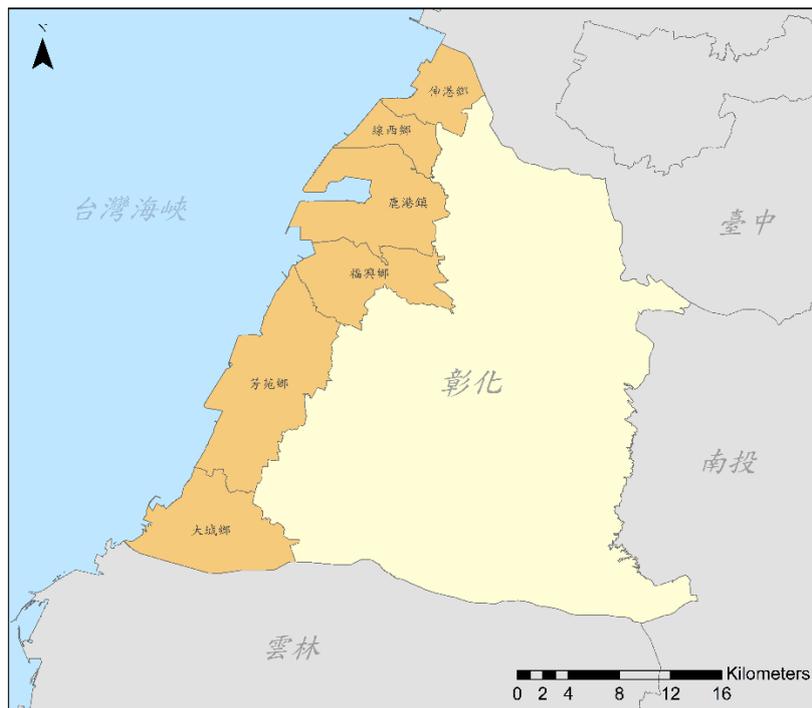


圖 1. 研究樣區圖

2. DPSIR 框架概念

DPSIR 是一個具有系統性的綜合指標架構工具，其因果框架可以用來描述社會與環境之間複雜的相互作用，此框架將複雜環境系統分為五個面向：

1. **驅動力(Driving force)**：描述社會中的人口、經濟發展以及生活方式，驅使環境產生直接影響的活動，也是導致環境壓力的根本原因。
2. **壓力(Pressure)**：指人為發展引起的直接壓力，或是自然環境中的相關影響，可用資源的枯竭或過度開發等都可以被認為是系統的“壓力”。
3. **狀態(State)**：描述一個區域內主要由人類活動引起的環境的狀況和趨勢，包括物理狀態、化學狀態和生物狀態。
4. **影響(Impact)**：指由於自然環境狀況的變化而造成對人為系統的影響，如資源可用性和生物多樣性。
5. **回應(Response)**：指社會中的群體或是個人為了修改驅動力的行為、減少或是預防壓力、恢復或影響狀態、減輕或減少影響，所採取的補償、改善或適應行動。

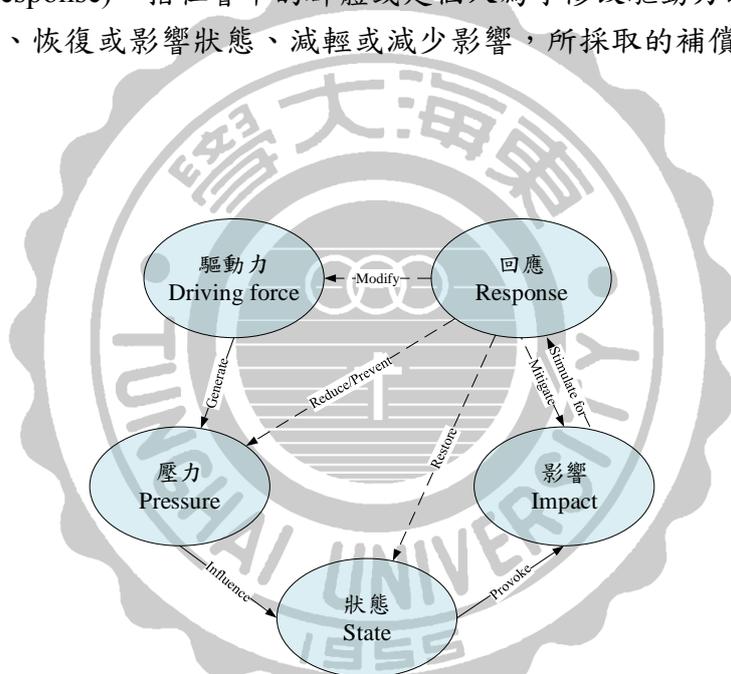


圖 2. DPSIR 架構示意圖(EEA, 1999)

透過框架的五個面向，可以連結出環境事件中各個組成之間的因果關係：環境或是社會的驅動力(D)會產生出壓力(P)，而環境的壓力會影響狀態(S)，進而對社會與環境造成了影響(I)，這樣的影響則會刺激社會做出相對的回應(R)，以修改或是替代驅動力，並且消除、減少或是預防壓力的產生，使狀態能夠維持並減少影響的程度。

DPSIR 架構的優點之一是將環境問題的因果關係，透過指標這樣更加簡單的方式描述清楚，可以作為利益相關者、研究者以及決策者之間的溝通工具，同時也能使管理者做決策時更加容易，也因此，本研究選擇 DPSIR 的框架做為指標建立的模型基礎。

3. 指標架構及定義

本研究以 DPSIR 框架之概念，針對彰化沿海區域在各面向內設定出以下指標項目，下表為 DPSIR 面向內之各指標項目定義及設立目的：

表 1. 指標項目定義表

指標項目	指標定義	設立目的
D1 天然災害	自然的災害，無法控制其發生，例如：暴雨或是乾旱	暴雨或乾旱等極端事件的影響，不僅會對水資源造成影響，也可能造成社會或是經濟的損失
D2 降雨量	地區的平均降雨量	評估地區的雨水資源量
D3 土地開發	針對沿海地區的土地開發與利用情形進行探討	探討地區的土地利用情形，可根據情況對沿海周遭土地進行規劃
D4 人口數	地區登記的人口數量	評估地區人口的擁擠程度，用來評估水資源的使用人數多寡
D5 環境覺知	地區居民對環境保護的認知、了解程度及意識	評估地區居民對於環境議題的認知程度，以及對於環境保護的意識
D6 觀光人數	地區觀光發展帶來的觀光人數	觀光除了可以使民眾更加了解沿海地區的文化發展並提升地區經濟發展，但同時也會帶來地區的資源消耗
P1 供水量	區域供水量，包括民生用水、農業用水、工業用水等	查看區域可供給的水資源量
P2 糧食產量	農林漁牧業的生產量	地區的糧食生產狀況，可評估用於生產糧食的水資源量多寡
P3 用水量	地區人口的平均用水量	查看區域人口以及產業使用水的情況
P4 工廠數量	工廠數量或規模	工廠排放的廢水若未經過適當處理，可能會污染水資源
S1 水質	評估水體品質優劣	評估水資源受到污染的程度。水資源的品質會影響生物的健康以及生活品質等
S2 濕地面積	區域的濕地面積。濕地泛指水域與陸域之間的交會地帶，經常或間歇地被潮汐、洪水淹沒的土地	濕地的功能包含淨化水質、穩定海岸、漁獲生產、提供生物棲息地、景觀遊憩等，在生態及經濟發展上皆具有重要價值
S3 河川流量	評估地區的河川流量多寡	評估可用地表水資源的情況
S4 地下水水量	地下水含水層的水量	評估地下水水資源的含水量，若過度使用可能對環境造成不可逆危害

表 1(續). 指標項目定義表

指標項目	指標定義	設立目的
I1 水匱乏	評估水資源的指標，包括一地區的需水量、水資源之可用度、可及性，以及人們可取用水的能力。	探討水匱乏對人類或是社會的衝擊程度，若水資源不足可能會造成水資源的競爭或降低該地區的水資源的品質
I2 農業產值	農林漁牧業的產值	評估地區糧食產業的生產效益
I3 工業產值	工業的產值	評估地區的工業發展狀況
I4 觀光產值	觀光遊憩據點遊客人數統計	評估地區由觀光所帶來的經濟效益
I5 地層下陷	由於地下水補水量無法負荷人為開採而造成的地面向下沉陷的垂直地表變形	評估地區地下水資源是否過度使用，導致環境的不可逆危害
I6 生物多樣性	大區域的生物棲息地與活動交流之基盤	評估地區生態的豐富程度，豐富的生態可以顯示地區環境品質優良適合生物生存
R1 沿海保護	國家級與國家重要級的沿海保護區面積	防止濕地資源遭到過度開發，造成環境或生態上不可逆之後果
R2 造林面積	人工造林的面積	建造林地，保留地表的逕流水量
R3 社區營造	地區居民自發性的維護及營造活動	地區居民自發性的管理，可以同時促進地區發展以及環境維護，取得兩者之間的平衡
R4 水利用效率	從可負擔性、供水品質、服務可及性、供水量和可靠性方面進行評估。	評估地區供水設施的績效，減少資源的浪費
R5 環境教育	一種教育的過程，透過認識環境，以及組成環境的交互作用，得到知識、技能和價值觀，能個別或集體地解決環境問題	透過宣導以及教育的方式，使地區居民增加環境相關的知識，從而減少對環境危害的行為

二. 填寫說明

- 問卷內容共可分為五個部分：
 1. 驅動力指標(D)對壓力指標(P)影響之程度
 2. 壓力指標(P)對狀態指標(S)影響之程度
 3. 狀態指標(S)對影響指標(I)影響之程度
 4. 影響指標(I)對回應指標(R)影響之程度
 5. 回應指標(R)對所有指標影響之程度

- 指標相關度由低至高共分為 5 個等級：
 - 1 分：極低，幾乎沒有關聯
 - 2 分：偏低，相關度較低
 - 3 分：普通，具有部分關連
 - 4 分：偏高，具有高度相關
 - 5 分：極高，具有極高相關

- 範例說明：

填寫時，前項指標為「因」，後項指標為「果」，若您認為「D2 降雨量」會對「P1 供水量」有極高之影響則可在「具有極高相關」的空格內進行標記，如下方所示：

	幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
D2 降雨量 對 P1 供水量 影響之程度					✓
D2 降雨量 對 P2 糧食產量 影響之程度					
D2 降雨量 對 P3 用水量 影響之程度					
D2 降雨量 對 P4 工廠數量 影響之程度					

三. 問卷內容

1. 驅動力指標(D)對壓力指標(P)影響之程度：

				幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
D1	天然災害	對	P1 供水量	影響之程度				
D1	天然災害	對	P2 糧食產量	影響之程度				
D1	天然災害	對	P3 用水量	影響之程度				
D1	天然災害	對	P4 工廠數量	影響之程度				
D2	降雨量	對	P1 供水量	影響之程度				
D2	降雨量	對	P2 糧食產量	影響之程度				
D2	降雨量	對	P3 用水量	影響之程度				
D2	降雨量	對	P4 工廠數量	影響之程度				
D3	土地開發	對	P1 供水量	影響之程度				
D3	土地開發	對	P2 糧食產量	影響之程度				
D3	土地開發	對	P3 用水量	影響之程度				
D3	土地開發	對	P4 工廠數量	影響之程度				
D4	人口數	對	P1 供水量	影響之程度				
D4	人口數	對	P2 糧食產量	影響之程度				
D4	人口數	對	P3 用水量	影響之程度				
D4	人口數	對	P4 工廠數量	影響之程度				
D5	觀光人數	對	P1 供水量	影響之程度				
D5	觀光人數	對	P2 糧食產量	影響之程度				
D5	觀光人數	對	P3 用水量	影響之程度				
D5	觀光人數	對	P4 工廠數量	影響之程度				
D6	環境覺知	對	P1 供水量	影響之程度				
D6	環境覺知	對	P2 糧食產量	影響之程度				
D6	環境覺知	對	P3 用水量	影響之程度				
D6	環境覺知	對	P4 工廠數量	影響之程度				

2. 壓力指標(P)對狀態指標(S)影響之程度：

					幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
P1	供水量	對	S1	河川流量影響之程度					
P1	供水量	對	S2	地下水水量影響之程度					
P1	供水量	對	S3	濕地面積影響之程度					
P1	供水量	對	S4	水質影響之程度					
P2	糧食產量	對	S1	河川流量影響之程度					
P2	糧食產量	對	S2	地下水水量影響之程度					
P2	糧食產量	對	S3	濕地面積影響之程度					
P2	糧食產量	對	S4	水質影響之程度					
P3	用水量	對	S1	河川流量影響之程度					
P3	用水量	對	S2	地下水水量影響之程度					
P3	用水量	對	S3	濕地面積影響之程度					
P3	用水量	對	S4	水質影響之程度					
P4	工廠數量	對	S1	河川流量影響之程度					
P4	工廠數量	對	S2	地下水水量影響之程度					
P4	工廠數量	對	S3	濕地面積影響之程度					
P4	工廠數量	對	S4	水質影響之程度					

3. 狀態指標(S)對影響指標(I)影響之程度：

				幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
S1	河川流量	對	I1 水貧乏影響之程度					
S1	河川流量	對	I2 農業產值影響之程度					
S1	河川流量	對	I3 工業產值影響之程度					
S1	河川流量	對	I4 觀光產值影響之程度					
S1	河川流量	對	I5 地層下陷影響之程度					
S1	河川流量	對	I6 生物多樣性影響之程度					
S2	地下水水量	對	I1 水貧乏影響之程度					
S2	地下水水量	對	I2 農業產值影響之程度					
S2	地下水水量	對	I3 工業產值影響之程度					
S2	地下水水量	對	I4 觀光產值影響之程度					
S2	地下水水量	對	I5 地層下陷影響之程度					
S2	地下水水量	對	I6 生物多樣性影響之程度					
S3	濕地面積	對	I1 水貧乏影響之程度					
S3	濕地面積	對	I2 農業產值影響之程度					
S3	濕地面積	對	I3 工業產值影響之程度					
S3	濕地面積	對	I4 觀光產值影響之程度					
S3	濕地面積	對	I5 地層下陷影響之程度					
S3	濕地面積	對	I6 生物多樣性影響之程度					
S4	水質	對	I1 水貧乏影響之程度					
S4	水質	對	I2 農業產值影響之程度					
S4	水質	對	I3 工業產值影響之程度					
S4	水質	對	I4 觀光產值影響之程度					
S4	水質	對	I5 地層下陷影響之程度					
S4	水質	對	I6 生物多樣性影響之程度					

4. 影響指標(I)對回應指標(R)影響之程度：

			幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關	
I1	水貧乏	對	R1	沿海保護	影響之程度			
I1	水貧乏	對	R2	造林面積	影響之程度			
I1	水貧乏	對	R3	水利用效率	影響之程度			
I1	水貧乏	對	R4	社區營造	影響之程度			
I1	水貧乏	對	R5	環境教育	影響之程度			
I2	農業產值	對	R1	沿海保護	影響之程度			
I2	農業產值	對	R2	造林面積	影響之程度			
I2	農業產值	對	R3	水利用效率	影響之程度			
I2	農業產值	對	R4	社區營造	影響之程度			
I2	農業產值	對	R5	環境教育	影響之程度			
I3	工業產值	對	R1	沿海保護	影響之程度			
I3	工業產值	對	R2	造林面積	影響之程度			
I3	工業產值	對	R3	水利用效率	影響之程度			
I3	工業產值	對	R4	社區營造	影響之程度			
I3	工業產值	對	R5	環境教育	影響之程度			
I4	觀光產值	對	R1	沿海保護	影響之程度			
I4	觀光產值	對	R2	造林面積	影響之程度			
I4	觀光產值	對	R3	水利用效率	影響之程度			
I4	觀光產值	對	R4	社區營造	影響之程度			
I4	觀光產值	對	R5	環境教育	影響之程度			
I5	地層下陷	對	R1	沿海保護	影響之程度			
I5	地層下陷	對	R2	造林面積	影響之程度			
I5	地層下陷	對	R3	水利用效率	影響之程度			
I5	地層下陷	對	R4	社區營造	影響之程度			
I5	地層下陷	對	R5	環境教育	影響之程度			
I6	生物多樣性	對	R1	沿海保護	影響之程度			
I6	生物多樣性	對	R2	造林面積	影響之程度			
I6	生物多樣性	對	R3	水利用效率	影響之程度			
I6	生物多樣性	對	R4	社區營造	影響之程度			
I6	生物多樣性	對	R5	環境教育	影響之程度			

5. 回應指標(R)對所有指標影響之程度：

					幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
R1	沿海保護	對	D1	天然災害	影響之程度				
R1	沿海保護	對	D2	降雨量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	D3	土地開發	影響之程度				
R1	沿海保護	對	D4	人口數	影響之程度				
R1	沿海保護	對	D5	觀光人數	影響之程度				
R1	沿海保護	對	D6	環境覺知	影響之程度				
R1	沿海保護	對	P1	供水量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	P2	糧食產量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	P3	用水量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	P4	工廠數量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	S1	河川流量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	S2	地下水水量	影響之程度				
R1	沿海保護	對	S3	濕地面積	影響之程度				
R1	沿海保護	對	S4	水質	影響之程度				
R1	沿海保護	對	I1	水貧乏	影響之程度				
R1	沿海保護	對	I2	農業產值	影響之程度				
R1	沿海保護	對	I3	工業產值	影響之程度				
R1	沿海保護	對	I4	觀光產值	影響之程度				
R1	沿海保護	對	I5	地層下陷	影響之程度				
R1	沿海保護	對	I6	生物多樣性	影響之程度				
R2	造林面積	對	D1	天然災害	影響之程度				
R2	造林面積	對	D2	降雨量	影響之程度				
R2	造林面積	對	D3	土地開發	影響之程度				
R2	造林面積	對	D4	人口數	影響之程度				
R2	造林面積	對	D5	觀光人數	影響之程度				
R2	造林面積	對	D6	環境覺知	影響之程度				
R2	造林面積	對	P1	供水量	影響之程度				
R2	造林面積	對	P2	糧食產量	影響之程度				
R2	造林面積	對	P3	用水量	影響之程度				
R2	造林面積	對	P4	工廠數量	影響之程度				

			幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
R2 造林面積	對	S1 河川流量	影響之程度				
R2 造林面積	對	S2 地下水水量	影響之程度				
R2 造林面積	對	S3 濕地面積	影響之程度				
R2 造林面積	對	S4 水質	影響之程度				
R2 造林面積	對	I1 水貧乏	影響之程度				
R2 造林面積	對	I2 農業產值	影響之程度				
R2 造林面積	對	I3 工業產值	影響之程度				
R2 造林面積	對	I4 觀光產值	影響之程度				
R2 造林面積	對	I5 地層下陷	影響之程度				
R2 造林面積	對	I6 生物多樣性	影響之程度				
R3 水利用效率	對	D1 天然災害	影響之程度				
R3 水利用效率	對	D2 降雨量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	D3 土地開發	影響之程度				
R3 水利用效率	對	D4 人口數	影響之程度				
R3 水利用效率	對	D5 觀光人數	影響之程度				
R3 水利用效率	對	D6 環境覺知	影響之程度				
R3 水利用效率	對	P1 供水量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	P2 糧食產量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	P3 用水量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	P4 工廠數量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	S1 河川流量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	S2 地下水水量	影響之程度				
R3 水利用效率	對	S3 濕地面積	影響之程度				
R3 水利用效率	對	S4 水質	影響之程度				
R3 水利用效率	對	I1 水貧乏	影響之程度				
R3 水利用效率	對	I2 農業產值	影響之程度				
R3 水利用效率	對	I3 工業產值	影響之程度				
R3 水利用效率	對	I4 觀光產值	影響之程度				
R3 水利用效率	對	I5 地層下陷	影響之程度				
R3 水利用效率	對	I6 生物多樣性	影響之程度				

				幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
R4	社區營造	對	D1 天然災害	影響之程度				
R4	社區營造	對	D2 降雨量	影響之程度				
R4	社區營造	對	D3 土地開發	影響之程度				
R4	社區營造	對	D4 人口數	影響之程度				
R4	社區營造	對	D5 觀光人數	影響之程度				
R4	社區營造	對	D6 環境覺知	影響之程度				
R4	社區營造	對	P1 供水量	影響之程度				
R4	社區營造	對	P2 糧食產量	影響之程度				
R4	社區營造	對	P3 用水量	影響之程度				
R4	社區營造	對	P4 工廠數量	影響之程度				
R4	社區營造	對	S1 河川流量	影響之程度				
R4	社區營造	對	S2 地下水水量	影響之程度				
R4	社區營造	對	S3 濕地面積	影響之程度				
R4	社區營造	對	S4 水質	影響之程度				
R4	社區營造	對	I1 水貧乏	影響之程度				
R4	社區營造	對	I2 農業產值	影響之程度				
R4	社區營造	對	I3 工業產值	影響之程度				
R4	社區營造	對	I4 觀光產值	影響之程度				
R4	社區營造	對	I5 地層下陷	影響之程度				
R4	社區營造	對	I6 生物多樣性	影響之程度				

					幾乎沒有關聯	相關度較低	具有部分關連	具有高度相關	具有極高相關
R5	環境教育	對	D1	天然災害影響之程度					
R5	環境教育	對	D2	降雨量影響之程度					
R5	環境教育	對	D3	土地開發影響之程度					
R5	環境教育	對	D4	人口數影響之程度					
R5	環境教育	對	D5	觀光人數影響之程度					
R5	環境教育	對	D6	環境覺知影響之程度					
R5	環境教育	對	P1	供水量影響之程度					
R5	環境教育	對	P2	糧食產量影響之程度					
R5	環境教育	對	P3	用水量影響之程度					
R5	環境教育	對	P4	工廠數量影響之程度					
R5	環境教育	對	S1	河川流量影響之程度					
R5	環境教育	對	S2	地下水水量影響之程度					
R5	環境教育	對	S3	濕地面積影響之程度					
R5	環境教育	對	S4	水質影響之程度					
R5	環境教育	對	I1	水貧乏影響之程度					
R5	環境教育	對	I2	農業產值影響之程度					
R5	環境教育	對	I3	工業產值影響之程度					
R5	環境教育	對	I4	觀光產值影響之程度					
R5	環境教育	對	I5	地層下陷影響之程度					
R5	環境教育	對	I6	生物多樣性影響之程度					

感謝您的耐心填寫！若有對本問卷的建議或想法，請填寫於下方空白處。



東海大學環境科學與工程學系

指導老師：陳鶴文 教授

陳維燁 副教授

研究生：陳品雯

附錄二、水資源發展指標得分標準

框架	指標項目	子項目(單位)	得分標準				
			+2	+1	0	-1	-2
	天然災害	淹水次數(次)	<2	2	3	4	5
		乾旱次數(次)	<2	2	3	4	5
驅動力	降雨量	-(mm/月)	>180	140~180	100~140	60~100	<60
	土地開發	都市及建築用地比率(%)	<30	30~40	40~50	50~60	>60
		農林漁牧(%)	>60	50~60	40~50	30~40	<30
		生態保護及遊憩(%)	>5	2.5~5	0.5~2.5	0.05~0.5	<0.05
	人口密度	-(人/平方公里)	<300	300~600	600~800	800~1200	>1200
環境覺知	-	極高	高	普通	低	極低	
	觀光人數	-(千人)	>600	500~600	400~500	300~400	<300
壓力	供水量	自來水供水量 (公升/人/每日)	>300	250~300	200~250	150~200	<150
	糧食產量	家畜及家禽數量(公斤/人)	<10	10~20	20~50	50~100	>100
		農產品生產量(公斤/人)	>1000	500~1000	300~500	100~300	<100
	用水量	每人每日用水量 (公升/人/日)	<150	150~200	200~250	250~300	>300
	工廠密度	-(間/平方公里)	<4	4~6	6~8	8~10	>10
狀態	水質	地下水-總硬度(mg/L)	<150	150~300	300~450	450~750	>750
		地下水-總溶解固體(mg/L)	<250	250~600	600~900	900~1250	>1250
		地下水-氯鹽(mg/L)	<125	125~300	300~450	450~625	>625
		地下水-氮氮(mg/L)	<1	1~1.2	1.2~1.5	1.5~2	>2
		地下水-硝酸鹽氮(mg/L)	<5	5~15	15~30	30~50	50
		地下水-硫酸鹽(mg/L)	<125	125~300	300~450	450~625	>625
		地下水-總有機碳(mg/L)	<2	2~5	5~8	8~10	>10
		地下水-重金屬超標(%)	0	0~10	10~20	20~30	>30
		沿海-溶氧(mg/L)	<2	2~3	3~4	4~5	>5
		沿海-氮氮(mg/L)	<0.05	0.05~0.1	0.1~0.3	0.2~0.3	>0.3
		沿海-重金屬超標(%)	0	0~10	10~20	20~30	>30
		濕地面積	-(%)	>40	30~40	20~30	10~20
河川流量	-(CMS)	>40	30~40	20~30	10~20	<10	
地下水水量	水面至井口深度變化(cm)	>1	0.5~1	-0.5~0.5	-0.5~-1	<-1	

框架	指標項目	子項目(單位)	得分標準				
			+2	+1	0	-1	-2
	水貧乏	人均水資源量 (公升/人/每日)	>300	250~300	200~250	150~200	<150
		自來水普及率(%)	100	95~100	90~95	85~90	<85
影響	觀光產值	-(萬元)	>300	200~300	100~200	50~100	<50
	農業產值	農林漁牧業產值(千萬元)	>300	200~300	100~200	50~100	<50
	工業產值	營利事業銷售額(億元)	<200	200~300	300~400	400~500	>500
	地層下陷	-(公分)	-	-	0	0~1	1~2
	生物多樣性	生境面積指數	>0.6	0.5~0.6	0.4~0.5	0.3~0.4	<0.3
	沿海保護區	濕地保護區面積比(%)	>50	40~50	30~40	20~30	<20
		生態保護區(公頃)	>20	10~20	5~10	0~5	0
	造林面積	-(公頃)	5~10	0~5	0	-	-
回應	社區營造	社區營造支出(千元)	>6000	5000~6000	4000~5000	3000~4000	<3000
		社區發展協會數(個)	>20	16~20	11~15	6~10	<5
	水利用效率	水利設施(公里)	>30	20~30	10~20	5~10	<5
		用水效率(%)	>80	70~80	60~70	50~60	<50
	環境教育	環境教育設施數量(個)	>1	1	0	-	-

附錄三、樣區指標項目資料數據及來源

框架	指標項目	子項目(單位)	樣區					資料來源	
			伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉		大城鄉
	天然災害	淹水次數(次)	-	-	-	-	-	-	-
		乾旱次數(次)	-	-	-	-	-	-	-
	降雨量	-(mm/月)	-	-	-	-	-	-	-
驅動力	土地開發	都市及建築用地比率(%)	43.72	52.31	45.92	9.70	8.59	8.77	1
		農林漁牧用地比率(%)	39.34	34.96	43.14	76.09	79.23	73.83	1
		生態保護及遊憩(%)	0.41	0.58	0.01	0.00	0.01	0.05	1
	人口密度	-(人/平方公里)	1646.27	936.6	2197.25	951.61	372.49	271.16	1
	環境覺知	-	-	-	-	-	-	-	-
	觀光人數	-(千人)	-	-	-	-	-	-	-
壓力	供水量	自來水供水量(公升/人/每日)	301	301	270	270	233	233	2
		糧食產量							
		家畜及家禽數量(kg/人)	21.33	46.23	11.58	57.67	1194.52	755.29	1
		農產品生產量(kg/人)	52.66	66.98	39.61	268.61	1327.34	2663.39	1
	用水量	每人每日用水量(公升/人/日)	154.33	166.42	231	202.75	191	166.66	2
	工廠密度	-(間/平方公里)	12.67	12.01	15.14	10.93	1.85	0.49	1
狀態	水質	地下水-總硬度(mg/L)	382.7	365.5	393.25	751.5	399.5	-	3
		地下水-總溶解固體(mg/L)	597	597	626	1330	638	-	3
		地下水-氯鹽(mg/L)	50.525	45.35	57.2	84.55	34.65	-	3
		地下水-氮氣(mg/L)	0.915	1.225	1.787	0.175	0.155	-	3
		地下水-硝酸鹽氮(mg/L)	0.1525	0.06	0.21	<0.01	0.23	-	3
		地下水-硫酸鹽(mg/L)	116.2	114.15	55.1	387.5	132	-	3
		地下水-總有機碳(mg/L)	2.84	2.925	3.22	2.82	1.42	-	3
		地下水-重金屬超標(%)	20	15	7.5	20	21.6	-	3
		沿海-溶氧(mg/L)	7.12	7.08	7.1	-	-	-	3
		沿海-氮氣(mg/L)	0.02	0.02	0.05	-	-	-	3
沿海-重金屬超標(%)	0	0	0	-	-	-	3		

框架	指標項目	子項目(單位)	樣區						資料來源
			伸港鄉	線西鄉	鹿港鎮	福興鄉	芳苑鄉	大城鄉	
	濕地面積	-(%)	-	-	-	-	-	-	-
	河川流量	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下水水量	水面至井口深度變化 (cm)	-0.474	-0.176	0.048	0.768	-0.963	-	3
	水貧乏	人均水資源量 (公升/人/每日)	301	301	270	270	233	233	2
		自來水普及率(%)	95.66	77.61	99.37	97.47	91.62	85.51	1
影響	觀光產值	-(千元)	-	-	-	-	-	-	-
	農業產值	農林漁牧業產值(千萬元)	40.47	26.15	61.27	184.71	312.34	765.58	4
	工業產值	營利事業銷售額(億元)	-	-	-	-	-	-	-
	地層下陷	-(公分)	0	0	0	0	1	0	5
	生物多樣性	生境面積指數	0.264	0.253	0.289	0.536	0.514	0.533	6
	沿海保護區	濕地保護區面積比 (%)	-	-	-	-	-	-	-
		生態保護區(公頃)	-	-	-	-	-	-	-
回應	造林面積	-(公頃)	0	0	0	0	0	0	1
	社區營造	社區營造支出(千元)	3965	1775	5807	13137	2403	1272	1
		社區發展協會數(個)	14	8	24	23	21	15	1
	水利用效率	水利設施(公里)	4.2	3.18	15	15	4.8	4.24	7
用水效率(%)		51.27	55.29	78.89	75.09	81.97	71.53	2	
	環境教育	環境教育設施數量(個)	0	0	0	0	1	0	3

資料來源：1. 彰化縣政府 105 年度統計年報

2. 自來水公司

3. 行政院環保署

4. 行政院農委會

5. 經濟部水利署

6. 李欣容 (2012) 東海大學校園生境品質與景觀管理策略

7. 彰化縣政府水利資源處