

3

都市化與都市 生態環境的變遷

都市發展過程中，大量的人群移入，並改造自然環境以利生活與生產。但有效率地利用都市土地的同時，生態環境也受到不小的影響。



? 都市化如何影響都市內部生態環境？

認知 藉由了解都市內部的發展過程，探究都市內部生態環境的改變。

技能 透過田野實察、文獻探討及地圖比對等方式，了解過去環境跟現在環境的變遷。

態度 以永續發展的態度反思都市化過程中環境生態的變遷。

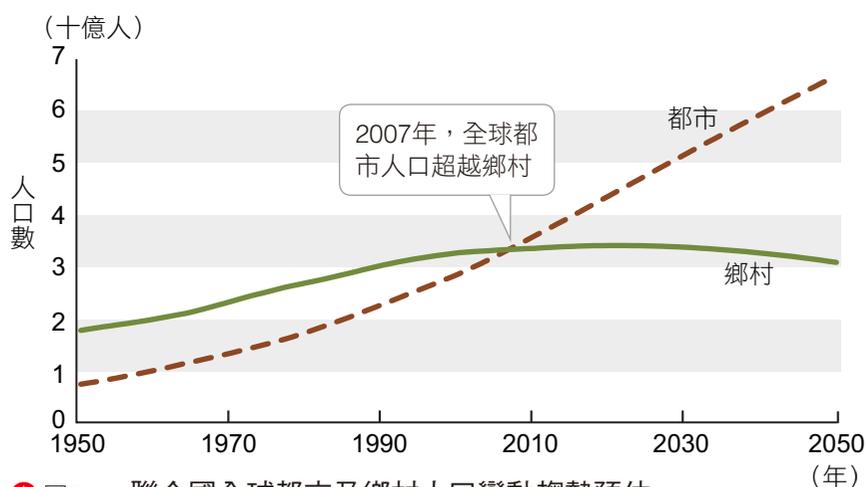
▼ 臺中柳川

柳川流經臺中市精華區，過去水質因沿岸民生汙水而惡化，但近年整治後，已成為都市內親水的藍帶空間



第一節 都市化與都市生態環境的變遷

根據聯合國的調查，2007年起，全球都市人口開始超越鄉村人口，且兩者差距逐年加大（圖3-1），預估至2050年，全球將有三分之二的人口（約七十億人）居住在都市。2018年，臺灣亦有85.9%的人口居住於都市地區。由此可知，都市環境品質的好壞，攸關地表多數人類的福祉，是近年來都市永續發展的重要課題。



▲圖3-1 聯合國全球都市及鄉村人口變動趨勢預估

一、都市問題與生態都市

都市生態環境系統係指都市與其相鄰自然生態地區的交互系統，二者互動環環相扣。例如都市的快速開發，短時間興建建築、道路等人造環境取代原有的自然環境，大幅度改變原有的生態平衡。過多的人口聚集在都市裡，往往也會產生大量的廢氣、人為熱源，或是排水設施不足、垃圾量成長過快（照片3-1）等問題。



▲照片3-1 印尼雅加達臨河的違建，河面漂浮大量垃圾

（一）都市熱島效應

都市熱島效應指因人類活動造成都市地區較周圍非都市

- 1 地區溫暖的現象（圖3-2）。隨都市發展而改變土地表面（如建物、道路增加）是主要原因；其次則為使用能源產生的廢熱，如空調設備、汽機車的使用等（圖3-3（甲））。

（二）水患威脅性大

- 5 都市建物、道路等不透水人工鋪面取代原始植被、水體等地表景觀，造成降水後雨水入滲效率變差，地表逕流增加，且滯洪空間不足，多餘地表逕流無處宣洩，一旦發生強降雨事件，便容易造成都市洪患（圖3-3（乙））。

（三）空氣品質不佳

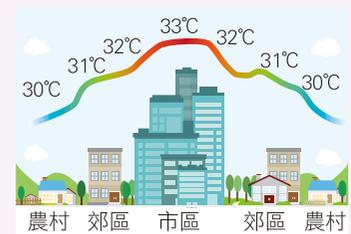
- 10 都市空氣的汙染主要來自汽機車與工廠廢氣（圖3-3（丙）），汙染的空氣中含有懸浮微粒（Particulate matter, PM）指固體和液滴的混合物，包括硫酸鹽、硝酸鹽、氨、氯化鈉、碳、礦物粉塵和水等。有些顆粒肉眼可見，其他則需以電子顯微鏡檢測。依粒徑大小可分為 PM_{10} ，與 $PM_{2.5}$ ，兩者皆為可吸入顆粒。其中 $PM_{2.5}$ （粒徑2.5微米，頭髮直徑約為
- 15 70微米）可通過肺泡過濾機制進入血液，對健康危害最大。

上述都市問題，衝擊都市居民生活品質，迫使人們反思經濟效率至上的都市開發方式是否合宜。因此，找回人與土地結合的「生態都市」或「永續都市」的概念油然而生。

小百科

都市熱島效應（Urban Heat Island Effect）

都市熱島效應是指由於人類活動造成市區溫度較周圍郊區與農村顯著溫暖的現象。此外，受到都市熱島的效應，市區氣壓常低於郊區，形成周圍郊區的空氣吹向市區的輻合現象。



▲ 圖3-2 都市熱島示意圖

甲 汽機車行駛間產生廢熱



乙 強降雨造成路面淹水



丙 空汙影響生活品質



▲ 圖3-3 常見的都市問題

生態都市（Eco-city）是指透過綜合的都市規劃和管理，¹ 維護都市生態系統之功能，儘可能減少都市對資源的依賴以及減少廢棄物。例如在公園綠地或公家機關設置太陽能板、雨撲滿等設備，以此支援社區或機構的能源與水資源；在都市計畫中透過土地使用分區管制，規範污染性產業（如造⁵ 紙、化工、煉鋁、鋼鐵等）及特定的鄰避性土地使用類別；建立完善的資源回收機制，產生最少廢棄物，降低能源與資源消耗，藉此達到資源、能量的循環與再利用（圖3-4）。

二、生態都市改造的案例

產業與日常用水之需，使得鄰近河川、水源之地吸引人口¹⁰ 聚居，當今都市幾乎皆與河川相鄰，如英國倫敦倚泰晤士河、美國紐約濱哈得孫河。然而都市擴張提高空間利用的集約度，使得都市內部河川的行水空間被犧牲，改建成道路、其他用地。不僅原有河川生態環境改變，水文環境的變遷亦¹⁵ 衍生都市洪患的問題，故國內外生態都市改造案例，常見與

生態都市



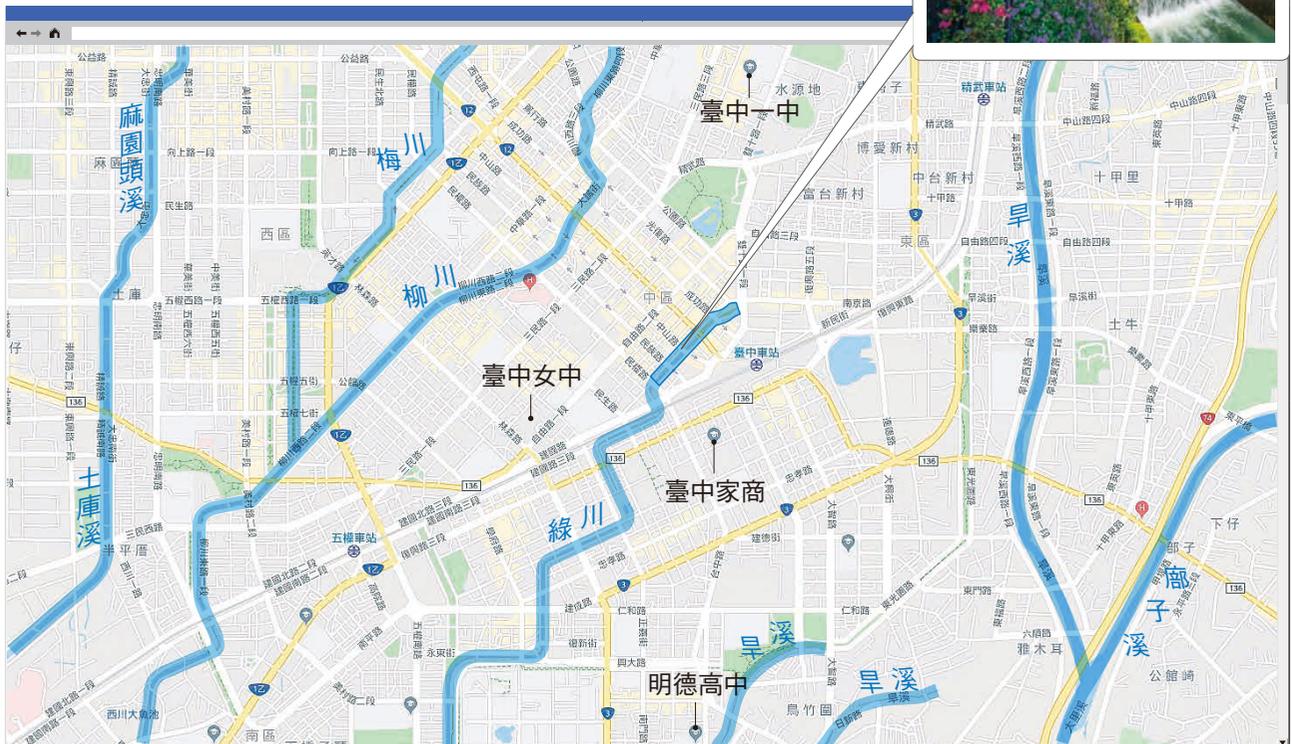
▲ 圖3-4 生態都市示意圖

1 都市河川有關的改造，以下舉臺灣、韓國兩地的個案說明。

例如流經臺中市舊城區的綠川，曾因都市發展造成汙染而加蓋，2015年，市政府啟動「新盛綠川水岸廊道計畫」，將綠川部分河段重新掀蓋，進行「水源淨化、汙水截流、環境
5 營造」的改造措施，興建地下汙水道，大面積植栽綠化環境，並設置地景藝術，以期臺中市能夠成為一座具有綠化、保水特色的生態都市（圖3-5）。

2003年韓國 首爾市政府的清溪川復原工程，被認為是融合韓國傳統與現代的新地標。當時清溪川為加蓋的廢水排水
10 道，水質汙染嚴重，上方則有使用已久的高架道路，隱含公安問題。當地政府遂將清溪高架道路拆除、重新挖掘河道，並進行景觀綠化、引進活水，同時興建22條橫跨河道的橋樑。清溪川不僅因此重見天日，也因結合文化資產、公共設施、地景建築及人行步道，轉變為以活水、親水為導向的綠色廊道。

綠川部分改造河段



▲ 圖3-5 臺中市中心的河道分布

臺中盆地的廊子溪、早溪、綠川、柳川、土庫溪、筏子溪等，本為盆地東半部沖積扇面上順勢而下的溪流。隨著都市發展，除綠川部分河段被打造成水岸廊道外，柳川、梅川部分河段亦有景觀步道的設計規畫

3-1 宜蘭河邊的維管束

宜蘭縣政府推動「宜蘭河邊的維管束」計畫，以植物的維管束類比都市中隱藏的水路、水圳，並利用這些仍然存有的水路、水圳，重新將宜蘭河生態與宜蘭市的水文系統結合，以實現「生態綠意」、「降低熱島效應」與「滯洪的水撲滿」等三個「水水宜蘭」目標。

在維管束計畫中已完成一組（圖3-6），前人引宜蘭河的水至泰山口圳，計畫再自該圳引水，成為連接宜蘭火車站到宜蘭河之間一段水與綠的走廊，最後流回宜蘭河。目前該走廊已重見天日的水路、水圳共有三段，包含光復國小前水圳綠廊（照片3-2）、宜蘭酒廠前水圳綠廊（照片3-3）及中山公園（「新」護城河）水圳綠廊（照片3-4）。

由於都市發展，宜蘭市部分地區經過歷年交通與防洪建設，地表逐漸被墊高，經過數十年，穿過宜蘭城的水圳早已位在地下約1.5公尺處。且過往都市空間規劃過於追求經濟效率，特別是交通路線規劃以汽車優先的思維，使都市地表景觀大量被高密度建物與柏油車道取代。如今就算圳道原址開挖，也沒有足夠的腹地讓人向下接近水面。維管束計畫最大的貢獻就在於不畫地自限，整理鄰近尚未使用的公有土地，努力經過協商後將水道繞出，重現久違的人水親近關係。而新的帶狀水圳綠廊除了保留輸送足夠灌溉水源到宜蘭市下游農田的功能，也新增綠意空間，不只在視覺上換回親切的水岸，更可以幫助都市的區域性滯洪、降低暴雨逕流和減低都市熱島效應，同時也提供都市大型防災的重要水源；並細膩地採取生態草溝、老樹保護，搖身一變成為都市中珍貴的環境資產。

維管束計畫的珍貴之處，除了維持水圳與農業的緊密結合、建立都市生態的多樣性、考量都市的防災所需外，更重建了都市居民與水的親近關係。水圳可貴美好的回憶，讓民眾了解空間發展除了經濟效率之外，可以有不同的選擇。

資料來源：田中央工作室

請問

1. 閱讀完文章後，將宜蘭河、泰山口圳、水圳綠廊三個項目，與右圖代碼配對，寫出甲～丁分別代表以上哪些項目，以完成維管束計畫中流路的順序。
2. 依據生態都市的概念，「宜蘭河邊的維管束」計畫具有哪些生態意義？並選擇其中一項生態意義，說明其如何在上述的示意圖中發揮功能。
3. 試著與同學討論，在該計畫中還可調整或增加哪項措施，以更臻生態都市的規劃理念。

維管束計畫流路
（上游到下游，
項目可重複）





▲ 圖3-6 維管束計畫完工位置圖



▲ 照片3-2 光復國小前
水圳綠廊



▲ 照片3-3 宜蘭酒廠前
水圳綠廊



▲ 照片3-4 中山公園內的
（「新」護城河）水圳綠廊

我要怎麼知道我居住的都市，曾經發生過什麼環境變遷呢？



可以藉由地圖比對與田野實察找到資料！



第二節 都市化與都市環境變遷的探究

本節以都市化與都市環境變遷為主題，藉由蒐集與整理報章雜誌與統計資料獲得資訊，運用地圖與衛星影像判讀、田野實察等技能，探究學校附近都市的環境轉變及衍生問題，並將結果書寫成短文章與海報。以宜蘭縣 宜蘭市為例，實作流程如下：

了解都市生態變遷

	大綱	細項
任務 一	蒐集與比對 先觀察都市人口數量的變化，與比對不同時期的歷史地圖與衛星影像圖，來探討都市發展變遷。接著蒐集報章雜誌的環境汙染與災害等相關報導，認識都市生態環境變遷產生的問題	<ul style="list-style-type: none">● 從網路統計資料庫中搜尋並整理都市人口資料● 比對不同時期地圖，認識都市發展的變遷● 蒐集環境汙染與災害的相關報導
任務 二	田野實察與訪談 經由「蒐集與比對」的過程，鎖定有發生變遷的區域。再透過田野實察、訪談居民等方法，更細緻、深入地了解引發變遷的原因及變遷的過程	<ul style="list-style-type: none">● 變遷區域的觀察，並與當地居民訪談● 歸納出都市化與都市內部環境變遷的關係
任務 三	都市環境變遷成果展現 在分析與解釋都市發展與環境變遷的關係後，將內容運用O-R-E的技巧書寫成短文章，並透過海報，以圖文搭配方式展示都市生態環境變遷的探究成果	<ul style="list-style-type: none">● 以O-R-E技巧書寫短文章● 海報展示● 自我檢核

任務

一

蒐集與比對

任務一以統計資料、報章雜誌、地圖的蒐集與整理為主，包括都市人口資料、環境汙染與災害、都市環境變化等項目，藉此建立該都市發展變遷的基本資訊。

一 蒐集學校附近都市的人口資料

透過人口資料的蒐集，可觀察都市人口的變動趨勢，理解都市規模的演變過程。有關臺灣各縣市與鄉鎮市區的人口統計資料，可至內政部戶政司全球資訊網或各縣市政府民政局（處）查詢。

實作步驟

1

計算人口資料：

透過網站的查詢，學校附近的都市（鄉鎮市區層級），近20~30年的人口呈現增加還是減少的趨勢？若呈現增加，其人口增加率為何？（呈現減少者，無須回答第2題）

〔公式〕

s 年到 t 年的人口成長率 = $(t \text{ 年人口數} - s \text{ 年人口數}) / s \text{ 年人口數} \times 100\%$

s 年到 t 年的平均年人口成長率 = $s \text{ 到 } t \text{ 年的人口成長率} / (t - s)$

2

解釋人口趨勢：

比對近20~30年該都市人口增加率與全國人口增加率，判斷與解釋該都市呈現都市化或都市成長的現象。



小百科

都市化與都市成長

都市人口增加率可與全國人口增加率作比較，若某都市的人口增加率大於全國人口增加率，表示此都市社會增加顯著，即為都市化；小於或等於全國人口的增加率，則該都市人口成長以自然增加為主，稱為都市成長。

二 進行學校附近都市的地圖比對：了解都市地景的變化

利用《臺灣百年歷史地圖多視窗比對》網站，進行不同年代的地圖比對，可以找出都市早期發展的歷史痕跡，以及不同時期都市地景的變化，進而理解都市發展的整體脈絡，並成為日後田野實察時重要的調查題材。

實作步驟

1

連結網站：

連結至臺灣百年歷史地圖多視窗比對網站，利用多視窗比對不同時代的地圖，藉此了解聚落的擴張及變化。上述是類似GIS中的哪種空間分析方法？

2

選擇地圖：

選擇數張學校附近都市的不同年代地圖。

年代	地圖名稱

3

討論變遷：

在比對以上地圖後，可以找到哪些環境變化？例如原本有工廠圖例，後來消失了；或本來是水田，後來變成住宅區。

臺灣百年歷史地圖多視窗比對網站操作步驟

1. 同學自行上網搜尋「臺灣百年歷史地圖多視窗比對」網站，並進入網頁
2. 右下角可選擇想要比對的圖層，建議選擇至少三張圖
3. 選擇臺灣堡圖、經建版地形圖、openstreetmap等不同年代的圖層比對
4. 滑動左側「比例尺」至適當大小
5. 滑動任一地圖，找出學校或住家附近的地圖，並觀察在不同年代間的土地利用有何變化，將找到的變化記錄下來

三 蒐集學校附近都市的環境問題報導：了解環境汙染與災害

都市隨著人口增加，建物不斷興建，常導致地表不透水面積增加，山坡地、河川用地等邊際土地大量開發，可能衍生水患、土石流、山崩等災害。又都市內部的工廠營運、商業經營、車輛行駛、家庭活動，都可能產生廢氣、廢水、廢渣、垃圾、噪音等汙染。搜尋報章媒體，找出學校附近都市環境汙染與災害的報導，了解都市發展過程中的環境問題。

實作步驟

1

查找相關新聞：

利用關鍵字搜尋近20~30年來，學校附近都市的環境汙染與災害相關報導，並完成下列表格。

環境汙染與災害	發生時間	發生事件的內容

2

擷取資料並判讀：

統計近20~30年來，學校附近都市發生的環境汙染與災害，何者發生的頻率較高？

任務

二

田野實察與訪談

任務二以田野實察及訪談為主。任務一的過程可能發掘出都市環境顯著變遷的區域，或者對於變遷的詳細過程，成因尚有待釐清之處，此時便需要親臨現場做田野實察。透過調查、訪談，獲得更細緻的一手資料。

一 田野實察的前置作業

田野實察的前置作業有助提高實察效率，首先必須決定實察區域，蒐集該區域相關資料，再依研究目的規劃實察路線。以使實察內容扣合研究主題，避免流於走馬看花。

實作步驟

1

決定實察區域與點位：

實察區域針對任務一發掘的問題，決定實察區域與造訪的點位。範圍須考量交通方式及時間，最好半天來回的範圍。

2

實察區域的資料蒐集：

選定範圍與點位後，即可針對實察點位要進行的實察項目，再做一次資料的蒐集與整理，確認對各點位已具備初步認識。

3

田野實察路線規劃：

為提高田野實察的資料蒐集效率，行前最好能先設計好實察路線，並繪製路線地圖。紙本路線地圖可以影印大比例尺的地形圖或截取網路上的電子地圖來製作。實察時，也可以將觀察現象的位置記錄在路線地圖上，以利之後查證。

或是可以使用Google 地圖，登入帳號，新增我的地圖，將預計的實察路線標註於電子地圖上。建議先標註實察點位，再繪製路線。

4

完成田野實察前置作業表格：

表3-1 都市環境與生態景觀實察規劃表（以宜蘭為範例）

實察範圍	宜蘭城水圳綠廊	交通方式、實察時間	徒步，3~4小時
實察主題	都市發展與環境問題的關係：以宜蘭城維管束計畫為例		
蒐集資料	1. 文獻 2. 新聞報導 3. 地圖比對 (以上每項均有，且每項至少列出二個資料以上)		
實察重點	九芎流月（光復國小前水圳綠廊）、舊城西路（宜蘭酒廠前水圳綠廊）、光大巷、鄂王社區、宜蘭河		
實察路線圖			

二 田野實察、水質檢測與訪談

在完成研究區資料蒐集與整理，並規劃好實察路線後，便可著手進行田野實察。以下以宜蘭城水圳綠廊實察為例，該實察目的包括了解新護城河水圳綠廊興建前後之環境變遷、調查新護城河現地水質情況，以及蒐集居民對新護城河水圳綠廊建設前後環境變遷的看法。

實作步驟

1

檢測研究區內水域水質：

欲探究水域環境變遷時，水質是重要指標。若長期進行水質檢測更能建立水質的歷史變化趨勢，進而作為規劃水環境污染防治策略時的重要依據。

水質檢測的第一步驟為採樣。採樣點可優先選擇進水口、出水口、水的匯流處，並以GPS取得採樣點座標。採樣時，地面水的採樣工具可視現場環境，使用徒手採樣或持寶特瓶為採水工具，也可使用專用的鐵氟龍採水器採水。為避免採樣工具影響水樣品質，可將第一～二次所採的水倒除，取第二～三次所採的水為準。採樣後，便可進行水質分析。利用攜帶型pH計與電導度計，現場化驗樣本之電導度、pH值、水溫等資料，並將數值填在紀錄表上，若水岸邊有特殊事件，如工廠或家庭廢水排放處，一併註記在備註處（表3-2）。

▼ 表3-2 水質採樣紀錄表

日期	採樣點編號	座標		溫度(°C)	電導度 (μ S/cm)	pH	備註
		X	Y				

水質檢測完畢後，可對所得的數據進行統計分析，例如計算水域電導度、pH值的平均數、眾數，藉此評估該水域的環境是否良好。照片3-5為pH值對繡球花的影響。

▶ 照片3-5 繡球花

土壤的pH值會影響繡球花花色，若種植於酸性土壤成藍色；鹼性則呈紅或紫色



小百科

電導度（Electrical Conductivity，簡稱EC）是水體中所含離子性物質的導電值總和，其數值大小與水中解離的離子含量、溫度密切相關。而大多數的無機酸、鹼以及鹽類均是很好的導電體，其含量愈高，電導度也愈高。因此，水的電導度常被用來評估水質是否遭受污染的指標。農委會「灌溉用水水質標準」中電導度限值為 $750\mu\text{S}/\text{cm}$ ， 25°C （每增溫 1°C ，電導度大約增加2%），故工業廢水排入渠道之電導度應小於 $750\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

2

實地訪談：

在實察區，可就水圳綠廊過去至今的土地利用變遷、水圳綠廊的環境意象與都市發展的關係等議題設計問題，訪問在現場的居民。訪談問題建議如下：

訪談問題	訪談內容節錄
您為什麼會來這裡活動？	
您對此綠廊以前的印象為何？現在的印象又為何？	
此段綠廊整治後，您覺得對都市的發展有何影響？	
對於該段廊道整治，您還有何建議？	

任務



都市環境變遷成果展現

上述任務中，先是各種資料的蒐集、整理與比對，接著再進行田野實察與訪問了解居民想法。最後，可以統整之前所得的資料進行分析，進而提出結論，再以O-R-E技巧書寫成短文章，並用地圖結合短文製作成海報進行發表。

成果展現流程

將資料分析結果
以O-R-E技巧書寫短文章

製作地圖結合短文章的海報並發表

一 O-R-E短文章寫作

前面已經針對都市人口的變化、文獻資料的蒐集、不同時期地圖的比對，並輔以田野實察的方式，得到許多一手和二手資料。最後試著以「都市發展與環境變遷的關係」為主題，將上述資料分析後得到的結果，以O-R-E技巧書寫短文章。

O-R-E短文章架構檢查

討論主題：

宜蘭市的都市發展與環境變遷的關係

☑論點

☑論證

☑例子

☑結論

二 地圖結合短文章的製作與發表

接下來可將蒐集的資料繪製於地圖上，並輔以O-R-E短文作為說明，進行海報製作，最後舉行發表會向同學們報告探究的成果。

三 自我檢核表

檢核表	檢核結果
1. 文獻資料蒐集至少二種來源以上	○
2. 以都市人口資料分析都市化的過程	
3. 新舊地圖蒐集應包含不同時期	
4. 環境問題的報導蒐集至少二則	
5. 擬定周全的田野實察計畫	
6. 使用O-R-E技巧書寫短文章的內容完備	
7. 短文章結合地圖的海報製作完整	
8. 小組團隊合作，並能適當分工	