

私立東海大學建築系

碩士論文

城市再生性設計的空間形態研究：
以台中生態與水空間結構之演化特性為例

A morphological interpretation on regenerative urban
environmental design based on ecology and water structural
spatiality in Taichung

指導教授：邱國維

研究生：張詠宣

民國一〇七年六月

謝誌

讀研究所的三年時間就像人生路上突然下的一場雨，來的又快又急，等反應過來後才發現過去被披在身上、頭上的東西已經洗去了，而眼前的路雖然變清晰但自己還駐足在同一個位置。

能讀研究所、去雲南、去上海、去新加坡、去 NUS，首先要感謝我的父母在這麼艱難的時刻堅持供我學習，激勵我不要有任何顧慮，每每回到家總伴隨著不捨的感受，由衷感激爸、媽對我的付出。

感謝導師 KC 指引我探索知識的光譜，以及師母 Jany 在討論過程中時時給予的鼓勵與佳餚，不能忘記每次在討論桌上對研究的提點，還有剛開學時「你們之後都會習慣的！記得保持清醒。」的提醒。再次感謝 KC 協助我在 NUS 的學習過程，與師公 Widodo 的討論讓我受益良多。

感謝系上關老師、蘇老師的當頭棒喝讓我能保持清醒的把研究完成，以及秋美與助教們協助的學務、生活大小事；以及口試時劉為光老師、吳佩玲老師與關華山老師對後續研究的指引。

感謝敬愛的真真在我人生這麼晦暗不明的時刻給予的陪伴、激勵與愛心，以及口試時的鼎力相助，還有研究時給予的包容與耐心，讓我能順利的完成研究。再次感謝真真在日常家事、食事與外務不辭辛勞的付出，讓我有更多機會可以暫時脫離煩悶的研究去維繫我們的情感與環境整潔，更感謝真真在這麼苦悶的時期堅持提供的各種甜點，種種付出讓我銘記在心，感謝。同時感謝廖先生的督促與指點迷津，以及廖太太的關心，還有廖哥哥的慷慨解囊。

最後感謝同學宗偉（與他的朋友們）、杜昊、庭宇、雅婷、芳瑜、培傑、雅玲、凱翔在學習過程中的陪伴，與研究過程中的各種大聲激勵、充實，同時感謝學長姐梓綺、建猷在課業與生活上的多方協助。

最後的最後，感謝遠在法國的亦奇、新加坡的俊逸、美國的 John，以及在迷惘的時刻陪伴我重新找回動力的真真。

謝謝你們。

目錄

圖目錄	v
表目錄	vi
1. 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究問題與目的	3
1.3 研究範圍	4
1.4 研究流程與架構	5
2. 研究方法與文獻回顧	6
2.1 相關研究與文獻回顧	6
2.1.1 人類福祉、自然與空間的再生	6
2.1.2 人類福祉與自然環境的再生	12
2.1.3 人類福祉與空間形態的再生	20
2.2 研究方法	25
2.3 小結	27
3. 台中的城市與自然之發展進程	28
3.1 台中區域的初始結構與核心	31
3.1.1 拓展河川與產業的城市進程	32
3.1.2 城市空間與河川系統關係的轉變	37
3.1.3 1900-1916 年市區改正中水環境引起的城市形態變化	44
3.2 台中城市日治時期至國府時期的都市化進程	47
3.2.1 城市形態的發展進程與治水事業	48
3.2.2 1911 至 1956 年間水環境與土地引起的城市形態轉變	56
3.3 現代時期都市策略的轉型與現今的物理狀態	60
3.3.1 日治時期至近代的時空背景與發展策略轉型	61
3.3.2 1943 至 2011 年間擴張都市計畫的空間形態改變	67
3.4 城市環境在形態上的進程與變化	71
3-5 小結	76

4. 台中基於城市生態理論的形態再生與設計原則	78
4.1 再生生態的城市形態	80
4.1.1 城市生態的關鍵元素、模式與因子	80
4.1.2 水環境、綠地與生態再生的城市形態	86
4.2 現代轉型期間台中城市的發展與生態	93
4.2.1 當前城市中的水環境與綠地再生行動	93
4.3 台中市生態的設計原則	100
4.3.1 模擬生態系統的城市空間形態	101
4.3.2 柳川案例的改善	105
4-4 小節	108
5. 結論與後續研究建議	109
5.1 結論	109
5.1 後續研究建議	110
參考文獻	111
名詞解釋	115
附錄	116

圖目錄

圖 1-1: 臺中的城市發展與河川	2
圖 1-2: 城市核心與台中的範圍	4
圖 1-3: 本研究寫作與分析架構	5
圖 2-2-1: 再生城市生態的元素、進程、特徵與影響	14
圖 2-2-2: 碧山宏茂橋公園 (Kallang River Bishan Park, Singapore)	18
圖 2-2-3: 首爾清溪川 (Cheonggyecheon Stream, Seoul, South Korea)	18
圖 2-2-4: 金華燕尾洲公園 (Yanweizhou Park, Jinhua City, China)	18
圖 2-2-5: 艾爾河道 (River Aire, Genève, Schweiz)	19
圖 2-3: 實質環境與生態功能關係對照	27
圖 3-1-1: 彰化縣聚落分佈圖 (乾隆年間)	33
圖 3-1-2: 《清代台中地區墳場分布圖》	35
圖 3-1-4: 《日治臺灣堡圖》(明治版)(1904)	36
圖 3-1-3: 《臺灣省城 - 台中城的地圖彙整圖》	36
圖 3-1-5: 爸爾登的設計概念圖	37
圖 3-1-6: 《市區改正區域及附屬地平面圖》	38
圖 3-1-7: 1904 年代臺中盆地內區域空間關係	40
圖 3-1-8: 《臺中市街圖》(1911)	41
圖 3-1-9: 《臺中街實測圖》(1899)	41
圖 3-1-10: 《臺中街實測圖》〈臺中水道鐵管配置圖〉(1916)	43
圖 3-1-11: 1890 年至 1916 年台中城市核心的發展過程	45
圖 3-1-12: 日治初期台中空間形態矩陣分析	46
圖 3-1-13: 台中城市核心為傾斜的棋盤狀街廓之原因	46
圖 3-2-1: 《臺中市區改正圖》對比《市區改正區域及附屬地平面圖》	48
圖 3-2-2: 柳川於 1921 年與 1930 年中的河道改正行動	50
圖 3-2-4: 對比《臺中街實測圖》與《臺中市區改正圖》	52
圖 3-2-5 《台中市市區擴張計畫》〈道路及側溝筒所圖〉(1938)	53
圖 3-2-6: 《臺中都市計劃圖》(1943) 對比《臺中市都市計劃圖》(1959)	55
圖 3-2-7: 日治時期臺中城市的形態演變	57
圖 3-2-8: 台中的棋盤狀街廓與河川相互影響的空間形態	58
圖 3-2-9: 日治時期臺中城市的發展進程	59
圖 3-3-1: 對比 1943 年至 1975 年間臺中市舊都市計畫區域之河川、綠地與土地使用	63
圖 3-3-2: 1986 年與 1995 年台中舊都市計畫範圍之都市計畫	65
圖 3-3-3: 2017 年台中舊都市計畫區域之都市計畫	66

圖 3-3-4:1943 至 2011 年間的臺中城市的空間形態演變 -----	68
圖 3-3-5: 近代的臺中城市的發展進程 -----	70
圖 3-3-6: 台中由軸向發展至環狀的空間形態演變過程 -----	70
圖 3-4-1: 現代臺中的空間形態源起與物質條件演變 -----	71
圖 3-4-3: 台中的源起空間形態 -----	74
圖 3-4-4: 台中軸向演變形態 -----	74
圖 3-4-5: 台中環狀演變形態 -----	75
圖 3-4-6: 台中於歷史中常發生水災之空間位置 -----	75
圖 4-1-1: 臺中的城市發展與河川 -----	79
圖 4-1-2: 新加坡的城市花園計畫與 ABC 治水計畫 -----	88
圖 4-1-3: 清溪川再生計畫與首爾空間關係 -----	89
圖 4-1-4: 基於理論與案例的再生生態設計原則 -----	90
圖 4-2-3: 台中空間形態對比宏茂橋公園與清溪川 -----	92
圖 4-2-1: 柳川與綠川整治範圍 -----	95
圖 4-2-2: 柳川 (上圖) 與綠川 (下圖) 整治配置圖 -----	96
圖 4-2-3: 柳川與綠川於光復路至民權路間河段整治 (2012-2016 年) -----	98
圖 4-2-4: 台中城市環境中不透水表面、水環境與綠地的演變結果 -----	99
圖 4-3-1: 台中城市環境 -----	103
圖 4-3-2: 台中環境再生的空間形態 -----	104
圖 4-3-3: 柳川基於防洪與汙水整治的自然再生以及其與城市環境關係 -----	106
圖 4-3-4: 模擬生態系統的柳川河岸再生與城市環境 -----	106
圖 4-3-5: 柳川河岸親生態空間單元改善 -----	107

表目錄

表 2-1-1: 再生城市中的生態與宜居性之研究 -----	10
表 2-1-2: 城市環境再生案例對比臺中 -----	19
表 2-1-4: 城市做為人、自然與空間的機能 -----	24
表 2-1-3: 臺中的城市發展與河川水環境相關研究 -----	24
表 3-1: 台中市都市計畫發展歷程 -----	29
表 3-2: 影響台中空間發展之環境災害 -----	30
表 4-1-2: 城市環境再生案例對比臺中 -----	87

Abstract

Metropolitan Taichung is the regional social, economic, industry core and a premier urban region of middle Taiwan. Since the early 20th century, the city of Taichung has been expanding rapidly in terms of constant reconfiguring its physical and ecological elements. However, Taichung's development process is repeatedly following other fast developing modern cities in the expanse of exploiting built-environmental resources over its resilient physical structure such as, changing waters' ways, soil and land cover in order to satisfy human expansion needs in the past 100 years. It is resulting in unbalanced ecological condition and poses sustainable threat over urban environmental issues for a liveable Taichung.

This thesis aims to provide a multi-facet morphological knowledge useful for future applications on urban design cum environmental performance in Taichung by augmenting conventional study of urban form with concentrated river-based form growth historical framework, ecosystem services and biophilic design principles induced that contextualize the delimitation scope of the study. The thesis formulates a new theoretical framework through which embedded synchronic and diachronic aspects of historical factors and nature-built environmental regeneration principles, that had shaped the urban form can be organized and typo-morphologically revealed in representation.

Between the 1890s and the 1900s, Qing Empire and Japanese colonization both had constructed its own planning orders and similarly taking natural elements as their initial reference for morphing city' s spatial structure. Analyzing that structural characteristic, the study inferred based on syncretic urban morphological matrix which induced city' s morphogenesis aspect of structure (developmental configuratio By superimposition and juxtaposition upon current physical developmental patterns through series of mapping techniques, the study suggested a morphological growth pattern, deviates to be resilient. The study also suggests that contemporary Taichung' s built-and natural environmental issues was affected due to the past planning of the "park and boulevard schemes" (also known as the "blue-green path" (綠園道)), which combines waterways, rivers, railroads, railways yards, drainage channels and planned green areas for the introduction of modern urban public area. Such planning ideology was influenced by the 1890s City Beautiful Movement and adopted by the 1910s Japanese urban planning law in land use. This ideology and its shaped morphology is argued, had set a precedent and been followed by an in-depth examination of Japanese colonial Taichung that directly influences the city' s modern development origin in urban form since the 1890s until the present.

The morphological study has found that the city's environmental performance in terms of water-based spatial structure was weakened by the ways which urbanized river design and development process of "blue-green path" especially during the city expansion from 1935 to 1956 were morphologically evident for the cause. It resulting from massive changes to urban waters, soil, ecological performance, and emerged that unbalance nature-spatial form relation in urban environment for better living.

The study suggested that the blue-green path is detrimental to biological vibes due to disruptive design and development occurred in the past and continue unto urban river system, land form, and intensive building plans. This morphological study shows that urban form pattern changes which align to certain development-centered movement towards blocking diversity, diminishing connectivity for diverse and healthier ecological base, even until today. Therefore, developmental effort of resilient urban form is to re-design a regenerative spatial cum natural structure of the blue-green path, which is deemed crucial for providing environmental performance and ecological services.

The study also suggested that urban form in Taichung which can be read and classified under three steps of critical morphogenesis changes: firstly, development phases based on spatial reconfiguration set upon nature elements; secondly, adaptive and alterations to the city' s spatial structural elements for human needs; third underlying reasons on morphological determinant is set in the phases while city form underwent improvement introducing new urban structure affected by and also effecting the city' s environmental performance based on past configurational spatial coordinates and datum references.

This study further investigate city' s theoretical framework on regenerative urban design which incorporates historical, contemporary ecosystem performance and some biophilic planning principles before deriving a morphology based urban design framework.

In conclusion, an environmentally sustainable Taichung in terms of designing a regenerative urban form is to make an attempt to reshape the "blue-green path" through reviving and enliven city' s waters, soils surrounding them creating cycle system and strong ecology performance in urban form design and development. A regenerative urban form is for creating environmental conditions conducive for life and hence resiliently also more liveable.

Keywords: Taichung, urban morphology, urban ecology, ecosystem service, urban waters.

摘要

台中市作為中部都會區的社會、經濟與產業核心，自 1900 年代城市源起之時，便以地方特有的自然環境及空間形態做為拓展基礎，而台中的城市環境代表著台灣都市發展的普遍歷程與狀態，在超過一百年的過程中由社會背景與環境需求，空間演變驅使水、土地與生態逐漸脫離原有的形態與功能，造成當代城市受發展過程中對實質環境的調整而產生環境調節功能的失衡。

台中城市起源於中部盆地內溪水密布的地勢較高處，憑藉豐富的水利、可耕地資源經由產業的發展逐漸成為區域內貿易、駐防的重要聚落「東大墩」，因此 1890 至 1900 年間清朝與日本殖民政府皆將東大墩故有的空間形態與天然資源作為發展基礎；將清代末期至現代的演變以構成都市實質環境的河川、交通、建成區與綠地（水、路徑、土壤與棲息地）作為分析空間形態的主要四種因素，在分析 1900 年至 2011 年聚落拓展至城市的演變過程之後，對比模擬生態系統的再生原則，發現空間形態過程中，經由過去對河川、綠地大幅修改，是導致現代城市環境無法維持生態，以及其提供環境調節服務的主要原因。雖然最近幾年內政府嘗試以景觀、人工設施改善環境汙染與氣候災害問題，但延續過去發展模式為基礎的措施卻仍由失衡的實質環境元素構成。

本研究藉由實質環境（城市與生態）的空間形態演變過程，分析城市發展過程與環境調節能力的相互影響關係，發現改變環境平衡的重要轉折為 1935 至 1956 年間結合河川與綠地形成的園道，其藉由對水、土壤、土地、生物群與循環系統的影響，直接將生態原本的調節能力移除，導致生態服務無法維持平衡進而引發後續的環境問題，致使此後延續的發展僅能提供效果有限的緩解措施；通過「模擬生態系統」觀點檢視過去至現代的實質環境，發現台中缺少具多元性與連接性的生態單元，以及恢復生態所需的異質性生物群與物質元素，而改善既有的園道與建築環境，將是改善台中實質環境的最關鍵再生生態設計方法。

關鍵字：台中、空間形態、城市生態、生態服務、都市型河川

1. 緒論

1.1 研究背景

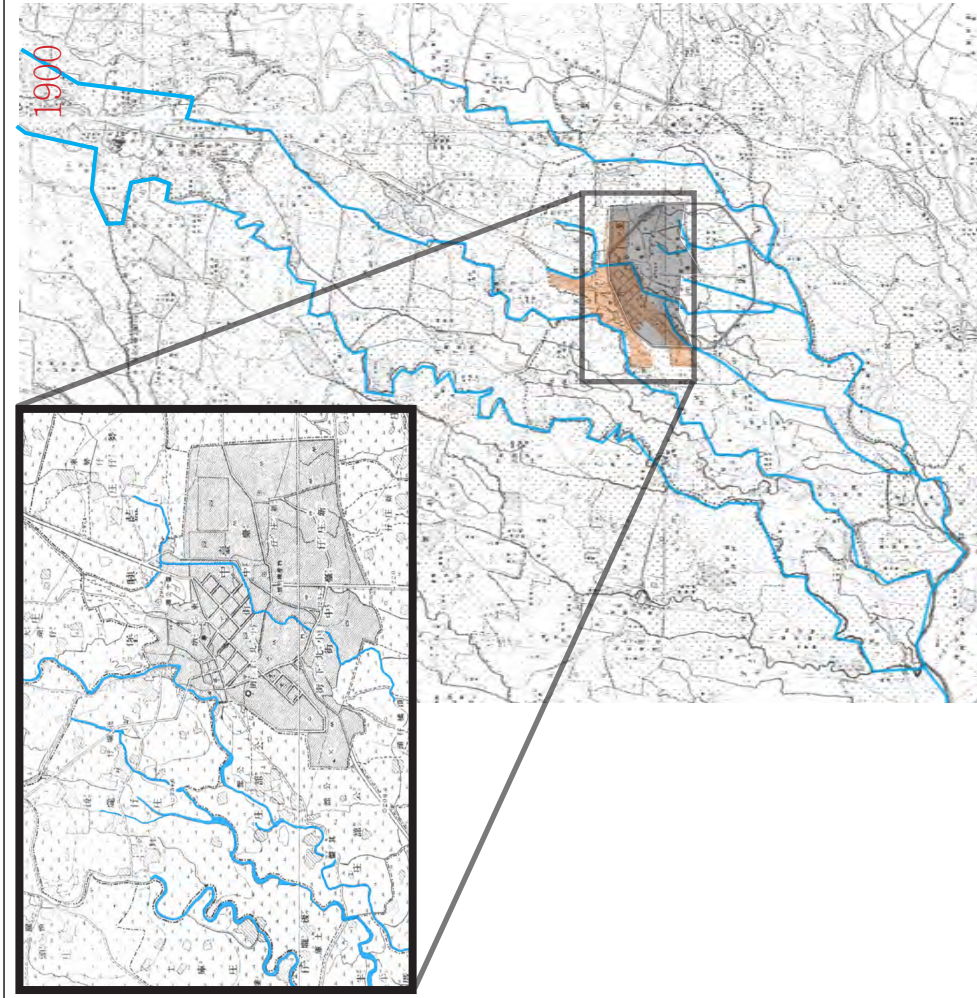
台中市作為中部都會區的社會、經濟與產業之核心，自 1900 年代城市源起之時，便以其特有的地方物質元素及空間特徵，做為發展上的重要基礎。由 (圖 1-1) 顯示了在歷史的發展中，台中城市的核心區域與區域之間的關係，以及城市與自然實質環境的相互聯繫。

現代台中的城市核心，起源於中部盆地中，因產業及貿易而興起的東大墩聚落。東大墩區域原為漢人與原住民在社會結構上的邊陲地帶，因為駐防而逐漸形成邊界貿易。當時利用柳川北高南低的地勢，以及溪水密布的物質條件，將河岸的兩側發展成為中部盆地內的農產加工聚落。此後臺灣省城計畫為落腳於物質條件良好且區域關係緊密的地點而選擇將東大墩區域拓展為城市。然而因受到當時政府的經濟與政治因素，建城計畫僅初步執行變先告終止。

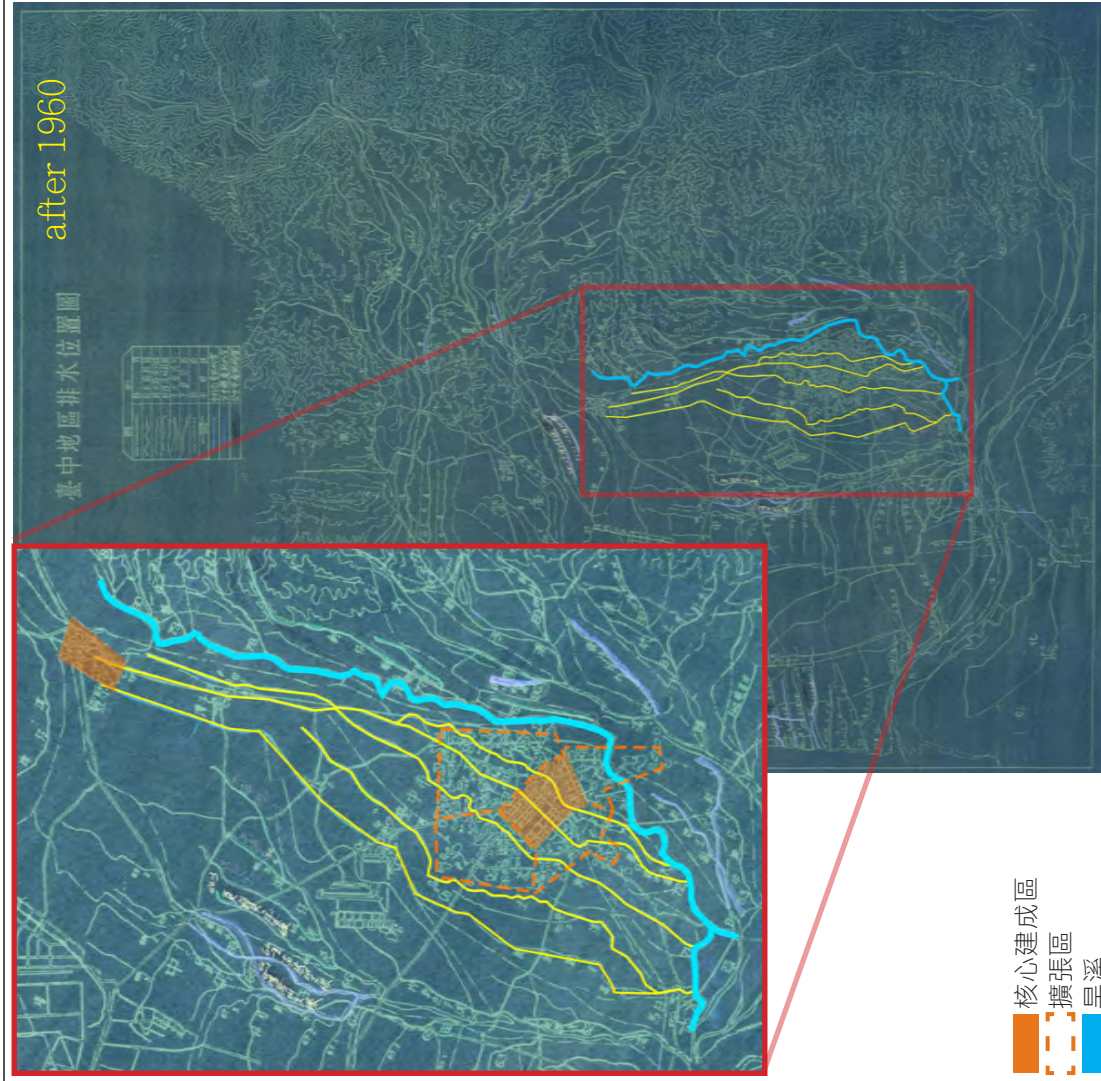
直至 1900 年代，日本殖民政府進入台灣後有意在中部建造新城市，東大墩又再次因為高地與溪水密布的條件，而被作為發展現代城市的基地，但即便在當時，殖民政府依然面對自清代以來，東大墩特有的洪水與疫病問題，致使城市發展的初期計畫，全部圍繞於對河川及水源等，影響市地發展與居住品質的環境整治，將河川與沿岸的空間，轉變為城市中重要的排水與綠地機能。而戰後的城市發展，因為對市地與交通基礎設施的嚴重缺乏，開始挪用大量城市中的河川與綠地以補足，但也為臺中日後的物質條件，建造日後難以改動的地下河川排水道及狹窄的線性綠帶空間為園道，也因此而間接形成現在城市中河川汙水、排水與缺水等不易排除的環境問題。

最近幾年，台中市政府為解決舊市區的汙水與洪水問題，採用結合景觀的空間再生，開始進行城市中的水環境改善計畫於市區內移植國外案例作為替代取代原本河川和綠地生態的人工設施 (台中市水利局, 2016, 2017)，而城市中的環境與生態研究者卻認為混凝土的人工設施，將促使實質環境回到過去產生問題的模式循環過程 (Breuste. 2011; Alberti. 2008; McDonnell, 2009)，因此為了充分理解台中的現況，以及歷史發展中累積、造成的問題，分析過去城市發展對實質環境的改變歷程，可解釋不同時期形成影響的關鍵特徵。

本研究將嘗試在台中不同時期的空間形態與實質環境演變中過程，尋找改變城市中環境平衡的關鍵特徵，或造成空間轉變重要元素。



- 核心建成區
- 擴張區
- 柳川、綠川、土庫溪、麻園頭溪



- 核心建成區
- 擴張區
- 早溪
- 柳川、綠川、土庫溪、麻園頭溪

圖 1-1: 臺中的城市發展與河川

資料來源：中研院數位典藏 (圖號: 07-00-00-t0510); 賴志彰, 1993:134

1.2 研究問題與目的

本研究關注於空間形態與實質環境的演變、相互影響，以及其在現代城市環境中衍生問題；台中舊市區是台灣區域內普遍的城市環境，受過去對實質環境的大幅改造過程，欠缺促進健康及平衡災害的能力 (牛敏威, 2009; 台中市水利局, 2017; 台中市政府, 2013; Alberti, 2008; Beatley, 2017)。本研究的核心問題將是：如何以再生城市的物質元素改善環境調節能力？通過水、土壤、土地與氣候的物質元素分析，討論在空間形態相互影響下，哪些因子可以改善環境的調節能力，以及過去城市環境如何通過對元素的改變導致生態系統的惡化，連帶影響環境平衡能力的失衡；在生態學中被視為不具平衡能力的人工設施，也可能是舊市區實質環境中最具再生潛力的因子。

再生生態系統作為改善城市中環境調節能力或促進健康的機能，已經受到全球許多的城市實踐及研究討論 (Beatley, 2017; Breuste, 2011; Alberti, 2008)。城市生態學主張可以藉由空間的改善恢復生態系統，並藉此提供既有的環境一種能 "自我維持" 的問題緩解措施 (Alberti, 2008)，因此城市生態系統的設計準則常將生物多樣性或綠覆率視為反映生態及其環境平衡能力的因素，以及「恢復 (模擬) 生態系統」的實質環境設計 (改善) 準則。而本研究關注於城市的空間形態演變影響的實質環境 (生態) 及其條件，以及其原本能負擔的 "環境平衡能力" 為主。

然而城市環境的穩定受發展過程中，既受實質環境的水、土地、生物與土壤相互影響，又與人類在特定時空背景下的需求有關，因此本研究的目的如下：

- (1) 基於城市環境發展過程中對水、土地、氣候或土壤等實質環境因素的改造，現代台中城市中，驅動環境調節能力惡化或再生的關鍵因子為何。
- (2) 現代台中的空間形態發展過程中，造成城市環境改變 (惡化) 的形態演變。
- (3) 基於生態服務之理論與案例，台中目前 "改善城市調節能力" 的生態設計原則，如何在目前實質環境條件的基礎下使用。

1.3 研究範圍

專家指出 " 城市中 " 的環境調節能力受到水、土壤、土地與氣候等物質元素影響，其在城市中的使用狀態或條件，通過元素失衡不僅影響生態系統維持的環境平衡，同時也影響人類社會、經濟或身心 (Breuste, 2011; Alberti, 2008)。而在過去的研究中，嘗試以量化的分析提供 " 城市環境 " 的物質元素或使用狀態一種修復的可能，或更具宜居性及促進健康的方式，但儘管如此，空間的組織形態經由物質元素對環境及生態造成的相互影響，仍然是各個城市恢復調節能力的重要因子。

本研究以城市生態及城市形態的理論基礎，對台中的城市環境與物質的相互影響進行分析，雖然這兩個領域常被結合用於區域 (region) 尺度的生態系統研究 (Forman, 1995)，但在城市環境的尺度中仍然具備測量環境與元素的功能。此外，臺中的城市環境代表著台灣城市發展上的普遍歷程與狀態，針對空間形態與物質元素的解釋，將有助於理解台中在過去至現代的發展過程與環境調節能力的相互影響關係。

考慮到提供全面和深入研究所需的時間和空間範圍，本研究僅針對台中的 " 城市核心 " 進行討論，包括源起至成形發展期間的範圍，以及影響城市之水、土壤、土地或氣候的物質元素。然而為充分分析城市問題所需的複雜性與針對性，本研究將對組成城市之 " 環境元素 " 與 " 文化結構 "(Chiu, 2012) 中的演變過程進行討論，而不會對台中城市的文化發展或問題提出具體分析和建議。

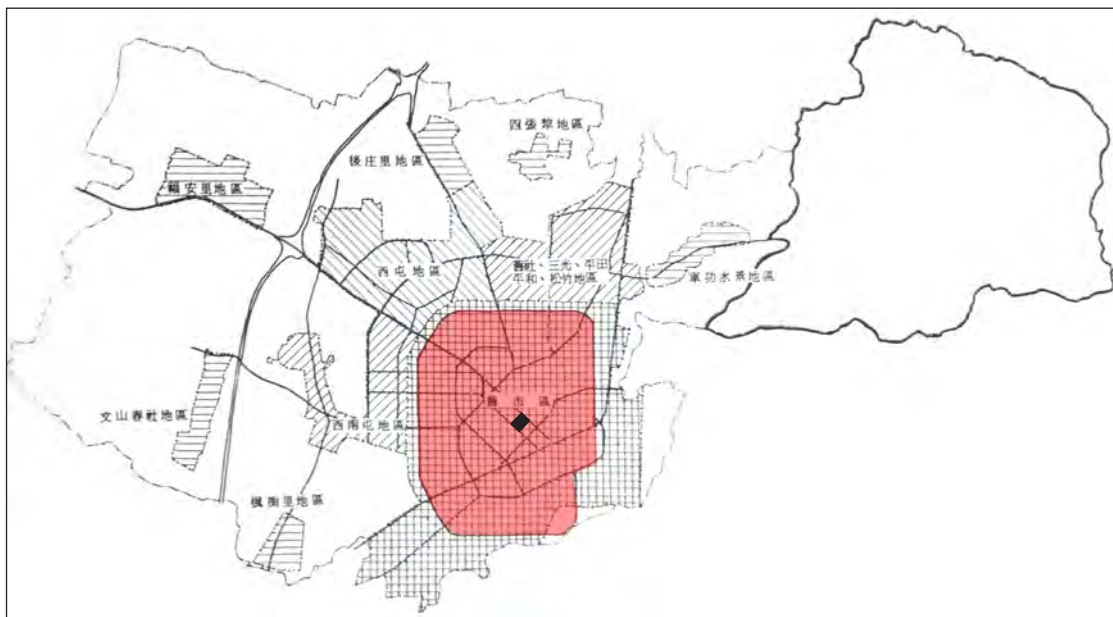


圖 1-2: 城市核心與台中的範圍

資料來源：台中市政府 1986:2-3

1.4 研究流程與架構

本研究共分四個部分，章節一介紹研究目的、問題、範圍與架構。章節二介紹理論背景、研究方法與案例，幫助後續章節建立敘述和分析之理論框架。章節三針對空間形態進行都市發展與環境元素的動態演變資料蒐集與疊圖，同時進行複合分析。章節四與五基於分析結果與理論基礎建立設計原則，並提出結果和討論。此外，為提供全面且順序的理解，章節三將按時間排序對城市的空間形態變遷過程進行討論，並於小節提出後續發展的重點與方向。

分析架構將分為章節三與四兩部分，章節三為台中城市於都市計畫、堡圖或歷史史料紀錄中發展與演變過程，以及其受政策推行、氣候災害與社會因素影響的空間變化；章節四基於城市生態與城市形態的觀點分析台中空間形態，以及其影響的水、土壤、土地與生態動態進程與環境條件，並由近代的都市進程對比理論與案例推演出因地制宜的設計原則，最後將其與台中目前推行之改善方案進行複合分析與探討，並提出基於現況的分析結果與改善方法(圖 1-3)。

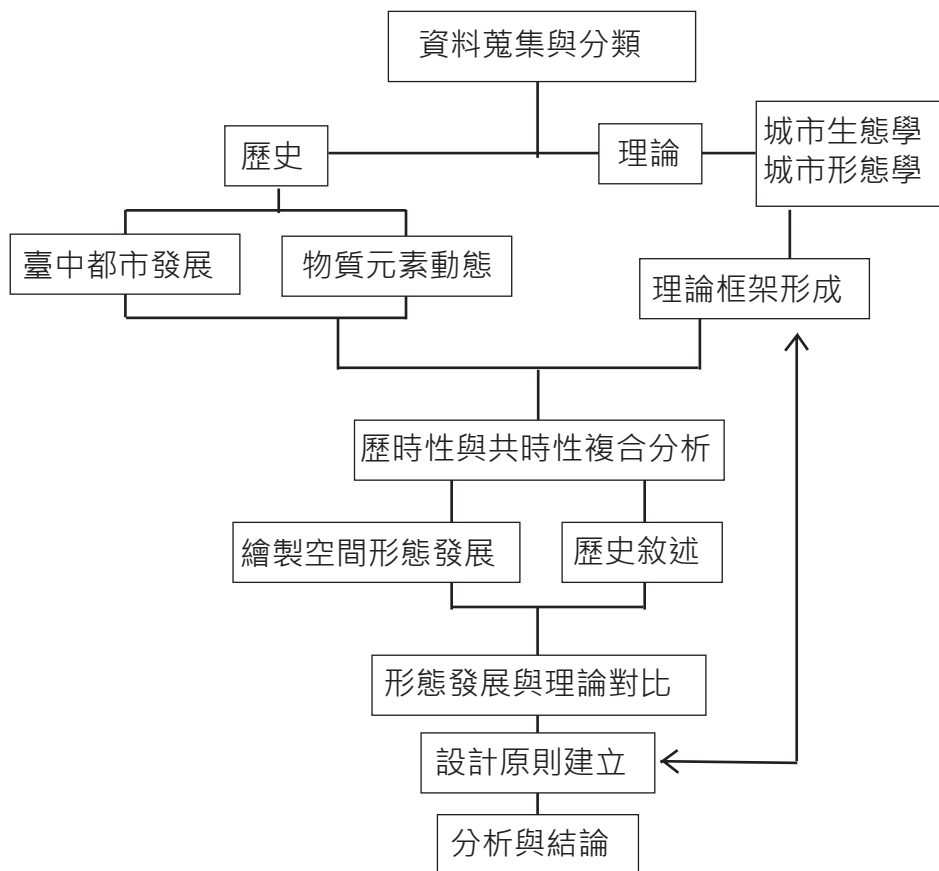


圖 1-3: 本研究寫作與分析架構

2. 研究方法與文獻回顧

本章節將針對人、生態與空間的理論背景與分析方法，進行重點的回顧與整理，並以文獻及案例提供的觀點討論本研究的架構。

2.1 相關研究與文獻回顧

人類在長久的演化過程中，無論以何種方式改善生活的物質樣貌 (Physical condition)，始終無法脫離自身作為 " 生物 " 而言與 " 自然 " 相互依存的關係；憑藉著文化與生產的發展，人類雖然成為城市環境中最龐大的生物群體，但卻還是依賴於自然 (生態系統) 提供養分 (食物) 與棲息地 (環境) 維持穩定，除非受到人類行動 (Human action) 的干擾，否則 " 自然 " 皆保持著平衡的系統結構與功能 (Marsh, 1864:3-5)。此外，雖然人類的出現相較於生態系統而言非常短暫，但 " 人類世 " 的演變過程中所產生的影響 (Anthropocene)，已經在水、土壤與氣候等方面，導致廣泛的自然 (生態系統與生物) 急遽改變，而在城市中對人類的經濟、環境、生產及身心等方面，產生逐漸明顯的影響 (Poff & Matthews, 2013:1-3)。

因此自 20 世紀以來城市的發展「形態」，受到人類居住區 (Human settlement) 與自然條件 (Natural support) 之間的持續消長關係，引起人類、自然與空間三者之間在 " 發展模式 " 的再生需求 (Oliveira, 2016:11-14)，也因此，雖然水、土地、氣候與土壤等物質條件，在過去不僅被做為人類生產、生存與生活的關鍵要素，在歷史上的許多案例中，甚至成為發展軍事、政治、經濟與宗教等人類文明不可或缺的基礎 (Kostof, 1991)，但城市發展與自然 (生態系統及環境) 的關係，在過去一直是改善環境功能與重新建構空間結構的 " 重複循環 " 反應 (Forman & Godron, 1986: 3-8)，故如何改變過去發展過程中經由物質 (Physical) 及非物質 (Non-physical) 改變，引起與自然之間的不斷循環消長關係是城市研究領域在近現代的 " 再發展 " 研究中重要的議題之一。本小節將針對人、自然與空間三者的關係，進行理論背景與分析架構的爬梳。

2.1.1 人類福祉、自然與空間的再生

歷史上的第一個城市生態 (Urban ecology) 概念，於 1920 年代，由芝加哥學派的社會學者 (Chicago School of Sociology) 提出，將城市的物質樣貌與社會體系，建立在「類比」生態的結構之上，以生態系統的「模型」(Patterns) 分

析城市的社會制度、運作機制與驅動力¹，當時「城市生態」主要關注於社會結構、自然資源、體制平衡與空間資源，而其研究領域主要以社會學、經濟學、政治學、人類學等社會運作之體制研究，做為城市生態系統的探討項目。

1950年代的生態學研究者借鑑於 Marsh(1864)對人與自然系統的「平衡」(Balance of nature)之論述²，認為城市做為一個「異質性」的生態系統(Heterotrophic ecosystem)相較於郊區的原生自然而言，更高度依賴自然(生態)的能源與材料投入，導致累積更多廢棄物和汙染物於環境中而無法保持原本的循環狀態。直到最近30年內，維持人類發展需求所引發的干擾已經明顯的對生物環境產生影響，且逐漸由失衡的生產力、自然資源與氣候異常的現象，快速改變人類賴以為生的「環境」穩定性。也因此，於二十世紀末，一系列城市中的「生態」(Urban ecology)穩定及再生研究開始針對包括生物演化、基因演化、生物物理、生態歷史學、城市棲息地、生態系統的結構與機能³等，探討自然的生態系統在城市內與「發展」行動的消長關係(Ecology in city)。然而早期的城市生態研究，多採用生態學之生物、生態系、演化等觀點，將研究的重點放在城市內之棲息地、生物分布與生物多樣性空間特徵，以及生態系統賴以為生的實質環境(水、土地與氣候)之穩定能量、養分與水循環過程。

1970年代，城市中的生態研究指出人類活動(Human actions)通過異質性的環境改造產生了不同於原生自然的「人造生態系統」(Human-dominated ecosystems)(Alberti, 2003:1170)，引發土地變化、汙染、生物多樣性損失與外來物種入侵，導致生態與環境明顯惡化且失去自身的平衡能力，逐漸危害到生態系統提供之穩定的水、養分與氣候等物質循環系統(Vitousek et al. 1997)。因此聯合國教科文組織(UNESCO)於1971年開啟「人與生物圈計畫」(Man and the Biosphere Programme⁴)，將「城市生態學」重新定義為自然科學、規劃學與社會學，三個學科綜合而成的跨領域學門，開啟許多針對城市環境中誕生的

1 Alberti, 2008:9; McDonnell, 2011:7-9.

2 人類活動所引起的物質條件改變，很大程度上地干擾有機或無機(Organic or inorganic)的運作系統，但人類卻也依賴於改變自然地地貌或系統的物理狀態，維持賴以為生的生產力和棲息地穩定性，然而破壞自然的穩定性所引發之自然(生態系統)衰退現象在許多的案例中導致人類棲息地消亡，因此人類應謹慎考量所有行動對物質元素所產生的變化與干擾自然系統的可能。(《Man and Nature》. Marsh, 1864)

3 Ecology and evolutionary biology(Egerton, 1983,1985); Genetics, and physiology (Likens, 1992); Historical ecology(Botkin, 1990 ;Russell, 1993&1997); Ecology of urban habitats(Gilbert,1989); Structure and function of ecosystems (Pickett&McDonnell, 1993); Urban forestry (Bradley,1995)

4 主要項目為：(1)評估人類活動引發的自然改變及該變化對人類和自然的影響、(2)比較和研究自然和類自然的生態系統和社會經濟進程之相互關係，以生物文化多樣性正快速喪失的狀況下討論生態系統改變對人類福祉的影響、(3)確保在快速城市化及能源消耗所影響的環境，以環境的移居性討論人類福祉、(4)促進可持續發展的環境問題與解決方案之知識交流與教育。

生態之研究，包括景觀生態學、人類生態學、生態系統、人與環境互動與生態足跡等研究⁵。

直到最近二十年內，人類的發展(再發展)行動不僅已經完全改變自然環境(生態功能與地貌特徵)，同時因為自身的需求而改變生物圈組成，產生有別於原生自然狀態的新生態系統於城市中。因此生態研究者才開始注意到，不應該將人類的環境與活動，排除於生態系統的討論外而假設"無人"的生態系統範式(Human-free ecosystem paradigm)可能運作正常，也因此基於非生物觀點的城市生態再生(Ecology of city)⁶研究，轉而針對誕生於城市中(Born in)的生態系統，如何減緩或改變人類對自然(生態系統)及生物福祉(環境宜居)的危害為目的(Rees, 1997: 72-74; Alberti et al., 2003:3-6)。

2000年以後，現代的城市生態學關注於尋找城市環境中穩定物質條件(水、土壤與氣候)與自然環境(生態系統)之方法，Beatley(2016)⁷與Breuste(2011)⁸對城市中生態與環境的再建構(Regenerating)之研究，發現城市空間與生態系統的發展方式再生，能有效改善現代人類的身心健康福祉，以及緩解環境中的公共衛生、環境汙染與城市防災問題。

在McDonnell的研究中，回應到過去"發展"與"再發展"過程中與環境(生態)的重複失衡循環，進一步將「影響生態系統的人類活動」之特徵，整理為下列四項:(1)創造新的土壤表面、(2)改變物理和化學環境、(3)創造由新的植物和動物構成的生態系統、(4)干擾自然生態系統(McDonnell et al., 2009:74)。因此改善城市中的環境失衡狀態在近代的研究中，轉為針對人類活動造成的水、土、空氣三項維持生態系統平衡的實質環境條件，並尋求再生城市中的生態系統，以提供緩解或解決環境問題的方法(Konstantinos & Kim, 2011:263-271)。也因此城市生態的"再生"研究並非是忽略無人的生態系統(Human-free ecosystem)而進行假設性的討論，反而是以城市中誕生的生態系統為基礎，反向的以修復生態服務(空間)的特徵以緩解環境災害與問題。

5 Landscape ecology(Forman & Godron, 1986); Human ecology(Steiner & Nauser, 1993); Interactions between humans and the urban environments (Dunlap & Catton, 1994); ecosystem(Berkes & Folke, 1998; Vitousek et al. 1997); Ecological footprint(Wackernagel & Rees, 1998)

6 關於生態城市(Urban ecology)的研究觀點以"生態學觀點"及"非生態學觀點"被分為兩種(Ecology "in" city or "of" city)，以不同的角度研究城市環境中的生態系統與機能(McDonnell, 2011:11; Alberti et al.2003:4)。

7 Beatley, T. (2017). Handbook of Biophilic City Planning & Design. Island Press.

8 Breuste, J. H.(ed.)(2011). Urban ecology: patterns, processes, and applications. Oxford University Press.

此外，Forman 等人提出無人的自然系統將自行維持水、物質與能量的循環流動與平衡關係，形成生產、使用、回收與補充的週期性生態過程 (Natural processes)，不僅維持氣候、土壤、動植物與水環境的相互影響 (依存) 網絡，同時維繫生物生存所需的空氣、氣候、水量與物質調節，形成生物與環境的互利關係 (Forman & Godron, 1986: 68-75; Cole et al., 2012:100; McDonald & Marcotullio, 2011:197-201)，最終成為人類賴以為生的 " 環境 " 穩定狀態。

然而 Cole 等人的研究指出城市與基礎設施系統，受到生態與空間的消長關係而相互影響，而人類生存不可或缺的要素 (食物、物質資源與環境宜居) 亦隨著生態系統的週期變化而逐漸發展失衡 (Cole et al., 2012:99-100)；相較於原生的自然 (生態) 系統，城市內的生態系統通常因時間與空間上變化較大而僅有較低穩定性，引起的淹水、汙染、缺水與氣候災害，皆因 " 地貌特徵 " 與 " 環境物質 " (水與土) 的大幅改變所導致 (Alberti, 2003:1172)，因此回應 " 現代 " 城市在發展上的困境，以及過去發展過程中基於建構適宜人的環境功能與空間結構的重複循環問題，無論是以生態或非生態的觀點為基礎，親生態 (Biophilia)⁹ 的再發展皆有利於改善長久以來空間與環境相矛盾的消長問題。

另一方面，台灣早期的城市發展關注於區域之間，核心與邊陲的平衡狀態，因此在 1970 年代針對當時的社會結構、產業發展與都市治理的政策，提出了諸多減少城鄉差距，以及建立都市體系的方法 (臺中市政府，1971, 1979, 1986)，然而區域間的鄉鎮雖然通過基礎設施與產業擴張得到實質改善，但也因為嚴重的環境失衡問題，產生水、空氣與土壤的汙染外溢現象，而在當時普遍對包含人類在內的所有生物產生負面影響 (Selya, 1975; 台中市水利局，2015)。也因此最近幾年，為了改善城市在過去發展中累積的環境問題，並脫離重複循環的困境，因此以生態的觀點展開一系列「城市」、「自然」與「環境」的再生研究。

整理最近採用「生態系統」再生城市中空間與環境之研究 (表 2-1-1)，發現多數以城市景觀¹⁰及城市生態¹¹的概念為主，討論城市的空間如何以生物之評估指標的再生模式與基礎。而其中值得注意的是，在賴佳妤 (2017)、蔡妙琪 (2017)、經濟部水利署 (2005)、吳宏基 (2010)、黃晏淨 (2009) 共五份研究中，以空間中的量化方式分析生態廊道、都市綠覆率、生態多樣性等因子作為生態觀點的「環境平衡」評估指標，反應目前城市環境的空間特徵及生態分佈特性，雖然提供改善生態功能的觀點與方法，卻因為難以快速推行而重回到過去都市發展與自

9 Forman & Godron, 1986:306-310 (親生態假說原文詳見 Wilson, E. (1984) Biophilia. Cambridge: Harvard University Press)

10 Landscape ecology (Forman & Godron, 1986)

11 Urban ecology by Forman et al., 2003

研究者 (出版時間)	題目 / 篇名	研究發問 (採用理論)	研究方法	結論	分析因子
賴佳婷 (2017)	都市景觀覆蓋生態有效性與生態特性關係之探討 - 以台中都會區為例	如何建構有效之城市景觀生態系統 (Landscape ecology, Forman & Godron, 1986)	量化研究 (迴歸分析、景觀層級)	20 種景觀覆蓋類型及生態有效指標數	土地使用、表面材料、生物多樣性、景觀類型、生態面積
蔡妙琪 (2017)	以景觀生態學評估都市紋理對淹水潛勢之影響 - 以原台中市為例	城市景觀如何提供治洪功能 (Landscape ecology by Forman & Godron, 1986)	量化研究 (GIS- 曼寧粗糙係數)	五項淹水模擬評估指標	表面材質、土地使用、建築、密度
黃瀚柔 (2012)	台中市筏子溪生態廊道之研究與建構 - 以中遊為例	如何建立城市生態再生之方法與空間形態 (Urban ecology by McHarg, 1969)	質性研究 (誘導式結構 & CIS- 疊圖分析)	基於生態系統及空間可行性，提出筏子溪中游再生規畫	空間結構、生物多樣性、人為活動、氣候、地勢、水質、生物群、河川、建築、交通
何友鋒 & 王小璘 (2011)	都市綠色空間系統動態模式氣候變遷情境分析及調適策略之研究	如何以城市的生態系統調控城市物質條件 (Urban ecology by Forman et al. 2003)	質性研究 (系統工程學、系統動態學、情境分析)	台中全區生態層級分布及六類評估指標	土地使用、汙染、地形、生物多樣性、綠覆率、人口、社會結構、基礎設施
經濟部水利署 (2005)	都市河川復育之研究	都市河川如何再生生態機能及環境調節能力 (生態廊道 by Thomas. 1979)	量化研究 (Van den Berg 預測法, 1986 & montgomery and Buffington 分類法, 1993)	都市河川復育生態之設計原則與分析因子	生物多樣性、季節洪水、實質環境條件、棲息地、河川、生態系統、汙染
吳宏基 (2010)	都市綠色空間系統動態模擬模式之研究	城市如何有效的建立自我平衡的生態系統 (Landscape ecology by Forman & Godron. 1986)	量化研究 (系統工程、系統動態學)	三類影響因素及 15 項評估指標	土地使用、汙染、生物多樣性、綠覆率、人口、產業結構、基礎設施
黃晏淨 (2009)	生態城市評估指標體系之研究 - 以台中市為例	城市如何有效的建立自我平衡的生態系統 (Urban ecology by Hough, M. 1984)	量化研究 (Fuzzy Delphi Method, Fuzzy Analytical Hierarchical Process)	三類影響因素及 23 項評估指標	土地使用、人口、汙染、基礎設施、生物多樣性、綠覆率、人均綠地面積、材質
江瑞怡 (2006)	都市河川變遷下的空間與水關係之研究 - 以高雄愛河為例 (1895-2005)	人、自然空間的互動關係如何通過空間重新連結 (城市自然 by 郭中端 1991 & 人與空間 by Lynch. 1984)	質性研究 (檔案研究 & 觀察與訪談)	提出人、自然與空間再生的 5 項關鍵因子與高雄愛河的理想形態	空間機能、可及性、場所性、政策、都市計畫、實質環境條件、空間區位、自然機能、人為活動

表 2-1-1: 再生城市中的生態與宜居性之研究

資料來源：本研究整理

然環境的消長循環，且在 Illgen 與 Dunn 對城市生態與環境的再生研究中¹²，針對「數量」(量化) 與「質量」(質性) 之間的有效性討論，指出在 " 地方條件 "(Land's physical condition) 未釐清以前，僅在數量方面的提升並非自然 (生態) 再生行動的關鍵。此外，黃瀚柔 (2012)、何友鋒 & 王小璘 (2011)、江瑞怡 (2006) 等人，採用非生態的觀點以生物多樣性、人為活動及空間機能的特徵，推導出基於理論的空間形態與評估指標，且在何友鋒 (2011) 與江瑞怡 (2006) 等人對城市 " 空間 " 的研究中，分別探討「自然與空間」及「人與空間」的相互影響 (關係)，為重複循環的空間與自然消長關係提供平衡於人、空間與自然三者之間的觀點。

綜合以上，台中的再生生態及環境改善模式，在既形成的 " 城市生態 " 基礎之下，在上述的研究中，並為充分回應過去發展所伴隨的空間結構與生態功能重複消長關係，且在缺少地方自然環境特徵 (水與土壤與土地等) 的關鍵影響形態、時期與方式以前，基於理論提供的影響因子在空間中的適宜性，應以台中的基礎下重新討論，針對台中在發展過程中在範圍內引起空間結構及生態功能的重要改變進一步討論如何為臺中的平衡環境 (生態系統) 方法。

12 Illgen, M. (2011). Hydrology of Urban Environments. & Dunn, C. P. (2011). Composition and diversity of urban vegetation. in *Urban Ecology: Patterns, processes, and applications*, 59-69 & 103-114

2.1.2 人類福祉與自然環境的再生

「人造生態」是城市環境之中，生物與社會系統發展的不斷循環過程，原本無人 (Human-free) 的生態系統，透過自然能量與物質的流動以驅動演化或維持平衡，但人類藉由對土壤、動植物、水與地貌等物質元素的大幅改造，引起整個循環系統之生產、使用、回收與補充的週期性生態過程開始失衡，導致水、土壤與生物原本維持的生態及環境功能失效，因此而開啟空間與環境的發展矛盾以及不可逆轉的惡性發展循環不斷重複發生 (Alberti, 2003:1169)。此外，根據 Rees 於城市中的生態系統研究指出¹，在西方工業文化的發展觀點之下，人類並不被視為生態系統的一部分，因此諸多的生態與環境研究，將人類及城市視為脫離自然系系統的「外部系統」(External system)，甚至因為城市很少能維持動植物生存所需甚至改變循環系統(水、能量與物質)，因而將城市環境視為「反生物」(Anti-life) 的存在，然而現今的生態學者已經認知到城市的增長或擴張 (Urbanization)，將成為地方、區域乃至於全球環境變化的主要影響因子 (McDonnell et al., 2009:74)。

人類活動在全球尺度的行動下，因為既改變的自然生物及能源的流動，已經產生出城市環境中的新生態系統(人造)(Breuste, 2011:5-8; Alberti et al., 2003:1169-1172)，也因此，回應 McDonnell 的研究中²點出影響生態系統之"人類活動"，根據最近對城市中生態與空間的相互影響研究³，重新將關鍵的城市發展與形態歸類為：影響生物演化進程改變、改變同質性與異質性棲地及城市環境擴張，共三種普遍出現於全球各處城市區域，並引起廣泛面積、程度與時間的生物多樣性損失、環境汙染與循環系統干擾現象。

此外，雖然城市的實際面積僅占地球表面不到一成，但卻通過對循環系統中水、土壤與生物的劇烈改變，導致城市空間在過去的發展中，對生物群、能量、物質與演化的自然進程(生態)過程產生高度干擾 (Alberti et al. 2003:1169-1170)，且城市環境中僅剩下非常有限之"人造"生態系統，而在 Bolund and Hunhammar 的研究中⁴，發現路樹、草地、池塘、公園與林地等自然綠地，雖然為大幅更動後的結果，但其在氣候調節、空氣過濾、噪音改善與穩定水質(量)的環境功能，對城市生活質量有重大影響且應以空間的使用模式、形態與單元

1 Rees, W.E. (1997) Urban ecosystems: the human dimension. *Urban Ecosystems* .(1): 63 - 75.

2 McDonnell et al., 2009:74

3 Urban signature of phenotypic change (Alberti et al., 2017; Alberti. 2015), homogeneity and heterogeneity (McKinney. 2006; Palma et al. 2017), urban expansion (Grimm et al., 2008; Seto et al., 2012)

4 Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999)

改善，藉以提供 " 生態對人類的生產、生存與生活功能 "(或研究中提及的「生態系統服務」)。

在 Breuste 與 Alberti 等人對再生城市中的空間與生態 " 功能 " 之研究⁵，通過元素、進程、特徵與影響的討論，整理出引發城市中，空間與生態相互產生干擾的「物質元素及形態」為：土地使用與表面覆蓋、城市氣候、城市土壤及城市水文共四項物質因子，而各項元素的定義與特徵影響的生態功能內容為：

(1)「土地使用與表面覆蓋」(Land use and surface cover)的狀態，以人類活動改變土地表面(Surface cover)的觀點，並非為永遠不變的狀態，相反的是作為一種"進程"，而不斷人工化地面上或地面下的生態過程，包括土地覆蓋、植被、建築元素或各種對地表(地貌)的整治所引起，也常通過土壤、化學、養分、水等循環系統的改變，引起城市環境中廣泛尺度與層級的生態或環境功能退化。(Pauleit & Breuste, 2011:20-26)

(2)城市環境中的「氣候」(Urban climate)在過去十年內的城市環境研究中，顯示出自然(生態)受到人類影響而劇烈改變，並且通過對物質的循環狀態(水與土壤)改變，引起城市"環境"逐漸與郊區產生明顯的區隔，導致自然系統失去維持的熱能、汙染與循環的平衡功能，間接促使人類的環控系統消耗更多能源與水資源(Parlow, 2011:31-38)，形成空間與環境的發展循環困境。

(3)城市範圍內的土壤(Urban soil)再經過農業、建築活動或其他物質狀態的改正後，隨著土壤在生態系統中之水與養分循環功能的急速喪失，而成為不適宜生物生存的「城市土壤」，而最近的案例顯示，發展過程中被覆蓋或改變的土壤條件反而是維持環境(生態)最大的影響因素，但土壤的結構與功能幾乎受人類全部類型、強度與持續時間的活動所影響。(Sauerwein, 2011:45-47)。

(4)人類通過水利系統(Urban water)的建立，不斷的在發展過程中對土地覆蓋、地貌、水流等物質大幅改變，導致城市環境中地表逕流與地下水循環系統皆受到影響，而逐漸失去自然水環境之降水、蒸發、滲透與逕流的循環系統，因此導致城市環境中水環境以及生態功能因相互影響而皆喪失功能，除了引發城市與郊區

⁵ Breuste, J. H. (ed.) (2011); Alberti, M. (2008); Alberti et al. (2003); McDonnell et al. (Eds.). (2009)

Urban ecology (UE)

A theoretical process of regenerating a livable city

Crucial element of spatial structure affecting ecology in city.

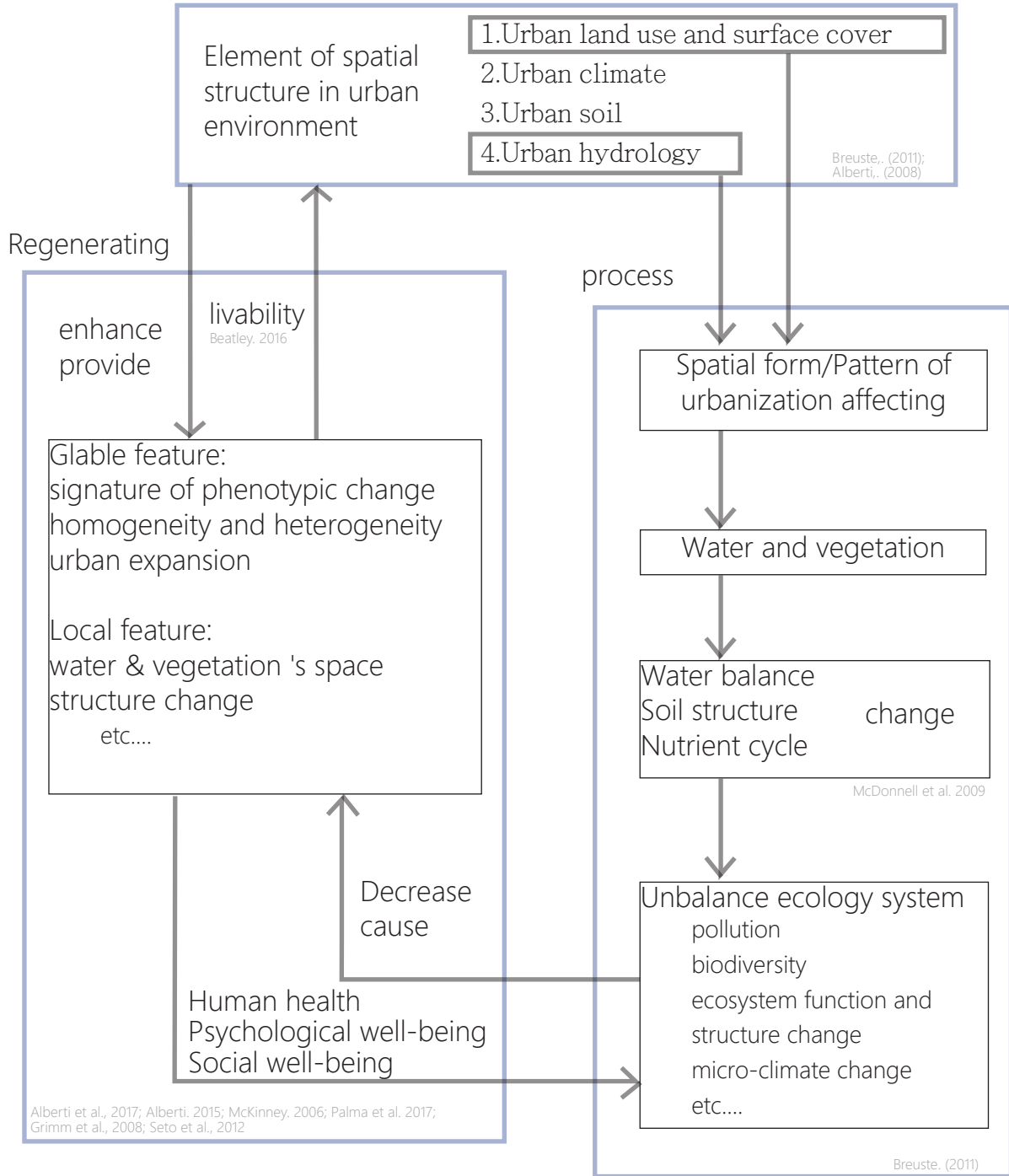


圖 2-2-1: 再生城市生態的元素、進程、特徵與影響

資料來源：本研究繪製

參考資料：Beatley, 2016; Breuste, 2011; Alberti, 2008; Alberti et al., 2003; McDonnell et al., 2009

之間的環境條件逐漸差異化以外，同時通過排水模式與地表逕流的改變，對特定地區的水文系統也引起過載或乾旱現象，以至於城市環境再歷史上不斷出現空間與自然再發展上的惡性循環。(Illgen, 2011:59-69)。

因此人類活動通過使用上對環境的基本需求，在不同尺度、強度與時間的城市化過程之中，將水、土地、氣候與土壤四項城市環境中的生態因子(以下將四個因子簡稱為物質元素)作為基礎，不斷地將其改造為發展所需條件以及改正的對象，因此城市內外物質條件直接或間接的改變，引起城市內空間結構對生態功能逐漸明顯且嚴重的相互干擾(Disturbance)(Breuste, 2011)；通過城市生態的元素、進程、形態的相互影響整理(圖 2-2-1)，發現城市化的過程經由空間結構的改變⁶對物質元素產生不良影響，且最終將導致人類福祉的損失，以及發展空間與環境的相互矛盾現象，而其中對環境(生態系統)影響最為直接的因子，即是城市土地表面(使用)與水循環系統的失衡，及其所伴隨的汙染、微氣候改變、生物多樣性減少、生態結構與機能改變現象，最終通過生態的失衡導致環境惡化的循環產生，顯示過去城市空間的發展不僅無法提供更好的環境，反而因為生態系統功能的大幅失去而對人類社會、身體及心靈產生不良影響。

也因此，各地的城市在最近十年內開始重新檢視過去空間發展過程中，經由物質元素改變後對生態系統產生的全球共通性影響，以及因應地方特徵的可能對策，並展開結合生態與物質元素再生的城市發展，而其中與台中條件相似案例為：

(1) 碧山宏茂橋公園(Kallang River Bishan Park, Singapore)

新加坡加冷河碧山公園項目是一個城市中的河道再生項目，為加速城市排水(雨水及汗水)速度該河道在 1970 年代將原本的自然狀態改造成混凝土溝渠，於 2006 年新加坡公共事業局(Public Utilities Board)開啟 ABC 水環境計畫(ABC Waters Program)⁷，配合城市花園(A City in a Garden)的都市戰略計畫，將過去被整治為排水、供水與保水的混凝土水環境，轉型為結合社區娛樂、環境(生態)平衡與景觀親水能力的複合空間形態，而宏茂橋公園於 2012 年完工後，原本混凝土河道被再生成為結合空間與生態再生的公園(長 3 公里面積 62 公頃)，不僅解決當地保水、洪水與汗水問題，同時提供"城市中"景觀、親水、滯洪與生態的功能⁸(圖 2-2-2)。

6 土地劃分(工業、商業、住宅、教育、公園...等使用分類)、河道整治、給排水管線與鋪設道路等。

7 Public Utilities Board. (2014). Active beautiful clean waters. Singapore

8 參考 Dreiseitl et al., 2015; Schaefer, 2014.

其中值得注意的是，宏茂橋公園採用近似 " 綠色及藍色基礎設施 "(Blue-Green Infrastructure 以下簡稱 BGI) 理論提出的觀點與空間單元 (K. H. Liao et al., 2017:205-207; PUB, 2014:18) ，確實反映出 Bolund 等人點出城市之中生態對人類提供服務功能的理論 (生產、生存與生活) ，而其再生生態的結果也通過洪水治理、水質改善、空氣潔淨與社會功能的促進，改變過去城市發展空間或生態不斷重複的矛盾現象。

(2) 首爾清溪川 (Cheonggyecheon Stream, Seoul)

2003 年首爾市開啟了城市空間的再生計畫，以清溪川的整治項目做為都市河水與綠色空間的再生，將原本配合 1976 年發展需求而地下化的河道，重新再生為都市開放及生態空間，於 2005 年完工後，近 12 公里的混凝土河道結合再生景觀生態與人工設施，成為城市中央的綠色走廊為城市環境提供親進水與自然的環境，同時改善河川洪水、水量與污染的問題⁹(圖 2-2-3)。

而清溪川的案例雖然在河道中符合 Forman 等人所做的景觀生態設計觀點，同時也回應舊城區在過去 " 發展模式 " 的觀點之下，為人、自然與空間的再生需求提供重新與自然連接的可能 (Forman & Godron, 1986; Beatley, 2017) ，但其實際執行的模式缺少平衡生態系統需要的水陸連接特性，以及物質元素 (水與土) 本身形成的循環系統，僅形成 " 部份 " 的生態空間再河道空間內；然而若以都市發展的角度檢視，此模式確實為改善空間與生態提供新的觀點，但其與 " 平衡的 "(或無人的) 生態標準對比之下，並非為良好的案例或僅是階段性的發展過程。

(3) 金華燕尾洲公園 (Yanweizhou Park, Jinhua City)

金華燕尾洲公園位於義烏江和武義江匯合處之端點，該公園原本為河道匯流處自然形成的沙洲，於 2010 年為配合河岸旁歌劇院的計畫，而實施的實驗性韌性城市 (Resilient Cities) 景觀，該公園以濕地、林地與河灘再生河岸之生態功能，並以 " 可淹沒式 " 的設計，提供緩解金華市每年季節性的洪水問題；2014 年完工後成為中國境內海棉城市 (Sponge City) 的設計示範空間，不僅提供城市親水、親自然與滯洪空間，同時成為鳥類、植物於河道兩岸的生態跳島¹⁰(圖 2-2-4)。

9 參考 K. Y. Hwang, (2004). Restoring Cheonggyecheon stream in the downtown Seoul. Seoul: Seoul Development Institute, P3.

10 參考 Hermaputi & Hua, (2017). Creating Urban Water Resilience: Review of China's Development Strategies "Sponge City" Concept and Practices. Indonesian Journal of Planning and Development, 2(1), 1-10.

燕尾洲公園的案例結合水生與陸生生態，設置為可淹沒式的空間形態，顯示城市空間與環境之間的消長關係在過去一直重複發生，且在近現代開始嘗試以改善環境(生態)的方式脫離惡性循環；而可淹沒的生態空間是再生自然水循環狀態與水陸生態系統重要的空間特徵，其所採用近似 BGI 理論提出的觀點與空間單元(K. H. Liao et al., 2017:205-207)，也非常接近 Forman 等人提出的再生生態原則，且若以自然河流狀態(Natural Flow Regime)¹¹的觀點檢視，恢復能力並非是如同過去發展的混凝土設施，彈性的生態與空間再生設計，反而體現自然應對特殊狀況本應有的功能與形態(淹水或旱災)，亦提供生態(動植物)平衡環境的功能。

(4) 艾爾河道(River Aire, Genève, Schweiz)

艾爾河畔於 2001 年開啟恢復河流環境的生態系統再生，該河流自 19 世紀起為提供周圍農地灌溉與生活用水被改造為混凝土渠道，而最近一次的河川整治，在保有河道既有的水量與流速調節功能之下，還原部分混凝土製的網格狀丁壩為自然河道與土壤狀態，項目實施後為當地的生物多樣性提供緩解，同時通過物質元素本身復育河道沿岸與水中生物的棲息地(圖 2-2-5)。

而艾爾河畔的生態再生案例雖反映 Forman 與 Breuste 提出的生態再生原則，但對於城市發展而言卻是較嚴苛的生態準則，都市河流在排水(雨水與污水)機能的需求之下，水循環與生態環境(水生與陸生)的改造難以快速施行於城市中，反而漸進的"生態空間"再生較可能通過持續的實踐改善過去重複的矛盾問題(發展空間或生態)。

綜合以上，城市的空間結構與生態功能長久以來雖然在發展過程中相互矛盾，導致歷史上重複出現環境之災害問題與改善措施，然而近代的"生態再生"理論與案例提供城市再發展脫離過去循環的可能；由上述生態再生的案例，對比無人的生態或城市生態理論可發現(表 2-1-2)，環境平衡確實受都市中生態功能的「恢復」與「融入」影響，然而較嚴格但更有效的生態設計規則不易於城市中實踐，但四個案例基於不同方法，為脫離過去發展模式累積與重複發生的問題，皆顯示以生態服務為建構空間與改善環境是有其必要性的。此外，台中的地方特徵同樣面臨發展過程中，都市(空間)與河川(生態)消長引起的造成的環境問題，對比後發現宏茂橋公園與清溪川兩個案例與台中的地方特徵及問題最為相似，且其採用的親生態(Biophilic City)與綠色與藍色基礎設施(Blue-green infrastructure)方法也在台中的背景下較具備可實踐特性。

11 Poff et al., (1997). The natural flow regime. *BioScience*, 47(11), 769-784.



圖 2-2-2: 碧山宏茂橋公園 (Kallang River Bishan Park, Singapore)
資料來源 : www.landezine.com



圖 2-2-3: 首爾清溪川 (Cheonggyecheon Stream, Seoul, South Korea)
資料來源 : www.landezine.com



圖 2-2-4: 金華燕尾洲公園 (Yanweizhou Park, Jinhua City, China)
資料來源 : www.landezine.com

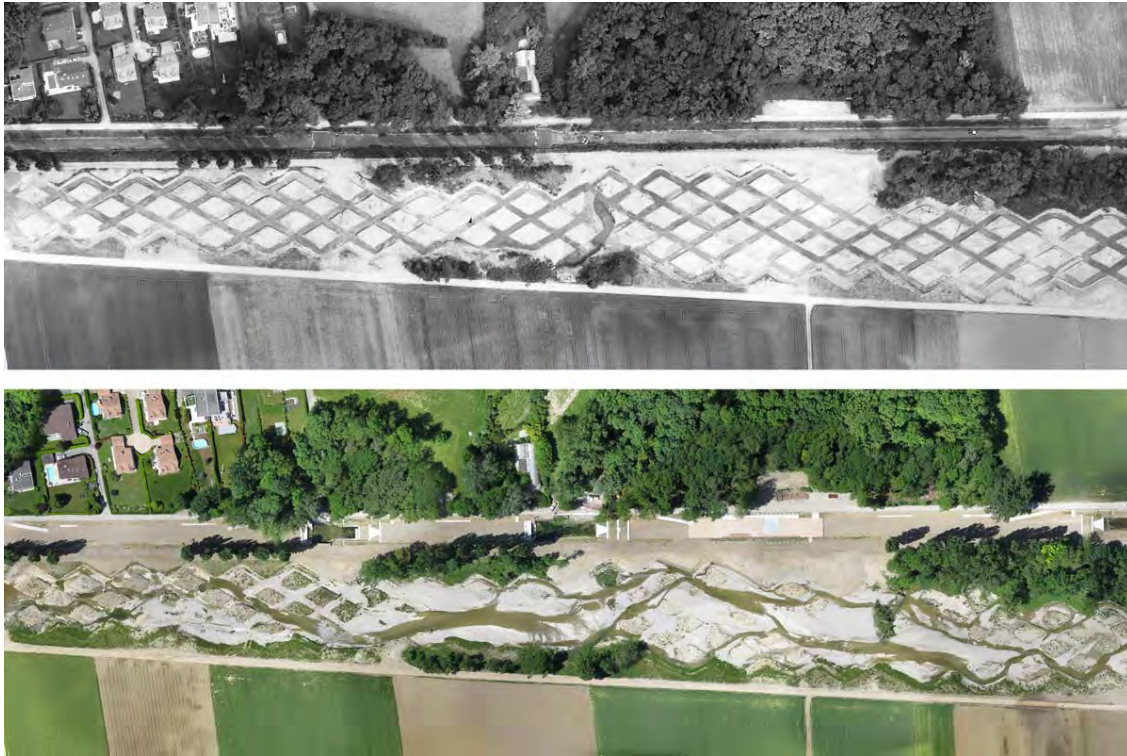


圖 2-2-5: 艾爾河道 (River Aire, Genève, Schweiz)

資料來源 : www.landezine.com

計畫 (時間)	空間 / 議題	再生方法	因子	目的
碧山宏茂橋公園 (2012)	都市河川、排水環境、親自然空間、民生汙水、逕流洪水	綠色與藍色基礎設施與親近自然城市	河川、建築、綠地、排水、淹水、缺水、汙染、生態機能	通過可親近的城市生態提供環境調控機能
首爾清溪川 (2003)	都市河川、都市空間、親自然空間、民生汙水、河川洪水	城市景觀與親近自然城市	河川、交通、市地、綠地、淹水、汙染	通過可親近城市景觀提供舊城區空間再生
金華燕尾洲公園 (2010)	都市河川、都市發展、河川洪水、生態復育	綠色與藍色基礎設施與海綿城市	河川、淹水、生態復育、發展計畫、生態機能	通過可被淹沒的城市景觀緩解都市洪水同時復育生態
艾爾河道 (2001)	河川排水、生態復育	城市生態系統	河川、生態機能、生態復育	通過棲息地再生改善復育排水道生態系統與功能
臺中市	都市河川、排水環境、民生汙水、親自然空間、都市發展、		河川、建築、綠地、排水、淹水、缺水、汙染、生態機能	改善城市環境汙染、淹水與可親近自然

表 2-1-2: 城市環境再生案例對比臺中

資料來源 : 本研究整理

2.1.3 人類福祉與空間形態的再生

現代的都市環境受過去不斷重複的空間與環境競爭關係，導致在空間結構與環境機能的發展矛盾常伴隨氣候異常、環境汙染、資源匱乏與生態系統退化等問題，因此為維持人類生存、生產與生活的需求，通過生態的觀點（城市生態與生態服務），城市有機會在人、自然與空間三者之間通過物質元素的重新再生改善城市的能量、物質與生物循環系統 (Zari, 2012:1-3; Oliveira, 2016:11-14)，恢復生態系統對人類帶來的環境平衡功能。在 Zari 的研究中進一步指出城市中的環境功能 (Environmental performance) 受人類維持環境、社會與經濟系統取用的大量自然能量與物質，而產生 " 空間 " 與 " 生態 " 相互影響的過程與消長關係。因此城市空間的 " 模式 " (Patterns) 通過對能量、物質與動植物循環狀態改變引起 " 環境功能 " 失去平衡狀態 (Alberti, 1999:152-153)，導致都市生態轉變為高度依賴能源投入並排放汙染的存在，同時亦失去生態系統原本提供的環境健康與生態平衡特性。此外，Alberti 對城市空間的各種配置研究¹，指出過去空間與生態的發展困境是人類系統介入生態系統的結果，而空間的使用形態與模式反映物質元素與循環系統的相互關係，以及人造生態的組成方式 (Alberti, 1999:157-158)，因此對城市密度、土地使用與連接性等空間的形態的分析，將有助於解釋都市的 " 模式 " 產生的問題 (Pauleit and Duhme, 2000)。

在生態學者 Forman 的研究中²，通過生態系統促進人居環境中的「宜居性」(Livability) 觀點，提出「土地馬賽克」(Land Mosaics)³之景觀 " 生態空間 " 設計方法，對城市或郊區範圍的空間形態進行改善；反映城市中的生態系統與人類活動之間的相互作用，採用維持物質元素循環與生態系統為基礎，提出四種具生態功能的空間組織狀態 (Spatial form)⁴，以回應城市產生的人造生態 (Human-dominated landscape) 與空間互相干擾的問題，但都市中的景觀 (生態) 空間仍會相異於無人的生態系統，且恢復物質元素與生物群 (Biotopes) 原本提供的生態服務不可能再次改造為原本的自然狀態，因此城市中的生態系統回應地方而產生的空間形態 (結構、功能與演變) 是再生人造景觀生態重要發展依據 (Forman, 1984:8-17)。

1 Alberti, M. (1999). Urban patterns and environmental performance: what do we know?. *Journal of planning education and research*, 19(2), 151-163.

2 Forman, R. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press; Dramstad, W., Olson, J. D., & Forman, R. T. (1996). *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Island press.

3 「土地馬賽克」(本研究暫譯，原文為 Land Mosaics)，其原意為生物、水文、植物與人造設施所組成的空間使用狀態，以量化的方式將區域的空間形態呈現為格狀矩陣。

4 Patches, Corridors, Matrix and Network

另一方面，城市形態的理論及分析方法，起源自 19 世紀初，當時歐洲的城市因規劃缺少分析物質環境的有效方法，而產生低效率甚至引發環境問題的城市空間，而義大利學派首先發展出建築類型學 (Architectural typology)，做為城市的實質環境演變 (歷史及地理) 分析方法，為早期軍事及經濟發展提供可靠的物理環境與空間設計原則，進而拓展為城市環境跨尺度與跨領域的分析觀點，至 20 世紀初時，歷史學者已經將城鎮的發展計畫圖 (Town plans)，作為分析歷史上由地理環境及自然條件共同組成的 " 物質發展 " 進程。

城市環境演變過程受其所包含的文化結構及物質條件，而產生 " 文化 " 與 " 環境 " 於發展相互矛盾的討論⁵，雖然 Muratori、Conzen 與 Kropf 分別在 1960 至 1990 年代，提出城市中建築或物質環境的分析方法 (Physical study)⁶，但城市的物質環境是經過不斷重疊 (Overlapping) 的過程，其所包含的環境、歷史、經濟發展或社會結構，以及其對於人類多元層面上的意義，難以透過單純的物理或空間「類型」解釋 " 什麼是城市 " 及 " 如何為良好的城市形態 " 的關鍵問題，也因此而開啟許多不同觀點的城市形態 (類型) 研究。因此在 Kostof 的研究中⁷，藉由分析城市的源起 (Morphogenesis) 與演變 (Metamorphosis) 之形態進程，認為城市做為人為物件 (City as an artifact) 的存在，是基於「當下」時空條件被不斷形塑之過程，而其經由自然、地勢、軍事、宗教、經濟、社會等因子，解析城市生活中各種「人的」需求所反應的形態，以及社會或文化於空間形態建構過程中的相對意義。因此在 Kostof 的討論中，最終種結以五種元素及五種形態⁸的對比，解析空間不斷重疊的可見或不可見⁹之「元素」，以及通過物質與社會，共同驅動的城市起源 (Origins of urban)，回應過去的研究中如何為「良好」的空間形態。

然而 Kostof 的研究雖然點出城市做為 " 物件 " 而存在時間與空間的特徵 (地方性)，但卻又因為相似的人類需求與物質環境，而在世界各處的城市中存在形

5 文化決定論 (Culture determinism) 或環境決定論 (Environmental determinism)

6 參考 Gauthiez, B. (2004). The history of urban morphology. *Urban morphology*, 8, 71-90. Muratori, S. (1960)、M. R. G. Conzen. (1960) 與 Kropf, K. (1996) 分別提出「城市結構與類型」(Urban fabric and types)、「城市邊界」(Urban fringe belt) 與「城市組織」(Urban tissue) 共三種針對城市物質環境的分析方法。

7 Kostof, S. (1999) *The City Assembled: The Elements of Urban Form Through History*. Boston: Bullfinch. & Kostof, S. (1991) *The City Shaped: Urban Patterns and Meanings through History*. Boston: Little, Brown.

8 在 Kostof (1991 & 1999) 的研究中，將城市形成的過程以界 (Edge)、分區 (Division)、公共場域 (Public places)、街道 (Street) 與城市進程 (Urban process) 五種「元素」分析及分類。又以有機 (Organic)、格狀 (Grid)、圖形 (Diagram)、事件 (Grand matter) 與天際線 (Skyline) 共五種「形態」分析歷史上的城市形態所反映出的物質需求與文化意義。

9 物質 (Tangible) 或非物質 (Intangible) 在城市形態的研究中分別代表材料、街道、建築、地塊、結構、環境等物理特徵，或相反的社會結構、經濟發展、宗教活動、文化背景等與社會運作的不可見邏輯。而重要的是兩者共同所形塑的空間形態，可以在任一個觀點下討論。

態上的趨同性。而在 Chiu(2012) 的研究中¹⁰，針對理解 " 物質轉變 " 與 " 文化意涵 " 所驅動的空間改變，指出城市的源起與演變進程可以理解為「自然」、「文化」與「空間」三項因素相互影響的結果，且通過不斷重疊 (Superimposition)、分層 (Layering) 與混合 (Hybridisation) 的過程，空間的反映不僅是反映物質元素的形態，同時包含記憶 (精神) 的延續及空間結構上的累積特性，因此其提出以「複合城市形態學」(Syncretic Urban Morphology) 的方法，通過共時與歷時的形態對比分析可見與不可見¹¹ 的元素所構成的空間形態；但也正如 Kostof 與 Chiu 等人所展示的，空間的形態是歷史過程中不斷被形塑的物件，因此通過自然、文化與空間所影響的關鍵元素與進程，以理解城市在過去所累積的問題或重複循環的特性，將是極為複雜的觀點。而 Oliveira(2016) 的研究中進一步指出，城市形態分析雖然提供理解城市的多元途徑，但面對 21 世紀的城市「再發展」問題，必須通過人、空間與自然 (生態或環境) 在發展過程中反映的形態解釋，才能反應過去發展重複產生的氣候、社會、能量與環境健康問題，以脫離空間空間與環境競爭關係再生為可持續發展的空間形態 (Oliveira, 2016:171-172)。

回顧與城市發展 (台中) 與河川水環境相關之研究 (表 2-1-3)，在馬鉅強 (2005)、呂哲奇 (1999) 與黃朝宏 (2008) 的研究中，提供台灣城市在起源至近代時期，空間與河流發展的普遍進程，以及受颱風、水災、疫病、物質資源、社會與經濟影響的實踐過程與原因，於研究中可見台灣的主要城市 (基隆、台北、台中等)，基本於日治時期就已經實施環境整治，因此都市與河川、綠地或生態的關係於該時期形成基礎，但受到戰事、經濟與社會因素而拖延實際實施的時間；而黃勝頂 (2002)、鄭曉琦 (2010) 與黃瀚柔 (2012) 的研究，則提供城市中空間與自然的再生觀點，無論是基於環境機能或景觀空間的恢復，自然 (生態) 系統的改善都有助於城市空間脫離過去的發展形態，並同時改善洪水、汙染、氣候與生態失衡問題。而其中值得注意的是，過去的研究基於史料或生態觀點提出之城市空間演變，顯示台中城市的物質條件 (元素) 在歷經長久環境整治後，並沒有完全脫離自然環境的「高地」及「溪水密布」特徵而獨立運作，但既有的研究著重於歷時性的都市空間發展過程，或生態理論中的設計原則施行形態，缺少對發展過程中空間與自然之 " 形態演變 " 的關係討論，因此恢復城市中水環境或環境問題，可以在過去的基礎之下，以生態系統 (服務) 及空間形態的消長關係，提供再生生態功能 (服務) 所需的物質元素再生設計原則。

10 K. W. Chiu. (2012). AN INTELLIGIBLE URBAN FORM OF STRUCTURAL SYNCRETISM: PHYSICAL TRANSCENDENCE AND COSMOLOGICAL MOTIF IN SPATIAL DATUM OF NORTHEAST TAIWAN (Doctoral dissertation).

11 在 Kostof(1991 & 1999) 及 Chiu(2012) 的研究中，將影響城市源起與演變之元素分為物質 (physical or tangible) 與非物質 (nonphysical or intangible)，在中文又翻譯為可見及不可見的，而其所指涉的即是驅動空間形態轉變的「物質轉變」與「文化意涵」兩類元素。

綜合以上，如城市中的生態再生研究裡所建議¹²，恢復生態系統平衡提供的環境功能，並以空間結構與生態功能的再生作為改善城市中人類福祉的方法，必須回應自然的水、土壤、氣候與土地等物質元素受改變而形成的問題，而空間形態的研究¹³指出環境改善的活動在歷史上常受地方特有的發展背景影響，因此回應過去發展過程中重複發生的空間與環境消長問題，以空間形態及城市生態的觀點，本研究將城市中包含的機能組成區分為環境、空間、生態與健康四項因子(表 2-1-4)，探討台中在發展過程中受空間改變而產生的"環境"與"生態"問題，而此問題也反映出案例對比的重要觀點：對於台中的"環境或生態"再生而言，何者才是最符合地方特徵與可持續性的方法？然而此議題需要經由時間與空間的演變過程以辯證，在判別何種元素導致城市的環境與生態產生關鍵影響後，才能回應過去發展空間造成環境(生態)失衡產生的問題。

12 Dramstad, W., Olson, J. D., & Forman, R. T., (1996). Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning. Island press. p.7-9

13 Kostof, 1991 and 1999; Chiu, 2012; Oliveira, 2016

研究者 (出版時間)	題目 / 篇名	研究議題	結論	分析因子
黃勝頂 (2002)	河川近自然工法之設計及其高水分析 - 以台中地區筏子溪為例	河川如何以生態系統再生為親自然空間	生態系統之改善將在維持既有排水功能下更提供水質、洪水與流速等功能	河川、生態、生物多樣性、汗水、雨水、排水、
鄭曉琦 (2010)	台中市柳川、綠川沿岸景觀之發展與變遷	如何改善遭破壞的都市河川以重新形塑地方意象	以人工設施建造親生態空間將有助於地方意象	使用形態、人口分布、景觀空間、排水系統、汗水、雨水、違章建築、都市計畫
黃瀚柔 (2012)	台中市筏子溪生態廊道之研究與建構 - 以中遊為例	如何建立城市生態再生之方法與空間形態	基於生態系統及空間可行性，提出筏子溪中游再生規畫	空間結構、生物多樣性、人為活動、氣候、地勢、水質、生物群、河川、建築、交通
馬鉅強 (2005)	日治時期臺灣治水事業之研究	水環境如何影響都市發展	都市之河川及環境受上游森林治水(水保)及財政影響	都市計畫、颱風、河川整治、水災、汗水、基礎設施、經濟、政治、工法
呂哲奇 (1999)	日治時期臺灣衛生工程顧問技師爸爾登對臺灣城市近代化影響之研究	水利基礎設施如何影響都市計畫	移植海外的經驗台灣城市中的水利設施建構	都市計畫、河川、氣候、地勢、水災、疾病、水利基礎設施、水源地、颱風
黃朝宏 (2008)	日治時期臺灣治水政策對都市發展影響之基礎研究	水環境如何影響都市發展	日治時期治水與都市政策深受當時環境災害影響	都市計畫、雨水、汗水、水災、人口、颱風、上下水、治水政策

表 2-1-3: 台中的城市發展與河川水環境相關研究

城市機能組成	內容	元素	理論
環境 (Urban environment)	城市做為人造環境所提供之溫度、治水、利水、空氣、濕度、滯洪、儲水、乾旱之環境調控能力	城市之「水環境」、「土地」、「氣候」、「土壤」	Blue-Green Infrastructure (K. H. Liao et al., 2017)
空間 (Urban space)	城市做為人造環境所提供之公共、休憩、市地、工業、商業、交通、建築、資源、經濟、社會與文化之空間特質		Elements & Form of Urban (Kostof, 1999)
生態 (Ecology)	城市做為生物賴以為生之空間所提供之棲息地、水循環、養分循環、氣候與穩定生態週期的系統性平衡能力，以及空間特徵		Landscape ecology (Forman, 1995) Urban ecology (Breuste, 2011)
健康 (Well-being)	由可被親近的生態系統或景觀空間提供城市環境防災、社會、經濟、環境、醫療、生產等觸及包含人類在內的「生命」(Bio) 福祉		Biophilic city (Beatley, 2017)
既有的城市基礎發展方式	自然的元素		城市生態學對於人類機能的发展方式

表 2-1-4: 城市做為人、自然與空間的機能

資料來源：江瑞怡，2006；K. H. Liao et al., 2017; Kostof, 1999; Breuste, 2011; Beatley, 2017

2.2 研究方法

本研究採用「綜合城市形態學」(Syncretic Urban Morphology, Chiu, 2012)的空間形態分析方法，結合檔案研究 (Archival research, 黃武達, 1996, 2000)、城市形態學 (Kostof, 1991 & 1999) 與城市生態學 (Beatley, 2016; Breuste, 2011) 等學科提出之影響 " 空間結構 " 與 " 環境功能 "(生態) 的元素，作為分析台中都市發展於歷史過程中，空間與環境的源起與演變過程，並以空間形態的分析結果結合城市生態的觀點綜合分析，討論再生台中空間與環境之形態與準則。其內容如下：

1. 檔案研究 (Archival research)

根據黃武達 (1996, 2000) 在台灣都市發展研究中採用之 " 檔案研究 " 方法，以歷時性的方法回溯都市計畫、堡圖、地形圖、官報、縣報與市志等，第一手城市發展史料提供之自然環境、水文、政策、工法、災害與社會事件等影響物質環境改變的因子，以線性的歷史發展過程分析 " 現代 " 城市的源起與演變。其中又以都市計畫發布之圖面與政策紀錄對比，顯示城市空間 (物質的空間形態) 最明顯之發展過程與原因。

2. 城市生態學 (Urban ecology)

在 Breuste 的研究針對再生城市宜居性與防災功能的城市生態學研究中，將再生城市生態的關鍵元素區分為：水、空氣、氣候與土壤四項，並針對城市再生生態機能的進程，提出生態學觀點的規劃原則。此外，在 Beatley 的研究中，針對人與環境的城市再生，提出 14 種空間形態與 23 項物質元素作為建構生態系統的設計準則。而兩者理論以質性研究的方法分別就人類或生態的觀點提出理論上的規劃原則與關鍵元素，並由實際案例進行解析。(Beatley, 2016; Breuste, 2011)

3. 城市形態學與複合分析方法 (Urban Morphology and Syncretic morphological study)

Kostof 在城市的源起 (Morphogenesis) 與演變 (Metamorphosis) 之形態 (1991 & 1999) 分析中，採用歷時性 (Diachronic) 及共時性 (Synchronic) 之非線性歷史對比方法，將城市的組織以五種基礎形態¹及五種形態的組織方式²，對比城市在歷史上的源起與驅使時期轉變的演變及因素，以及所產生的空間形態差

1 有機 (Organic)、格狀 (Grid)、圖形 (Diagram)、事件 (Grand matter) 與天際線 (Skyline) (Kostof, 1991)

2 界 (Edge)、分區 (Division)、公共場域 (Public places)、街道 (Street) 與城市進程 (Urban process) (Kostof, 1999)

異。雖然其以 " 城市及社會 " 的發展，將空間演變二分為可見與不可見因素的相互關係，且形態與組織的區分方式是理解城市在人類的觀點下有效之方法，但對空間結構與環境功能 (生態) 的討論而言，因為包含可能發展過程中 " 社會因素 " 的影響而導致分析複雜化。因此以 Chiu 的觀點回應 Kostof 對城市組成的區分，空間在源起與演變過程是自然、文化與空間三項因子組成的人造物件，也因此分析城市歷時性與共時性的演變，可以重新將空間理解實質環境條件與文化意涵的相互影響關係，但對於本研究探討之空間結構與環境功能 (生態) 而言，僅需要對實質環境條件影響的城市源起與演變進行討論。此外，Forman 等人在城市的空間與環境發展的消長關係討論中³，以景觀 (城市) 生態系統觀點檢視亦提出發展過程之 " 空間結構、環境功能與形態演變 " 的相互關係，將形成空間與環境的矛盾或良好關係。

綜合以上，本研究採用綜合城市形態之方法，對台中城市發展過程中影響實質環境改變的因子進行演變分析，再以城市生態學之觀點對演變過程中影響環境 (生態) 的物質元素及空間形態對照，針對過去城市拓展過程中空間與環境的消長關係進行討論。因此本研究以自然及空間兩項元素，在不討論社會因子的基礎之下，對台中過去發展模式影響的城市「環境調節能力」進行分析，主要討論可以分為：

(1) 空間結構：

都市計畫、堡圖、地形圖、官報、縣報與市志等，歷史文獻中記錄之形成城市物質環境 (空間) 的因子，如地形、水文、氣候、災害與資源等，對現代城市的發展歷程提供影響空間源起與演變之元素辯證。

(2) 形態演變：

水文、交通系統、建城區、綠地 (機關) 等促進城市形態改變的因子，是空間結構在人類需求之下的發展結果，而其亦是空間與環境發展失衡的主要檢討項目。

(3) 環境功能：

不同於空間結構的因子，Forman 與 Breuste 以 " 空間結構與形態演變 " 對生態影響的觀點，總結城市中水、空氣、氣候、土壤等物質元素是在城市發展行動中最為影響生態系統與環境調之因子。

³ Forman & Godron, 1986:11

2.3 小結

回應城市發展過程中持續不斷發生的實質環境與生態功能消長，城市生態學以「城市中誕生的生態系統」之觀點，指出城市環境問題可在與生態共生的模式下獲得緩解，以融入生態服務於城市環境中成為日常景觀的一部分，將生態「再生」於城市中（無人或人造的）。

通過前小節理論與案例的對比顯示，嚴苛條件的生態系統再生方案難以在既有的城市中快速實施，但城市生態的改善也並非全是以建構「無人的生態模式」為主要目的，反而以漸進式的生態空間、功能改善作為其具實踐性的推行方式，於初期階段藉由景觀、實質環境建立起城市與自然（生態）連結後，將逐步改善城市中人、自然與環境的相互關係。然而，在過去對台中與生態的再生研究中，顯示無人或人造的生態系統在實踐方法或空間特徵方面，嚴苛的生態標準雖有效但也確實難以執行，尤其在台中舊市區較飽和發展的狀態之下，因此而重新進入過去發展「空間或環境」的惡性消長之中，而採用空間形態與城市生態的結合方法反映出的進一步問題是：哪些實質環境的「元素」通過空間結構改變過程的影響，引起環境的平衡功能開始在城市發展過程中失衡，而這些元素又是於當前城市中仍然可用的。

而若以空間形態的觀點檢視台中城市發展歷程，對比實質環境與生態功能的相互關係，顯示環境的改善行動將與過去面對一樣的取捨問題（即空間發展或環境發展決定論），通過前小節針對人、空間與自然的視角討論過去實質環境與生態功能的關係後，發現台中的實質環境中仍有作為生態功能的基礎存在（圖 2-4-1），應能在人工設施及生態系統的結合發展之下，重新檢視現有的城市環境、生態功能與環境平衡之相互關係，與其在既有基礎下再生的可能。



圖 2-3: 實質環境與生態功能關係對照

資料來源：本研究整理

3. 台中的城市與自然之發展進程

台中的城市歷經長期對河川與土地的環境整治行動後，其經由實質環境與生態功能改變的環境平衡功能至今依然影響城市環境。

對照「影響台中城市發展的環境災害」與「台中都市計畫發展歷程」後(表 3-1 與表 3-2)，發現日本殖民政府於建設台中的初期就因數次氣候災害，開始意識到產業與都市發展與環境失衡的現象，因此再經歷 1920 年以前數次強烈颱風造成的災害後，河川與森林的"治水"事業開始逐漸受重視，並確立其對環境(自然系統)災害、功能的觀點。國民政府入台後，於 1950 年代沿用日治時期都市計畫直至 1970 年代，受接連幾次的強烈颱風侵襲全台區域後，開始意識到城市發展與自然環境的關係，而其改善方式相較於日治時期執行較多的"都市"範圍，較著重於較大尺度的"區域體系"防災，開始實踐日治時期未能完善的中上游水土保持(森林治水)計畫，此後都市防洪措施、河川環境與都市綠帶原本的功能逐漸由郊區的基礎設施取代，導致今日城市核心中，少有緩減災害的實質環境或反映氣候與季節的生態功能；而在對比都市發展歷程後(表 3-1)，發現 1920 年以前、1950 年代與 2009 年以後。

另一方面，1895 年日本殖民政府進入台灣時，發現台中在區域路網與物質條件上的優勢，決定繼續發展當時停擺的台中市街，但當務之急卻是提升地方的水資源與土地資源管理，將城市的狀態改善為更適合居住的狀態，其城市的設計原則因關係到社會、經濟、政治、軍事等重大項目的發展效率，因此初期選擇沿用東大墩(臺灣省城)遺留的空間形態及自然資源，因此產生城市在發展過程中，以結合河川、地勢與綠地的方式構成線性與環狀的「綠帶」空間。但也因此促成後來縮減、填埋綠帶空間連帶影響排水的現象，形成現代城市中無法解決的汙水、積水與缺水問題，也同時改變城市中生態功能提供的環境調節能力，與其賴以為生的物質條件。

本章節將針對台中城市源起與水環境及區域路網的發展關係作為開頭，以日治時期「現代化」城市的形成，直至近代發展實質環境與生態功能的演變動態，進行綜合空間形態分析與歷史辯證，找出現代台中城市的地方性特徵及影響城市生態再生的關鍵因素及元素。

計畫 (出版時間)	範圍	內容	影響
聚落時期 (----)	柳川沿岸	水利發展農產業與邊陲貿易	產業、貿易
臺灣省城 (1887)	東大墩柳川以東至旱溪	城牆、廟宇、官署建築與實施環境改善的河流閘壩	聚落核心開始轉移
市區改正區 (1900)	臺灣省城北側	格狀街廓、土地使用	現代城市源起
市區改正區 (1901)	臺灣省城北側、東大墩聚落、柳川與綠川	格狀街廓、土地使用、水源整治與河川整治	現代城市源起
市區改正區 (1911)	柳川以西側至綠川東側	道路拓寬、土地使用、水道改正、市地延伸、公園、鐵道相關發展與法規完善	軸向發展 (鐵道發展後市區計畫重整)
市區改正區 (1916)	柳川以西側至綠川東側	水源地整治、水道改正、市地延伸	柳川與綠川水源遷移至北側公園及地下埋管給排水
台中市區改正計畫一部變更 (1921)	柳川北段	柳川北段整治、街廓調整	街廓配合河川整治
市區改正區 (1926)	柳川以西側至綠川東側及水源地北側	水道改正、土地使用、市地延伸、大型公園	大型公園
台中市區改正計畫一部變更 (1930)	柳川南段	柳川南段整治、街廓調整	河道截彎取直及必要處配合街廓垂直轉折
臺中市區計畫綠地指定 (1931)	柳川、綠川與鐵道沿線綠帶及 12 處公園	柳川、綠川與鐵道沿線	結合水道的軸向園道
臺中市市區擴張計畫 (1935)	柳川以西側至綠川東側向外延伸及鐵道沿線	土地使用、政府機關、道路分級與市地擴張	市地擴張與河道轉折處公園
都市計畫 (1943)	城市核心區域	土地使用、工業、公共事業	環型園道與放射狀道路
臺中市綱要計畫 (1971)	中部區域與大台中	交通、公設、產業、人口與土地使用	建立區域城市體系與部分基礎設施移至外部
變更臺中市都市計畫 (1986)	----	土地使用、產業、公設	整合大台中既有都市計畫
旱溪排水計畫 柳川排水及土庫溪排水 水系景觀環境營造實施計畫 都會型河川污染整治及環境改善 綠川排水環境營造 新盛綠川水岸廊道計畫 (2006-2017)	柳川、綠川、旱溪、土庫溪及河川沿岸	汙染整治、景觀環境、防洪整治、空間再造	

備註：城市的發展受到空間、物質環境、政治、經濟與時代背景等因素的相互影響，而都市計畫雖會在公告後隨時間逐漸偏離原本的規劃，但如同張嘉玲與陳明偉等人對台中都市建構的演變所顯示，計畫的推行雖然常受外部因素暫緩，但其實施細節都會在重啟發展後承接過去的計畫發展，在 1920 與 1950 兩個災害或政權轉移的重點時期皆體現此現象，因此本研究討論的都市發展以都市計畫發布之時間與內容討論，再配合部分時代背景產生之因素做為驗證。

表 3-1: 台中市都市計畫發展歷程

參考資料：陳明偉，1991；呂哲奇，1999；黃武達，2000；張嘉玲，2004；黃朝宏，2008

時間	事件	災害	影響	位置
1898年8-9月 (黃朝宏·2008:51~54)	8月6、28日及9月29日三次颱風接連進入台灣，侵襲中部以北區域。	強風、豪雨伴隨洪水，導致今台中區域32人死亡、全倒或半倒家屋近1500戶。	水災後爆發嚴重疫病傳染促使日本政府正視空間與環境的關係，此後便積極從事水利、土地與森林的環境調整。	東大墩聚落河岸與地勢較低區域。
1910年8-9月 (張嘉玲·2004:2-12；黃朝宏·2008:115-116)	8月31日至九月2日期間三次颱風侵襲台灣中部。	河水氾濫沿河岸家屋嚴重受損，導致台中區域1人死亡及近一千戶家屋浸水。	水災後地方政府藉此機會開始落實對東大墩的改正，正式施行格狀街廓與河川改正於舊聚落之中。	今柳川公園路至民權路沿岸舊聚落。
1911年8月 (黃朝宏·2008:116-117；篠原正巳·1996:109-150)	8月26、31日颱風侵襲台灣全島。	集中於數日內發生強降雨(台南最高508mm)，河水氾濫導致台中廳區域59人死亡及一萬兩千戶家屋浸水、全倒或半倒，並損毀橋梁癱瘓交通。	實施環境善計畫多年後未曾有過之水災導致日本政府開始正視防災事業，並實施河川、上下水與水源地改正等治水計畫。	台中盆地內地勢較低與河岸旁之聚落。
1912年8-9月 (黃朝宏·2008:118-119；張嘉玲·2004:4-30)	8月28日、9月16日颱風侵襲台灣全島。	豪雨導致市區內發生洪患，導致台中廳區域14人死亡及近兩千五百戶家屋浸水、全倒或半倒。	災後台中地方政府開始重新檢討1911年之市街計畫中河川與空間之關係，每年編列預算實施河岸拉直與護岸。	今台中市市區河川沿岸聚落。
1919年8月 (黃朝宏·2008:148-151)	8月9、25日颱風侵襲台灣東部與北部。	颱風引發洪水造成北部區域大量家屋浸水、全倒或半倒。	災後日本政府重啟針對全台九大河川之調查行動，並開始形成河川法與森林治水事業的討論(或稱為水土保持的概念)。	北部城市區域。
1959年8月 (黃淑玟·2011:64-73；唐瑞霞·2013:18-20；黃昱豪·2010:31)	8月7日颱風挾帶強風與豪雨進入全台區域(八七水災)。	颱風引發全台各地爆發強降雨、土石流、淹水與溪水暴漲災情，造成台中市25人死亡及三萬一千戶家屋浸水、全倒或半倒，並損毀堤防、丁壩與交通設施。	災後國民政府開始正視交通與水利設施面對災害的防災能力，並且開始意識到中上游水土保持不利對城市環境的衝擊。	台中市核心區。
1960年7月 (唐瑞霞·2013:18-33)	7月31日颱風挾帶豪雨侵襲台中區域(八一水災)。	颱風以發之洪水造成全台667人死亡及近三萬五千戶家屋浸水、全倒或半倒。	災後對過去計畫重新檢討，提出森林、植被與河床過度開發導致環境災害，且過去的水利設施不無以因應颱風帶來之水量，因此開始取締不當開發。	台中市核心區。
2009年8月 (內政部·2010:10)	8月7日颱風挾帶強風及豪雨侵襲台灣中南部(八八水災)。	颱風強降雨引發台灣史上最嚴重水災，引發中南部山區土石流，台市區多處積水或淹水。	促進國土保育法重新被區域性計畫重視，並劃設潛在災害、水土保育與洪水平原等因應天災之土地使用類別，以及限制對生態、天災、資源或文化敏感地區開發。	台中市核心區及南側地勢較低區域。

備註：台中城市的天然災害包含水災、火災與地震等數據資料極為龐大，然而多數促使城市發展計畫轉型的都是與颱風及洪水有關之災害，而在對比都市發展歷程後(表3-1)，發現1920年以前、1950年代與2009年以後，三個計畫轉型階段中雖然出現由地方至區域的發展尺度差異，但近年的災害也顯示出過去重複發生的空間與環境消長確實存在，且還正在進行新一次的改善中。

表 3-2: 影響台中空間發展之環境災害

參考資料：黃朝宏·2008:51~54、116-119 & 148-151；張嘉玲·2004:2-12、4-30；篠原正巳·1996:109-150；黃淑玟·2011:64-73；唐瑞霞·2013:18-20；唐瑞霞·2013:18-33；內政部·2010:10

3.1 台中區域的初始結構與核心

台中城市的空間結構形成，最早始於漢人與原住民之間的互動所產生的聚落交通網絡¹。在台中盆地南端的犁頭店（藍張興庄）與北端的葫蘆墩（六館業戶），分別代表漢人政權、民間、原住民三方在彰化縣城之外，互相交流的空間形態與空間座標，其所形成的結構連接起中部區域，由彰化縣城至苗栗之間的商業路線與族群網絡²。而台中城市的起源「大墩街」即是犁頭店市街往大里、霧峰方向（東）的前線駐防點「大墩汛」。此聚落原為清政府劃設漢人與原住民的內外邊界，後來漸成為山上山下物資集散的邊界場所，形成由駐防與交通而興起的「大墩市街」³。

光緒十三年（1887），臺灣正式建省。臺灣巡撫劉銘傳擬在島內新建「臺灣省城」，希望藉省城能控制台灣南北內外之重要海陸通路。最終擇定以台中盆地之「橋孜圖」（即東大墩區域）為址，建立控制台灣中路交通之城牆城市⁴。而省城之建立，寄望成為台中城市的空間核心。而其所包含的路徑、方向、城市核心、硬體設施等，也被認為具有影響現代城市空間結構之關鍵與根源。

然而水文、地理、聚落等做為城市空間延續之根基，做為在省城建造以前的空間狀態，卻鮮少納入空間結構中歷時性的檢討，多數的論述以省城建立後之時間與空間作為台中的初始。（陳明偉（1991）:27-31；賴志彰（1993）:4-13；張嘉玲（2004）:2-6~2-15）

1 大墩汛因為較靠近內山聚落的邊界，且距較大的市街或縣城而遠，在17世紀末18世紀初時，被地方官員視為島內「山上山下」或「前山後山」的地域之「界」，是進入山區的前線關口，然而邊界的劃設並未阻止界內外的交流，反而因為駐兵及墾拓而逐漸促成交流而形成市街。（李文良（2005）:5-7；施聖文（2006）:4-7；陳明偉（1991）:27）

2 清代臺中盆地的拓墾，分由南北兩向，向中間進行，南以藍張興庄（犁頭店）為首，北以張達京（葫蘆墩）為首之六館業戶為主。沿溪一帶，形成彰化縣城至苗栗之間的蛙跳式聚落網路。其二聚落皆為地主及官防之所在地而崛起，又分別控制台中盆地南北側，並成為縣城外之行政管理中心與軍事防衛中心，提供與維護漢人在城牆外的拓墾，至乾隆年間已見市街成形。（孟祥瀚（2006）:421-427；楊護源（2006）:464-469）

3 貓霧揀巡檢位於大墩區域內，距彰化縣城與葫蘆墩各五里，位處「防番」的前哨據點。其領域內包含犁頭店街與大墩街等數個聚落，作為漢人在城外行政管理與軍事防禦的中心。而大墩市街即是犁頭店往東更靠近內山之界的駐兵據點。大墩因軍隊駐防而逐漸民眾聚集，乾隆年間已見市集，後曾因林爽文事件導致市街一度衰敗，但逐漸恢復墾拓且擴張市街空間，最終被分為頂街、中街、下街（孟祥瀚（2006）:414-418）

4 光緒十三年（1887），劉銘傳奏：「查彰化縣橋孜圖地方，山環水複，中開平原，氣象宏敞，又當全臺適中之地，擬照前撫臣岑毓英原議，建立省城。分彰化東北之境，設首府曰臺灣府，附郭首縣曰臺灣縣。」（《劉壯肅公奏議》〈臺灣郡縣天改撤裁摺〉，1887:285）

3.1.1. 拓展河川與產業的城市進程

雍正初年，現代台中核心區域的前身「大墩區域」⁵，利用地勢與河川水資源之天然實質環境，快速的拓展碾米加工產業，促使普通的農村漸由邊陲的聚落，發展成區域性的農產品加工與集散據點⁶。乾隆五十一年(1786年)林爽文之亂時，大墩因戰亂一度荒廢一時，並反覆受戰亂波及市街。直至1868年後才藉其在交通內外邊界上的關鍵位置，開始恢復人口流動，重新帶動復甦市街的功能。同治十二年(1873年)，藉河川與地下水資源取得高度便利性，大墩區域已向柳川以西至綠川區域擴張出產業及聚落；形成柳川、綠川兩條河域之間的大聚落後，而將大墩街分為頂街、中街、下街，並將臨柳川以東一側的聚落的地名更改為「東大墩」⁷。

若查閱乾隆年間起由民間繪製的《彰化縣聚落分佈圖》⁸，發現東大墩(大墩汛)區域位於犁頭店(貓霧揀)之東側，依南北向的柳川(丘厝溪)發展為東西向聚落群，並集中於河岸兩側，以柳川為界，往東分別為棋盤厝、大墩汛與大墩街，往西連接至犁頭店。因此，以賴進貴等人在台灣區域的地圖學研究⁹為基礎，推測圖中的東大墩應為當時中部盆地之核心聚落(犁頭店)，其為犁頭店向東方延伸的邊陲駐防，因區隔內山外山的邊界特性而形成的貿易社群，即是東大墩市街的起源。此外，東大墩北端有小丘攏起，海拔較鄰近區域高5公尺，因利於防守與地勢較高能避免洪水，故成為大墩汛(駐防點)與地方核心。而西側地勢較低的柳川沿岸，則利用豐沛之水勢與北高南低的地勢發展水車，成為地方性的農產品加工區。隨之而起的東側區域也因為路徑而發展出市街¹⁰，形成東大墩空間形態的起源，結合沿河一代的聚落社群及靠東側的貿易社群。因此東大墩與犁頭店，皆依賴於豐沛水資源、地勢高點及空間區位得以發展。(圖3-1-1)

光緒十三年(1887年)，台灣正式建省，劉銘傳奏請朝廷於台灣中路(中部地區)設立城市以控制南北。而經勘查台中盆地內之區域後，認為東大墩一帶「山環水複，中開平原，氣象宏敞」¹¹具備建城所需的地勢格局及豐沛水源。但同時

5 臺中市文獻委員會(1972)《台中市志》，首卷，p. 34

6 陳明偉，1991:29

7 氏平要&原田芳之等編纂，《臺中市史》，1933:56

8 《彰化縣聚落分佈圖》(乾隆年間)記載於《岸裡大社文書》，該文獻紀錄1741年起至1918年間，臺灣中部民間開拓之史料，包含招墾、承墾、領墾、借銀等契文。

9 賴進貴 et al., 2004、2005

10 陳明偉(1991):29、73

11 《劉壯肅公奏議》〈臺灣郡縣天改撤裁摺〉，1887:285。

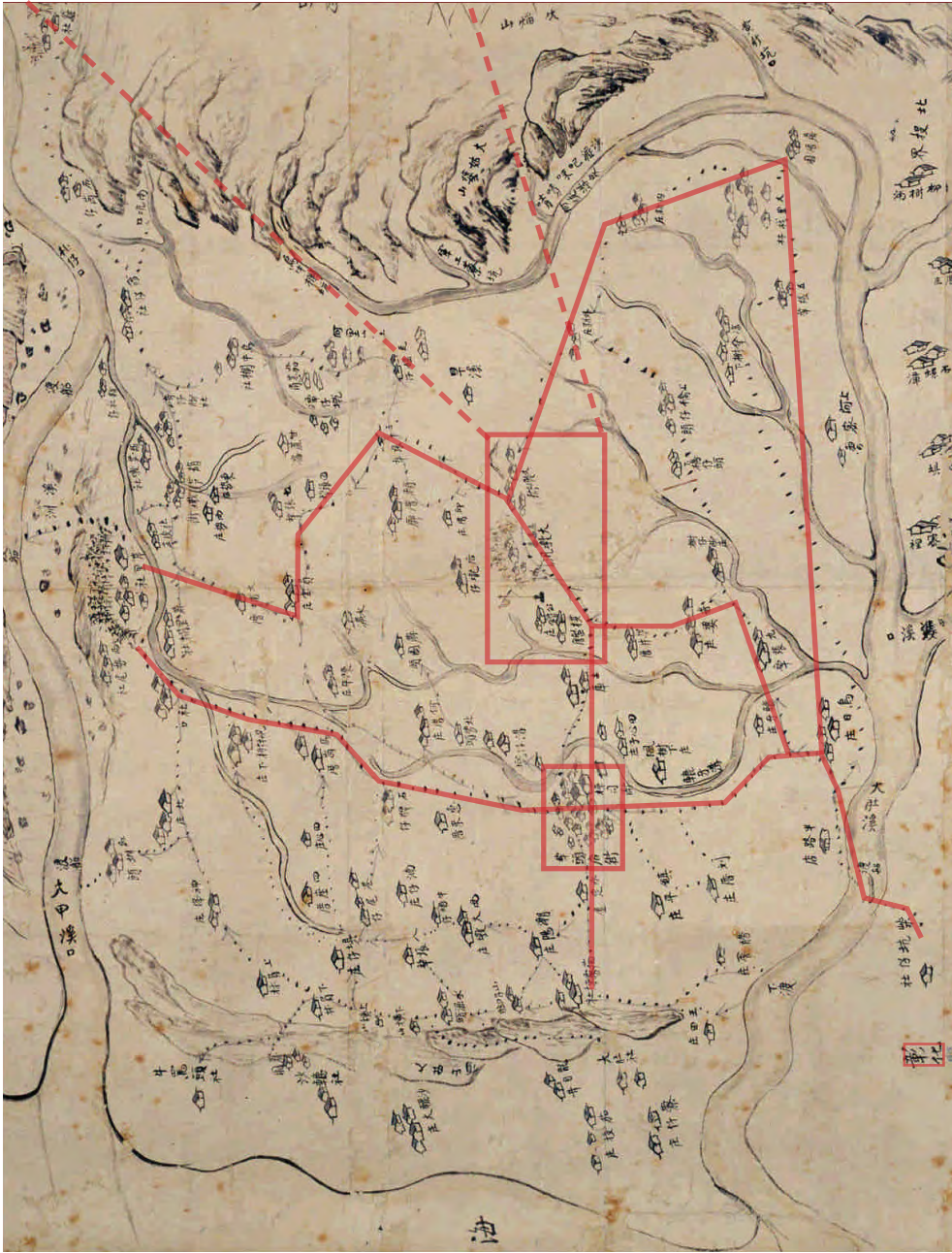


圖 3-1-1: 彰化縣聚落分佈圖 (乾隆年間)

乾隆年間在台中盆地內，大墩區域除居於貓霧聚落路徑之東側以外，其本身亦是通往南北東西的十字路口空間結構。在大墩區域有依邱厝溪（柳川）東側之聚落群棋盤厝、大墩汛、大墩街，以大墩汛之地理高處為地方中心，派兵駐守，西側較低處利用地勢與水勢興起碾米產業，而東側則因區域路徑與邊界的關係形成市街。

資料來源：原圖取自《岸裡大社文書》，製圖年代推測為乾隆年間，國立臺灣博物館典藏。

也形容該處「地近內山，不通水道」¹²，形成其交通系統效率不彰的特性。由此可見省城之預定地「橋孜圖」(東大墩)的物質條件，雖地勢平坦而開闊，但溪水支流多、水淺又急，無法通船，同時該處距離周邊聚落遙遠、修通道路不易，因此劉銘傳對於建設省城在物質條件上有著不同的評價。

另一方面，經由(圖 3-1-2)之疊圖對照，發現理想中的臺灣省城坐落於柳川及旱溪之間較平坦的區域，利用河川作為自然隔絕屏障，但同時也受其地勢侷限城外發展空間；最終省城之建設，一方面受限於兩條河道間的有限空間，二方面又受每年颱風季與雨季的溪水洪患威脅¹³。因此臺灣省城的空間設計，刻意避開溪水流量較大的柳川及旱溪一側，選擇以「河體細小且支流多」的綠川，做為城內水源與汙物進出的主要河川，並興建水關、閘壩以舒緩內部排水與外部洪水問題。進一步由(圖 3-1-3、圖 3-1-4)對比《臺灣省城 - 台中城的地圖彙整圖》與《日治臺灣假製二十萬分一圖》，發現省城的建設雖未完成，但其設計中的理想狀態與實際完成的空間，已經形成台中城市在該區域空間形態之源起。而省城的建構行動雖未完成，但透過臺灣省城的空間再現與日治時期地形圖上的實際建成區對比顯示，官署建築、城牆與實施環境改善的河流閘壩之部屬雖未完善，但已經將地方核心由自然生成的柳川一帶聚落，吸引到已具備高度安全性與環境宜居性為目的之「城內」區域；也因此河川的物質條件與區域路網所形塑的東大墩空間形態之下，台中初期城市的發展最具效率化的建設方式，主要即是參照河川與區域路網。

然而一直至光緒 20 年(1894 年)，臺灣省城的計畫終止並遷往台北後，雖然東大墩區域具備其在自然地勢、水資源與農業資源上的發展優勢，而得以在屢次在戰火中重建。但在社會結構的瞬間改變之下，終究如劉銘傳勘查後所總結的，東大墩在空間位置上雖具優勢，但若移除其社會機能就顯得偏遠而不易發展。也因此，直至日本殖民政府發展台中時，該聚落依然保存著其作為連接中部區域重要聚落的交通樞紐位置，以及利用自然實質環境發展的狀態。但若無政府的介入影響其空間的社會機能，東大墩依然僅是位於各大聚落邊陲的連接點。

12 《劉壯肅公奏議》〈擬修鐵路創辦商務摺〉，1887:268-269。

13 清代時期台灣位處政治版圖之邊陲，又為颱風肆虐、災害不斷的区域，自康熙時期以來，彰化縣(今台灣中部區域)有紀錄的重大風水災有 39 起，多為夏季颱風或豪雨引起之颶風與洪水，造成民宅、官署、田產等損失無數。(陳國彥(1981):7-17)

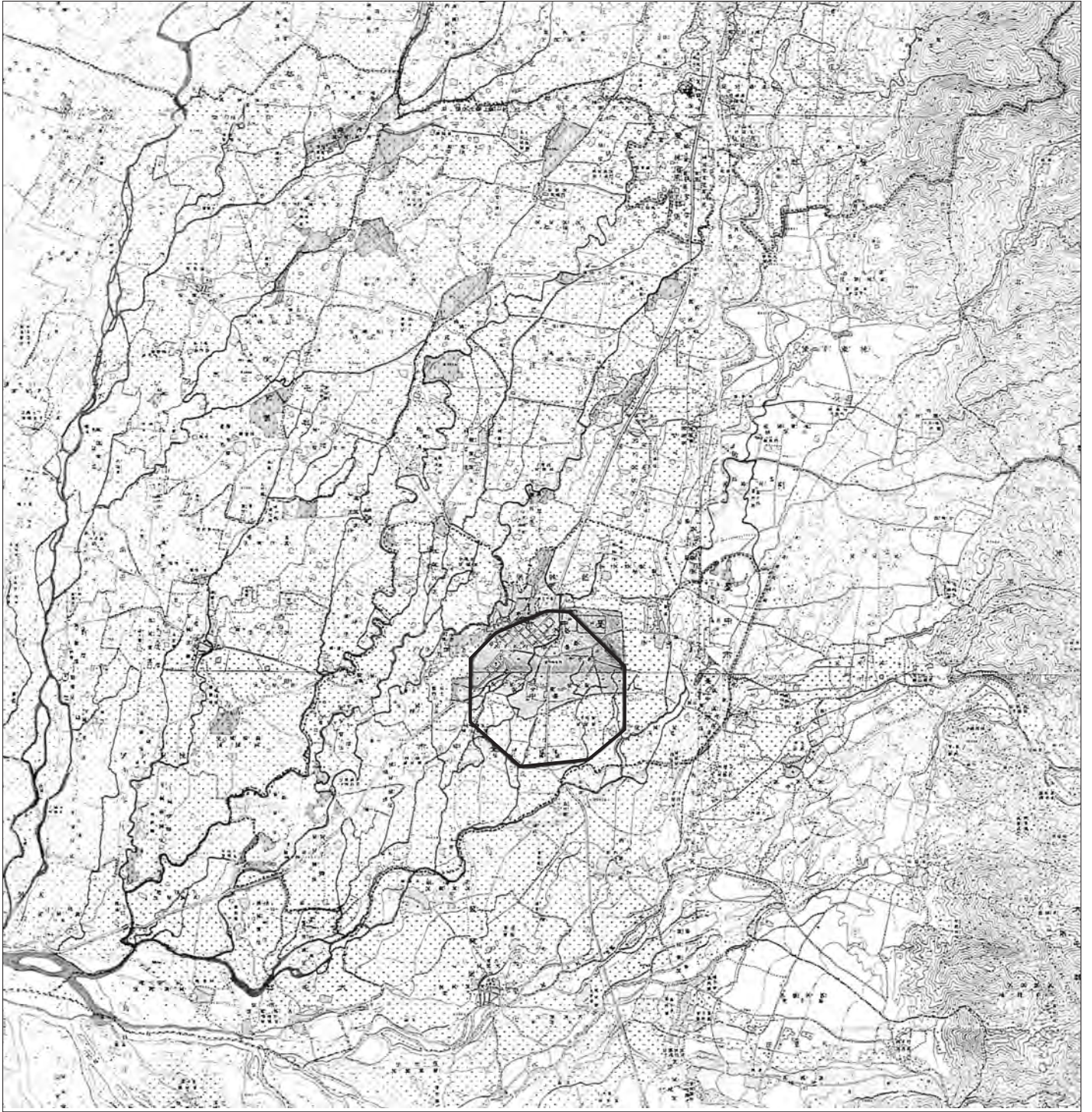


圖 3-1-2:《清代台中地區墳場分布圖》

資料來源：賴志彰 (1993) · 《台中文獻》(第三期) · p.134。

底圖為《日治臺灣堡圖》(明治版)(1904) · 中央研究院臺灣史研究所。

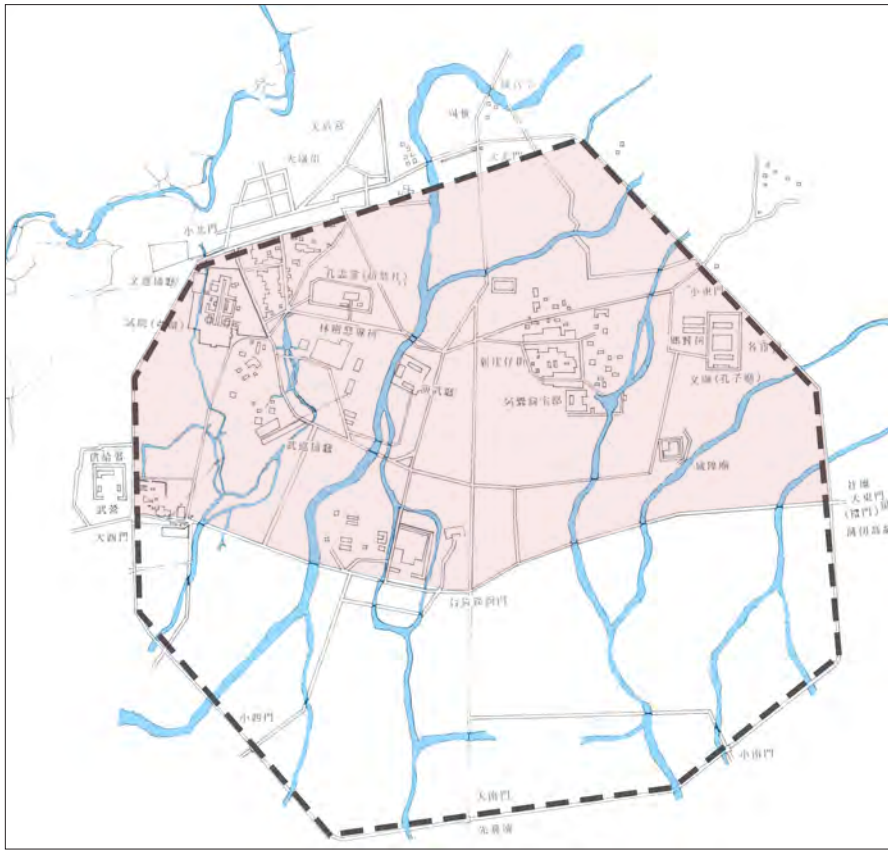


圖 3-1-3:《臺灣省城 - 台中城的地圖彙整圖》

資料來源：本研究改繪

底圖來源：賴志彰 (1993) · 《台中文獻》(第三期) · p.117。

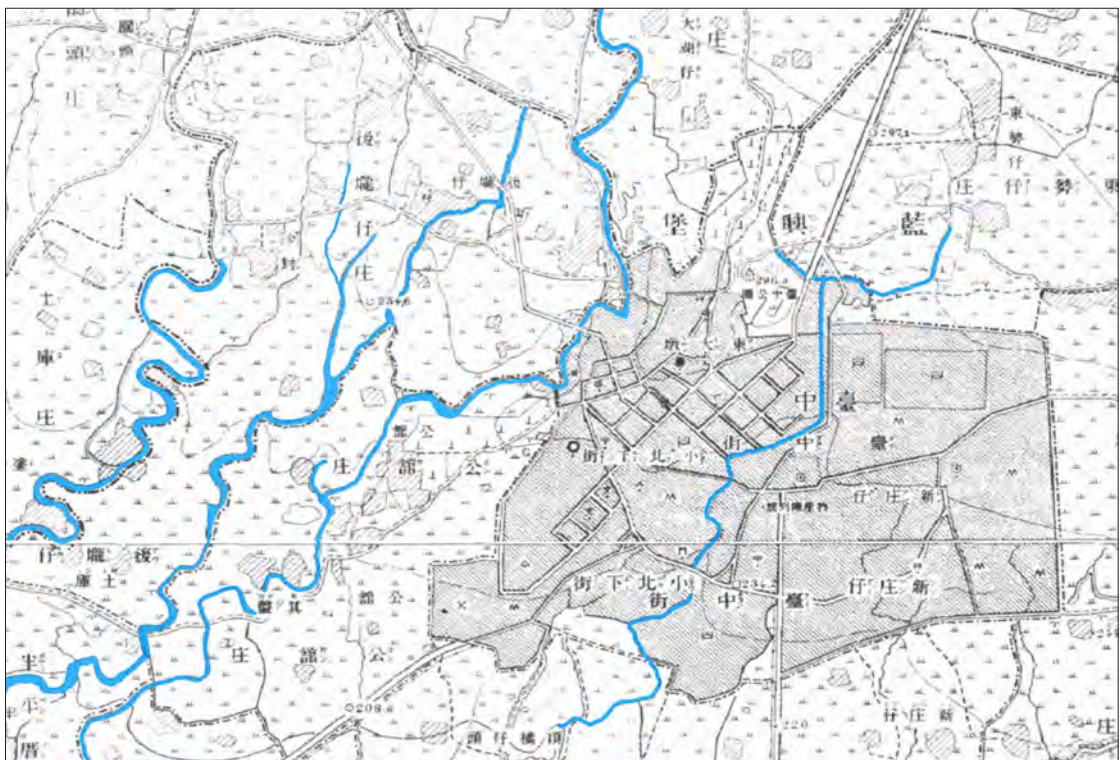


圖 3-1-4:《日治臺灣堡圖》(明治版)(1904)

資料來源：中央研究院臺灣史研究所

3.1.2. 城市空間與河川系統關係的轉變

1895 年日本殖民政府接收台灣，不久後即展開全台各處的管制與調查，同時接收各地，以市街的聚落作為據點，於台中地區選擇將清代位於東大墩的省城空間做為發展區，承接既有的空間結構與區域路網繼續發展。然而日本軍方進行接管工作後不久，因各地城市無基礎建設，而引起河水、井水或儲流雨水的飲用水汙染及孳生蚊蟲，導致爆發大量傳染病疫情¹。不僅造成大量日籍人口因感染疫病而死，同時也阻礙殖民政府的發展進程。因此 1896 年日本內務省衛生局長後藤新平抵達台灣調查，建議由基礎建設改善城市防災與宜居性，當務之急即是建設上下水給排水道，提供乾淨飲用水與改善物質條件，並推薦聘具有豐富日本本土環境改善經驗與英國水利工程經驗，當時正在東京帝國大學擔任「衛生工學」的教師爸爾登 (William Kinninmod Burton)² 進行全島衛生工程相關調查與建議。明治二十九年 (1896) 爸爾登與其助手濱野彌四郎於八月底台後，隨即展開基隆、台北、臺中等地之衛生工程初步調查，於第一次報告中大致總結臺中之物質條件為：「地勢微傾、排水良好、水資源充沛且水質優良」之狀況³。

同年十一月，爸爾登與濱野彌四郎提出《臺中市街區劃設計報告書之件》與《臺中市市區新設》，兩篇針對臺中市區規劃與細部設計之建議報告，並對前支部長兒玉利國的「同心圓」城市構想⁴，提出基於衛生工程的評估，認為其對於土地、地勢、河川與天然資源之物質狀態欠缺考量，且同時圓的市街設計也與目前的區域路網相互衝突，導致無法在經濟性與便捷性的條件下，建構穩定營運的城市基礎，因此，最終爸爾登提出以棋盤狀的街廓規劃，在日本殖民初期環境不利的因素下進行改善，同時避免理想化的同心圓設計的種種不便與不經濟之處 (圖 3-1-5)。

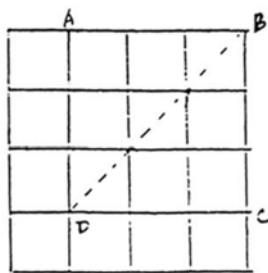


圖 3-1-5: 爸爾登的設計概念圖

爸爾登與濱野彌四郎對兒玉利國與台中的真實狀況提出設計與建議主要內容為：

1. 全市以直線方式畫出主要動線，但因對角交通不便，增設貫通弦線以補強。
2. 街廓邊長各十三、十四町，且道路寬十五間，斜對角道路寬二十間。
3. 水道工事之路徑以避免曲線所造成的不便與不經濟為主。

資料來源：《臺中市街區劃設計報告書》，明治 29 年 11 月 25 日

1 呂哲奇, 1999:41

2 呂哲奇, 1999:11-13

3 第一次調查之內容為水層調查、含水層性質調查、湧水深度調查。(〈臺中市區新設並上地下水設計報告書〉，《衛生工事調查報告書》，《臺灣總督府公文類纂》，乙種永久，三十一卷：第 19 門土木工事，1896)

4 張嘉玲, 2004:3-7-3-8

隔年(1897) 爸爾登自三個英國海外屬地勘查回來後，提出其調查之結果報告，建議可將歐洲模式用於亞洲的經驗用於台灣島內，而其中較重大的影響為：新加坡開渠式下水道排水、香港坡度設計的蓄水工程、上海式水塔及市區掃除模式⁵。此後雖然至 1899 年爸爾登離臺前就再無臺中方面之規劃，但其以歐洲模式之基礎設施在亞洲實踐狀況與改善的調查，已經影響當時台灣島內衛生工程的執行；由基礎建設、水道工程、都市防災、土地使用及公共設施等諸多方面建構過程所影響的城市形態，反映出爸爾登以衛生工程的視角，討論永續性及宜居性的都市經營、維護、防災概念，影響台灣及台中市區發展計畫深遠。

明治三十三年(1900年)臺中市區改正計畫正式公告。相較於規劃階段的爸爾登與濱野彌四郎之計畫，有多處設計細節相似度極高，包括格狀街廓的土地劃分、對角弦線的加強交通與都市防災公園之設置，但較大的不同之處為爸爾登的概念設計中，街廓的配置為朝向正北之網格；而正式公告的計畫中，城市被劃設為東北至西南的網格軸線。如(圖 3-1-6)顯示，此斜貫道路及街廓的設計成因，據文獻⁶指出是因原本清代聚落內的家屋多半狹窄且街道蜿蜒，常引發水患及疫病災害，因此在日治時期台中城市發展之初，於城市內部的衛生整治行動，便是依循爸爾登與濱野彌四郎所提出之建議，除了進行上下水、河道及家屋的整治工程以外，同時為加強陽光的殺菌功能解決傳染病疫情而在現代台中市的街廓源起階段將其以傾斜東北至西南軸設置⁷。



圖 3-1-6:《市區改正區域及附屬地平面圖》
資料來源：明治 33 年 1 月 6 日，臺中縣報告示第 5 號
圖片來源：張嘉玲，2004:7-6

5 爸爾登於 1896 年 12 月至 1897 年三月與其助手濱野彌四郎訪查上海、香港與新加坡等英屬海外居留地，勘查當地衛生工程的設計。其主要觀看項目為市街清潔、上下給水排水、水道設計、氣候、濾池與儲流雨水等設施，最終總結成《上海、香港、新嘉坡衛生工事視察報告》，並以此經驗應用於台灣之規劃設計，影響台灣基礎設施深遠。(黃俊銘(1997),〈上海、香港、新加坡視察活動及其影響：爸爾登對台灣城市近代化影響之研究〉，《中華民國建築學會第十屆建築研究成果發表會論文集》，p. 289-292) & (呂哲奇，1999:75-91)

6 張嘉玲，2004:4-17；呂哲奇，1999:202

7 據尾辻國吉於西元 1943 年(昭和 18 年)4 月 10 日之「改隸以後に於ける建築の變遷」座談會回憶中指稱，爸爾登就寒帶國家對於衛生工程之都市日照需求，而將臺中市街道旋轉 55 度，使臺中市之建築物永遠可以獲得太陽之照射，並消除地面瘴氣，避免疫病孳生。(呂哲奇，1999:202)(原文引自：〈改隸以後に於ける建築の變遷(座談會)〉，《臺灣建築會志》，16(1)，p. 22)

然而設置街廓向東北軸傾斜的原因，若以爸爾登與濱野彌四郎「衛生工程」之觀念來檢視其緣由，最可能的原因是為了改善都市防災功能與宜居性所進行的矯正河川，以及同時連接既有區域路網的最便利及最經濟之結果，其原因如(圖 3-1-7)顯示，因日本殖民政府進入台中區域時，東大墩尚保存著以利用地勢及水資源，從事農產品加工的聚落形態。雖然經過省城的發展後，其在區域路網的空間結構，已經取代犁頭店成為往來烏日至葫蘆墩之間的聯繫位置，但東大墩的空間形態並沒有脫離其原初的物質條件。也因此，日治時期台中的城市發展源起時，即是採用以河川及路網而形成的既有空間結構，在便利及經濟的考量下，順從河勢的東北軸向及連繫犁頭店的西北軸向，形成「現代」臺中城市形態源起的十字軸空間結構。此外，順應自然實質環境與過去既有空間結構的模式對日本殖民政府來說，不僅在拓展區域路網的系統上較為便利，同時在土地取得與水道建置等環境改善方面，都是最為經濟與可行之選擇。

另一方面，台中區域於 1903 年至 1914 年間連續受六次的暴雨侵襲⁸，造成東大墩區域的道路、橋梁、家屋等大量損毀，還一度癱瘓南北交通網路，因此殖民政府於 1908 年開始研擬進一步的「市區改正」對策，以因應持續惡化的城市環境，於是爸爾登與濱野彌四郎基於衛生工程提出之建議，在 1900-1916 的初期市區發展中，逐步被重視及實踐⁹，因而展開對柳川、綠川等貫流台中市街之河川的評估，並針對河川及城市北側的河水源頭，提出「預定河線」的改正措施；然而整個計畫因戰事發展與經濟困難原因，直至 1911 年的市區改正才初步完成設計。

如圖(圖 3-1-8)顯示的 1911 公告市區改正計畫，發現經過道路、河川與土地使用的規劃後，「現代」臺中城市的空間結構於發展初期的當時基本已經成形，其不但在城市形態上以實質環境的條件為區域網絡，而建構了東北向的格狀街廓，同時為提升防災功能與宜居性，進而計畫將柳川及綠川的河道彎曲部分截彎取直，其餘河床或窪地填平且兩條貫流市區之河川的水源頭全部遷移至公園以北¹⁰。此外，若進一步的對比(圖 3-1-8)與(圖 3-1-9)所紀錄台中，分別於 1899 與 1911 的市街狀態顯示，後期的計畫圖中，除了醫院、官署、產業及日本人居住區的建設外，市區尚保留著綠川、柳川及原始聚落的大量家屋與物質條件。雖然兩個計畫存在鐵路系統的關鍵差異，但在主要的橫貫街道及街廓規劃，皆由東大墩聚落時期的物質條件發展而出，甚至維持舊聚落與部分清代官舍的機能為臨時之用。因此也藉由計畫區域的位置、狀態與時間上的先後關係，顯示出格狀街廓在建構過程中，於社會結構上的競爭性影響。

8 篠原正巳，1996:109-150；陳明偉，1991:132

9 楊啟正，2006:4-44；張嘉玲，2004:4-33

10 陳明偉，1991:35-36

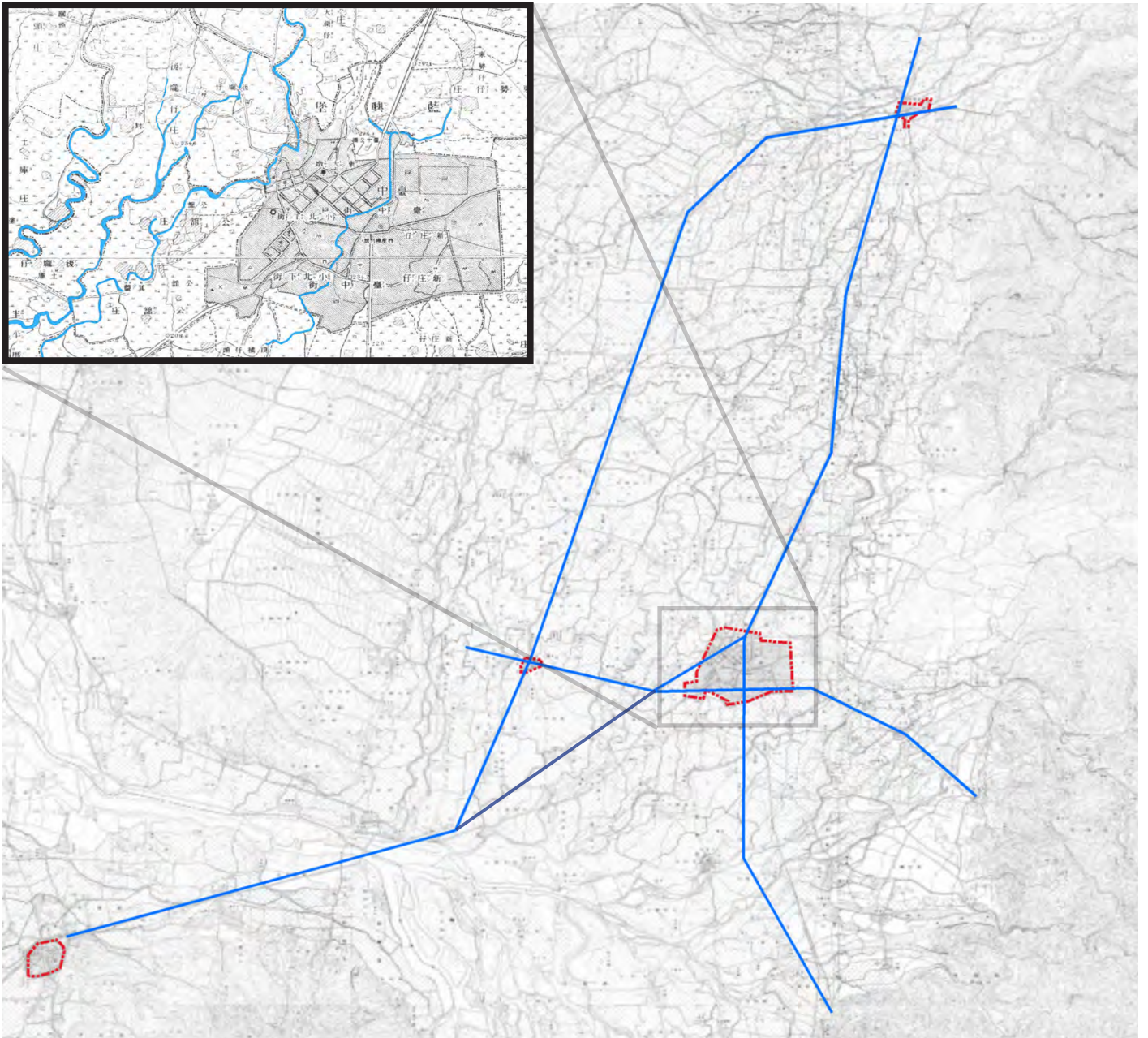


圖 3-1-7:1904 年代臺中盆地內區域空間關係
 資料來源：中央研究院·《日治臺灣堡圖》(1904)·本研究加註



圖 3-1-8:《臺中市街圖》(1911)

資料來源:黃武達·(2006)《日治時期臺灣都市發展地圖集》,本研究加註



圖 3-1-9:《臺中街實測圖》(1899)

資料來源:黃武達·(2006)《日治時期臺灣都市發展地圖集》,本研究加註

最後由 (圖 3-1-10) 對比現代台中市於 1900 至 1911 年的初期發展，發現 1916 年自縱貫鐵路通車 8 年後，自然形成的東大墩聚落已經逐步被南側與東側的新建成區所取代。而靠近火車站的新建成區也成為中部區域的重要集散地，且聚落的發展以靠攏火車站為首的區域 (前站與後站) 大量興建。其中值得注意的是，日本殖民政府雖然早於 1900 年計畫中，就已經公告柳川與綠川之河川預定線，但直至 1916 年時才僅有市區核心台中公園一帶的綠川及水源頭整治完成。而於市區內部的其他基礎建設承襲魯爾登之衛生工程觀念，實際執行的工程範圍與內容包括：

(1) 利用清代以來東大墩作為往來烏日至葫蘆墩十字路口的空間特徵，在新建成區建構東北至西南向的直通斜貫道路，並以便捷之方式順向劃設棋盤狀街廓。

(2) 在防災機能與宜居性的環境改造方面，以柳川與綠川的河道改正、水源地改正及窪地填平為主，藉人工設施以調控河流流速與流量，使河水快速流向市區外部或引流至其他河川以避免氾濫，並將貫流市區的水源匯集於市區北側，設立「水源地」，下埋十吋管利用地勢將民生用水朝西南向輸送至市區內 (今雙十路一段)，最終於柳川與綠川下游匯集至旱溪。

(3) 制定街屋建築規範與市區掃除制度，不僅藉由家務規範減緩火災蔓延問題，同時由建構雨水排水明溝，防止城市積水導致孳生疫病。

(4) 設立防災公園綠地及河道退縮地，並於市區內廣泛種植樹木，一方面控制市區內之微氣候，二方面做為市民活動之開放空間。

臺中街實測圖

臺中水道鐵管配置圖

縮尺六千分之一

鐵管總延長八千八百拾壹呎五分
 地表面以下三尺乃至四尺位置埋設スルモノニシテ平均幅三尺ヲ要ス

明治四十四年十一月測量實施
 大正五年二月改訂測量實施
 大正五年三月印刷



圖 3-1-10:《臺中街實測圖》〈臺中水道鐵管配置圖〉(1916)

資料來源:黃武達, (2006) 日治時期臺灣都市發展地圖集, 本研究加註

3.1.3 1900-1916 年市區改正中水環境引起的城市形態變化

1900 年代臺灣各地的衛生、水災、火災與颱風等天然災害問題，不僅造成殖民政府之困擾，更由經濟建設行動的拖延，嚴重影響殖民地的產業與建設發展執行¹，而臺中核心區域於 1895 至 1916 年間的初期發展中，就遭受不斷發生的火災、水患與疫病問題影響，因此首先執行的市區改正便是積極建立市區內的 " 環境整治措施 "，藉以改善阻礙殖民產業拓展的河川，以及其孳生的疾病與災害問題，以便能加速殖民地的發展彌補已經支出的鉅額建設投資²。

由 1890 年至 1916 年城市核心的發展過程對比 (圖 3-1-11)，發現於 1900 年至 1916 年的市區改正過程中，現代台中城市的空間形態與物質元素基本已經成形，且城市的河川與水源已經於 1916 年整治計畫中，被牽移至東北側之綠地 (今日棒球場與體育場之間) 一直保存至今。此外，四個時期的主要路徑、市地發展與政府機關在與水 (河川) 的物質元素對比後，發現城市的發展與河川的關係在空間形態不僅呈現趨於相同的特性，且東大墩聚落常爆發水災，故在 1911 年以後開始積極針對河川與聚落進行環境 " 改正 "。此外，若進一步由空間形態與實質環境的變遷對比 (圖 3-1-12)，發現日治時期建構的台中城市基礎延續清代既有的 " 河川 " 作為發展空間的重要依據，因此兒玉利國或爸爾登於規劃階段中提出的設計雖然部分沿用，但在考量與河川或地形的物質元素相互影響後，便以最效率及經濟之方式採用順應河川的空間形態，而非如理想概念中之同心圓或正北棋盤狀的空間型式。另一方面，經過實質環境與空間形態的演變對比，發現台中的空間形態與臺灣省城或東大墩聚落同樣選擇位於柳川與綠川兩河間 " 溪水密布的高地 " 作為基礎，而在經歷數次颱風與水災後，東大墩舊聚落的範圍也因常爆發洪水而在 1911 年起受積極整治，不僅將街道全面改變為結合排水明溝的格狀街廓，同時將容易河水暴漲的柳川蜿蜒處計畫截直，雖然最後並未完整實施，但於計畫中可見日本政府不僅理解物質元素可作為戰略資源的優勢，同時為避免河川對市地 (土地) 發展造成限縮或災害，故市街改正的發展從一開始便配合河道及其連帶影響的空間作為發展城市的基礎。

綜合以上，透過 1890 至 1916 的發展進程對比，台中城市的空間形態傾斜之原因並沒有完全依照技師提供的意見³，其原因在無社會或文化因素考量下最可能是受物質元素的影響，順應「自然」之最便利或最經濟性的選擇 (圖 3-1-13)。

1 楊啟正，2006:3-5

2 郭肇立，2009:310-311

3 根據呂哲奇的研究，台中城市的交通系統及格狀街廓受爸爾登對「太陽能為都市環境進行之殺菌」之觀點影響 (呂哲奇，1999:202)。

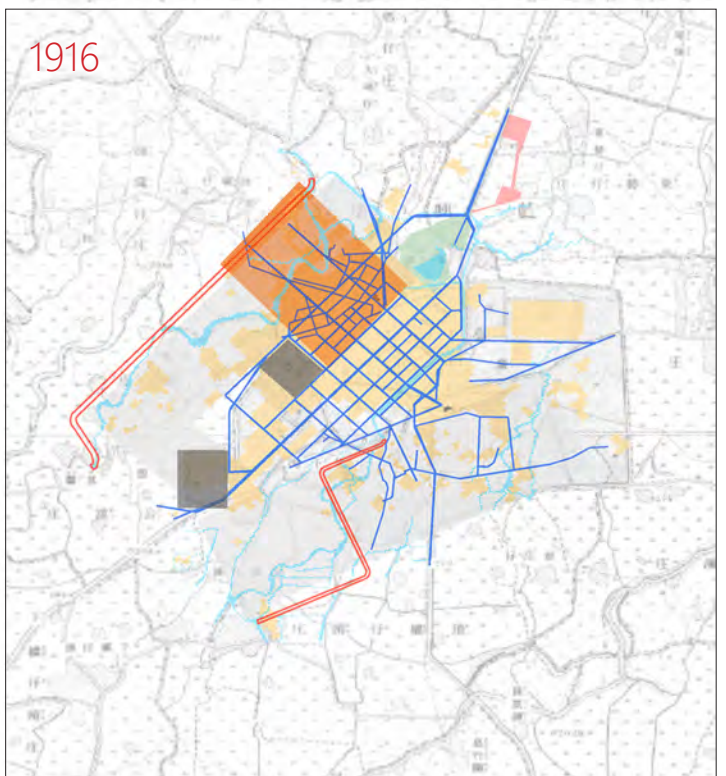
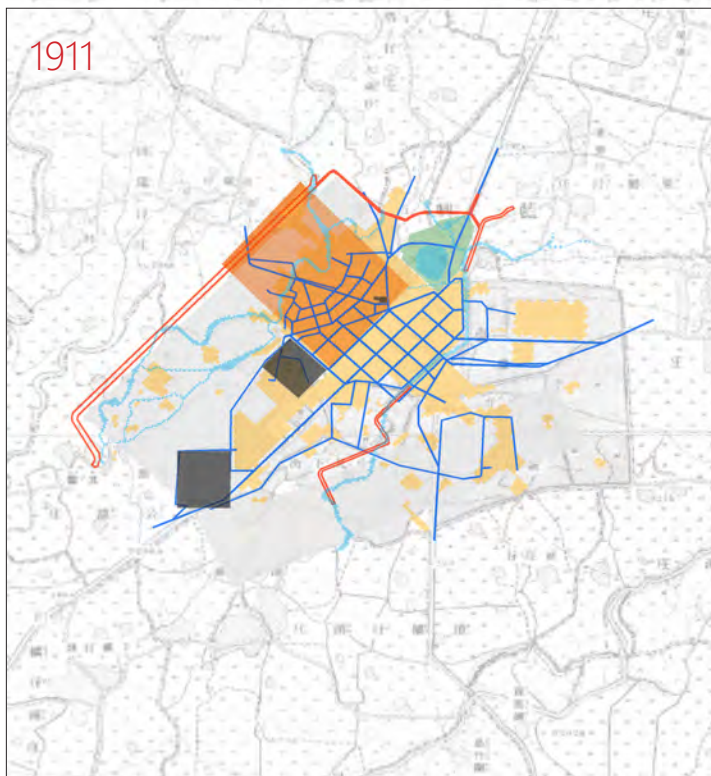
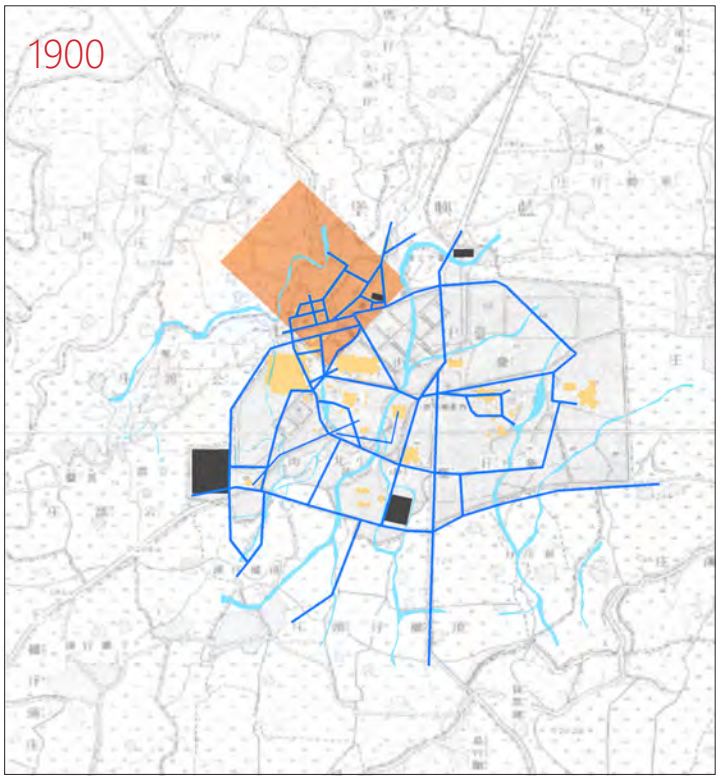
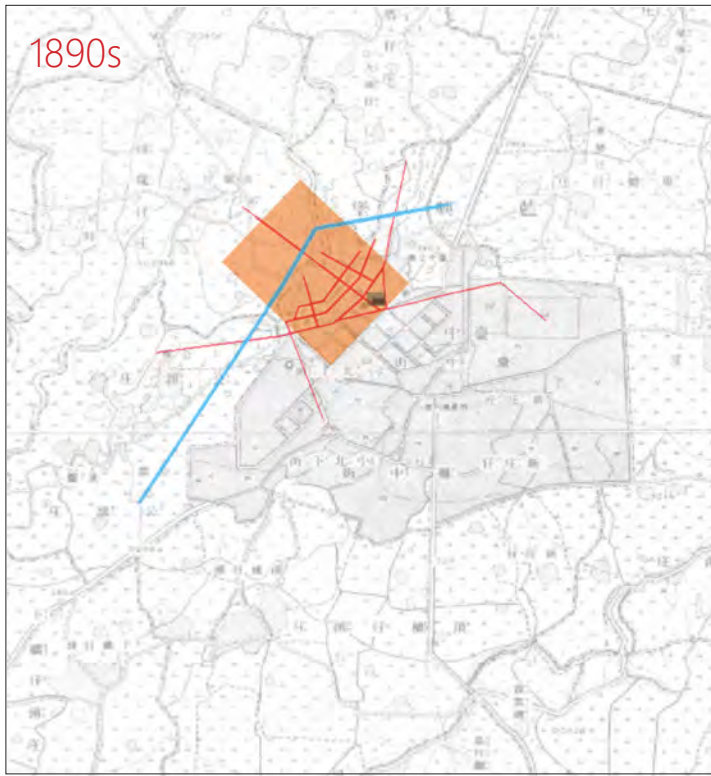


圖 3-1-11:1890 年至 1916 年台中城市核心的發展過程
 資料來源：中央研究院，《日治臺灣堡圖》(1904)，本研究加註

- | | |
|------------|-------|
| 建成區 | 交通系統 |
| 河道 / 水道 | 計畫擴張區 |
| 公園 / 園道 | 水源地 |
| 河道改正預定線 | 機關 |
| 清代聚落與水災受災區 | |

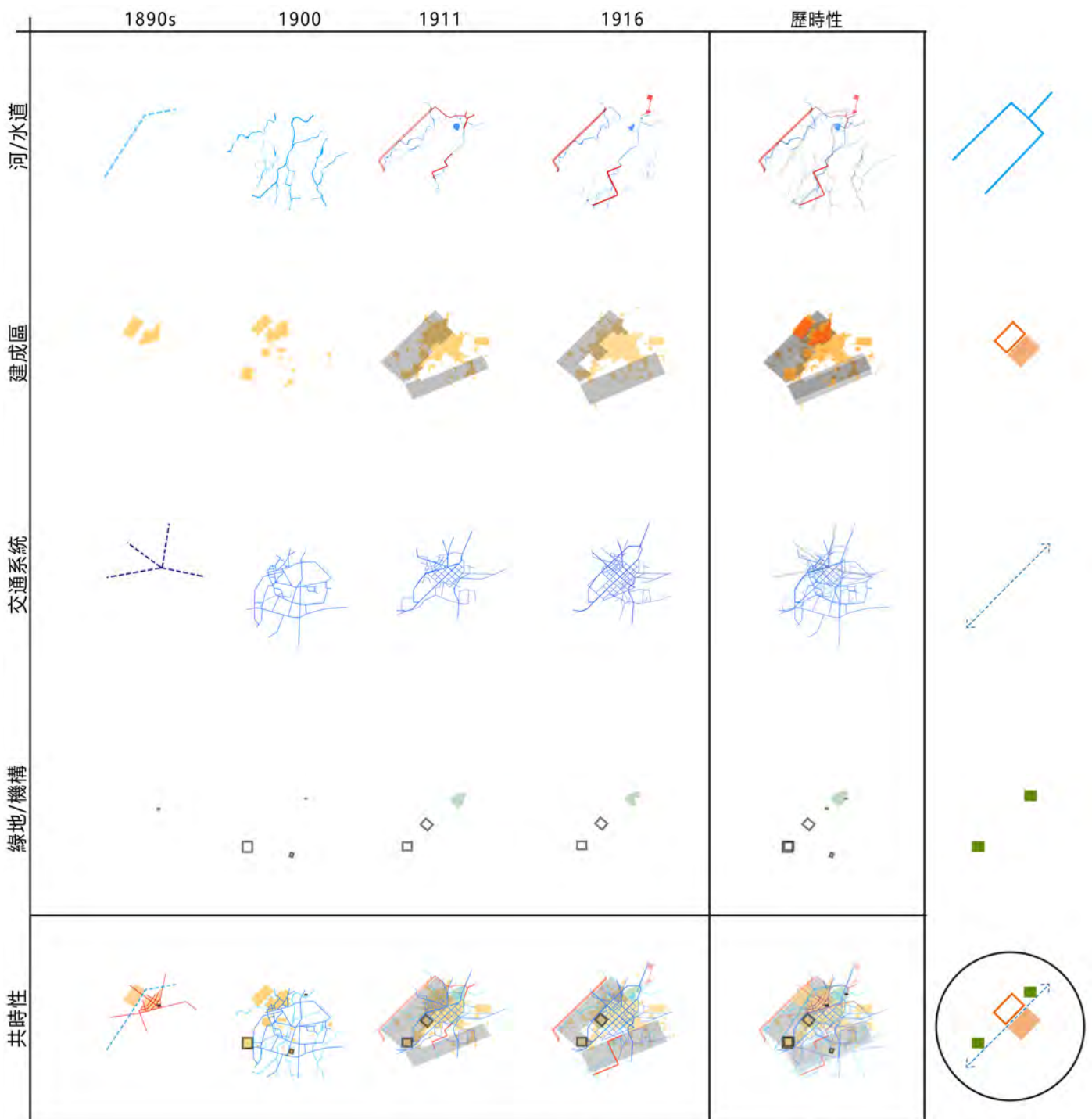


圖 3-1-12: 日治初期台中空間形態矩陣分析

資料來源：本研究繪製

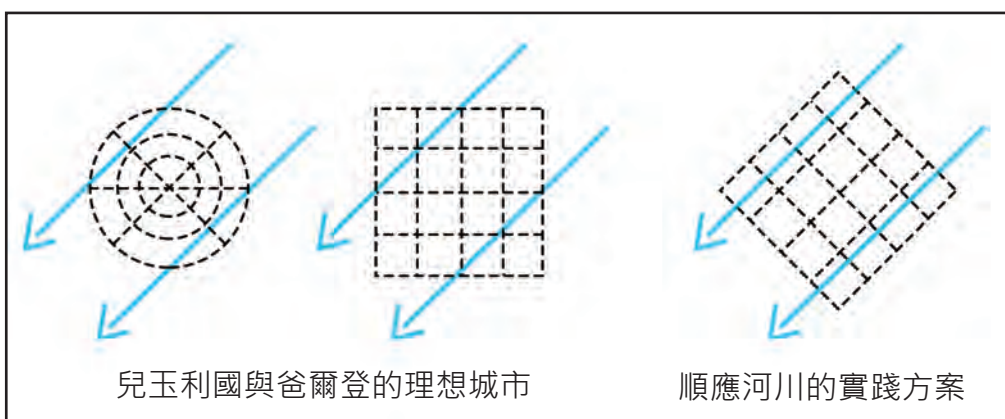


圖 3-1-13: 台中城市核心為傾斜的棋盤狀街廓之原因

資料來源：本研究繪製

3.2 台中城市日治時期至國府時期的都市化進程

1898年8月至9月間，由颱風引起的大水災三度帶給全臺莫大的損害，同時成為初期市街發展的重大轉折，因兩個月間數次的颱風侵襲造成台中市街，陸續發生四次大水災¹，不僅對台中的空間發展造成重大破壞，更突顯出當時家屋構造、排水及衍生的衛生等問題，因此而改變了過去臺灣總督府對衛生工程於市街發展計畫中的看法，致使初期的市街發展，由軍事、產業與城市空間發展，轉變為對水環境及伴隨的水災與傳染病積極改善，最終促使地方政府展開一系列的市街「治水事業」²。

1899年爸爾登離臺前，曾對全臺各處市街提出多次的設計建議，其內容包括：河川水道改善、上下給排水設施、蓄水設施、市街清潔、土地使用與防災公園等，並引進英國殖民地（香港、新加坡與上海）的「衛生工程」經驗進入市街計畫的基礎設施規劃中。然而1895-1898年間日本政府不僅在全臺軍事行動困難不斷，同時又面對龐大的財政危機³，因而使得日治初期所有規劃的執行以軍事行動為首要，而市街內的物質環境改善建設及衛生防疫行動，亦以軍政與軍醫體系為主導單位，因此在初期發展階段的市街，尚未將爸爾登對「自然環境改善」的設計概念實踐於市街發展中，主要著眼點仍為市街內部的軍用空間及政府機關，僅有日本人居住區的局部性疫情防治系統建立。

此外，受戰事與社會經濟背景影響，全臺的市街發展僅著重於規模較大之基隆、台北與台中地方，是於建構初期便受爸爾的衛生工程概念所影響的市區計畫，然而1910年至1912年間的數次颱風與洪水災情，導致日本政府不得不重新正視空間與環境的關係，因此在1912年颱風災害爆發後便開始修正過去的計畫；而台中或台北等較早發展的都市，作為日本或爸爾登引進之歐洲經驗於台灣都市規劃的先行者，許多設計都具有實驗性質或示範性質，但初期的基礎設施建構卻受到經濟、鐵路與戰爭因素影響而推行緩慢，因此產生日治時期改善空間與環境的計畫雖有執行概念與規劃，但常中斷或無法執行的現象，一直至戰後1960年代戰事與經濟問題趨緩後，才開始重新討論「城市環境」的議題。

1 〈第一回暴風被害報告書〉&〈第二回暴風被害報告書〉，《臺灣總督府公文類纂》，冊號429，文號10、11，1898年12月1日及12月8日

2 馬鈺強，2005:126、147

3 後藤新平，1921:7-12

3.2.1 城市形態的發展進程與治水事業

1900年一月六日，台中縣知事木下周一發佈第五號公告《臺中市區改正圖》，計畫在清代以來的物質條件與部分建築物之基礎下，重新制定台中區域的發展現代都市計畫。而主要的內容包括劃定格狀街廓與明訂都市計畫範圍，以及土地使用、主次要道路劃定與政府機關設施預定地等。並將清代既有的溝渠、窪地與都市內的河川細支流重新整治⁴。並於隔年1901年修正前次計畫後公告《市區改正區域及附屬地平面圖》。在爸爾登等人提出之概念下，東大墩市街東北角之陸軍用預定地，以及北側的東大墩舊聚落，兩塊區域及河道整治計畫，首次被納入市區規劃中，重新進行附屬地及河川改正的整體性規劃。最終如(圖3-2-1)顯示的，發布台中縣告示第75號之「市區改正區域及附屬地平面圖」。在市政府檢討之後，公佈的計畫與爸爾登或兒玉利國等人提出的理想都市，主要不同為市區配置採取順應河川之方式配置主要動線。同時將導致棋盤狀街廓碎化的對角斜貫道路移除，並將綠川河道拉直，且挪移至陸軍用地與市街之間，再以地下埋管及路上明溝，利用東北高西南低的地勢，加速給排水自然筆直貫流進出城市⁵。

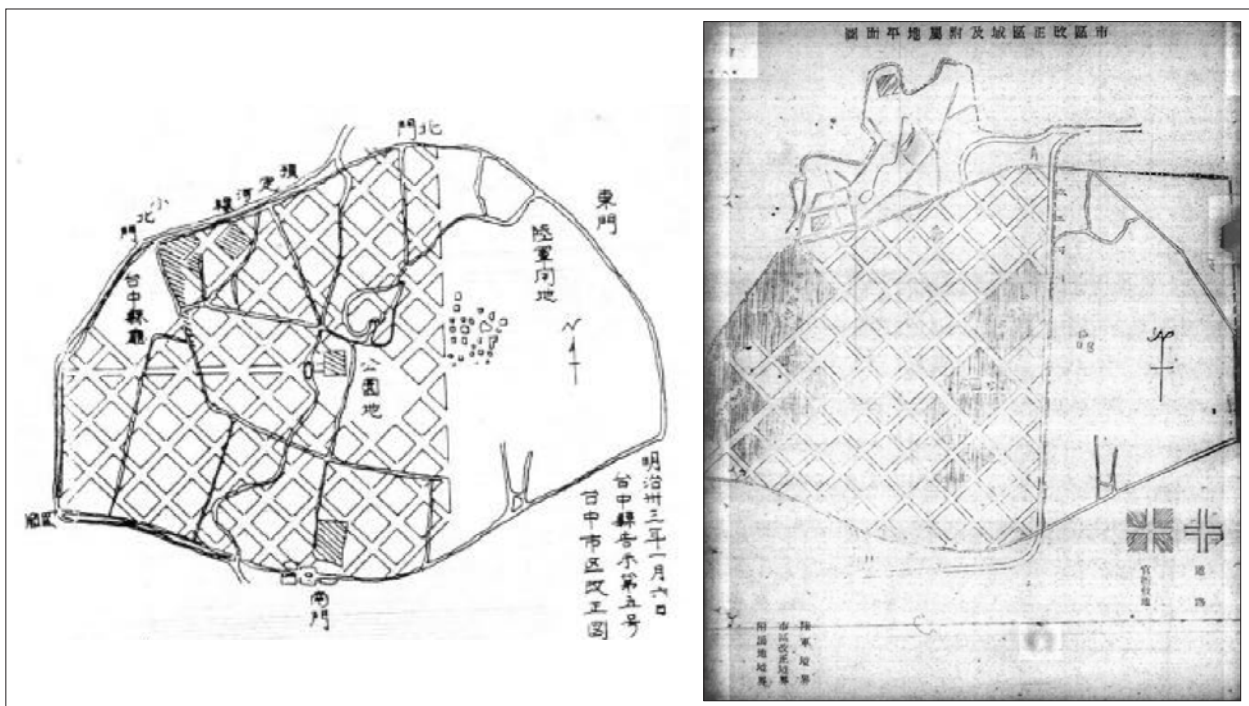


圖3-2-1:《臺中市區改正圖》對比《市區改正區域及附屬地平面圖》

資料來源：張嘉玲，2004:7-6(原文引自：《臺灣總督府公文類纂》：冊號494號，文號4-2號 & 台中縣報告示第325號，台中市區改正區域及附屬地的劃定)

4 簡培如，2006:3-11

5 張嘉玲，2004:3-18、19

此外，若進一步對比《臺中市區改正圖》(1900)與《市區改正區域及附屬地平面圖》(1901)。發現雖然兩個設計在概念上，皆承襲自爸爾登為改善城市防災與宜居性，所提出的「衛生工程」之設計概念⁶。於《臺中市區改正圖》(1900)之設計中，因當時殖民政府尚屬於軍方系統轉換民政系統之初期，因此在市區計畫中僅呈現出市街發展的關鍵元素，包括軍用地、官署、公園與城市面積的土地規劃。但位於城市內部的河川系統或自然地形等攸關產業與民生發展之物質條件，僅進行初步紀錄與建議，亦無納入既有的東大墩聚落於新市街計畫中。而《市區改正區域及附屬地平面圖》(1901)之計畫中，與前次計畫最大的不同便是積極針對城市河川、交通系統與土地使用進行調整。並將東大墩市街納入新市鎮發展中一併考量。首先針對貫流市區之綠川河道進行整治，不僅將綠川河道拉直，並遷移至市街用地與陸軍用地之間。同時將柳川與綠川之水源遷移至城市北側。因此，1901年的市街發展計畫相較於前次而言，顯得更重視既有的物質條件。除了納入舊東大墩市街進入新計畫中外，更將影響市街發展的綠川與水源地重新調整。不僅大幅的增加市街發展計畫的可落實性與經濟性，同時成為往後臺中市街計畫的核心基礎。

然而1901年公告的台中市街計畫興辦不久後，隨即受到同年開始的土地徵收事業產生的鉅額經費問題牽連，導致市街計畫執行進度緩慢。而1905年起，由臺灣總督府陸軍部和鐵道部發起的縱貫鐵路計畫，也導致台中既有市街的中心位置，必須重新切割出一條鐵道路線，並將火車站置於市街的正中央，致使台中市街計畫執行再次停擺。一直至1908年通貫線鐵路通車後，台中市區內受鐵道路線的建設行動影響，整個市街已經被劃分為南側與北側(前站與後站)。但當時台中的城市發展，受既有的市街影響而集中於鐵道北側區域，南側的後站區域則預計將配合鐵道運輸發展產業而為發展。

直至1910年11月，臺中市接受鐵道計畫影響，導致1901年的計畫無法再執行下去後，當時臺中廳長枝德二隨即將原本的市區計畫內容廢止，並重新研擬新市街發展計畫。將市區內現況受鐵道計畫影響而必須移除的家屋、設施一併拆除。此後於隔年8月(1911年)，配合鐵道與車站的計畫，公告臺中縣178號告示《臺中市街市區計畫及其他區域決定》後，才重新開始臺中市區內部的市區發展計畫。計畫重新整理既有之街廓形狀、道路層級、土地使用，以及將柳川與綠川的河道，截彎取直並研擬水源段遷移至計畫區西側之方案⁷。其中值得注意的是，在1911年的計畫中，重新考量了都市河川在發展上的重要性，不

6 爸爾登為改善城市防災與宜居性基於「衛生工程」之理念所提出的設計建議，其主要內容之元素包括：棋盤狀街廓、斜貫輔助道路、防災公園、官署及醫院、河川改正及窪地填平、上下水給排等。

7 陳明偉，1991:35-36

僅將柳川與綠川，兩條都市河川以配合道路系統之方式截彎取直。同時將除柳川與綠川以外的其他細流或窪地，一律填埋劃設為新市街用地。並研擬將兩條河川之水源「遷移」至城市西北側設立水源保護用地，藉以讓貫流城市的河川，在整治後能快速的將河水、雨水與生活污水排出城市，改善城市淹水與疫病問題。然而，1911年8月發表新的市街計畫後，同年9月1日台中就遭逢未曾有過之暴風雨來襲，造成台中市區大淹水，並損毀橋梁及家屋無數⁸。水災發生後突顯出城市快速擴張後，導致排水系統無法承受徒增的地表逕流及生活污水的問題，同時也顯示出當前執行的治水計畫仍足以因應氣候、水災問題，因此當時台中市政府連續於1914年至1930年間，針對柳川、綠川等城市核心的河川、水源地提出六次細部設計修改⁹，不僅將柳川貫流市區之北南側河道全段改為人工溝渠，同時確立綠川再鐵道以南的水道，調整為配合交通系統與街廓規劃的人工渠道且部分地下化。對比了1921年與1930年，台中公告「台中市區改正計畫一部變更」¹⁰(圖3-2-2)，針對貫流市區的柳川的南北段「預訂河線」規劃，圖中顯示柳川北段的河道改正並未採用1911年市區改正計畫中，截彎取直的河川改正方式，反而是保留河道自然地形走勢再修整受其影響的街廓與之配合，然而在1930年柳川南段的河道改正計畫中，受同年欲將台中醫院至台中監獄之間的街廓做部分廢止與新設的行動影響¹¹，河道調整又重回到1911年市街計畫中將河道截彎取直配合市地發展的整治方式。

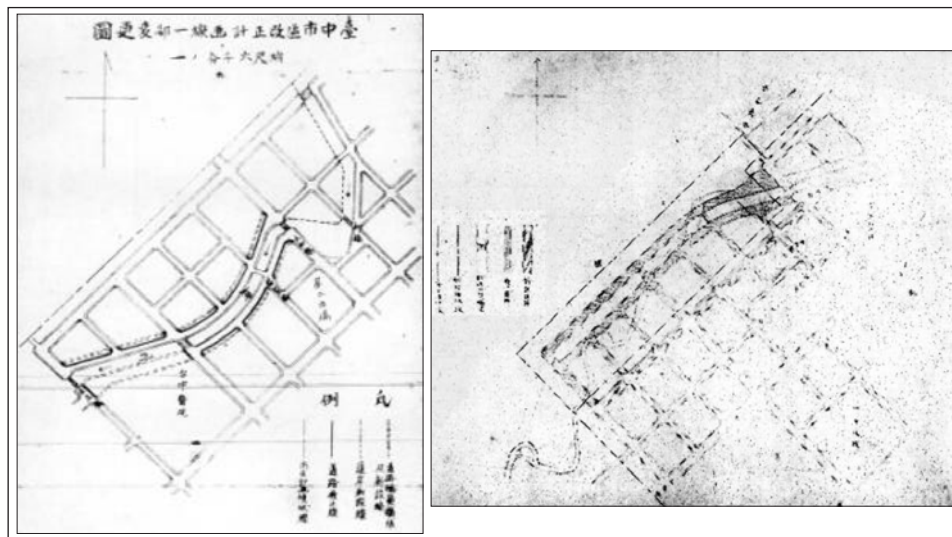


圖 3-2-2: 柳川於 1921 年與 1930 年中的河道改正行動

資料來源:臺中州報告示 72 號(大正 10 年 4 月 14 日)、臺中州報告示 390 號(昭和 5 年 12 月 24 日)

圖片來源:張嘉玲, 2004:7-9

8 篠原正巳, (1996)《台中·日本統治時代の録》, 三民書局, p. 109-150。

9 張嘉玲, 2004:3-24、25

10 台中州報告示 72 號(大正 10 年 4 月 14 日)、臺中州報告示 309 號(昭和 5 年 12 月 24 日)。(張嘉玲, 2004:3-14、15)

11 張嘉玲, 2004:3-26

由(圖 3-2-4)由顯示對比 1926 年之《臺中市街改正圖》與 1916 年之《臺中市街實測圖》的差異，發現柳川於 1921 年的新型預訂河線設計以前，台中市政府對於河川的環境整治，多以截彎取直與縮減寬度等，加速水流排出市區之手段為主要方法。然而在 1926 年市街計畫中，受 1911 年全台大水災後興起的河川防洪事業之經驗影響¹²，城市內部不僅加強興建河岸堤防與加深暗渠高度，同時將市區北側的柳川與綠川之水源地劃設為公園加以維護。並在柳川北段的區域採用了原貌保持，且在河道轉彎處設立公園的方式進行河道整治；其原因為，歷經無數次颱風及水災後，日本殖民政府認知到，透過截彎取直與縮減河道的方式，相較於保存河道的原貌與機能而言，前者雖能加速排水及增加市地可用面積，但反而喪失河川本身的保水性與雨季防洪的機能。因此在尚未有其他解決辦法的前提之下，1926 年柳川的改正計畫中如(圖 3-2-4)顯示的，首次採用保存原始河道的設計。

直至 1930 年代，台中市政府為了解決隨市區人口快速增加，而引起市區用地日趨飽和的問題，因此於 1931 年 12 月 18 日，公告台中州告示第 395 號之「臺中市區計畫綠地指定」¹³的細部變更計畫。該計畫延續 1930 年以前的市區改正，預計將台中公園、鐵路沿線、柳川與綠川等，劃設為「線性」的新綠地以外，同時「擴張」出西北側與東南側的新市區用地。而其中值得注意的是，該計畫不僅預計將新設 12 處公園地分散於擴張範圍內，同時將鐵道沿線、綠川與柳川沿岸全部劃設為綠帶。並串聯水源地公園一代的兩處大型公園，形成台中市首個以鐵道及水道結合之三條貫通全市的「綠園道」。此後結合水道的綠園道設計，最後於 1935 年台中州告示第 1 號之「臺中市市區擴張計畫」¹⁴中呈現。該計畫如(圖 3-2-5)顯示，相較於 1926 年之市區改正計畫，1935 年的計畫分別於市街的西北與東南側，分別延伸出擴張市地之計畫道路與設施。且不只如 1930 年計畫中增設 12 處公園，增加 4 處綠地、1 所學校及墓地用地；並針對擴張後柳川與綠川之預訂河線，採取與新擴張之街廓及鐵道系統配合，往外延伸出更細的土地使用及街道分級。而此計畫打破了 1921 年至 1930 年間，對柳川與綠川的河道整治之理念與計畫。位於南側新擴張區的「預訂河線」，也為了配合都市計畫擴張區域之需求，重新回到 1911 年計畫中，全段以截彎取直及 90 度轉折的方式整治河道。唯一差異為增設的河岸綠帶，以及轉折處設立公園做為洪水的緩衝空間。

12 黃朝宏，2008:123-124

13 張嘉玲，2004:3-28~30

14 張嘉玲，2004:3-31

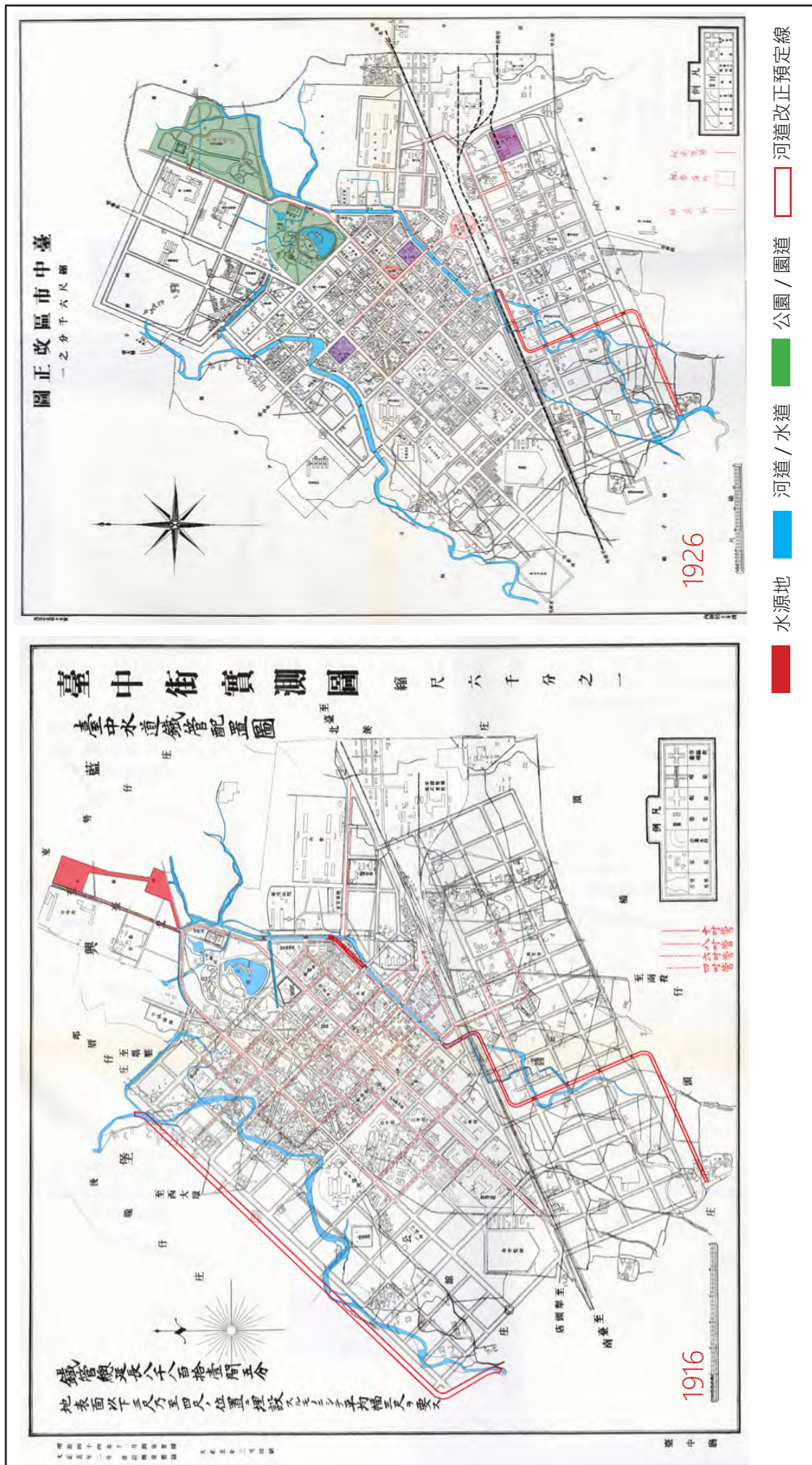


圖 3-2-4: 對比《臺中街實測圖》與《臺中市區改正圖》
 資料來源：黃武達，(2006) 日治時期臺灣都市發展地圖集，本研究加註



圖 3-2-5 《台中市市區擴張計畫》〈道路及側溝筒所圖〉(1938)

資料來源：黃武達，(2006) 日治時期臺灣都市發展地圖集，本研究加註

自 1936 年公告「台灣都市計畫令」公告實施後，過去阻礙都市發展進行之金費籌措與土地買收的問題，藉由受益者負擔金與土地區劃整理而得到改善¹⁵。因此在經費問題解決後，得以大量釋出建築用地與工業用地，但也因為土地價值的成長，而發展出結合公園與河川的帶狀園道，以及直接將河川加蓋地下暗渠的新型公園。也因此，台中於 1936 至 1943 年間，分別市地的需求而公布六次細部修正、重劃、擴張及指定建築線的計畫¹⁶。

1943 年 4 月 28 日，整合 1936 至 1943 年間所有計畫後，日本殖民政府發布總督府告示地 415 號之《臺中市都市計畫案》，作為台中市的最後一個都市計畫。指定出城市核心北側、西側及東南側之工業、一般建築、道路、河川、公園與學校等土地使用，並在擴張基礎設施的同時，以學校、公園、綠地、廟宇與水道等公共設施，新設作為該計畫的先行項目。然而值得注意的是，因為受 1935 年興起之河川上游水源整治行動與電力事業的影響¹⁷，城市河川的發展無須再維持河體本身的狀態下，便能維持城市防災功能。因此當時出現大量以開放河道加蓋為暗渠的市區用地或公園綠地，包含今日的市民廣場、國美館、科博館等，以及綠園道沿線皆為將河道轉為暗渠所釋出的都市用地。

直至日本殖民政府離開台灣 11 年後，國民政府於 1956 年年初，由內政部發布《實施都市計畫注意事項》，敦促各縣市應於三個月內公布實施都市計畫。因此台中市政府於 1956 年 5 月 29 日，選擇在日治時期最後一個都市計畫之基礎下，公告第一個都市計畫之《臺中市都市計畫說明書》¹⁸。從此將日治時期之設計觀念與既有設施，延用至 1975 年後才由更新都市計畫之設計改變。由 (圖 3-2-6) 顯示的日治時期《臺中都市計劃圖》(1943) 與國民政府《臺中市都市計劃圖》(1959) 對比，發現除了 1956 年的計畫中，為解決人口膨脹與市地飽和的問題，而向外輻射狀劃設的街廓與道路外，於 1942 年的日治時期擴張計畫中，基本已完成現代台中市核心區域之規劃，不僅指定出部分至今仍沿用的學校、機關、道路與水路等土地使用，同時已經以水道、鐵道與園道三者的結合，劃設出台中市「環型」綠園道的雛型。

15 黃朝宏，2008:233

16 1936 年告示指定建築線、1938-1939 年告示市區計畫輔助道路計畫、1941 年新增及部分修正告示之指定建築線、1942 年告示都市計畫範圍擴張及重劃部分市街、1943 年整合所有計畫內容重新公告《台中都市計畫圖》。(張嘉玲，2004:4-15~18；楊啟正，2006:4-51)

17 馬鉅強，2005:223；黃朝宏，2008:144-147、123-124。

18 張嘉玲，2004:5-1~4。

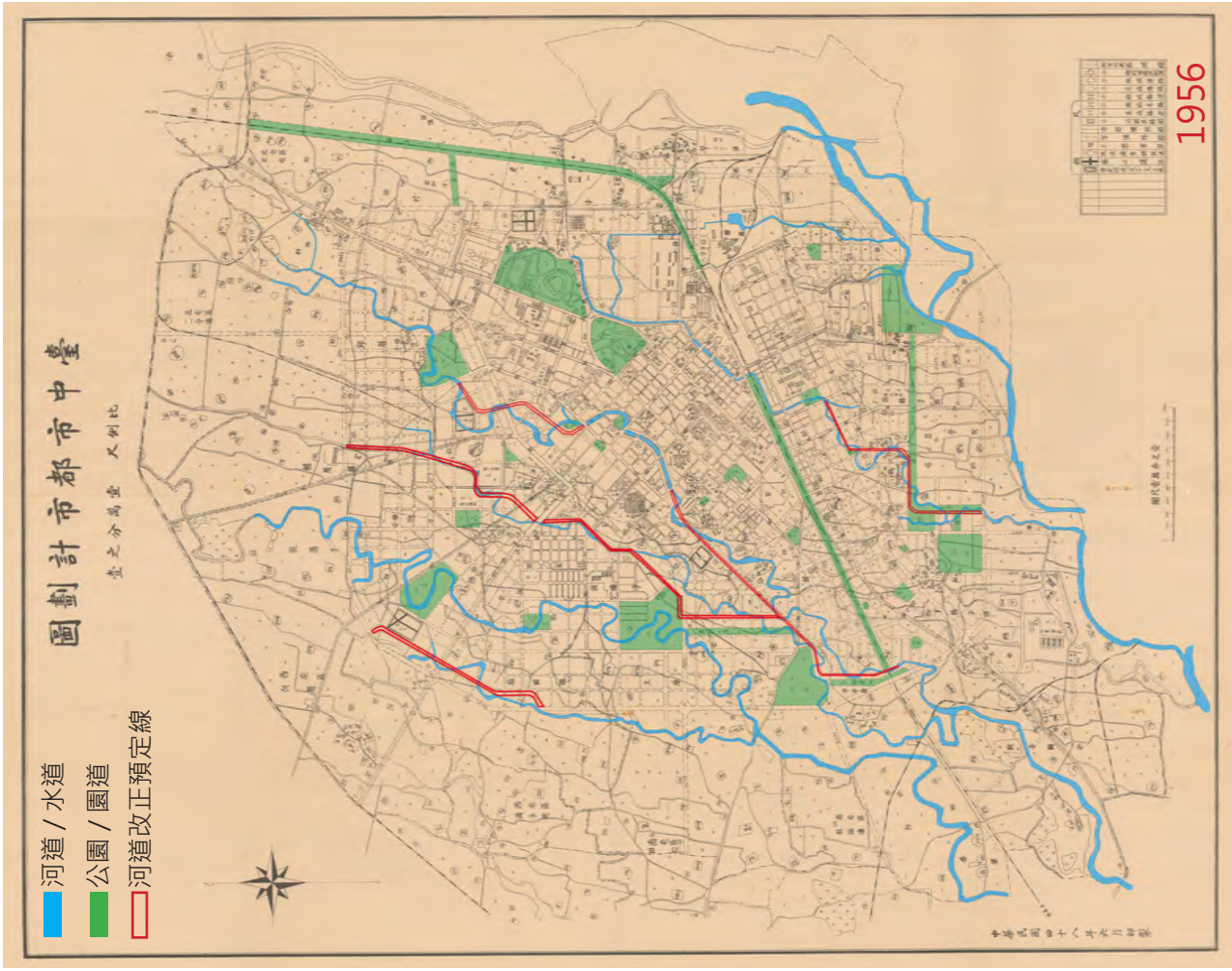
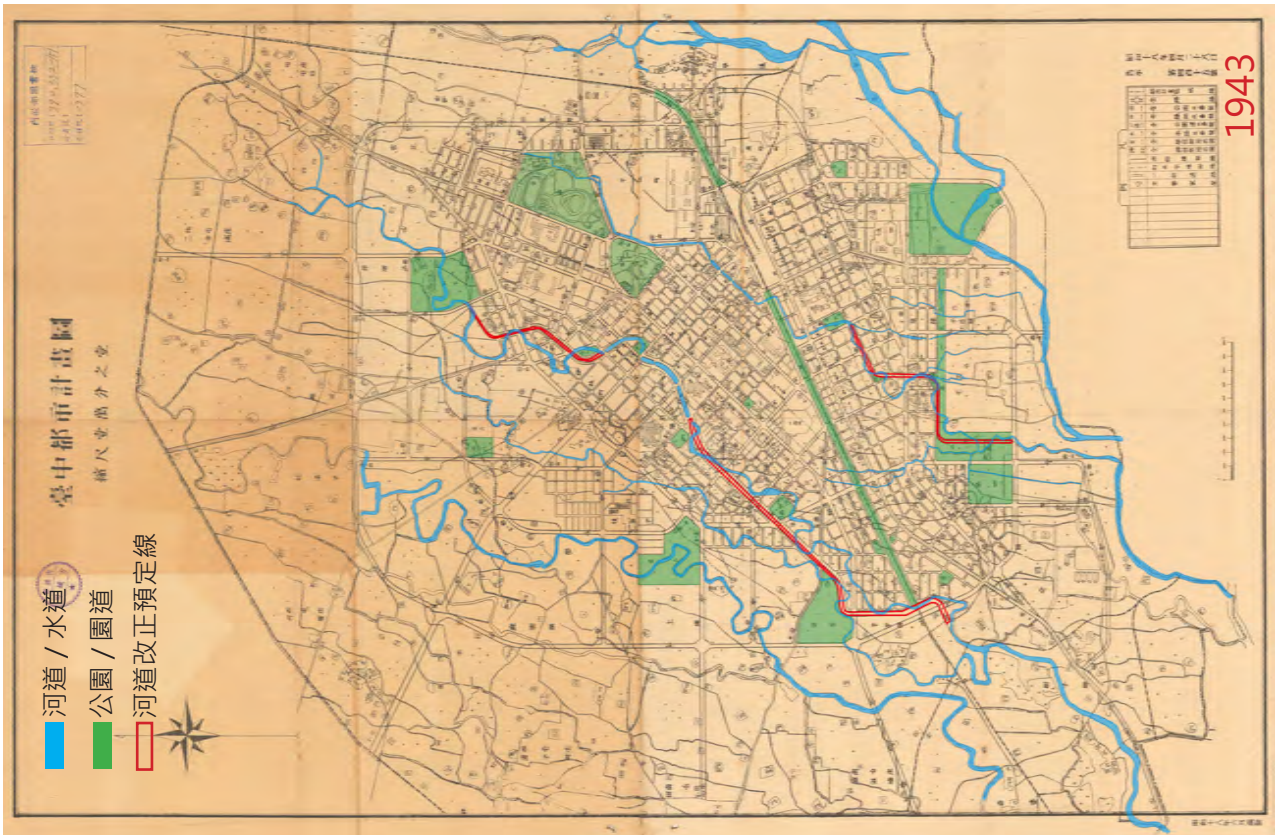


圖 3-2-6:《臺中市計畫圖》(1943) 對比《臺中市都市計畫圖》(1959)
 資料來源：中央研究院地圖數位典藏，昭和 18 年 6 月 & 民國 48 年 6 月 · 本研究加註
 圖號：map_moi2_10moi00088 & map_pccu_pccu00991

3.2.2 1911 至 1956 年間水環境與土地引起的城市形態轉變

台中城市於 1911 至 1926 年間的發展階段中，受 1900 年至 1911 年間數次颱風災害損害市街，以及基礎設施不足造成傳染疫病孳生等環境問題，於 1911 年開展一系列對實質環境（物質）的「改正」行動，因此初期市街發展著重於河道改正、上下水給排、土地使用（街廓）與交通系統等基礎設施的建設。

此後，調整既有的「實質環境」及「重整市地」成為 1935 年後台中都市計畫的重點項目，因此城市核心區域的計畫於 1935 年後，開始出現結合「河道」（多為將河川地下化）與「綠地」的綠帶設計（後簡稱園道），而該綠帶是 1910 年代日本國內的都市發展受美國城市綠美化運動（American City Beautiful Movement）影響，開始推行「公共綠地」（public garden）於「土地使用區劃」規範中的結果¹；台灣的城市雖早於 1911 年的就將「綠地空間」納入計畫中，但直至 1931 年公告的「臺中市區計畫綠地指定」²細部變更後，才於 1935 年的擴張都市計畫中結合公園、水道形成「園道」（park and boulevard）的空間體系。

由日治時期臺中的都市發展與實質環境對比（圖 3-2-7），發現交通系統與河道改正的推行，既是驅動空間發展的關鍵因素卻又相互影響。雖然 1901 年的計畫中，設置道路與綠川河道整治是採同方向的斜貫規劃，但 1911 年後的計畫顯示，台中市街與清代一樣以河川提供之「線性」空間做為形態基礎的現象，但 1935 年後的計畫已經由交通系統、市地取代為城市發展的重要項目，因此 1935 年後的計畫為爭取可用市地、基礎設施，同時產生三條結合水道、綠帶與公園的「園道」，而此後 1943 年的都市計畫，在配合「新高港發展計畫」的前提下³促使城市轉向朝西北發展，並配合以朝向正北的新棋盤狀街廓（今審計新村）成為完全異於過去空間形態的開始。此外，雖然 1935 年前間針對柳川北側的溪水改正雖然直至政權交接期間都無實際落實，但於 1956 年的計畫中可見在相同基礎之下略為修改後的結果（即該河川配合綠帶、市地、交通發展的需求而部分地下化），因此 1956 年以前的發展過程不僅顯示出殖民時期原本基於自然條件的空間形態，同時也發現政權轉移後確延續過去未實踐計畫的現象。

1 1910 年代初期日本國內結合建築規範同時推動都市與環境更新，於 1919 年起國內加強施行都市規劃法案，以此保障都市計畫中公共綠地的面積、區位，以及綠地未來的延續性；，雖然日本國內城市公園的概念是早於 1873 年受歐洲經驗就推動，興起「現代城市公園管理系統，但受土地私有問題而推行緩慢，然而卻在其海外殖民地如長春、台北、台中等地推行無礙。（Yozaburo, 1994; De Graaf et al., 2008）

2 張嘉玲，2004:3-28-30

3 蔡昇璋，2008:453-459。

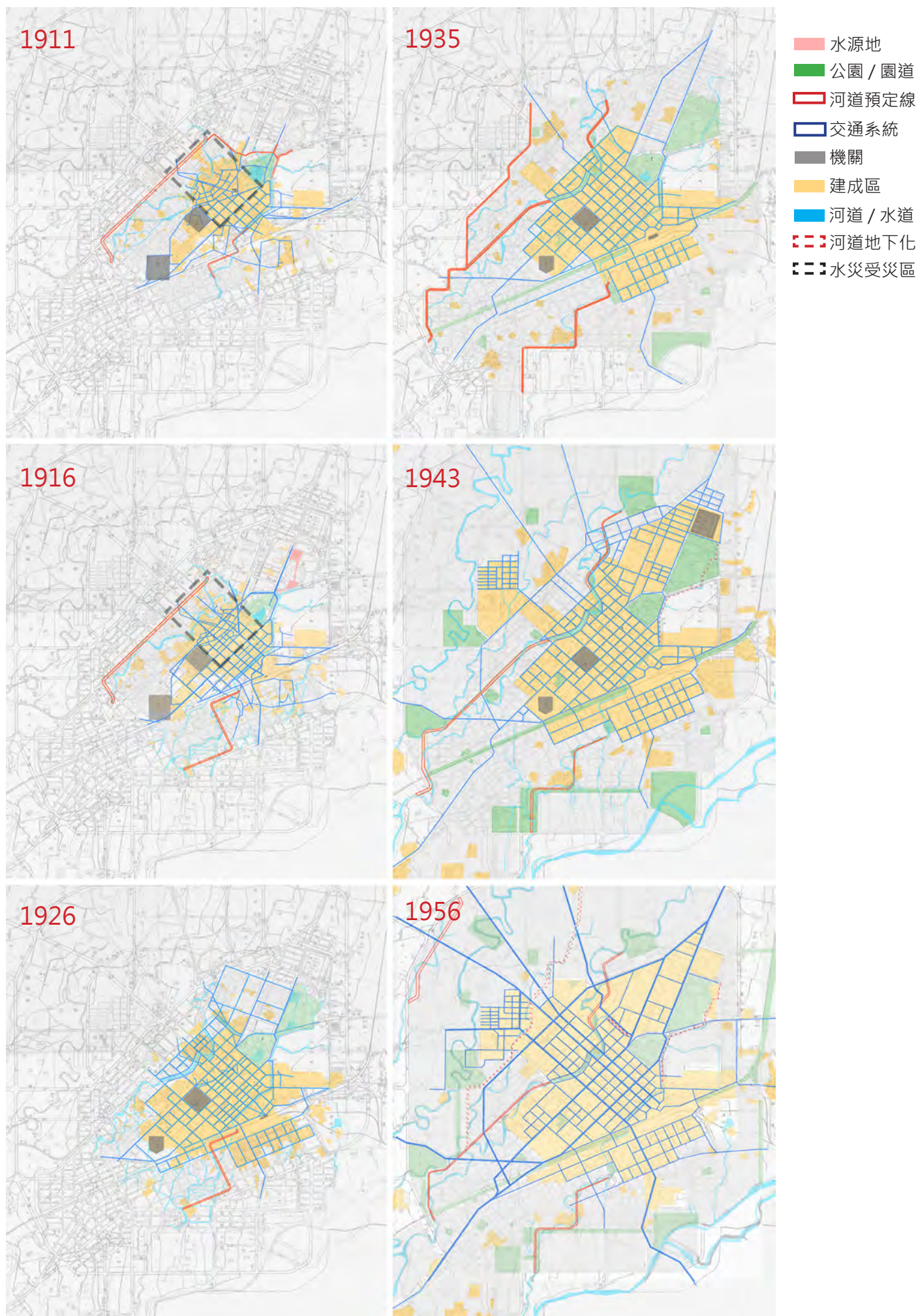


圖 3-2-7: 日治時期臺中城市的形態演變

資料來源：中央研究院地圖數位典藏，昭和 18 年 6 月 & 民國 48 年 6 月，本研究加註

通過空間形態與物質元素對比台中的發展進程 (圖 3-2-9)，發現日治時期 1900 至 1956 年間，於 1920 以前設置「預訂河線」時雖然以暗渠、堤壩與護岸等結合格狀街廓新設的排水系統，解決氣候帶來的洪水與疫病蔓延問題，而 1935 年區域性水壩與電力基礎設施計畫逐步確立後，但都市發展仍以河川及過去受其影響的空間形態為基礎，唯一不同之處為 1943 年改以河道配合北側新市地的環境調整方式，且為了保持新舊市街的交通系統或市地不至於造成地塊零碎，因此產生結合地下化水道與綠帶在空間上重疊的環狀「園道」。此外，台中棋盤狀街廓與河川相互影響的空間形態對比 (圖 3-2-8)，顯示 1935 年後雖然將維持城市環境能力 (生態) 的河岸及自然綠地轉為一般市區用地，但基礎設施卻還是採用趨同於河川的空間形態繼續發展，也因此正北的格狀街廓 (下圖西北側的三角形區域) 即是在新舊街廓劃設階段，河川水環境與土地使用的空間形態相互影響結果。

綜合以上，現今台中城市中的環境調節 (生態功能)，雖然在過去對河川與綠地的物質狀態改正中長期受到整治，卻還是無法因應每年重複的環境災害對城市空間的衝擊，而城市內的水、土地、氣候或土壤等自然元素，卻在過去的發展中逐漸轉變為高度仰賴外部設施或資源維持功能的狀態，因此反而促使環境問題即便在 1960 年後基礎設施逐步完善的背景下，仍無法解決季節性的暴雨與淹水，以及日常生活產生對水與土壤的常態性汙染，因而導致城市發展又進入下一個人、自然與空間的「不可持續的關係」⁴。

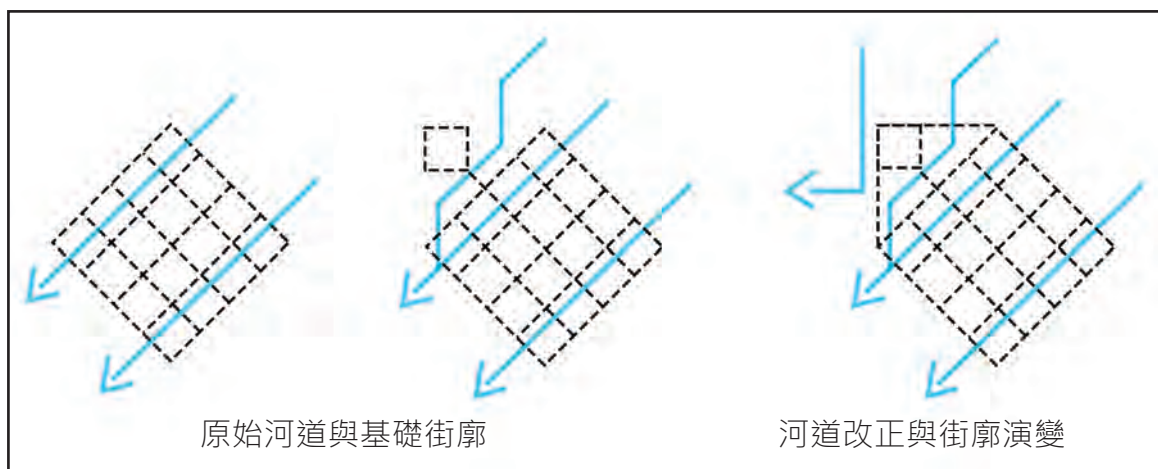


圖 3-2-8: 台中的棋盤狀街廓與河川相互影響的空間形態

資料來源：本研究繪製

⁴ Alberti, 2008:254-256; Beatley, 2017:22-23

- 水源地
- 公園 / 園道
- 河道改正預定線
- 建成區
- 河道 / 水道
- 交通系統
- 計畫擴張區
- 機關
- 河道地下化

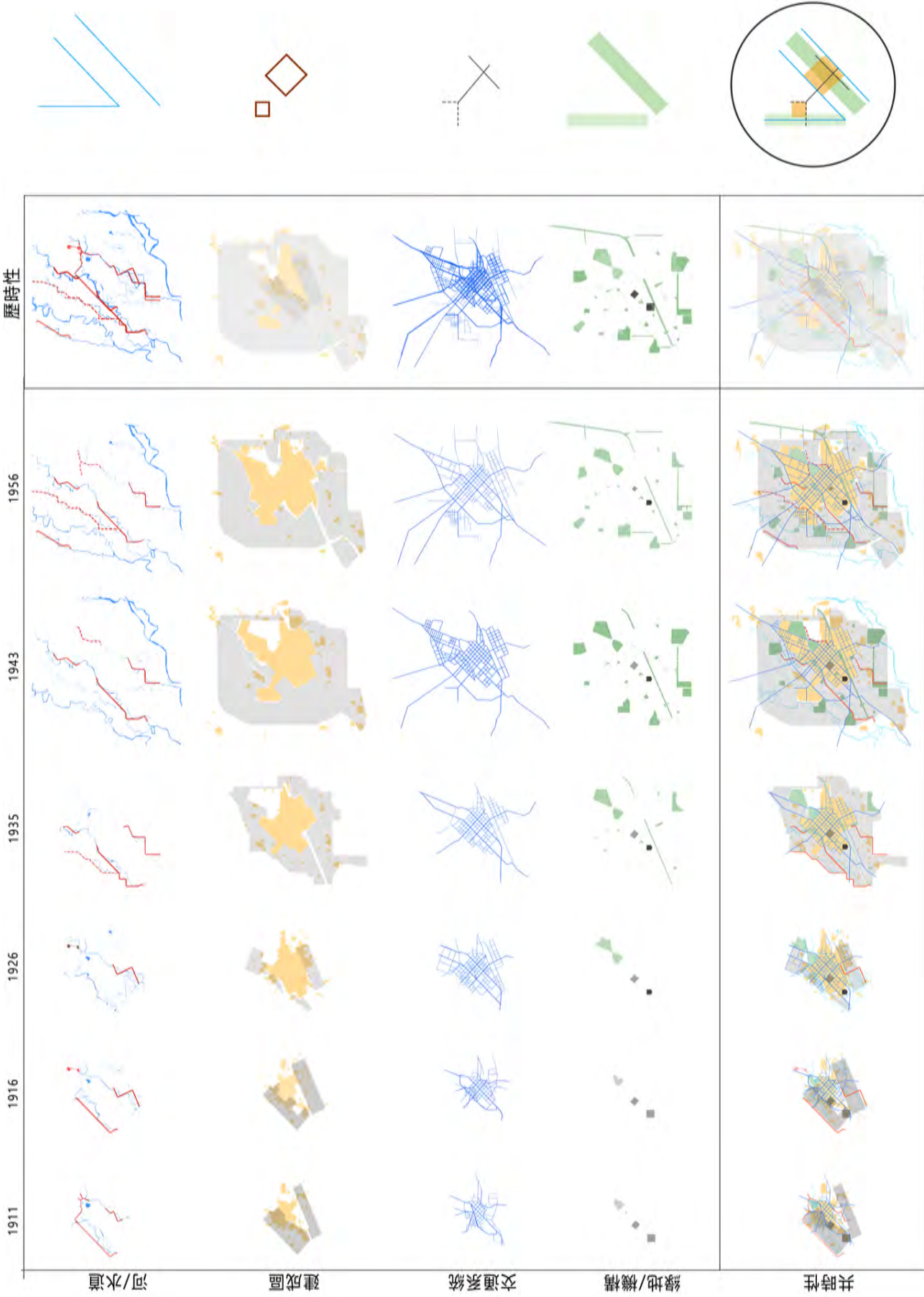


圖 3-2-9: 日治時期臺中城市的發展進程
資料來源：本研究繪製

3.3 現代時期都市策略的轉型與現今的物理狀態

西元 1945 年日本殖民政府戰敗後，國民政府於 1949 年正式將中央政府遷入台灣，但當時尚處於抗戰時期，除了接收既有的都市、產業與物資外，並無針對未來發展有進一步的計畫。一直至 1955 年，臺灣省政府開始籌辦遷至南投中興新村後，台中市政府便於 1956 年 11 月 1 日公告《臺中市都市計畫說明書》，然而該計畫除了局部更改原計畫與法令修改外，其餘規劃內容皆為直接沿用日本殖民時期，最後所制定之都市計畫（因此又稱《舊市區都市計畫案》而其範圍也稱為「舊都市計畫區域」）並於 1950 至 1960 年間重啟都市發展及修法，但受到戰時經濟與產業停滯等原因¹，導致城市發展行動於國民政府治理初期，一直保持與日治時期計畫相同的進度。直至 1975 年，台中市政府為解決既有的人口與產業發展問題，在延續過去的計畫基礎下，公告「臺中市第一期擴大都市計畫（西屯地區）」，除了擴張至西屯與部分南屯地區外，同時新指定出擴張都市計畫範圍內之土地使用、公共設施、運輸系統與經濟活動等發展模式。

此外，台灣地區於 1950 年代起，受人口膨脹引起之基礎設施不足問題影響，城市內開始產生逐漸嚴重之水資源與空氣汙染。同時台中城市內部，又因市地及房舍不足，而導致違章建築於柳川、綠川、干城與台中公園一帶大量增加，最終因人口、市地與建築物的急遽擴張，引起河川的嚴重淤積與不透水表面增加的問題，導致市區內的河川排水系統無法乘載，致使城市內部的環境每逢豪雨便容易產生淹水、積水及汙水溢流；近代 1979 年，為解決地方都市計畫內無法包括之經濟、環境與交通等問題，以及城鄉發展差距問題。台中區域配合《台灣地區綜合開發計畫》的上位計畫，研擬《中部區域計畫》，導致原本台中區域的地方性都市計畫，改變為中部區域之跨都市區域的「區域性」規劃，因而導致台中都市計畫推行緩慢。

直至現今，台中都市依然無法控制生活汙水與工廠廢水進入河川中，以及每年季節性的洪水與缺水問題，顯示出過去發展城市空間與自然環境之間的相互干擾關係還持續重複。

1 翁嘉禧，2004:220-223

3.3.1 日治時期至近代的時空背景與發展策略轉型

民國 36 年至 39 年間 (1947-1950 年間)，台灣各地城市人口因為國民政府退守台灣而驟增，不僅因為市地、建築與基礎設施的不足而造成河川或公園用地違章建築蔓延，同時因為過量的人口引發空氣、水質、垃圾與噪音等問題，城市環境因素急遽惡化，導致城市面臨由人口引發的新型環境災害而阻礙城市發展。因此國民政府於 1956 年由內政部發布《實施都市計畫注意事項》，建議各地政府應於三個月內公布並實施都市計畫。也因此台中市政府在日治時期的基礎下於 1956 年 11 月 1 日公告第一個都市計畫《臺中市都市計畫說明書》² (或稱「舊市區都市計畫案」)。而該計畫相比日治時期於 1943 年的最後規劃僅在範圍上略為擴大，並擬定針對產業計畫需求之土地用途、使用分區、交通系統、經濟活動與人口組成等進行現況的清查與統計分析，主要部分仍直接沿用日治時期 1943 年之計畫。

1950 年代期間隨國民政府進入台灣的大量人口在 1945 至 1953 年間促使台中市區內人口直接成長兩倍³，因為都市用地與基礎設施的不足而在短時間內產生了沿綠川、柳川與干城營區周圍一帶的大量違章建築，以及隨之而起的生活污水、工業廢水、垃圾傾倒與水肥排入汙染河川等環境問題，不僅立即造成城市內部劇烈的空間改變，同時引發當時環境包含水質、空氣與土壤的嚴重惡化⁴。因此台中市政府便於 1967 年啟動更新都市計畫的行動，除了變更配合經濟與人口發展的土地使用與交通系統外，更計畫將貫流台中市內部的六條河川⁵大量加蓋為暗渠作為家庭污水、工廠廢水與雨水的排水幹渠使用。此後市區內大量的河岸、公園與水道用地開始被變更為其他用途，而釋出的都市用地促使市區都市範圍與工業發展規模逐漸擴大，以食品加工、機械及化學產業為主，大量集中於臺中市東區與南區⁶，而住宅用地亦開始往西區與北區筆直延伸出屯區範圍。因此 1960 年代末期，台灣政府鑒於產業與人口之發展事態導致汙染與違章建築問題逐漸無法控制，因而在 1966-1971 年間接受由聯合國顧問組成之「都市建設及住宅規劃小組」(Urban and Housing Development Committee, 以下簡稱「UHDC」)⁷之規劃指導。台中城市於 1971 年公告配合當時經濟發展與人

2 《臺中市都市計畫說明書》共有民國 43、45、56 年三個版本，而本研究實際取得民國 56 年之版本，但根據與政府單位的訪問結果，三個版本僅在現況調查之結果存在差異。

3 臺中市政府建設局，1956:2

4 Selya, 1975:3-7

5 臺中市核心區域的下水道計畫共分為 6 條幹線，分別為綠川、柳川、旱溪、後龍子川、土庫溪、麻園頭溪等，採用高低地勢自然重力排水匯流至旱溪下游。(臺中市政府建設局，1956:12)

6 行政院國際經濟合作發展委員會都市發展處(1971)。臺中市綱要計畫，p. 5-38-41。

7 台灣政府於 1966 年至 1971 年間向聯合國申請「聯合國特別基金」之計畫，由國際經濟合作委員會成立「都市建設及住宅規劃小組」。由首席顧問孟松(Donald Monson)等人負責台灣都市計畫、土地、住宅、交通、都市行政、都市環境、工業與經濟之建構計畫研擬，最後於 1971 年解散，期間提出台灣北、中與南部之區域計畫與住宅法等多項法案。(陳湘琴，2011:49-53)

口增長背景之下的「臺中市綱要計畫」⁸，該區域計畫主要針對人口變動、產業活動、資源分布及各種土地使用區域給予「跨區性」的規劃，實際內容包含區域性的公共設施、工業區、交通運輸、觀光休憩與自然開發等。其中值得注意的是，該計畫以建構城鄉之間的城市體系與基礎設施分配為主要目的，因此台中市區在 1970 年代以前的都市計畫皆為了配合區域性的發展計畫而回到評估階段，在 1975 年都市計畫公告之前，整個計畫因為本土與外籍顧問的理念差異，以及國家的政治及經濟因素而暫緩執行，僅有舊都市計畫區內進行土地使用、使用分區、交通系統的統計分析而無實際進展。也因此導致當時城市內的污水下水道、雨水下水道及淨水設施建構行動停擺多年，不但引起市區內的環境持續惡化，更導致下游農業灌溉水及近海漁業因遭受汙染嚴重而重創⁹。

臺中市於 1950-1975 年間的兩張核心區域都市計畫圖對比中可見 (圖 3-3-1)，於國府時期的初期發展中以住宅、商業與工業的土地使用之檢討做作為因應產業與人口發展的計畫，除了將貫流城市的綠川、柳川、梅川、麻園頭溪及旱溪部分支流的大部分河道加蓋為住宅或商業用地外，同時將河道較蜿蜒處加蓋成為大型公園綠地 (今日的科博館、美術館與棒球場)。其中值得注意的是，1950 年至 1975 年間不斷地利用縮減綠地與河道之方法換取可用市地，而消失的自然環境及其功能，不僅導致市區基礎設施無力緩解日漸嚴重的水資源汙染問題，同時又伴隨建築建設增加的不透水表面及河道垃圾淤積，產生地表逕流驟增與排水系統不良造成的水災現象導致污水外溢。

直至 1995 年後，臺中市都市計畫為配合台中港、機場與豐原形成的城市體系，原本的舊都市計畫範圍已經往西、北與東側延伸出大量新市區用地，引發了城市不透水表面的徒增以及每逢豪大雨便因為過載而有淹水及污物回流的現象¹⁰，不僅導致城市環境的防災功能逐漸減弱，同時受垃圾及污水二次汙染而降低生活品質。因此台中市政府有鑑於此，於 1987-1997 年間分十年辦理「污水下水道第一期實施計畫」，該計畫預計將建構舊市區內的污水下水管線以控制市區內的主要汙染源外溢，並減輕目前河川之嚴重汙染狀況，但截至 1992 年為止台中都市計畫範圍內則僅有新建成區實施完成，在舊市區部分則僅進行局部性工程，大部分之生活污水與工廠廢水仍依賴於河川作為主要排水系統，顯示了在擴張都市計畫時期水利基礎設施不但不敷使用且推行緩慢之情況¹¹。

8 行政院國際經濟合作發展委員會都市發展處，1971:4-5

9 臺灣省政府住宅及都市發展局 (1979)。臺灣中部區域計畫，2-157

10 陳孝順 & 徐宏銘 (1995)，臺中市污水下水道第一期實施計畫，*第五屆下水道研討會論文集*，國立中央大學，100-101。

11 中華民國都市計畫學會 (1992)。台中都會區實質規劃 (總合報告)，p. 136。

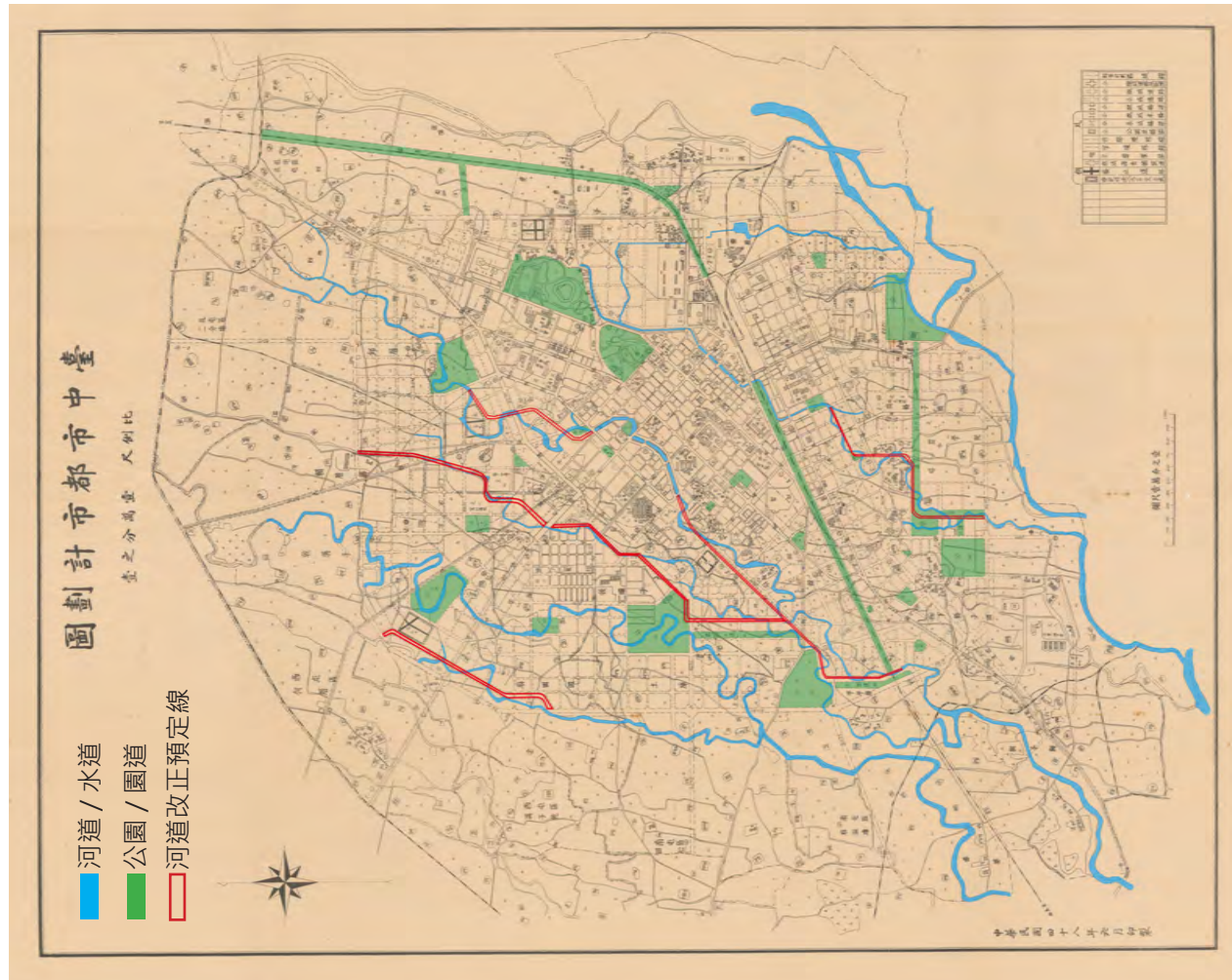
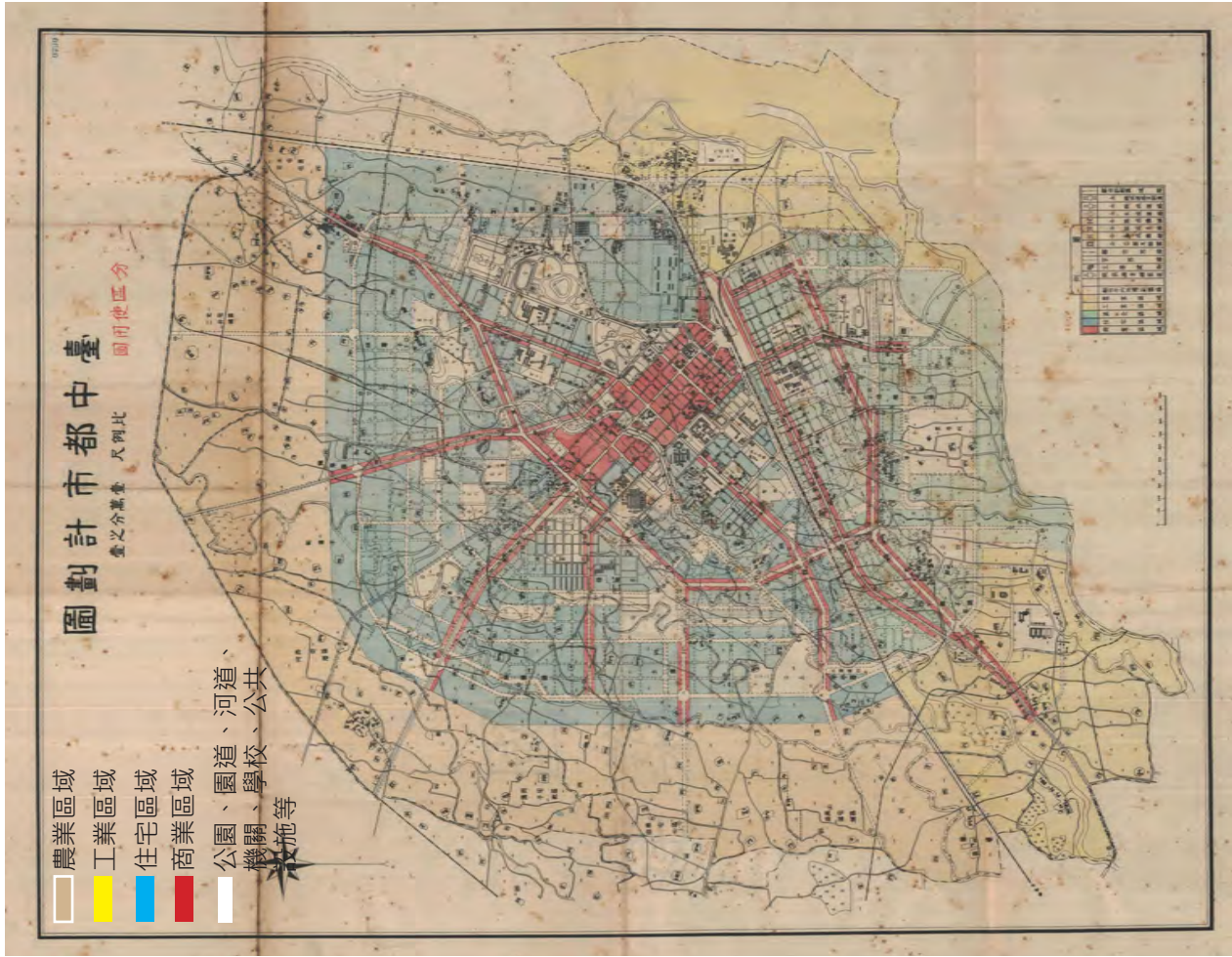


圖 3-3-1: 對比 1943 年至 1975 年間臺中市舊都市計畫區域之河川、綠地與土地使用資料來源：中央研究院院地圖數位典藏 & 臺中市都發局，本研究加註。

圖號：map_moi2_10moi00088 & ntubp-tpgcpa_3_1_2_19_001_00_009B

1995-2009 年間，臺中市遭遇 8 次颱風引起的水災¹²，導致市區基礎設施無法負荷積水與汙染的外溢問題逐漸明顯。因此台中市政府便於 2006 年開始重新重視河川、河道、水資源與汙染的治水問題，以藍帶及綠帶的自然空間復育河川地¹³，期望藉水岸綠帶做為降雨時雨水及汙水外溢問題，以及不透水表面增加所引起之地表逕流淹水現象的緩衝，並同時通過結合景觀的生態復育計畫改善環境宜居性。然而 2012 年與 2013 年連續遭逢兩次強烈颱風侵襲，導致市區內部地表逕流突增而癱瘓市區內部給排水系統¹⁴，因而造成市區產生局部淹水與汙水外溢現象，但截至 2014 年為止，台中的水資源汙染與淹水問題仍因舊市區工程執行進度緩慢¹⁵導致市區內之河川（柳川、綠川、麻園頭溪、梅川等）仍存在中度汙染及淹水現象¹⁶。也因此顯示出在 1956 至 1995 年間一系列以水環境換取市地的策略，除了犧牲城市中水與綠地之環境調節機能（生態機能）以外，同時代表過去執行的計畫不足以乘載週期性發生的天然災害與長期汙染問題，但也顯示政府正嘗試改善過去空間發展與自然生態的關係的計畫轉變。

另一方面，受氣候變遷所導致之環境改變逐漸於台灣全島範圍產生明顯的影響，不僅在城市範圍內區域年平均溫度變化於 100 年內已經上升 1.4°C，同時在近 50 年和近 30 年的大豪雨日數（日雨量大於 200mm）統計資料顯示，降雨日數雖然有明顯下降，但卻集中所有雨量於短時間內落雨造成極端降雨現象產生，且近 10 年極端強降雨颱風數目有明顯倍增的趨勢¹⁷。因此而顯示出台中在 1956 至 1995 年間的舊都市計畫在空間形態的發展上存在城市與環境之相互作用與干擾關係¹⁸。由（圖 3-3-2）與（圖 3-3-3）對比台中核心區域於 2017 年都市計畫與過去計畫，顯示目前可調節環境之綠地或河道大部分都已被不透水層取代或地下化，且舊市區內部的公園綠地及排水系統是各自獨立的系統，實際上不僅未能有效含水反而卻增加市區內排水系統的復載與能量消耗。

綜合以上，在淹水、缺水與汙水的問題基礎之下¹⁹，長久以來接受物質狀態

12 台中市於民國 90、93、96、97、98 年共遭遇 8 次重大颱風引起的水災，較有名包括民國 90 年桃芝颱風、納莉颱風及 97 年卡玫基颱風、辛樂克颱風等，造成許多生命財產之損失。其中共通點是，瞬間強降雨、地表逕流增加、不透水層增加的現象，導致臺中市每逢豪大雨便可能癱瘓自來水、汙水之給排系統。（台中市政府，2013:3-137-140）

13 「旱溪排水計畫」（2006）、「臺中市水系景觀環境營造綱要計畫」（2007）、「綠川水環境改善工程計畫」（2015-2018）、「新盛綠川水岸廊道計畫」（2018）... 等。

14 臺中市政府水利局（2014）。重要施政計畫，p. 3-5。

15 臺中市水利局，2014:2-4-7；臺中市水利局，2013:3。

16 臺中市環境保護局（2014）河川、排水渠水質監測結果。

17 李思瑩 & 盧孟明（2010）近五十年台灣極端高溫之分析，台北災害管理研討會論文集 及 李思瑩 & 盧孟明（2010）近五十年台灣極端降雨之分析，台北災害管理研討會論文集。

18 Alberti, 2008:40

19 臺中地區現況公共水源供給超過 9 成來自鯉魚潭水庫與石岡壩的水庫水源，大安大甲溪水資源聯合運用尚未完全完成之前，臺中地區之用水可能有缺水之風險。（台中市政府，2013:4-15）

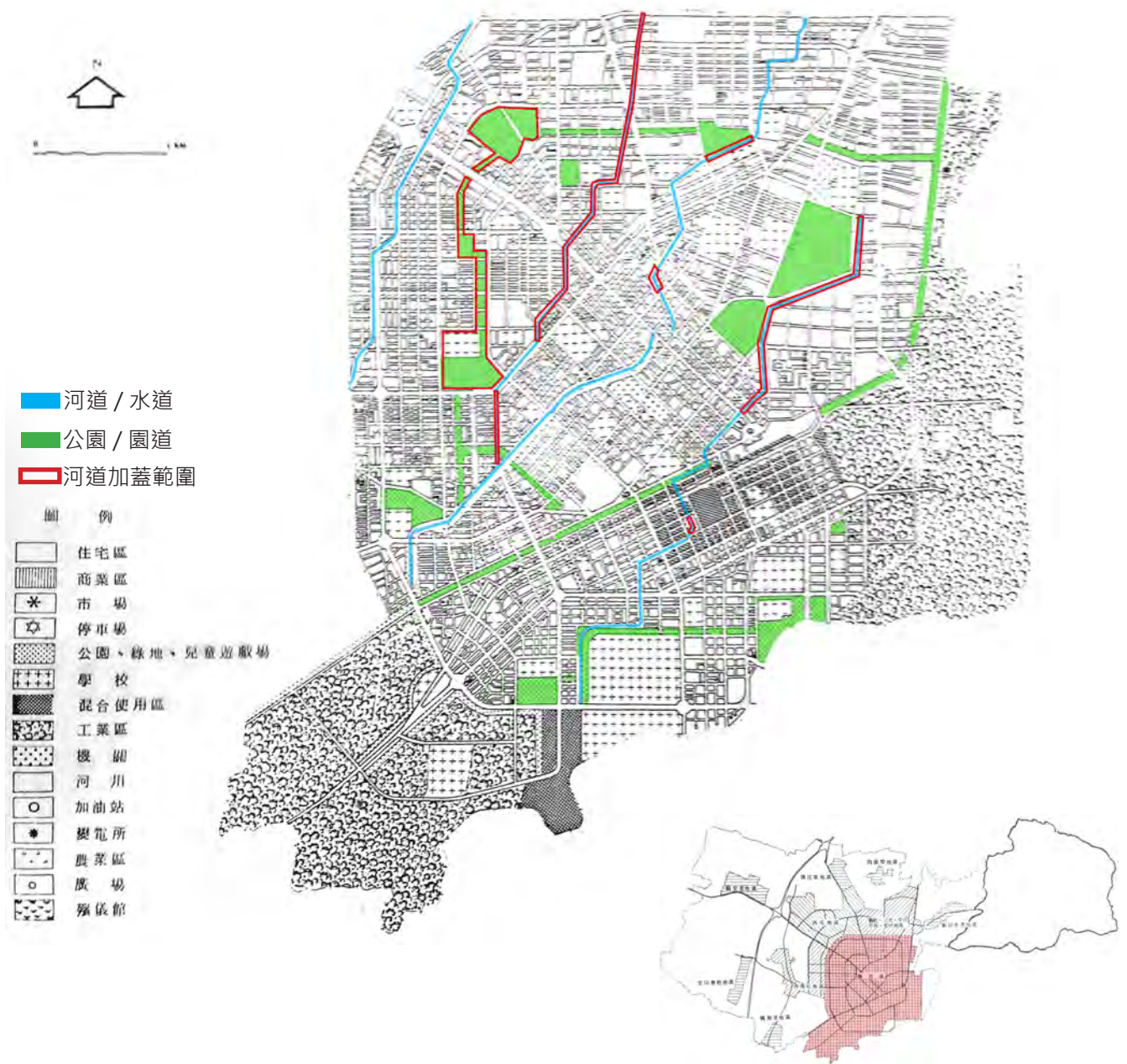


圖 3-3-2:1986 年與 1995 年台中舊都市計畫範圍之都市計畫

資料來源：台中市政府 (1986)。變更臺中市都市計畫 (不包括大坑風景區) 通盤檢討案、台中市政府 (1995)。變更臺中市都市計畫第二次通盤檢討報告書。

調整的河川與綠地不僅是驅動舊市區空間改善的重要元素，同時是再生水生與陸生生態系統對城市空間提供環境調控的主要因子，因此城市環境再生河川水環境及綠色園道空間的結合是重新建立生存、生產與生活基礎之一。

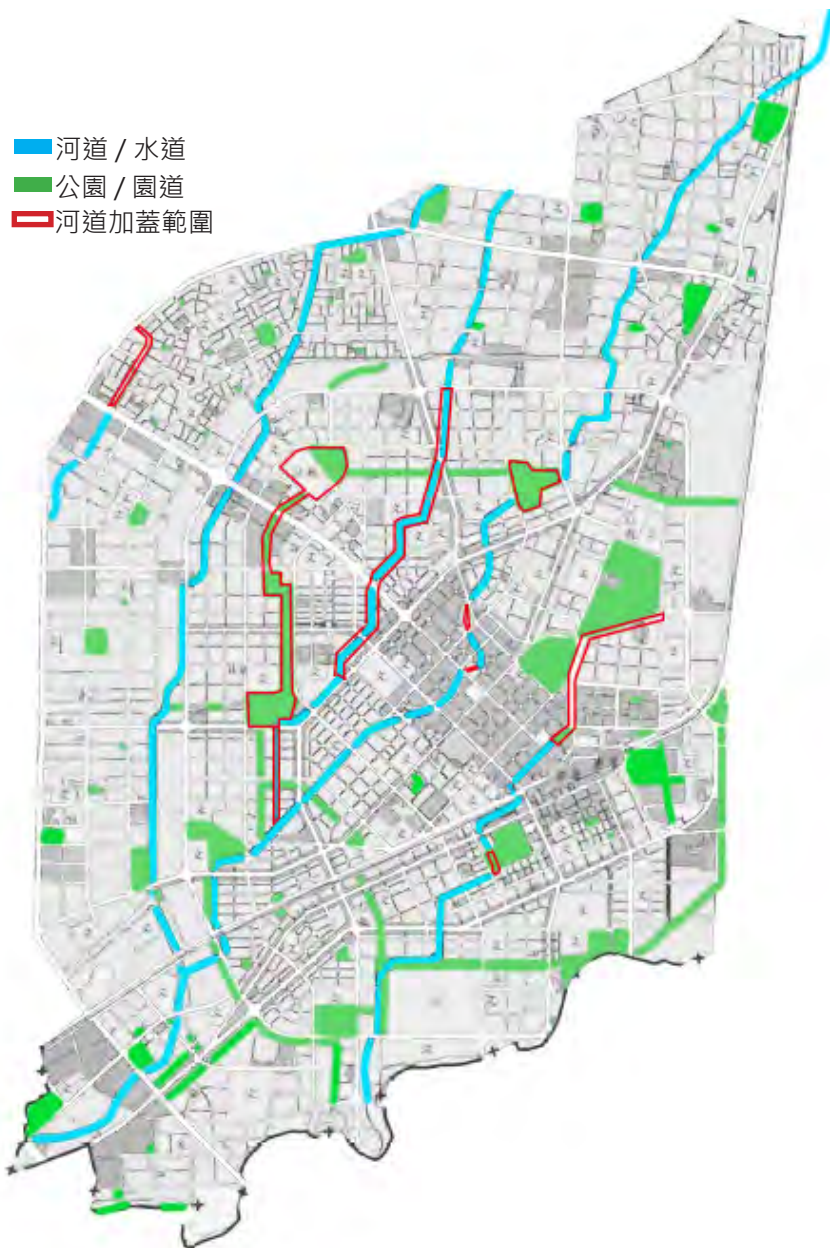


圖 3-3-3:2017 年台中舊都市計畫區域之都市計畫

資料來源：台中市政府 (2017)。變更臺中市都市計畫主要計畫 (第四次通盤檢討)，本研究加註。

3.3.2 1943 至 2011 年間擴張都市計畫的空間形態改變

自 1935 年公告擴張都市計畫後，透過區域性水利與交通系統逐漸解放城市在空間與距離上的限制，也導致城市中的水文、地形與氣候等實質環境的自然條件逐漸不受重視，以至於後來的計畫幾乎忽略城市中持續惡化環境的問題。此後至 1960 年代，臺中隨著經濟發展與人口增加所引發嚴重環境汙染問題逐漸無法控制，因此政府積極的尋求市地與基礎設施的擴增，但經過聯合國顧問(UHDC)與本土顧問的分析、規劃後，雖然針對當時嚴重危害城市環境的水與土地汙染問題提出「區域性」改善計畫，卻因為理念不合一直拖延至 1975 年才公告進一步的因應策略。

對比 1943 至 2011 年間的臺中城市的空間形態發展(圖 3-3-4)，發現 1943 年與 1956 年的計畫中台中仍保存著與聚落時期及自然物理狀態的延續關係，除了將河川及其空間形態作為設置交通系統與市地街廓之最可行的方法以外，同時也留有大量的綠地(或園道)作為市區內調節環境的機能設施。

1986 年以後的計畫中，因為區域性的基礎設施相繼完成而導致城市內的河川排水與防洪綠帶逐漸不再被重視，致使新市地的發展壓縮原先用於防災或調節環境的河道與綠地空間，轉變為具休憩功能的小公園或線性林蔭道等景觀設施。此外，對比近代臺中的城市演變過程(圖 3-3-5)，發現 1950 年以前原本作為調節環境而預留的園道及河川空間，為了因應 1960 年代後嚴重缺乏的市地、交通用地不足而大量被縮減面積，且未保持新市地不致產生零碎或銳角，以西北側新建城區為基礎向外延伸出環狀街廓、綠帶環繞舊城區，最終雖結合市地、河川與綠帶在城市內營造出休憩用的「景觀綠地」，卻導致市區內的實質環境通過生態功能的破壞而在整治過程中逐漸減弱，取而代之的是大量依賴外部能源、人工、經費等維持的建築環境且至今仍保持。

另一方面，對比 1943 年至 2011 年間台中由軸向發展至環狀的空間形態演變過程(圖 3-3-6)，發現其因為實質環境的發展需求而開始對綠地、河川等具調節服務的的元素整治，因此通過形態變化(圖 3-3-6)顯示台中的空間形態發展是原先以河川為基礎，在 1935 年後的發展背景下逐漸被轉型的過程；而台

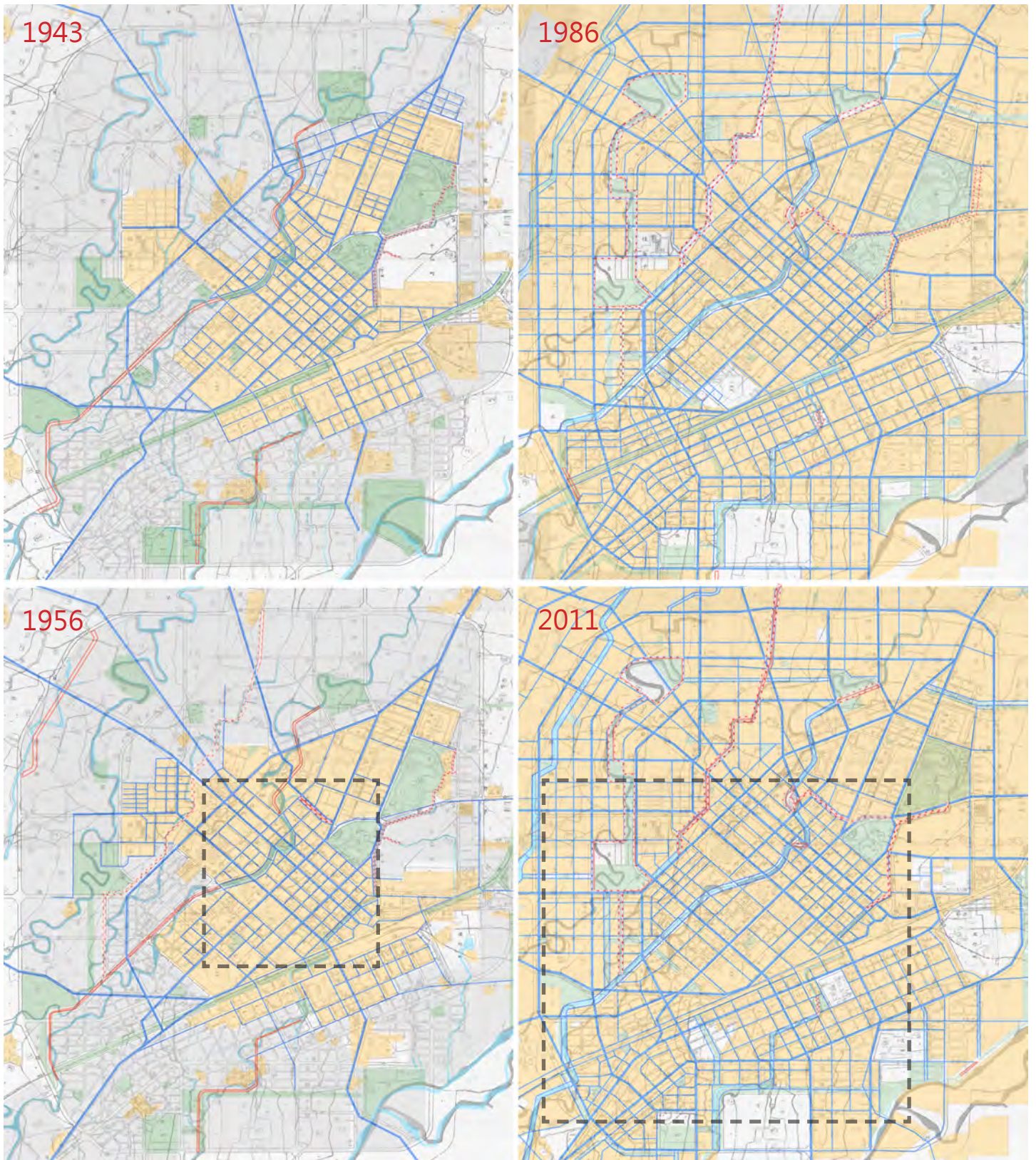


圖 3-3-4:1943 至 2011 年間的臺中城市的空間形態演變

資料來源：中央研究院地圖數位典藏 & 臺中市都發局，本研究加註。

- 交通系統
- 計畫擴張區
- 建成區
- 河道 / 水道
- 公園 / 園道
- 河道加蓋範圍
- 河道地下化
- 水災受災區

中空間形態的發展在城市形態學「邊緣帶空間型態」¹的觀點下檢視，發現 1901 年 -1956 年、1956 年 -1986 年及 1986 年以後的三「新舊城」邊緣帶空間形態，與 (圖 3-3-6) 顯示之過程基本相同，因此也更為確立台中空間形態的演變並非是只存在於本研究的方法 (觀點) 之下。

綜合以上，1986 年間開始大量實踐的景觀園道雖然提供城市內休憩的空間，但卻將大量的水環境與綠地元素取代為不透水表面，同時將河川調整為地下化、九十度轉折、匯流或直接填埋的狀態，因此由於過去對河川與綠地的大幅改造，產生對物質元素 (循環系統) 與生態系統的重大影響，導致城市環境喪失調節的功能外，新造的 "綠色空間" 反映引起更嚴重的環境及生態失衡，以至於耗費更多能源與物質資源維持環境不致產生災害；而關鍵的空間形態轉型是 1935 年至 1956 年間因擴張而形成的基礎，對比擴張前間與前後三個時期，不斷嘗試的環境改善反映出空間與環境的重複消長關係，以及重新正視自然環境原本的形態與功能的趨勢。

1 劉為光等人以 M. R. G. Conzen 提出之「邊緣帶」(Fringe Belt) 空間型態的觀點，探討臺南市舊城空間形態的演變過程，並證實其邊緣代的形成、延展與延續至今的影響，而其雖然以不同於本研究之形態分析方法從事分析，但若以該觀點檢視本研究的分析，依然能發現邊緣帶的存在與其影響，因此也確立本研究的分析結果並非是個案。(參考：劉為光 et al., (2013). 臺南市舊城邊緣帶空間型態在當代都市生活中的文化意涵. *建築學報*, (85), 227-244.

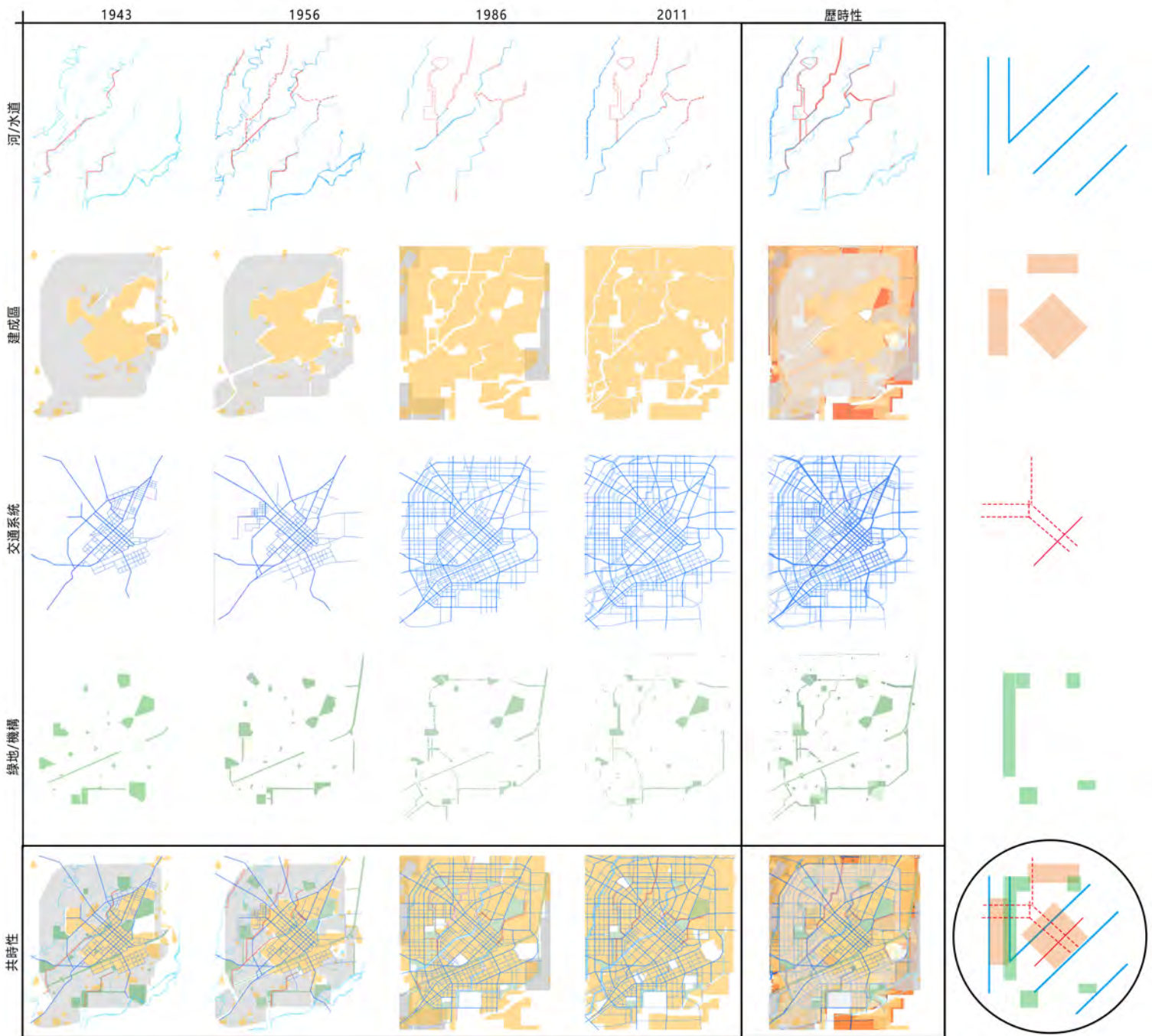


圖 3-3-5: 近代的臺中城市的發展歷程

資料來源：本研究繪製

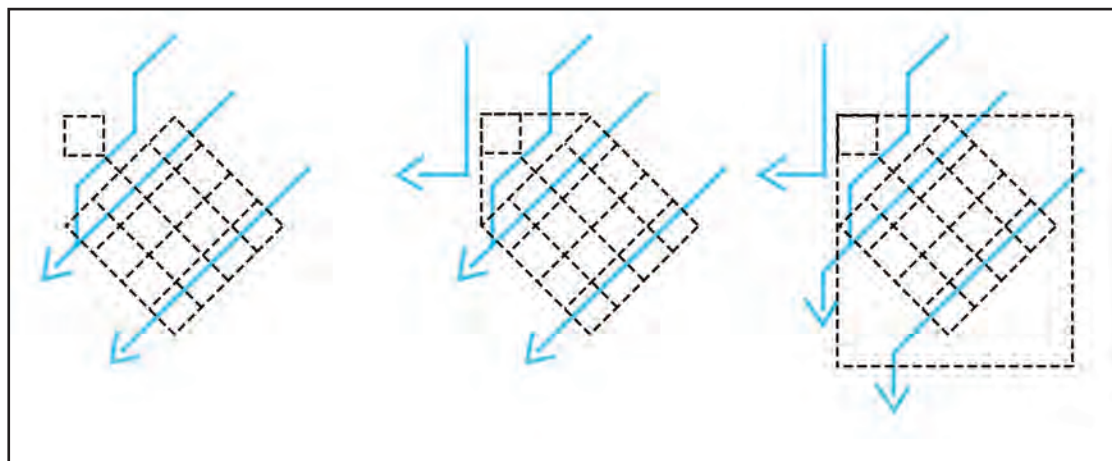


圖 3-3-6: 台中由軸向發展至環狀的空間形態演變過程

資料來源：本研究繪製

3.4 城市環境在形態上的進程與變化

在 Kostof 與 Breuste 等人對城市的研究中認為城市是由「水」、「土地」¹、「氣候」與「土壤」的物質元素所組成，在演變過程中會不斷因為不同的需求及目的被重疊或塑形，因此城市的發展，不僅在歷史上受制於物質元素中「空間形態的起源」，同時亦存在多個受外力影響的「時期特徵」，通過解釋不同時期驅使都市產生改變的關鍵空間或元素，不僅有助於理解城市在源起與演變的過程中，空間形態與物質元素相互影響的過程，藉由兩者的對比亦能找到對現代城市再發展而言最為重要的改變因素 (Kostof, 1991:39-41; Breuste, 2011:20-26)。

在前章節對臺中城市空間與物質元素之發展歷程爬梳中，發現自清代以來台中原本為依賴「水源」與「地勢」而發展出貿易、產業與駐防的聚落，且經過空間形態與物質條件的對比後(圖 3-4-1)，也顯示出臺中核心區域的發展在 1970 年代仍延續清代劉銘傳以「高地」及「溪水密布」之條件作為拓展省城的基礎。換言之，台中城市的源起或演變過程中皆以河川(水)影響的空間形態作為發展的重要戰略資源及參考依據，也因此後來的交通、市地與產業拓展即便無須配合環境元素的狀態，但在經濟性與空間延續性的考量下仍然趨向採用與過去相同的空間形態作為發展模式。

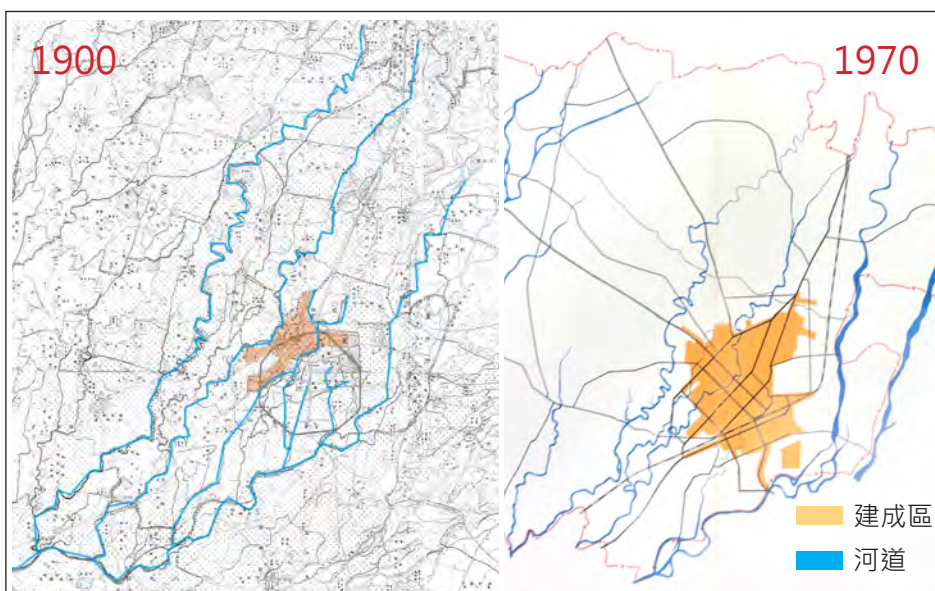


圖 3-4-1: 現代臺中的空間形態源起與物質條件演變
資料來源：賴志彰, 1993:134;
UHDC, 1971:57

¹ 在 (Breuste, 2011) 的城市生態研究中，土地 (Land use and surface cover) 所代表的是土地表面及土地使用的狀態，如不透水表面、植被、景觀綠地、建築元素、一般建築用地... 等，以及其可能包含的環境或生態機能

經由空間形態與物質元素在歷時性與共時性的矩陣分析 (圖 3-4-2) 中對比河川、交通系統、建成區、綠地四項物質元素，顯示在 1890s-1926 年、1935-1956 年與 1986 年以後三個時期 " 河川 " 的空間形態不僅影響交通系統、建成區、綠地的發展模式，同時也受到三者發展需求上的相互影響，若進一步由下方共時性的空間特徵比較各個時期的演變 (圖 3-4-2 下方)，發現 1935 年至 1943 年間為台中空間形態拓展新建築用地或綠地的轉型期，不僅將柳川與梅川於城市南側匯流成一條河道，同時發展西北側新市地時，將梅川全段配合新舊市地的空間形態以兩個軸向 (正北及東北) 改正為地下化、截彎取直或九十度彎折的民生汙水排水道，因此至 1956 年擴張城市時，以 1935 年設置的建成區為基礎 (正北)，首先往舊市區延伸出閉合西北側的街廓，此後又再次將街廓拓展至東側與南側，將市地閉合成為正北矩形的空間形態。其中比較特別的是，為了避免道路或街廓因為多個軸向的發展導致碎化或銳角，因此外環的街廓利用河川、綠帶與公園作為市地的調整媒介，不僅形成人造環境 (建成區)、水環境 (河川) 與綠地² 三個元素再空間中對環境 (生態) 的干擾特性 (Alberti, 2008:17-25)，且柳川與梅川因為逐漸被改建市地或景觀用途的人工設施³ 亦造成水 (河川) 與土壤 (綠地) 的物質元素作為影響環境調節的能力消失。

綜合以上，台中空間形態是於源起時受河川的物質狀態影響重大，但在拓展過程中爭取市地而逐漸人工化的改造過程，且最終結合水道與綠地的人造景觀不僅無法改善環境功能，反而因為自然的水 (河川與河岸)、土壤 (自然綠地) 被不透水表面 (建築及鋪面) 取代，導致其失去原本的功能而加重環境災害。此外，對比台中的空間形態演變過程，發現城市中的水環境 (河川) 與綠地 (園道) 是整治都市衛生及水災後的結果 (圖 3-4-3 至 5)，只是在過程中因為交通與市地發展需求以及基礎設施的逐步完善，導致原本的水、土壤、土地與氣候等環境元素不受重視，引發城市中的生態與水循環⁴ 機能失衡。也因此台中的 " 河川 " 與 " 園道 " 既是城市空間對環境 (生態) 的干擾⁵ 主因，其中以過去受大幅調整但確常發生水災與汙染之人造環境、水環境與綠地重疊處為重點區域，如柳川河岸 (今公園路至民權路間) 及柳川與梅川匯流處 (美術園道) 等 (圖 3-4-6)。

2 在 (Breuste, 2011) 的城市生態學研究中，綠地 (Vegetation) 被視為城市內的其中一種「土地表面及土地使用狀態」之一。

3 Breuste, 2011:20-26 & 93-102

4 降水、蒸發、滲透、逕流與地下水等自然的水循環 (Water cycle) 模式

5 根據 Breuste 的研究顯示城市中的水與土壤改變不僅造成生物賴以為生的棲息地消失，同時也因為其本身的環境調節機能的一併並喪失而對人類、生物與環境造成高度干擾性。(Breuste, 2011: :263-271)

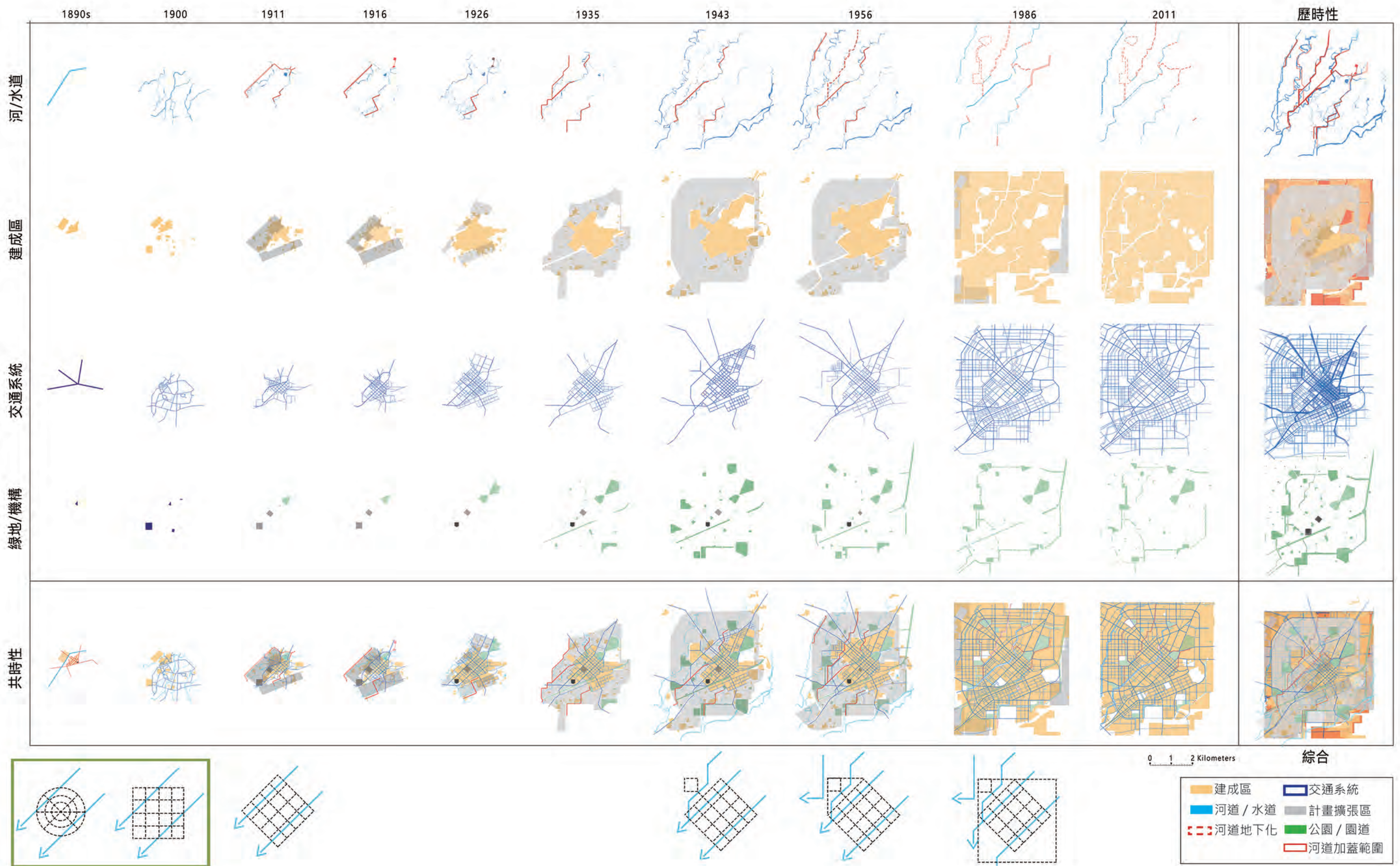
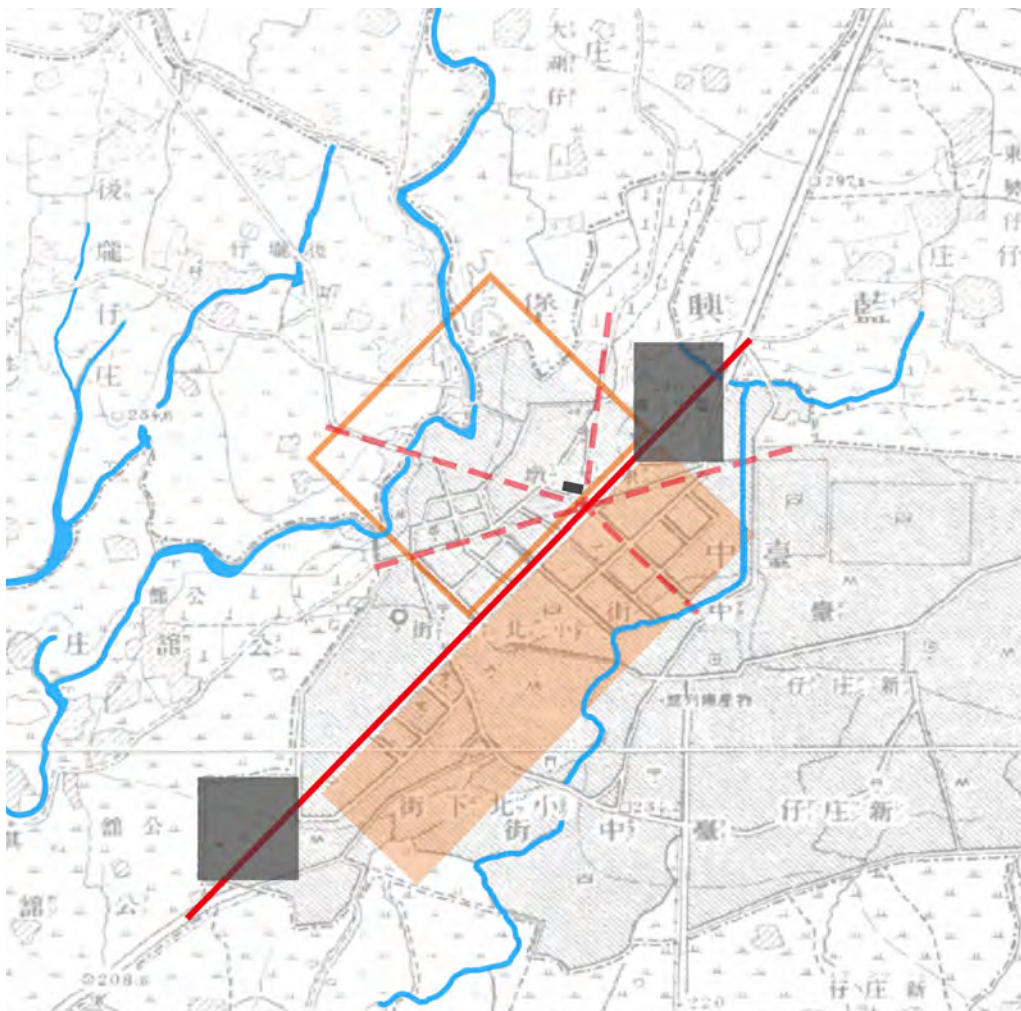
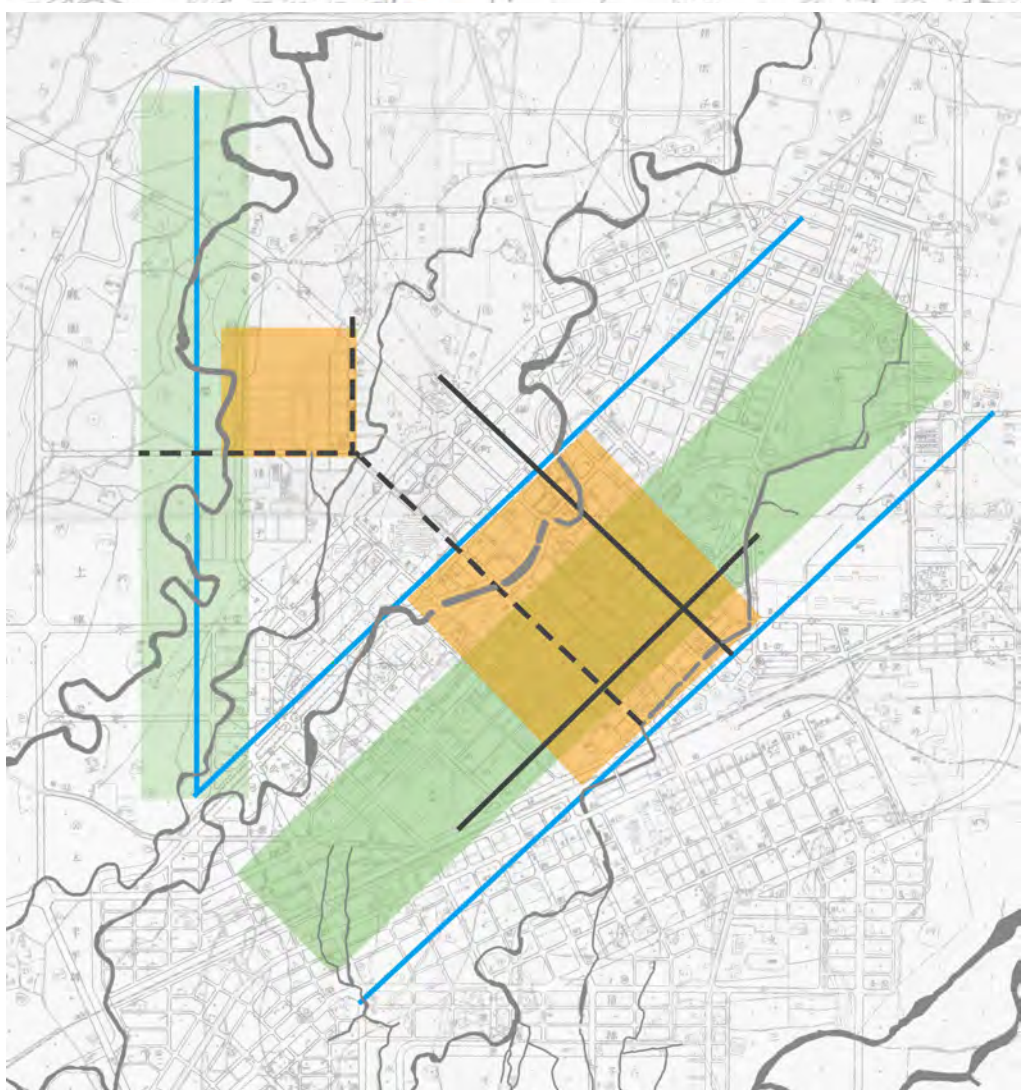


圖3-4-2:現代台中的源起與演化之空間形態分析矩陣
資料來源:本研究繪製



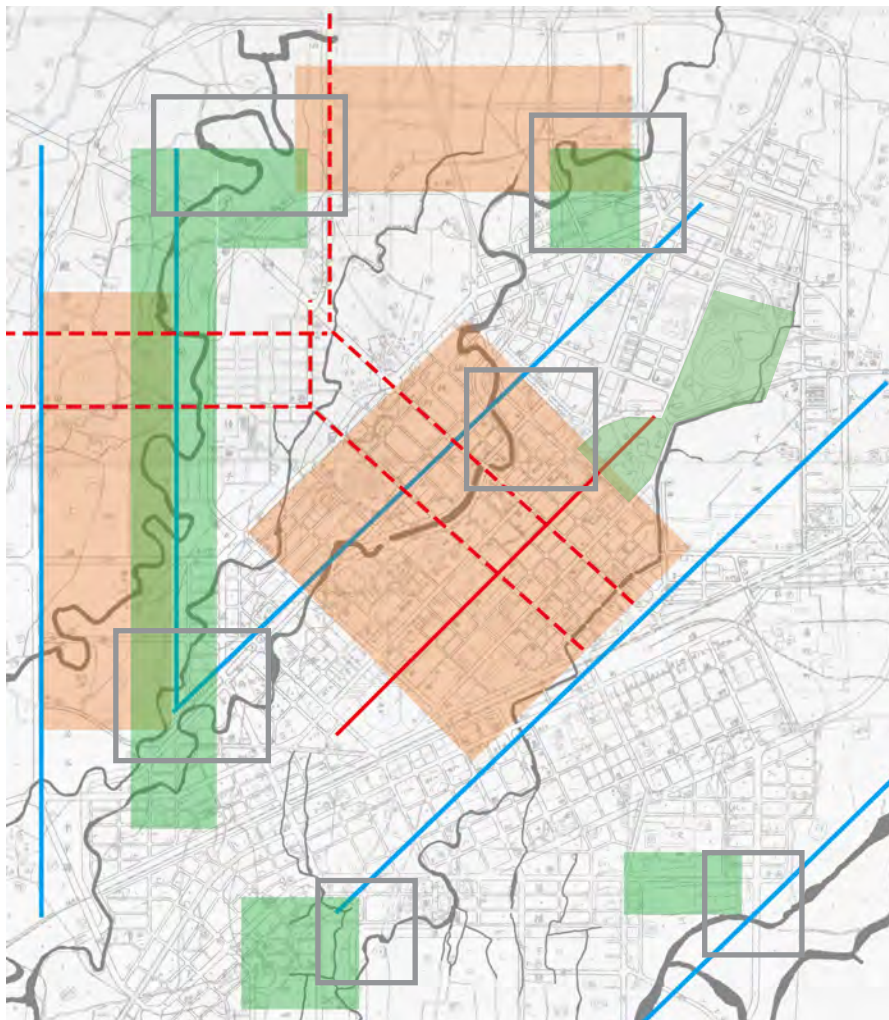
- 聚落時期遺構
- 河道
- 日治初期建成區
- 主要路徑
- 次要路徑
- 機構

圖 3-4-3: 台中的源起空間形態
資料來源: 本研究繪製



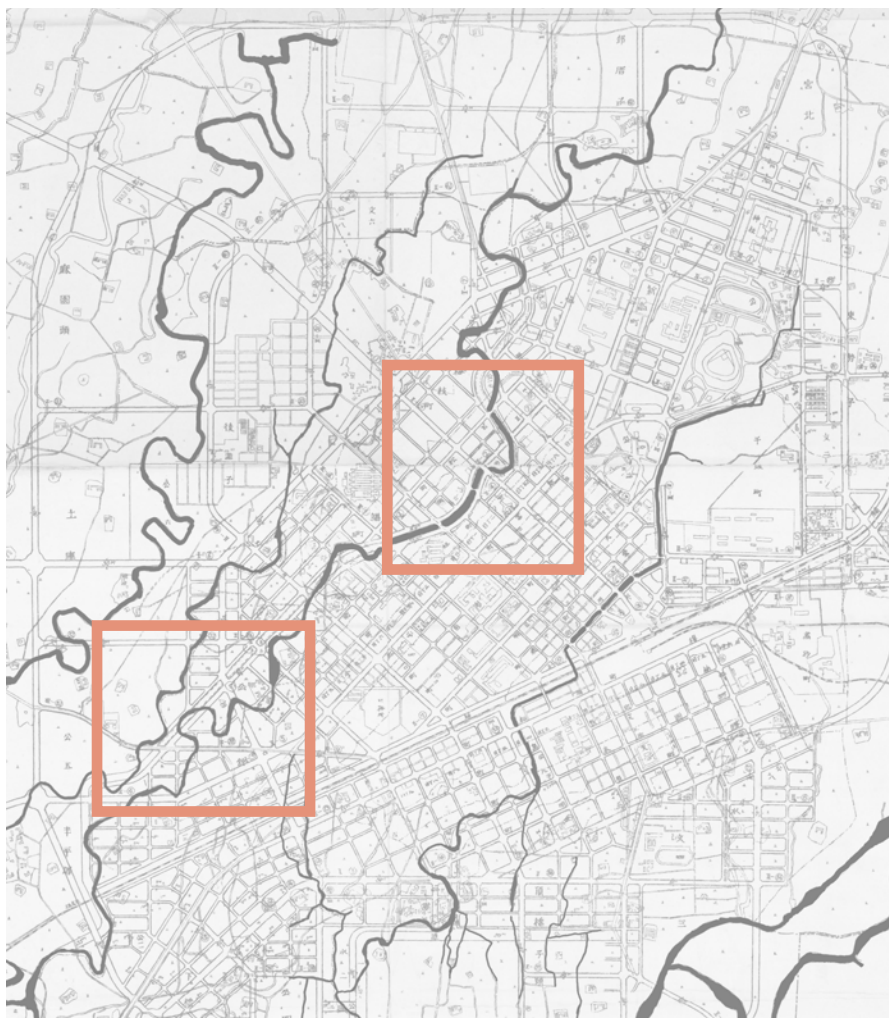
- 主要聚落
- 河道
- 軸向擴張 (機構 / 綠地)
- 主要路徑
- 次要路徑

圖 3-4-4: 台中軸向演變形態
資料來源: 本研究繪製



- 重點區域
- 主要聚落
- 河道
- 環狀擴張(綠地)
- 主要路徑
- 次要路徑

圖 3-4-5: 台中環狀演變形態
資料來源: 本研究繪製



- 河川
- 曾多次發生水患的位置

圖 3-4-6: 台中於歷史中常發生水災之空間位置
資料來源: 本研究繪製

3-5 小結

通過前章節對近現代臺中的空間形態與實質環境演變過程探討，顯示城市的發展不僅沒有背離源起時 " 高地 " 及 " 溪水密布 " 所提供的環境條件，反而在拓展過程中長期將其視為發展的重要基礎。而在最近 20 年內，市府在歷經數次颱風導致汙水外溢及市區積水的經驗後，為了改善過去發展對河川及綠地功能轉變而累積的汙水、積水與缺水問題，於是最近十年內開始藉水岸、綠帶結合生態空間的再生，提供降雨時舊市區地表逕流及汙水外溢問題的減緩，開始實施結合藍帶及綠帶的河川 " 景觀 " 復育及治水行動¹，結果在短時間內雖提供初級的汙水潔淨與綠色景觀功能，但其著重於供人使用及觀看的方法反而導致景觀再造行動中增加的綠地為不透水表面，進一步增加城市內的排水系統負載量與同質性生態環境。

回應 Breuste 等人針對人、空間 (城市) 與自然的研究²，台中的 " 園道 " 與 " 河道 " 在過去的發展中，一直是提供環境調節的重要空間媒介，但其因水與土壤受園道計畫大幅改變而對環境 (生態) 具有高度干擾性，而最近兩年的再生行動中因空間有限的特性市地與河川的環境整治行動無法快速推行 " 生態標準 "，因此而採用過去 " 城市景觀 " 為主的整治方式，零星的設置城市中的人造自然空間，而其雖然確實在短時間內利用人工設施小幅度改變環境災害，但反而又因為不透水表面對物質元素 (水、土壤與土地) 改變再次形成空間發展與環境功能的相互干擾。

綜合以上，由過去發展顯示的重要問題是：台中的環境調節機能如何運用舊市區有限的物質與空間資源得到改善；而生態服務研究中³雖然指出城市中路樹、公園、池塘、樹林、濕地與河流等空間單元，為提供 " 城市生態與環境 " 調整的基礎實質環境條件⁴，但也點出城市中小面積的綠地空間對生態系統而言，因為無法維持生物群 (Biotopes) 多元組成與生物所需物質條件而與混凝土無異，因此其最後提出以土地使用的空間形態的改善，將是最直接而有效的生態再生方法 (Bolund and Hunhammar, 1999:299-300)，而此觀點對應到 Illgen 等人對自

1 新盛綠川水岸廊道計畫、綠川水環境改善工程計畫、臺中市都會型河川污染整治及示範

2 Breuste, J. H. (ed.) (2011). *Urban ecology: patterns, processes, and applications*. Oxford University Press.

3 Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.

4 空氣過濾、微氣候調整、噪音控制、地表逕流控制、河水淨化與社會文化功能。(Bolund and Hunhammar, 1999:295-298)

然空間數量(密度)提升與再生生態的關係研究⁵，顯示出無法維持生物群與循環系統的綠地空間，在大小或密度上調整都無法改善生態功能的現象。此外，雖然台中的環境問題已經藉由過去河川與綠地結合的"園道空間"獲得初步改善，但在舊市區持續存在的水汙染與週期性洪水問題之下，再生城市中園道(河川與綠地)的生態功能既是對空間改善有必要之行動，同時又是除人工設施以外緩解環境災害的另一途徑，因此為了改善城市中自然空間單元之生態功能，Forman提出之景觀生態設計準則將是以空間形態檢討"土地使用與生態再生"的重要基礎，而此問題將延伸至下一章節中，透過理論、案例和台中的狀態，討論人、空間與自然之間如何形成良好的互動模式及空間形態。

5 Illgen, M. (2011). Hydrology of Urban Environments. & Dunn, C. P. (2011). Composition and diversity of urban vegetation. in *Urban Ecology: Patterns, processes, and applications*, 59-69 & 103-114

4. 台中基於城市生態理論的形態再生與設計原則

在最近兩年內，台中市政府為解決長年來影響城市環境的汙水、積水及缺水問題，針對河川以「城市景觀」的方式結合防災與潔淨設施，計畫將透過水環境的空間再生，同時改善舊城區中人、空間與自然之間的互動形態。由臺中的城市發展與河川顯示台中市在源起與近代階段（圖 4-1），以高地及溪水密布的地方物理特徵過去的發展中，台中市依著河川發展出結合河川與綠地的園道，而該園道不僅受新舊建成接合而形成軸向及環狀的空間形態，同時亦是早期城市內水資源與汙染物質的排放渠道。時至今日，舊市區內以河道作為匯集雨水與汙水的模式，已經成為城市環境中人與自然的「空間」阻隔，在城市區域內的河川或綠地，不僅因為過去「結合」設計的方式，一方面受外溢的汙染影響而無法使用該空間，另一方面為提供人類使用而改變的物質元素亦無法維持生態提供的環境調整，最後因為驟增的不透水表面（道路與建築），致使園道的空間成為汙物匯集與汙染擴散的主要位置，使得在環境或空間方面不僅無法緩解環境問題亦無法親近。

然而自 2006 年起，為整治城市中水與環境的空間，市政府連續推出都會型河川汙染整治與排水環境營造計畫，針對城市核心中僅剩的河段，進行空間與汙染的整治。但在經過數次颱風引起的水災與汙染外溢災情後，顯示出目前結合「河道」與「園道」的環境整治措施，在空間模式或生態單元的設計上，皆缺乏對舊市區特有的空間資源或物質條件中最具關鍵影響力的元素或因子進行探討，以至於目前市區內以河道為主的「藍綠生態再生的示範空間」，缺少針對人、空間與自然之間，如何再生互動模式及空間形態的針對性行動。

本章節將分三個階段討論基於城市生態理論中的空間再生模式，以及在台中特有的地方條件下最具適宜性設計原則。章節 4-1 將基於理論所提供的形態、因子與模式整理出設計原則，在與理論對比後確立其使用的可行性，以及可採用的空間元素。章節 4-2 將回到台中地方特徵與理論進行辯證，通過最近幾年的發展行動與實際案例作做為對比，尋找台中基於地方條件下，應採用何種模式最為可行。章節 4-3 將以基於理論的設計原則，提出台中市以「生態」的空間形態再生人與自然的互動模式與環境調節能力之方式。

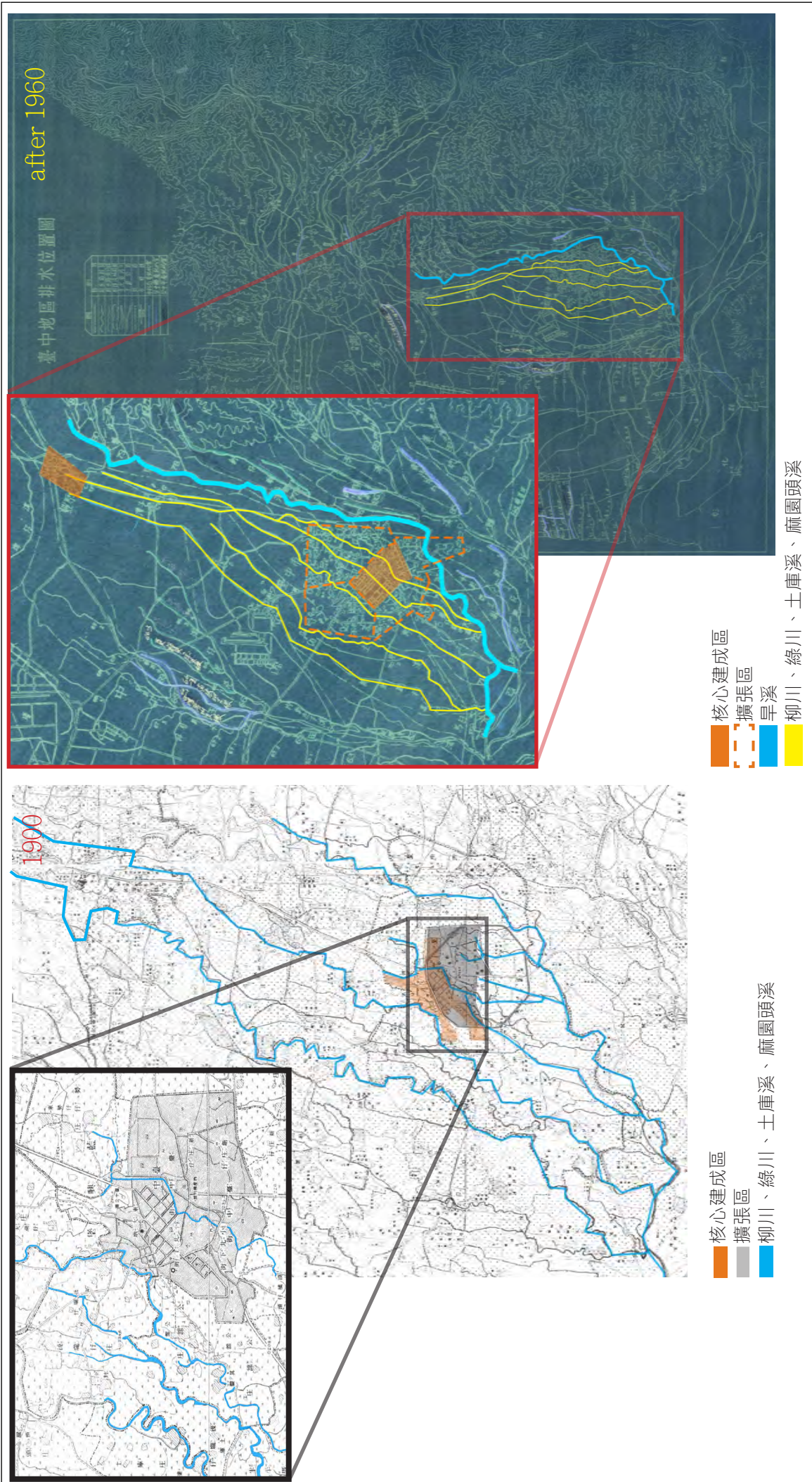


圖 4-1-1: 臺中的城市發展與河川

資料來源：中研院數位典藏（圖號：07-00-00-t0510）；賴志彰，1993:134，本研究加註。

4.1 再生生態的城市形態

城市的「模型」是基於社會機制、生態功能與物質環境所組成的循環系統，因此二十世紀的城市發展致力於投資巨大且蔓延的灰色基礎設施，為洪水、汙染、能源等影響發展的物質條件提供緩解，導致城市中產生與自然生態系統相互干擾的「城市生態系統」，且又受過去對由水、土壤與土地等物質元素對生物群與循環系統的影響，城市的環境調控機能不僅因為生態功能的消失而失衡，同時亦無法維持水與土等元素原本的環境功能 (Alberti, 2003)。

在通過前一章節歷時性與共時性的空間形態演變分析，顯示城市發展過程中由河川與綠地結合的園道改造過程，即是通過水與土壤的組織狀態改變對台中的生物群與循環系統最為影響之物質因素，而其現況除了是市區內大面積的排水溝渠外，同時亦是環狀綠代與小面積景觀公園的結合。此外，Bolund and Hunhammar (1999) 對城市 "生態服務" 的研究，雖然列舉 8 種綠色空間可維持、恢復或促進生態提供空氣過濾、微氣候控制、噪音減少、雨水控制、汙水潔淨與社會文化等功能¹，但其並未就如何實踐以及其與既有人造設施的相互關係進行討論。因此城市環境中的生態系統雖然以在近代逐步確立其影響、功能與服務，但改善的重點常以嚴謹的生態標準檢視而難以在城市中順利推行 (Alberti et al., 2003; McDonnell et al., 2009)，也因此如同 Bolund 等人指出生態服務與空間形態的相互影響特性，再生台中的生態系統需要重新在地方的空間與物質狀態下討論。

4.1.1 城市生態的關鍵元素、模式與因子

回應 Bolund and Hunhammar (1999) 於城市環境中的生態服務之討論，Zari(2012) 進一步以城市中的 "環境能力"(environmental performance) 衡量生態服務再生的可行性，雖然其以養分循環、棲息地提供與食物提供三項基準檢視城市環境是否能維持再生設計中的生態系統健全是較為嚴苛的標準，且過去的發展造成自然生態系統(服務)的物質條件已經大幅消失於建構過程中，但建築環境的改善仍有助於恢復 "人造生態" 可能的服務機能，而其可實踐性受到 "人、自然與空間" 的狀態重大影響，包括 "人與自然" 的互動模式以及 "自然與空間" 的空間形態，而 Zari 最後點出生態系統再生設計之重點一方面為將建築環境通過形式與材料 "融入" 生態系統之中，讓建物或生態排出入之物質或能量

¹ Bolund and Hunhammar, 1999:294-298

能再重複使用或成為一方之可用資源 (例如對生態或人類的可食性景觀)，另一方面為人造的 " 城市生態系統 " 再生需要重新檢視棲息地對生物群之間的不同特性，以連接、隔離或保護的特性避免對原生生態系統彼此互相干擾 (尤其是人類馴服的動植物與野生生態之間)(Zari, 2012:252-259)。

Alberti、Beatley 與 Breuste 等人以生態學的觀點，分別就既有的城市環境中 " 人與空間形態 " 提出促進生態系統的再生模式，研究指出既有城市發展模式因為通過對物質環境的干擾而產生「惡化」問題逐漸明顯，且正在經濟、社會或規劃層面上面臨挑戰，且即使不斷嘗試以人造設施提出都市災害的緩減，但卻受限於設施本身的物理限制 (乘載量) 而一直成效不彰 (Alberti, 2008:254-261)。儘管在 Zari(2012) 的討論中確立 7 種能在 " 建築環境模仿生態功能 " ² 的再生設計基礎，但其使用需要在辨明當下狀態才可對應至空間形態或單元中，然而重新恢復 " 棲息地與循環系統 " 藉以再生雖然是可能的，但對台中被改造後的物質元素進行恢復將牽涉到水、土壤、土地與建築的現況的使用狀態，尤其舊市區在缺乏可用空間的條件下，物質環境改造將影生活、經濟與土地的各種層面。因此以下將就人、空間與自然三項因子相互影響之城市生態系統進行討論。

1. 城市環境 (空間) 與生態系統 (自然) 的相互影響

在最近城市與環境通過生態機能再生的研究中，總結了三項人類在跨越尺度及空間，形成對自然與空間具關鍵影響的行動。其內容為：

(1) 影響生物演化進程改變：

通過 1600 個物種的基因演化研究顯示，城市環境作為生態催化器或生物濾網，藉由棲息地改變、生物相互作用、異質性棲息地、相互干擾和社會作用等，快速的物質條件改變而引發空間引起的生態擾動，導致包括人類在內的生物在基因與生物物理演化及形態偏離正常軌跡。並通過城市化過程中大面積的水利與土地開發，引起區域性的水、養分與生命「循環系統」的驟變，引起環境調節能力、食物系統、經濟產物等改變，而直接或間接的影響到人類。(Palumbi, 2001:1786-1790; Alberti et al., 2017; Alberti, 2015: 1-6)

(2) 改變同質性或異質性棲地：

在全球 11 個城市的分析對比中顯示，物理環境的「同質性」(Homogeneity) 主動地篩選具有特定特徵、性狀與機能的生物體，促使該地區的生態系統因失去

² 在 Zari 的研究中基於已經實踐的經驗對比理論，整理出 7 種能在建築環境中模仿生態功能的基礎，以設計規劃的改變重新提供棲息地、養分循環、物質淨化、微氣候調整、能源、淡水與食物等 " 生態系統 " 的平衡基礎。(Zari, 2012:263-264)(節錄於附件一)

多樣性而在基因、種類及功能上更加同質化。換言之，因為城市提供的環境條件形成城市與非城市的明顯分界線，因此相鄰的自然環境之間，所產生的巨大差異間接形成了嚴重的環境干擾，進而逐漸減弱生態功能提供的環境調節能力，導致城市中發生乾旱、淹水及熱島效應等問題逐漸頻繁產生。(McKinney, 2006:247-250; Palma et al., 2017:2-5)

(3) 城市環境擴張：

城市擴張做為人類活動改變地表上下的自然系統之主因，無論在高密度或低密度的發展模式下，皆通過土地覆蓋面積增加、跳島式發展、不透水表面增加、植被減少與水域面積改變等「土地使用與表面覆蓋」的改變，而對維持生態功能的物質條件產生巨大的環境干擾。並通過水利、能源與物質資源的存在模式改變，而導致生態系統與環境調節能力逐漸退化，除了引起廣泛面積、時間與空間的環境不穩定外，同時由城市環境中的物質條件的改變所引發的環境災害，而進一步影響人類福祉 (Palma et al., 2017; Grimm et al., 2008)。

2. 生態系統受空間影響的互動形態

於 Illgen 與 Dunn 針對城市中生態與環境的再生研究中，提出生態群或生態功能於空間中的再生行動之關鍵，並不在於水、土壤與土地的再生的密度、數量或面積多寡，反而是無法維持生態的實質環境條件，以及同質性的空間形態與生物群組成，才是影響生態系統之自我平衡並提供生態服務的關鍵因子³。換言之，台中的園道（水環境與綠地）是否維繫生物生存基礎與多樣性的空間形態，將是使分析更能解釋城市中的生態有效性於否的重點。而在 Alberti(2008)的研究中⁴，總結生態系統與城市環境吸收衝擊力的系統性能力，即是衡量城市的韌性或宜居性之方式，且其系統性的能力不僅受到空間因素影響，同時也取決於人與生態之間的互動模式，最後通過案例與理論的對比，提出以無人或人造的生態範式組織方式，再生生態的城市環境關鍵空間特徵為：

(1) 多層組織 (Hierarchies)

城市中的生態 (Urban ecosystems) 可以被解釋為可被拆解的多層次組織狀態，在每個分層中可因應不同的空間結構與機能需求，在不同尺度下運獨立或聯合運作。

3 Illgen, M (2011). Hydrology of Urban Environments. & Dunn, C. P. (2011). Composition and diversity of urban vegetation. in *Urban Ecology: Patterns, processes, and applications*, 59-69 & 103-114

4 Alberti, M. (2008). Advances in urban ecology integrating humans and ecological processes in urban ecosystems . p. 258-261

(2) 反應能力 (Emergent properties)

城市生態的穩定性與韌性取決於其在不同尺度下，對生態進程在不同空間或環境因子產生的相互作用之反應能力（適應力）。

(3) 平衡能力 (Multiple equilibria)

雖然城市中沒有任何生態系統具有全面性的環境平衡能力，但其中的許多單元組織後，便能通過生態的自我修正能力，提供多重的環境平衡能力。

(4) 非線性 (Nonlinearity)

在城市環境中線性組織（同質性）的生態系統，可能因為相互作用的改變而產生立即的不穩定或衰退。

(5) 地區特性 (Path dependency)

在城市環境中，生態系統的適應能力將通過地區性的特徵得到加強，如交通基礎設施激發的大面積環境變異與物種改變，促使地區性的替代生態系統產生。

(6) 不連續性 (Discontinuity)

自然的生態在系統上的改變既不連續沒有原則，因此城市環境中的生態系統必須能反應地方性的突發事件或特徵，而成長為與地方特徵平衡的狀態。

(7) 空間異質性 (Spatial heterogeneity)

因為城市中地方特徵對生態系統的影響並不一致，而空間的異質性通過生態機能的提供，緩解生物與環境的相互干擾。

3. 人與自然的互動模式

在 Beatley(2017) 的研究中，不同於城市生態學強調的空間與自然之再發展關係，通過以生態系統為基礎 " 設施 " 的空間再生理論，反而強調人與自然之間的平衡互動模式，由人與生態在城市環境的重新連結藉以讓人類行為改變空間的使用狀態。而其通過水環境、土地使用、表面材料、生態系統、城市植物與城市綠帶等城市中能促進人與生態接觸的實質環境，最終以 14 項作為連接人與自然的理想「空間模式」⁵，其空間模式內容如下：

(1)(2) 直接或間接與自然連結：視覺上或感知上與自然元素、進程與生命的互動。

(3) 隨機感官刺激：隨機且短暫的與自然保持接觸。

⁵ Beatley, T. 2017:22-23

- (4) 空氣與熱度的變化：自然環境中的溫溼度與空氣對流模式
- (5) 直接或間觸水：通過水的視覺、聽覺或碰觸聯繫，增加接觸地方的感官經驗。
- (6) 環境光源：光線與光影隨時間變化與自然系統的聯繫。
- (7) 與生態系統連結：生態系統隨季節或地區不斷改變的變化特徵。
- (8) 生物的形態與模式：與自然系統相同的形狀、紋理、空間或配置。
- (9) 自然材料：反映當地獨特生態或物質特徵的材料和元素。
- (10) 生態保護區：通過遮蔽或保護的空間，獲得獨特的自然系統體驗。
- (11) 多元：於空間層次中多元和豐富的自然體驗。
- (12) 暢通的視野：暢通或漸進的視野
- (13) 遮蔽性：環境條件或主要動線中的轉折
- (14) 危險與保障：自然環境中可識別的危險（河川、湖）與設施提供的保護。

綜合以上，以 Alberti、Beatley 與 Breuste 等人的「再生生態」觀點，整理「模仿生態系統」的再生空間形態與互動模式（圖 4-1-1），回應 Zari(2012) 研究中總結城市環境中的生態服務⁶，以及 Beatley(2017) 整理的「人、空間與自然」於城市環境中的模式，因此過去發展過程中經由對實質環境（水、土壤與土地）調整，雖是快速改善城市環境的途徑，卻是通過影響生態系統對現今環境行衝衝擊的因素之一，也因此，檢視實質環境中具「吸收衝擊力能力」（或稱韌性）的狀態能通過生態再生重新衡量人造環境及其修復因子。此外，基於第三章節分析台中實質環境、空間形態的演變過程，顯示出無論是以人類使用目的為主的「生態再生」，或是以空間再生為目的的景觀「環境改善」，通過當地的空間形態與實質環境的調整，都是經由生物群及其賴以維生的循環系統重新再生環境的有效途徑，但其也必需如生態服務研究所發現的同時檢視相互影響、互動形態特性（Zari, 2012:255）。

另一方面，通過臺中空間形態演變的對比可知發現，歷經都市化過程中對水文與綠地（園道）的長期「環境整治」進程後，目前台中的實質環境因為消失的水、土壤、土地與生物群，而無法如過去一樣自行維繫環境平衡，因此而產生偶發性的環境災害（霾害、汙水、缺水與淹水）無法緩解，而對照 Forman 等人整理的景觀生態空間形態⁷，與本研究整理的再生生態設計原則，發現臺中受過去對水源、交通與市地的發展需求，不僅形成空間對生態的分隔與相互干擾，同時亦缺少促使人與自然互動的可能（圖 4-1-1），然而建成區內仍具有許多可操作因子，如河川與綠帶構成的園道，以及大面積的景觀公園。

6 Zari, 2012:277-278（節錄於附件一）

7 Forman et al., 1996

A. 空間與自然相互影響因子

1. 循環系統
2. 同質性空間
3. 土地使用與表面覆蓋

B. 自然與空間的互動形態

1. 多層組織
2. 反應能力
3. 平衡能力
4. 非線性
5. 地區特性
6. 不連續性
7. 空間異質性

C. 人與自然的互動模式

1. 直接或間接與自然連結
2. 隨機感官刺激
3. 空氣與熱度的變化
4. 直接或間接接觸水
5. 環境光源
6. 與生態系統連結
7. 生物的形態與模式
8. 自然材料
9. 生態保護區
10. 多元
11. 暢通的視野
12. 遮蔽性
13. 可識別的危險與保障

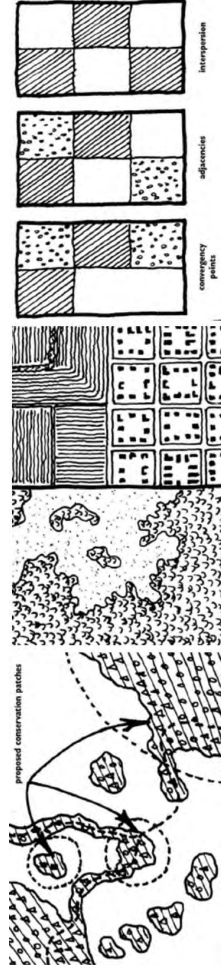
備註：城市環境與生態系統 (A & B) 的影響因子與互動形態，代表著經由空間形態演變過程改變的水、土壤與土地，以及其移除的生物棲息地、棲息地連接性、循環系統 (水、物質與養分) 與生物多樣性；而人與生態的互動模式 (C) 則是過去建構之空間形態引起之人類使用模式，以其的間接影響的空間組織、表面材料與物質組成，其代表著經由空間使用習慣影響生態系統的關鍵因子，以及其可再城市環境模仿的 " 自然 " 運作機制。

圖 4-1-1: 人、空間與自然的再生設計原則

參考資料: (A) Alberti, M. 2015, 2017; Palma et al., 2017; Grimm et al., 2008; McKinney. 2006;

Palma et al., 2017; alumbi, 2001; (B) Alberti, 2008, (C) Beatley, T. 2017

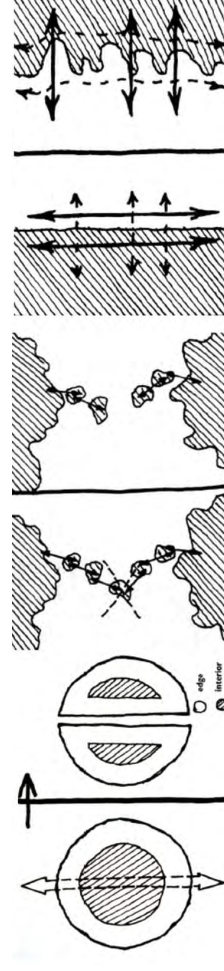
圖片來源: Forman et al., 1996



A. 區域空間與自然的再生應著重於實質環境中組成生態的「基地」組織狀態，包括多樣性、連接性與互補 (斥) 特性，以及其與相鄰環境的接觸面。



B. 促進自然於城市空間中的互動形態應在生物 (棲息地) 的連接性、互補特性基礎上，提供多層次的立體、平面組織狀態。



C. 實質環境中人與自然的互動模式的生態單元應有促進多元 (立體、平面)、連續接觸的生態空間，並提供生物棲息地保護、連接。

4.1.2 水環境、綠地與生態再生的城市形態

通過前章節對臺中空間形態的演變過程與對比其產生問題，發現無論以無人或人造的生態系統觀點恢復城市環境中生物群及循環系統，解決目前城區內汙染、淹水與缺水問題，將是對生態或人類皆最具影響性之核心議題。

Zari、Alberti 與 Beatley 等人雖然提供可在城市環境模仿的 " 自然 " 運作機制，但如同 Breuste 於生態再生設計研究中的提醒，環境問題雖可以通過生態系統獲得改善，但也需要對城市中人類與自然的互動模式進行改變，藉以對過去在 " 地方 " 發展之下累積的問題做出適宜性衡量 (Breuste, 2011: 1-4)，否則將會重新陷入過去空間與生態在發展上的二元對立之中。因此若以此觀點檢視於第二章節列舉的四個生態與環境改善實例¹，其中艾爾河道與燕尾洲公園在恢復生態系統與洪水防治的目的之下，採用偏向無人的生態範式配合空間形態改善再生河岸生物群與循環系統，其以較嚴苛的方法重新整治發展過程中對河道周邊棲息地、土壤與植被等物質元素，恢復適合生態復育的保留區域；而宏茂橋公園與清溪川的案例則是在都市型河川的背景下，尋求可緩解汙、淹水、缺水的生態服務再生，其採用較為偏向藍色綠色基礎設施的空間單元融入城市環境中，一方面藉由空間單元模擬部分生態功能以解決環境問題，二方面，在有限的城市環境中再生可親近自然的 " 景觀綠地 "。

對比小節 3-5 後發現台中的環境問題與宏茂橋公園及清溪川兩個個案都以都市河川為基礎，面對汙染、淹水、缺水與市區的環境議題而開始對綠地空間重視 (表 4-1-2)，雖然艾爾河道與燕尾洲公園為恢復生態服務較為有效的經驗，但其方法也較難在城市環境中順利通行，因此以下將就台中的生態再生方法對比宏茂橋公園及清溪川，討論其所採用的理論基礎與實際實施的空間形態，於台中的城市環境之中如何為具可實踐性的 " 模擬生態系統 " 設計原則。

1 艾爾河道、金華燕尾洲公園、首爾清溪川、碧山宏茂橋公園

計畫 (時間)	空間議題	再生方法	因子	目的
碧山宏茂橋公園 (2012)	都市河川、排水環境、親自然空間、民生汙水、地表逕流	藍色與綠色基礎設施、親近自然城市	河川、建築、綠地、排水、淹水、缺水、汙染、生態機能	通過可親近的城市生態提供環境調控機能
首爾清溪川 (2003)	都市河川、都市空間、親自然空間、民生汙水、河川洪水	城市景觀、親近自然城市	河川、交通、市地、綠地、淹水、汙染、間歇性水源	通過可親近城市景觀提供舊市區空間再生
臺中市核心區域 (2006 起)	都市河川、排水環境、民生汙水、親自然空間、都市發展、	藍色綠色基礎設施、親近自然的城市、生態服務	河川、建築、綠地、排水、淹水、缺水、汙染、生態機能	改善城市環境汙染、淹水與可親近自然

備註：宏茂橋公園及清溪川兩個再生生態服務的案例皆與台中同樣在都市河川的背景下執行，且皆以改善汙水、淹水、缺水與城市環境的主要目的，一方面改善過去發展累積的環境惡化問題，二方面改善都市中的景觀為可用綠色空間，因此其採用的藍色與綠色基礎設施以及親近自然之設計方法是台中可參考的重要經驗。

表 4-1-2: 城市環境再生案例對比臺中

參考資料：PUB, 2014; Liao et al. 2017; Beatley, 2017; Zari, 2012

在碧山宏茂橋公園案例中，新加坡為解決長年以來市區面臨的缺水、淹水與汙水問題，因此於 2006 年公佈結合生態的水環境計畫，以親近自然的城市理論 (Biophilic City)² 結合藍色與綠色基礎設施 (BGI) 的空間單元，重新建構都市既有的公園、排水、運河及水庫等城市環境，進入全國城市發展計畫 "城市花園" (City in a Garden)³ 及 ABC 治水策略 (ABC Waters Programme)⁴ 之中。而宏茂橋公園的再生案例中，經由結合地方的河川與綠地重新模擬生態系統的方式再生棲息地、生物群與循環系統，並由生態調節能力做為汙水潔淨、環境保水與洪水治理的 "服務設施"，同時提供可親近的生態空間改善過去人與自然的互動方式提供社會、經濟與教育的空間機能 (圖 4-1-2)。

另外在清溪川的再生案例中，清溪川長年作為市區的汙水匯流水道，路面又作為高速公路使用，受數十年的環境調整結果而相繼引發霾害、水汙染、惡臭、噪音與洪水問題，且其河川本身又為間歇性水源的特性⁵(季節性)，因此

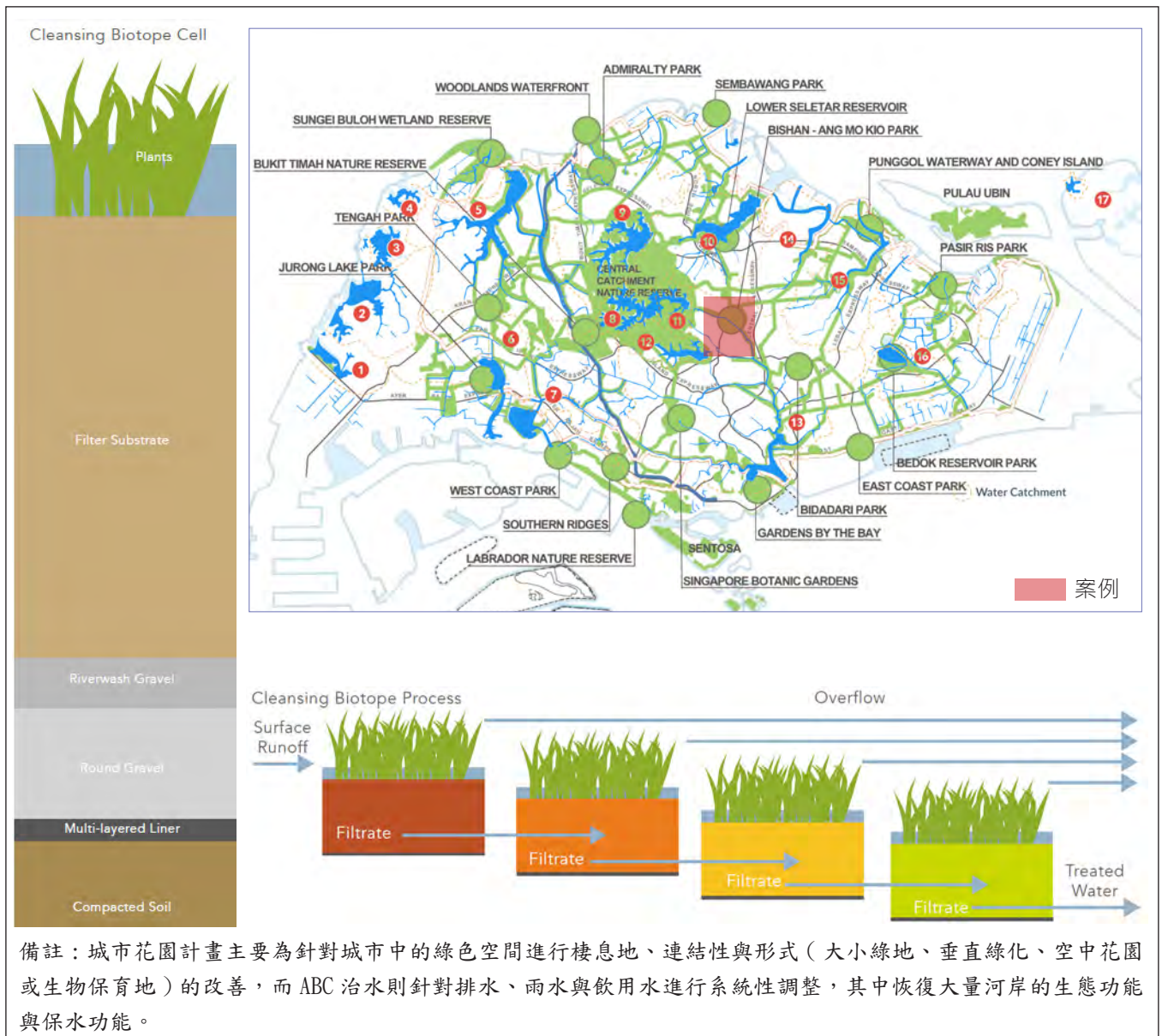
² Blue-green infrastructure (Liao, KH et al. 2017); Biophilic City (Beatley, 2017)

³ URA(Urban Redevelopment Authority), (2013). A HIGH-QUALITY LIVING ENVIRONMENT FOR ALL SINGAPOREANS. Singapore.

⁴ PUB(Public Utilities Board). (2009). Active, Beautiful and Clean Waters: Design Guidelines. Singapore.

⁵ Park, K. D. (2007). Cheonggyecheon restoration project. In JFES-WFEO Joint International Symposium on River Restoration, Hiroshima University. p.5-6.

考慮到地方實質環境條件能維持景觀生態之能力，首爾當局為改善城市環境與再生舊市區在經濟性與便利性考量之下，最後採用人工設施先將汙水與洪水問題截流以快速改善，同時結合景觀空間建造可親近自然的都市環境。其中值得注意的是，因為河道多年來皆被埋設為地下排水溝渠，因此其本身已經完全失去自然的水、土壤與土地之生態功能，且舊市區的空間條件難以取得的特性，最終"綠色景觀"之方式雖然在短時間內確實改善環境問題，然而以嚴苛的生態準則來看，其以"空間機能"為主要目的的生態服務再生僅是初步的達成。(圖 4-1-3)



備註：城市花園計畫主要為針對城市中的綠色空間進行棲息地、連結性與形式（大小綠地、垂直綠化、空中花園或生物保育地）的改善，而ABC治水則針對排水、雨水與飲用水進行系統性調整，其中恢復大量河岸的生態功能與保水功能。

圖 4-1-2: 新加坡的城市花園計畫與 ABC 治水計畫。
資料來源：URA, 2013; PUB, 2009; Schaefer, 2014



圖 4-1-3: 清溪川再生計畫與首爾空間關係。
資料來源：Lee, J. Y. (2013); Lee, I. K. (2006)

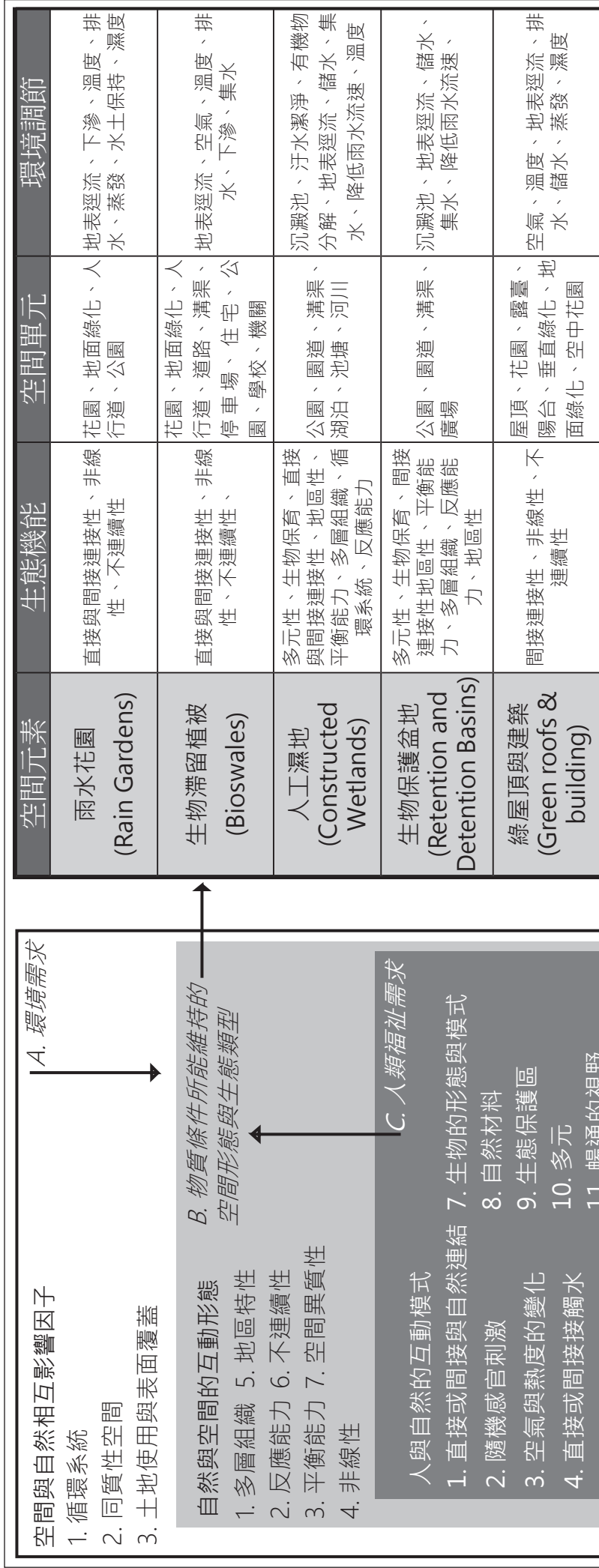


對比兩個實踐案例與台中的背景，顯示三個案例皆是為改善城市環境的問題而選擇以再生生態系統提供服務功能，而在兩個已實踐的例子中，採用部分藍色與綠色基礎設施的空間單元於"河岸"環境改造(圖 4-1-4)。在清溪川的案例中，將城市的空間機能做為再生的主要對象¹，但生態系統的恢復則作為維持空間品質而存在的服務性設施，因此其雖然確實提升城市內的生態機能²，但部份的機能是通過人造設施的維持才得以運作(保持)，也因此清溪川的案例是以人類福祉(C)需求為主對自然與空間進行改造的行動，但其結果並不能提供維持生態系統的循環系統與棲息地；而宏茂橋公園的案例中，通過空間(B)的大幅調整以改善水生與陸生生態系統的平衡機制(A)，以及人類的社會、經濟與使用模式對生態空間的關係(C)，因此其最後以空間的調成重新置入生態系統於城市環境中，不僅確實再生生態提供的氣候調節機制，同時影響城市環境中自然給予人類的社會、經濟與教育機能。

因此宏茂橋公園的案例雖然以生態服務提供改善城市環境的環境調控機能，但在空間改善與生態系統模擬的模式都屬於較嚴苛但有效的方式，而清溪川的案例雖於城市環境中提供人與自然的連接互動方式，但其大量採用人工設施維持的生態景觀屬於較脆弱的"人造生態"，然而若對應至台中的背景之下，兩個經驗可以在當下的空間與物質限中下交替使用。也因此，通過兩個實際操作理論與實踐的案例對比空間設計原則(圖 4-1-4)，台中市的環狀園道(水與綠地)適合以模擬生態系統方式為基礎(B)，重新檢討城市環境中人與空間的再生自然模式(A, C)，而藍色與綠色基礎設施則提供都市型河川的可實踐空間單元。

1 Lee, J. Y., & Anderson, C. D. (2013). The restored Cheonggyecheon and the quality of life in Seoul. *Journal of Urban Technology*, 20(4), 3-22.

2 雖然清溪川的案例以再生城市景觀的方式，將生物多樣性成功復育超過 70 種生物，然而其原先的環境是作為道路使用的純混凝土環境。(I. K. Lee 2006)



再生城市環境的生態系統模擬空間準則
基於環境需求或人類福祉需求

參考資料: Alberti, 2008, 2015, 2017; Beatley, 2017; Palma et al., 2017; Grimm et al., 2008; McKinney, 2006; Palma et al., 2017; alumbi, 2001; K. H. Liao et al., 2017; PUB, 2009.

圖 4-1-4: 基於理論與案例的再生生態設計原則

另一方面，近年台中開始實踐柳川與綠川的沿岸環境(調節功能)改善，但在空間形態對比中(圖4-2-3)發現，雖然臺中、首爾與新加坡三個個案中的河川都在城市源起時被作為污水排水系統使用，但台中基於對環境調節與空間再生的需求，選擇於河岸邊興建汙水截流、洪水整治與景觀生態的複合式人工景觀設施¹。因此台中的個案雖快速的改善城市環境品質，但其並未對過去遭受大幅改造的水、土壤與土地進行再生，而其綠色空間亦未形成維持生態系統的生物群、循環系統及棲息地，也因此，台中目前的狀態與清溪川的案例相似，都是在城市核心以快速改善的方式再生"綠色空間"，然而此種方案在水量超載的情況下，並不能有效控管地表逕流雨水及汙水的溢流現象，且平時與災後的維護較耗費能源與資源。

綜合以上，台中與宏茂橋公園及清溪川的個案中，皆為都市型河川與環境問題的基礎，而兩個實例分別以人類福祉為空間改善的目標(C)，或以模擬生態系統的空間再生為恢復生態服務及人類福祉的方法(B→A,C)，在對比Beatley(2017)²與Liao, K.H. et al. (2017)³等人研究之生態再生方式與服務後，發現雖然兩個案例於實施面積與生態功能的大小(強度)有差異，但皆顯示出無論是基於改善人類空間或環境品質的目的，城市環境中"多元性"與"直接或間接連接性"的空間形態對生態再生或人類空間改善都是重要之影響因素，其因素不僅是決定水、土壤與土地等物質元素維持之生物群與循環系統平衡的基礎。

1 透水鋪面、入滲溝、雨花園、入滲乾井、植生過濾帶、植生溝、地下水撲滿、斜坡道。
參考：台中市水利局(2017)。臺中市都會型河川汙染整治及環境改善示範工程，頁7-9。

2 Biophilic city, Beatley, T. 2017:3-32

3 Blue-green infrastructure (BGI). K.H. Liao et al., 2017:203-207

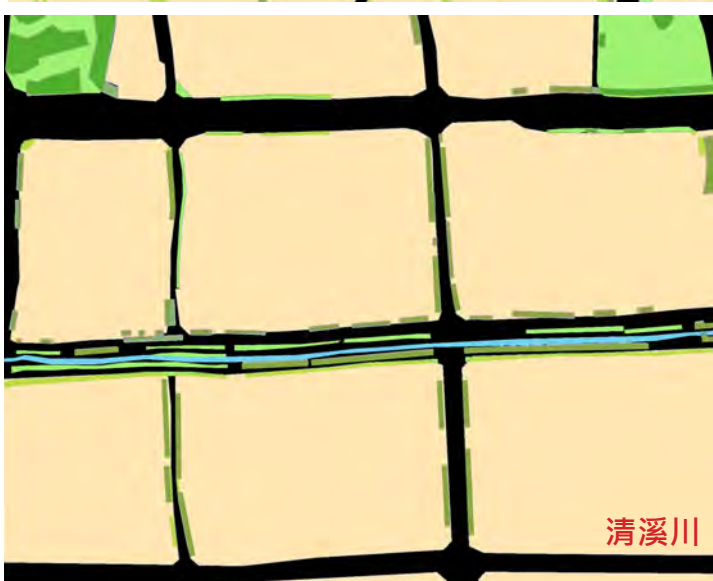


圖 4-2-3: 台中空間形態對比宏茂橋公園與清溪川
 照片來源：台中市政府；landezine.com；Lee & Anderson, 2013

- 建築 / 不透水表面
- 綜合樹林
- 地被植物
- 河川及水池

4.2 現代轉型期間台中城市的發展與生態

台中市的核⼼區域在近代的一百年之內，通過市地、交通與水利的不斷建設行動，已經逐步的將城市範圍內的物質條件改造為以人為主的自然環境。然而通過第三章節的歷史爬梳可以發現，台中市直至今日依然與百年前「高地」及「溪水密布」的實質環境相同，只是在過去的發展進程中，台中市大多數的自然空間已被地下化或同質化，大量的綠地被建築與不透水表面取代，而僅剩的河川空間亦改成混凝土的「排水溝渠」使用，平時除了作為市區內生活汙水匯流排水道之外，亦在市地的發展上具有空間連結的機能。但人口、建築與不透水表面不斷的增加後，發展至今的結果是城市內部的河川不僅受到生活汙水高度汙染¹，同時因為外溢的氣味、汙染、積水連帶影響舊市區提供社會與經濟活動的空間機能²。

為解決城市中受過去環境整治累積的洪水、汙染、積水與空間品質問題，在最近幾年內，市府嘗試以城市景觀與水環境的再生重啟一系列「環境整治行動」，以綠色空間為基礎對城市核⼼的災害問題提供緩解對策，然而在首爾與新加坡的案例中，顯示出面對與台中相同問題的不同方法，其一為以人工設施快速的改善問題，另外則是模擬生態系統運作機制再生生態服務於城市中，而兩種方法最終也產生了人工維持或生態自行平衡的兩種人造生態系統。因此台中城市環境的再生雖然於近年已經執行河川整治項目，但其實施方式受執行的範圍與強度較小而尚未形成系統，也因此對當前執行項目的討論將有助於為後續發展提供辯證。

4.2.1 當前城市中的水環境與綠地再生行動

台中市核⼼區域的柳川、綠川與土庫溪等都市型河川，於國民政府執政初期時延續過去的計畫，將上游的水源頭與下游的匯流渠道整治為以豐原一帶的水圳為水源頭，經過灌溉水道往南經過市區後至烏溪匯流的狀態，因此在 1980

1 台中市水利局 (2017)。臺中市都會型河川汙染整治及環境改善示範工程，p. 1-2。

2 台中市水利局 (2015)。臺中市綠川排水環境營造計畫。

年代開始下水道系統建設以前，市區內的河道已經被做都市的主要排水渠道，導致匯流下游至出海口連帶受汙染。1960 至 1980 年間，台中因為鐵路與公路的相繼完成，得以快速擴張人口及工商業的發展，因此在市區內留設的綠地被作為臨時建築用地大量築起家屋，造成沿綠川、柳川與干城一帶的大面積綠地被違章建築取代，但當時因為基礎設施不足且又無環境保育概念，以至於大量未經處理之家庭垃圾、汙水、水肥與工業廢水之汙染³直接排入河川中，不僅加劇原先已遭受汙染的柳川與綠川，同時因為綠地與河川的調節環境能力減少，反而增加城市核心嚴重水災與汙染外溢的災情⁴。

台中市政府有鑑於事態逐漸擴散且無法控制，因此於 1970 年至 1990 年間便積極對河川汙染與綠地違章建築的應對政策，除了計畫展開汙水下水道事業外，並以促進都市合理之發展為目的，將市區內部分綠地改為道路或建築用地⁵以舒緩人口增加引起的市地不足。然而整治行動受地方財政與政治因素而斷斷續續⁶，一直至 1990 年代台中市政府開始積極辦理雨水及汙水道建設行動後⁷，城市汙水與洪水的問題雖得到初步緩解，但為了解決市地之問題，25 公頃的綠地、園道被變更為市地，導致城市中水、土壤與土地等元素逐漸失去維持生態系統的能力。

此外，根據劉翠溶 (2009) 針對臺灣河川於 1982 至 2000 年間的 5 次汙染採樣分析顯示，全台城市區域之地面水及地下水，約有近 5 成水質仍受重金屬、有機物、垃圾與淤泥的嚴重汙染，不僅引起長期河道惡臭及淤積現象，同時嚴重影響環境品質與生態機能。其中值得注意的是，根據該分析結果顯示台中的城市河流是因民生汙水直接排入鄰近河川支線所造成的，因此在下水道用戶接管尚未完成以前，匯流進入城市河川的汙水問題將無法得到根本上的改善。然而根據台中市水利局於 2014 年與 2017 年的調查結果顯示，為整治區域性的汙水問題，台中市雖已建設超過一半的汙水下水道⁸，但於市區內實際的接管率僅

3 內政部營建署，2012:23；陳孝順 & 徐宏銘，1995:100-103

4 行政院國際經濟合作發展委員會都市發展處，1971:54-56

5 臺中市政府建設局，1967:12；臺中市市政府，1995:41-59.

6 內政部營建署，2012:27-29；陳孝順 & 徐宏銘，1995:103；鄭曉琦 & 葉憲峻，2008:214-216.

7 內政部營建署 (2012)。下水道誌 - 本文篇，頁 27-29。

8 臺中市水利局 (2014)。臺中市汙水下水道建設統計分析，頁 6。

有不到兩成⁹，顯見目前台中市多數的城市河川仍處於中度或嚴重汙染等級¹⁰的原因。此外，根據台中市水利局分析¹¹，當前台中市的水利設施主要面臨問題為：強降雨超過防洪設計標準(25年)、都市化導致地表逕流增加、山坡地開發引發水土流失、山坡地開發控管不易與市區排水道寬度狹窄且不易更動共五項。

因此台中市於2016年展開「臺中市水系景觀環境營造實施計畫」行動¹²，在確保有效防洪與快速改善汙水問題的目的之下，以尋求「治水、利水、親水及活水」的城市環境為發展目標，再生結合都市水環境與綠地之藍綠帶環境。而其首先推動柳川及綠川河川的水質與環境改善，第一階段為局部性的汙水過濾、截流與控制溢流之功能建構，第二階段為再生具滲水、保水與生物棲地功能之綠色景觀，其執行的內容包括晴天截流處理、清淤工程、河岸景觀再造及地下礫間水質淨化處理等設施，以及為城市環境提供可親近的水及綠色空間。因此為了重新改善城市河川，改善方法開始導入藍色與綠色基礎設施的空間單元¹³，計畫於舊市區內再生柳川和綠川的水質與沿岸環境，結合河岸旁綠帶實施透水鋪面、入滲溝、雨花園、入滲乾井、植生過濾帶、植生溝、地下水撲滿等，共三項汙水及七項防洪機能之城市「景觀」措施¹⁴(圖4-2-1 & 圖4-2-2)

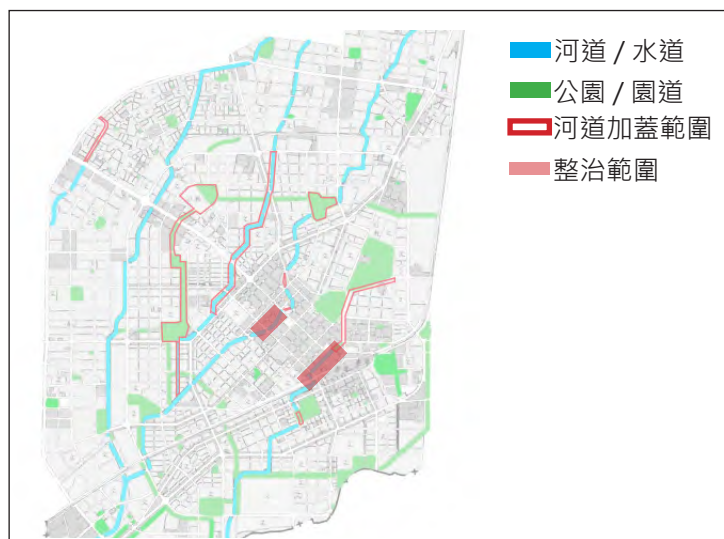


圖 4-2-1: 柳川與綠川整治範圍
資料來源: 台中市水利局, 2017; 台中市水利局, 2015

9 臺中市水利局 (2014), 臺中市污水下水道建設統計分析, 頁 3。

10 台中市水利局, 2017:1; 台中市水利局, 2015:3-1~2

11 台中市水利局 (2016)。早溪排水規畫報告; 台中市水利局 (2017)。臺中市都會型河川(柳川)汙染整治及環境改善示範工程。

12 於 105 年度執行「臺中市水系景觀環境營造實施計畫」規劃案, 其主要內容為整治包括柳川、綠川、筏子溪與大甲溪等與城市關係密切之水域環境, 首先針對「水質」改善為目標, 預計執行「臺中市綠川水質及環境改善規劃設計計畫」、「臺中市柳川汙染整治及環境改善計畫」、「臺中市綠川排水環境營造計畫」等。(台中市水利局, 2017; 台中市水利局, 2015)

13 台中市水利局, 2017; K. H. Liao et al., 2017:203-207

14 台中市水利局 (2017)。臺中市都會型河川汙染整治及環境改善示範工程, 頁 2、7-9。



- 入滲溝
- 入滲乾井
- 透水鋪面
- 植生溝
- 植生過濾帶
- 雨花園
- 地下水撲滿

■ 增加入滲面積 ■ 減緩初期暴雨逕流 ■ 降低非點源污染

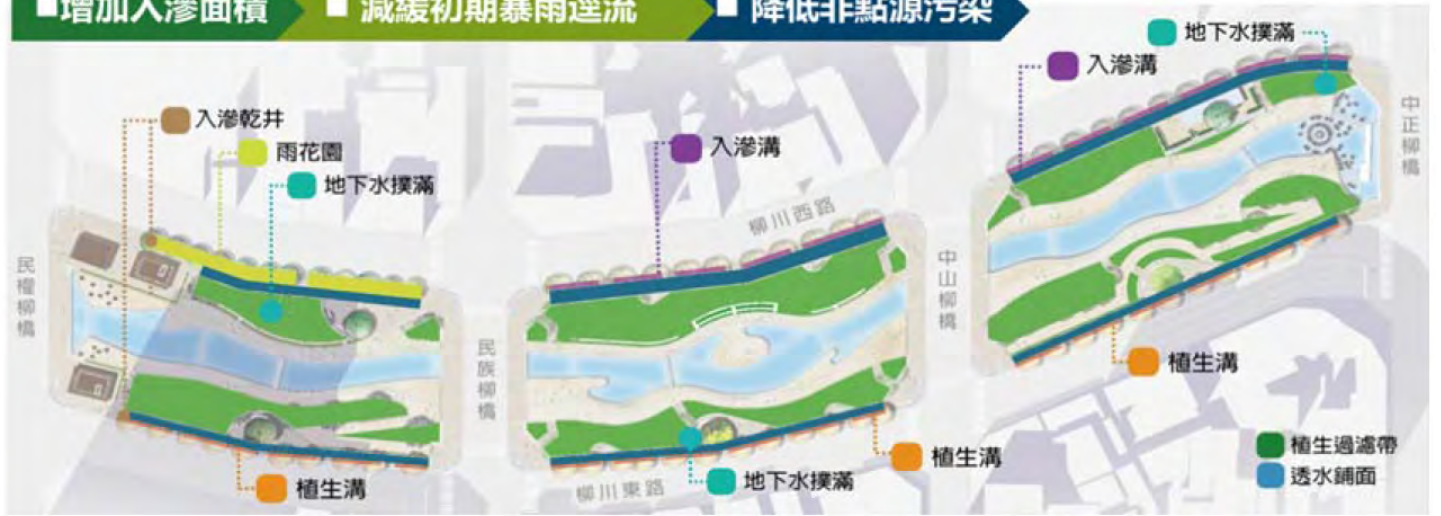


圖 4-2-2: 柳川 (上圖) 與綠川 (下圖) 整治配置圖
 資料來源：台中市水利局，2017；台中市水利局，2015

另一方面，宏茂橋公園及清溪川兩個案例對比台中的實施細節，其相同處為案例與台中目前執行之改善計畫皆採用親近自然的設計觀點，在以藍色及綠色基礎設施之綠色空間單元再生河岸環境，但若以設計原則對比則發現台中的空間形態改善與清溪川相同，兩者皆採用人工設施快速的將汙水問題排除，而"綠色空間"則以空間品質改善為目的。因此實際上台中的改善方案因局限空間於河道內，而無法恢復"多元性與直接或間接連接性"的綠色空間提供人類或生態使用，不僅導致綠色空間不易與城市環境連結，同時因陸生與水生的物質元素零碎化(分隔)而無法維繫生態系統平衡。然而通過台中市於2012年至2016年

間柳川所實施的改善工程紀錄 (圖 4-2-3) 顯示，雖然示範河段內以「截流」之方式，確實提供舊市區內綠色空間與水質改善¹⁵，但已經執行的部分多為利用城市外部設施為環境汙染、氣候及洪水問題提供緩解，因此雖然沿岸綠地整治行動提供可親近自然的綠色空間，但在當前河川汙水問題未改善之前仍然是依賴人工系統、資源及能源以維持生態平衡的示範性「景觀」工程。

因此綜合第三章節的空間形態演變對比再生生態設計的理論與案例，發現台中的空間形態對「生態或人類使用」的再生不僅缺少多元性與連接性，同時缺乏城市環境中模擬生態系統的異質性「生態群與物質條件」，以及人類使用及生態保護的「平衡空間」(緩衝)，導致園道雖然具備水環境與綠地資源卻無法維持自然的水養分、物質與生物循環系統¹⁶。而台中的河川、綠地與建成區(不透水表面)的演變結果對比歷史上的洪水發生位置(圖 4-2-4)，發現經由水、土壤與土地對環境的改正過程雖然確實暫緩了災害問題，然而隨時間演進同樣的地方還是重複發生問題，而此現象又在人口、不透水表面(建築與道路)及河川汙物增加時又進一步加劇。也因此基於設計原則與空間分析後，發現目前以實施之藍色與綠色基礎設施(BGI)的空間單元著重於汙水的潔淨功能，且多採用人工設施暫時性的整治環境問題，而如果以同樣的方法(BGI)再生台中的生態服務(環境調節)機能，應重新提供模擬生態系統的物質元素與空間形態，提供自然的循環系統與生物棲息地，根據宏茂橋公園的案例與 K.H. Liao (2017) 提供之藍色與綠色基礎設施實施經驗與空間單元¹⁷，適合台中之項目為：

- (1) 生物滯留空間：地面綠化、停車場、人行道、路樹、綠屋頂、垂直綠化等，小面積組成的生態空間單元，提供生物短暫滯留並直接或間接的連繫至大面積之生態空間。
- (2) 生物保護空間：公園、園道、學校、廣場等大型機關用地，提供多層次、多元的植物、水體或地形，並以軟性的空間阻隔給予生物棲息地與物質條件與人類環境之必阻隔。
- (3) 生態池：公園、河川、水池、溝渠等城市水體，再生模擬生態系統的水、土壤、土地與循環系統，除通過軟性阻隔隔離人類活動對棲息地的干擾以外，收集來自區域的地表逕流或汙水將提供水生與陸生生態系足夠之養分(可承受範圍)，而潔淨後之水源則回到循環系統中。

15 台中市水利局 (2017)。臺中市都會型河川汙染整治及環境改善示範工程，頁 1-2。

16 生態系統賴以為生的水循環與養分循環。(Breuste, 2011: 45-69)

17 URA, 2013; PUB, 2009; K.H. Liao et al., 2017:203-207

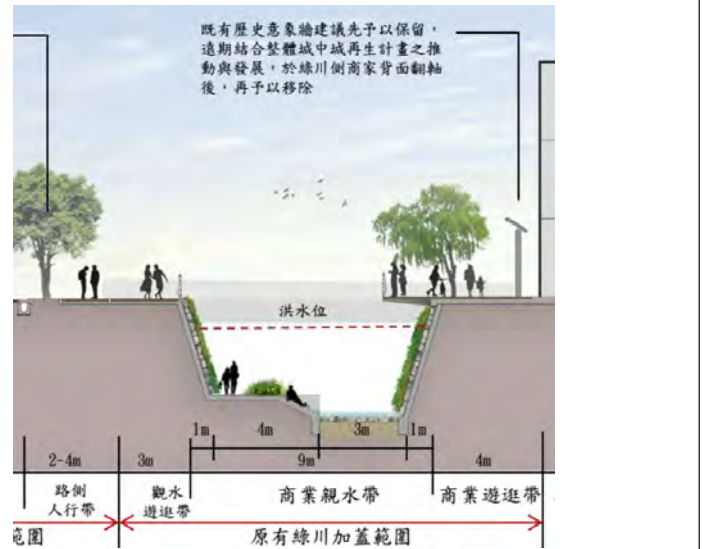
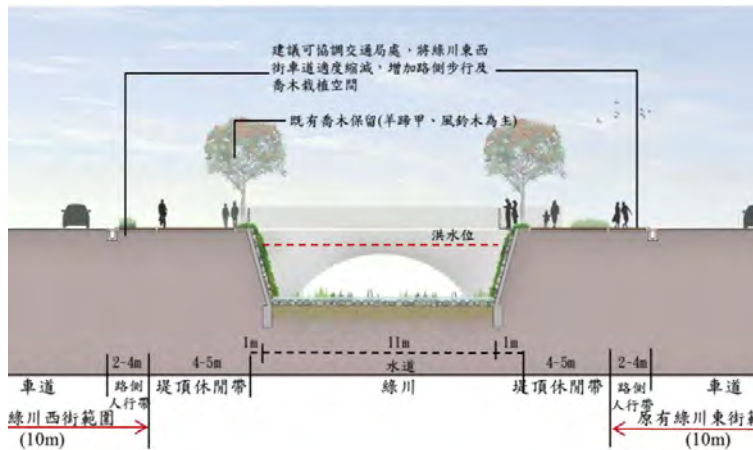
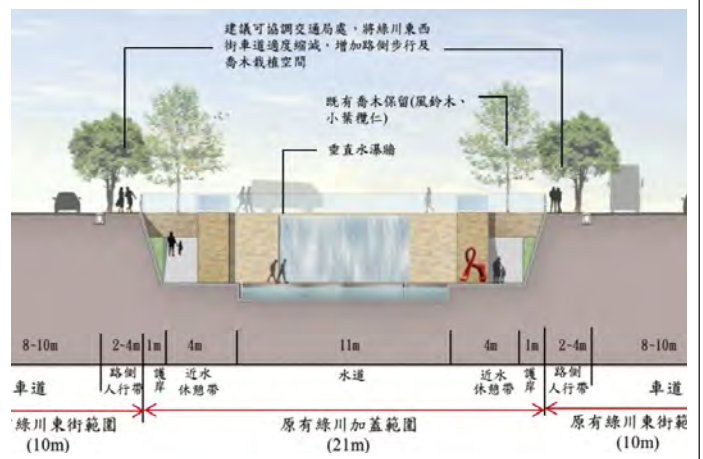
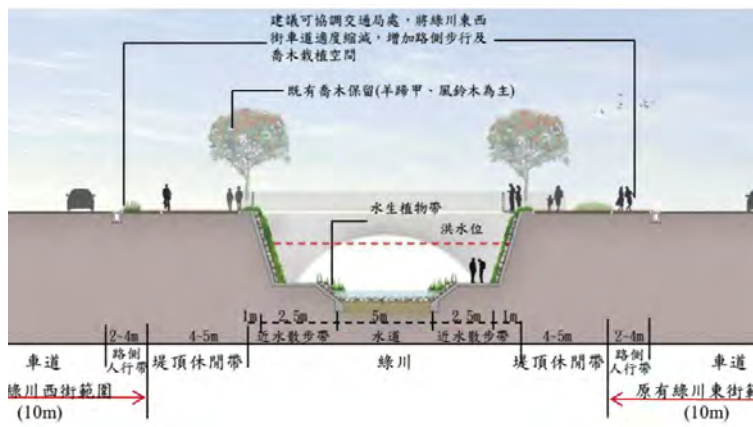
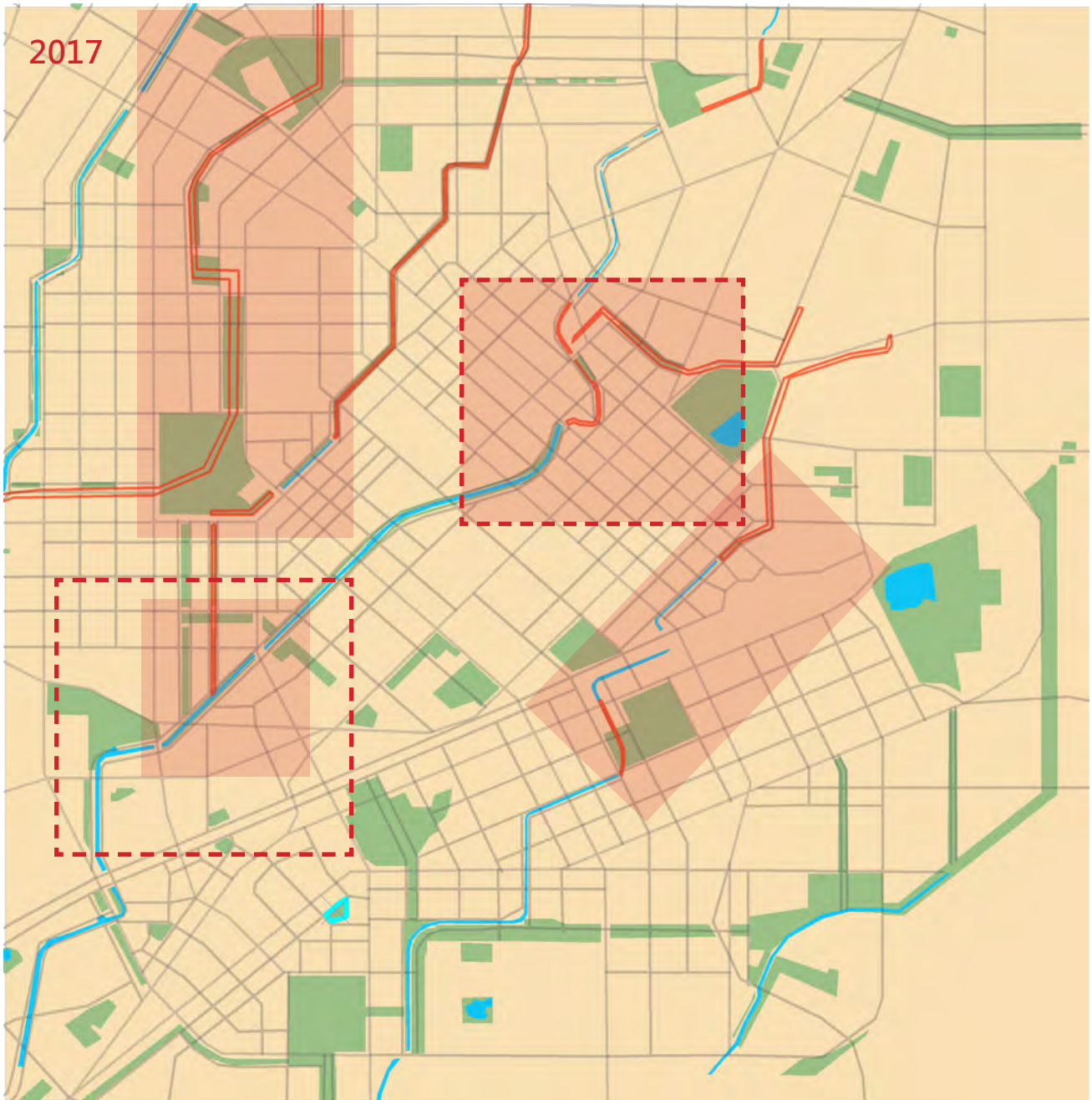


圖 4-2-3: 柳川與綠川於光復路至民權路間河段整治 (2012-2016 年)

資料來源 :heretic blog; 台中市政府, 2015

(<http://heretic.pixnet.net/blog/post/34824712>)



4.3 台中市生態的設計原則

城市發展過程中被改變的水、土壤與土地等物質元素，不僅使得都市成為高度同質性與不透水表面覆蓋的人工環境¹，大幅的改造過程亦導致生態服務提供的環境調節能力逐漸消失。在前章節的整理後發現台中城市內的"園道"(水與綠地)是影響環境平衡的關鍵因子，且由於過去一系列的水環境或綠地整治行動皆延續1956年以後市地或交通的擴張模式，因此城市內的物質條件不僅無法維持生態系統平衡，同時水環境與綠地結合成園道後反而造成城市環境汙水、淹水與缺水的問題開始浮現，因此最近幾年市政府為了改善城市中的環境調控能力²，開始採用人工設施³結合河岸綠色空間做為再生的示範性措施，然而城市中過去受整治的物質元素不僅沒有在最近的改善行動中被恢復，反而又通過不透水表面的景觀設施對其再次覆蓋。而通過前章節的整理後，發現台中的空間形態缺少了城市環境與自然的多元性與連接性空間(生態保護或親近自然)，同時在最近改善行動中亦尚未恢復模擬生態系統所需的異質性生態群與物質元素，因此在缺少維繫生態所需的條件之下，生態服務具備淨化(Treatment)、治洪與保水功能尚無法在城市景觀建構行動中再生，也顯示其將人工的景觀設施視為生態的觀點仍需以模擬生態系統之生物群與循環系統補充。

此外，台中與前小節所述兩個案例的對比，顯示城市再生(Urban redevelopment)或恢復生態服務兩種不同的再生空間的目的，而對比後發現臺中目前執行的計畫與"清溪川"經驗頗為相似⁴，雖然其確實提供城市環境中親近自然的空間與人工維持的環境穩定，但台中河川的水量有季節性水量差異極大與民生排水汙染特性，因此本小節將再已經執行的台中的河川環境再生基礎之下，討論以恢復生態系統與親近自然地空間補足現有的不足。

1 同質性環境、不透水表面、反生物的空間與不利於生態系統的物質條件。(Sukopp, 1998)

2 2006年起台中市政府針對柳川、綠川與旱溪等城市河川開始提出水環境與汙染改善計畫，請參考當前城市中的水環境與綠地再生行動(參考章節4.2.1)

3 台中市水利局(2017)。臺中市都會型河川汙染整治及環境改善示範工程，p.7-9。

4 2015年以後針對柳川與綠川的生態空間再生皆參考韓國清溪川的案例，並在空間模式與整治辦法同樣參考藍色與綠色基礎設施之作法。(臺中市政府水利局，2015:2-33-39; 臺中市政府水利局，2017)

4.3.1 模擬生態系統的城市空間形態

通過第三章台中城市發展過程中，釐清人類與自然於實質環境中互動模式、歷程，發現雖於過去以結合水文、綠地的空間為緩解城市環境所用⁵，但其對水、土壤與土地的持續影響實質上造成生態系統賴以為生的生物群與循環系統消失，以至於過去依靠生態服務提供的維持環境調節功能逐漸喪失。

考慮到台中舊市區空間狹小且難以取得的特性，以改善環境為目的的「再生生態」空間單元將以既有的園道、小面綠帶、公園為關鍵基地，而恢復生態系統所需的異質性生態群，以及水、棲息地、土壤等構成的物質循環系統，將由結合河川、綠帶的園道作為空間形態調整的主要基礎，一方面恢復市區內的生態保護棲息地，二方面改善過去發展過程中大幅改造的物質元素，因此基於再生生態服務的觀點⁶「模擬生態系統」的台中城市環境改善，其空間設計之重點單元及其功能為：

- (1) 生物群連結：城市環境中相異的生態系通過人行道、路樹、建築、道路、鐵路、溝渠與地形等，再生生物的多元組成與連接性，並提供生物群與生態棲地之間的相互聯繫。
- (2) 生物滯留：生態系統之空間單元通過較大面積（連續）植被、路樹與綠地，提供水生或陸生連結形成動植物保護或生物滯留空間。
- (3) 棲息地：提供水、土壤與適宜土地形式維持對生物需求的模擬生態空間單元，再生河川、濕地與水池的物質元素以恢復多元、多層與豐富生物組成。

台中實質環境中模擬生態的空間再生雖然在園道（水與綠地）的基礎之下具備可實踐性（圖 4-3-1），但如科博館至國美館之間被覆蓋地大面積河川卻較難改動（A, B），然而若在較嚴苛的生態再生標準之下其勢必需要以不同的方式再生，因此恢復台中的環境調節能力所需要之生態連接、滯留與棲息地（保護），可先針對既有的園道、建成區（不透水表面）進行連接與改善。

5 台中的園道除了是景觀用途的綠地以外，同時還有生活汗水、公共空間、防災避難與臨時集會的功能，於國民政府入台後亦成為許多人的棲身之所。

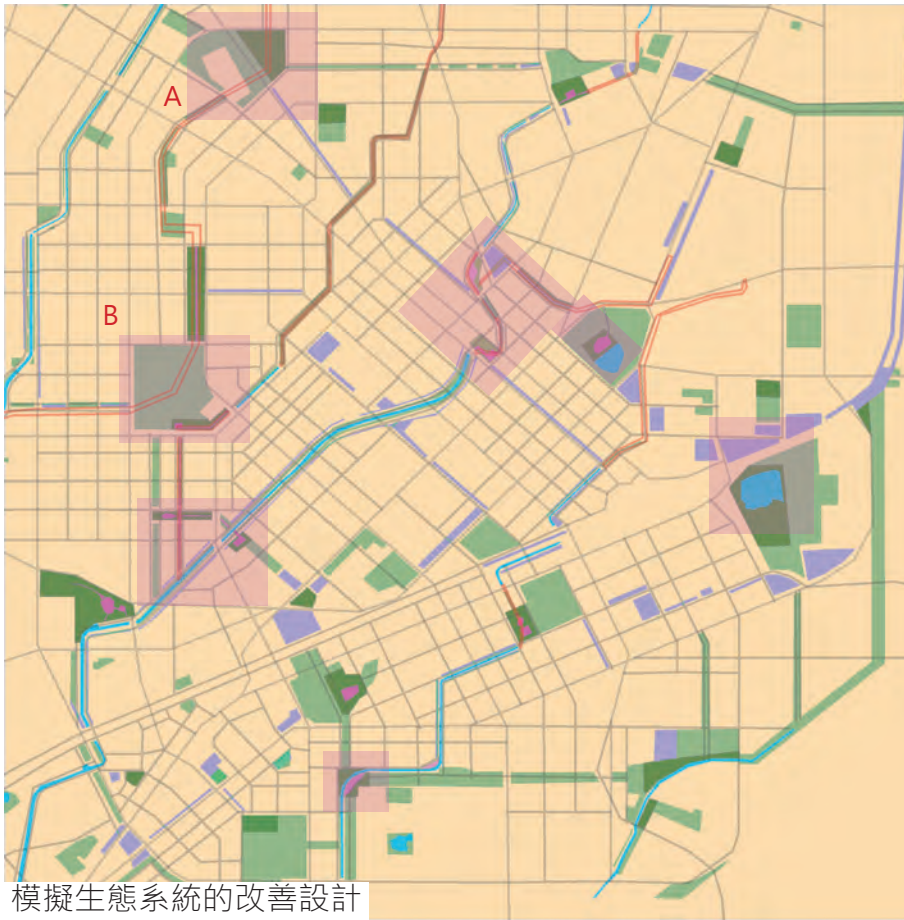
6 Forman et al., 1996:35-39; K.H. Liao et al., 2017:203-207; Zari, 2012:277-278; 林憲德, 1999:131-198

另一方面，通過台中的空間形態演變歷程，發現台中舊市區不僅缺少與自然接觸的多元空間、互動模式，且城市環境中也缺乏促進生物連結的生態單元，因此改善人與自然的相互關係 (Beatley, 2011:83-84) 在台中的空間單元為：

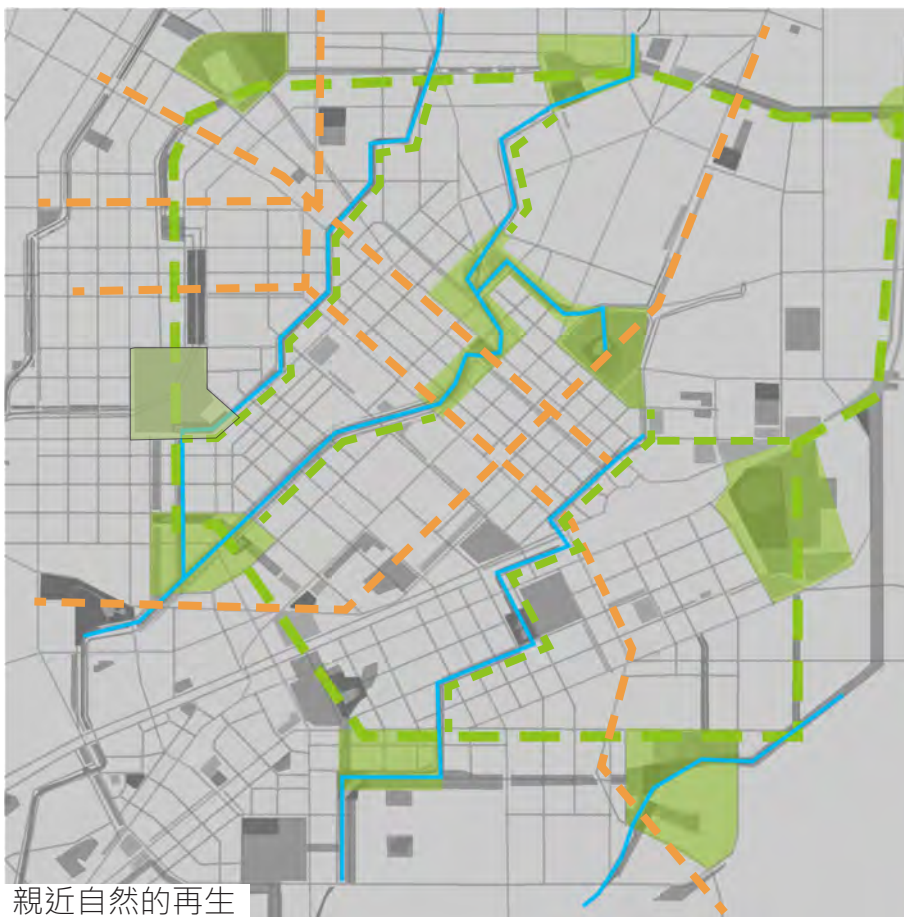
- (1) 建築：由綠屋頂、垂直綠化、室內植栽與私人庭園等，零碎、微小或移動性的綠化，提供人類隨機且直接或間接得接觸自然。
- (2) 街道：由路樹、人行道與地面植被等，城市中狹小但常見的綠化，改變人在環境中感知與經驗體驗模式
- (3) 區域：由河流系統與區域綠地系統，改善城市中同質性的物質環境，並以多元、多層次且異質的生態空間元素，再生物質條件與生態系統的連結。

然而根據 Bolund 等人對生態系統再生的研究⁷，親近自然的 " 景觀 " 空間單元常因為缺少維持生物群與循環系統的物質條件，因此對生態系統而言是近似混凝土表面的存在，但其確實也有助於經由人類行為的改變，間接促使城市形態提供生態需求的轉變 (Beatley, 2011:13-32)，也因此再生既有空間形態的生態服務亦不可或缺親近自然的空間互動模式 (圖 4-3-1)。而在此觀點之下，科博館至國美館之間遭蓋的河川，以及柳川再歷史上常水患之位置，反而可藉由實質環境中提供隨機且不連續的自然 (生態) 感知、經驗、互動，通過促進市民 (人類) 對環境、生態的 " 需求 " 而逐漸改善，而在此觀點下對照 (圖 4-3-1) 與 (圖 4-3-2) 顯示之改善前後的空間形態，發現在實質環境既有的基礎之下，其實只需要針對如 (圖 4-3-1) 顯示之棲息地、連結帶便可改善。

⁷ Bolund and Hunhammar, 1999; Illgen, 2011; Dunn, 2011



- 建築 / 不透水表面
- 既有綠地
- 地下河道
- 河川 / 池
- 生物群連結
- 生物滯留
- 棲息地 (生態池或淨化池)



- 連結生態的空間
- 河川水環境
- 主要移動模式
- 直接或間接的接觸自然

圖 4-3-1: 台中城市環境
資料來源：本研究繪製

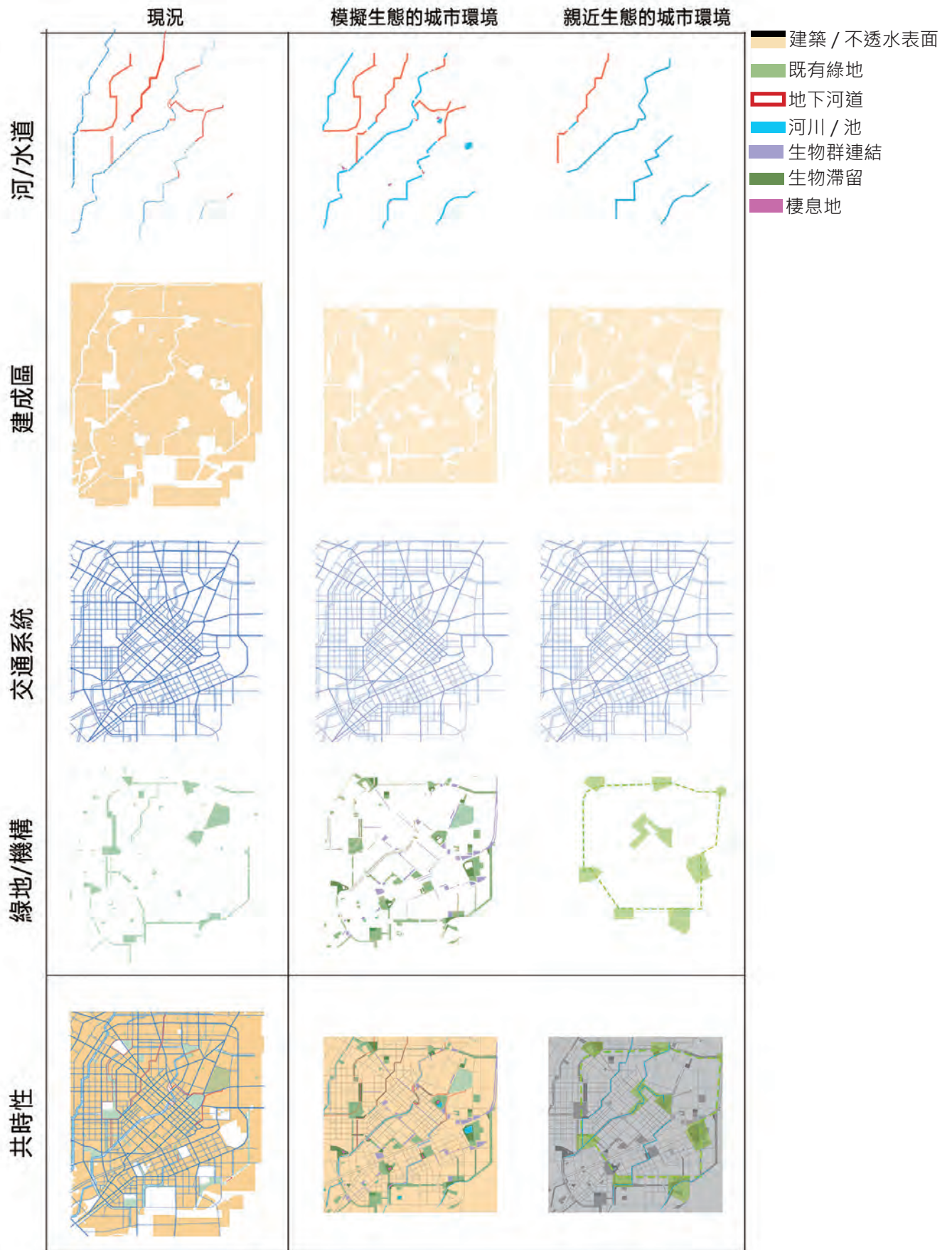


圖 4-3-2: 台中環境再生的空間形態

資料來源：本研究繪製

0 1 2 Kilometers

4.3.2 柳川案例的改善

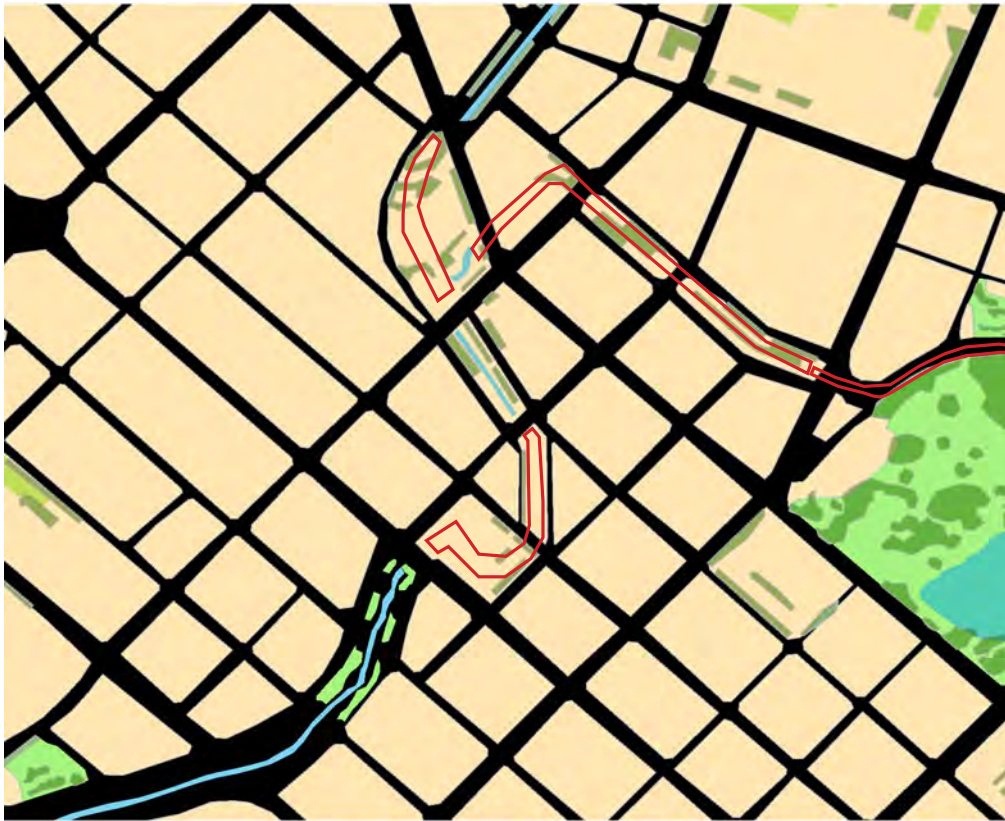
最近兩年內台中城市環境針對河川汙染整治與環境改造大量的採用清溪川經驗中藍色與綠色基礎設施之方法與空間單元¹，而通過前章節以生態服務及空間形態的觀點進行分析與對比後，發現目前初步執行的景觀措施雖然確實促進空間與環境發展脫離過去的矛盾關係，但其實施方式因注重洪水與水污染的原因而缺少維持生態系統的基礎模式，不僅導致其布置的"生態單元"無法提供衡的水、土壤與土地形式作為生態服務的基礎，同時因為局限於河道內的景觀空間不足以形成親近自然的空間形式，以至於城市環境中的生態服務或與親自然空間無法有效實施。(圖 4-3-3)

因此通過理論與案例的對比發現柳川的河岸環境再生目前採用以人為主的景觀系統，而其雖然提供數項恢復物質元素的空間單元²作為生態的整治方式，但限縮於河道內的生態空間不僅導致其無法提供並維持有效的循環系統(水、物質與能量)以維持生物群，同時亦忽略平衡生態系統之多元與相互連結的特性，也因此台中城市環境的整治方式應再配合柳川河岸生態再生的基礎下，同時提供小面積的間接連結單元，河川內的生態系統將提供水生與陸生生物保護與棲息地，再與城市中個別的獨立生物群連結形成體系(圖 4-3-4)。

綜合以上，目前執行的柳川河岸景觀改造方案雖然能在短時間內提升環境品質，但其以景觀空間將環境問題遮蔽或隱藏卻並非有效改善的方式，且如同首爾案例所顯示的，人工景觀設施維持的環境將需要更多的資源、能源與設施投入，最終仍會重回到空間與環境發展的矛盾對立，因此生態系統的再生於城市環境中的推行過程雖必須經歷目前的階段，但為避免又回到發展過程中採用的灰色基礎設施狀態，模擬生態系統的河岸與城市環境需要於人類行為與物質條件兩方面同時進行，(圖 4-3-4)提供目前柳川無法提供生態服務的空間改善，其生態棲息地、滯留與連接的空間將維持水生與陸生生物，同時亦恢復河川至城市內水、土壤與土地的循環功能。

1 台中市水利局, 2017; K.H. Liao et al., 2017

2 透水鋪面、入滲溝、雨花園、入滲乾井、植生過濾帶、植生溝、地下水撲滿。(台中市水利局, 2017:7-9)



- 建築 / 不透水表面
- 既有綠地
- 地下河道
- 河川 / 池

圖 4-3-3: 柳川基於防洪與污水整治的自然再生以及其與城市環境關係 (柳川水岸景觀計畫)
資料來源: 本研究繪製



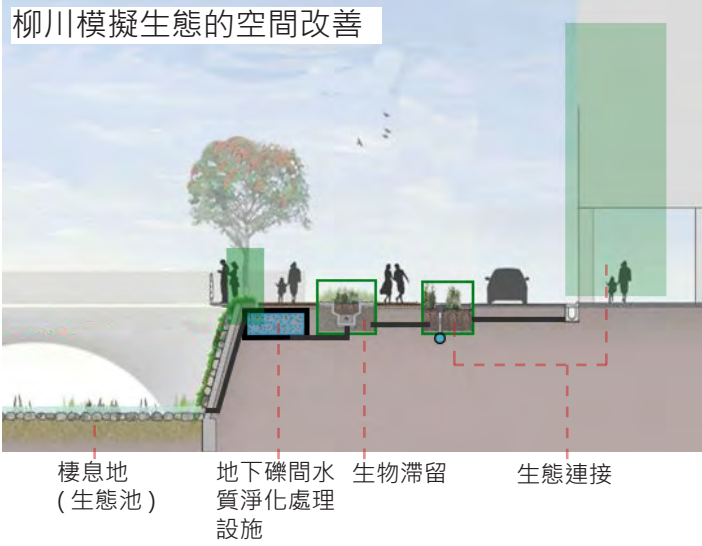
- 建築 / 不透水表面
- 既有綠地
- 地下河道
- 河川 / 池
- 生態池 / 淨化池
- 生物滯留
- 生物保護
- 間接連接單元

圖 4-3-4: 模擬生態系統的柳川河岸再生與城市環境
資料來源: 本研究繪製



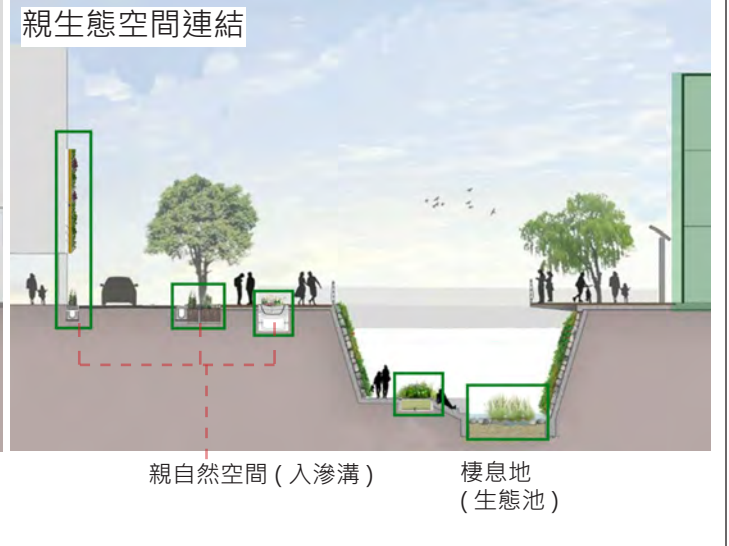
柳川模擬生態系統示意圖

柳川模擬生態的空間改善



棲息地 (生態池) 地下礫間水質淨化處理設施 生物滯留 生態連接

親生態空間連結



親自然空間 (入滲溝) 棲息地 (生態池)

圖 4-3-5: 柳川河岸親生態空間單元改善

資料來源: 本研究繪製 (圖片: 台中市水利局, 2017)

4-4 小節

在最近幾年內市府為了緩解城市中長久無法改善的汙水外溢與洪水問題，於是在 2010 年展開一系列針對綠川、柳川與旱溪等與城市區域關係密切的都市河川整治¹。基於理論的設計原則與現況對比後，發現目前台中在生態或景觀的營造行動中缺少促進生態系統自我平衡的異質性生態群與物質元素，以及對於人與生物而言空間形態的多元性與連接性，因此最近的改善行動雖以人工設施快速提供提升環境品質，但其並未以模擬生態系統的方式提供生物所需以獲得生態服務的環境調控功能，因此河岸環境再生將是改善過去空間與環境發展問題的基礎。

在空間資源有限的地方條件之下，台中市有別於兩個案例提供的經驗，應更重視由水環境與綠地構成的原道，以及城市環境中狹小、不連續且隨機生態空間，將大面積的生態池或生態保護空間連結至舊市區內，重新提供水、物質、能量與生物之間的的連結與循環功能，藉此才能通過生態服務提供淨水、防洪與保水。而其生態再生的營造方法與空間單元，如同宏茂橋公園與 K. H. Liao 在藍色與綠色基礎設施實踐中點出的，應基於地方的水、植被和土壤組織狀態(園道)，再生當地的水生和陸生生態系統相互連接(K. H. Liao et al., 2017:203-205)，而非創造出僅為人工維持、觀看和使用的「景觀空間」。

綜合以上，台中城市環境的人、空間與自然的再生設計，適合經由園道連結至建築的物質環境與元素改善，一方面藉由多元的自然空間連結改善人類經驗與使用方式，另一方面通過物質元素與空間型態再生恢復生態系統及其維生條件，而柳川河岸汙染及環境整治的案例雖是解決問題的基礎，但其採用的方法卻只能作為城市空間與環境再生的跳板，模擬生態系統的重要特徵與模式仍需要讓建築環境通過形式與材料"融入"生態系統之中，重新恢復水與土等元素維持的生物群與循環系統(Alberti, 2003; Zari, 2012:252-259)。

1 台中市政府於 2010 年開始執行「臺中市都會型河川排水污染整治及河道環境改善工程計畫」，其整治對象包括柳川、綠川、麻園頭溪、土庫溪、旱溪溪與烏溪等，與都市空間高度相關之水環境。

5. 結論與後續研究建議

本章節將總結台中的空間形態與模擬生態系統分析，以及提出研究成果的後續研究建議。

5.1 結論

現代台中自 1900 年代起便延續「高地」與「溪水密布」的實質環境作為發展城市的基礎，但隨著過程中對水源、水災、市地與交通的需求，開始將水、土壤與土地形態轉變為人造環境的調整行動，最終環境調整的結果不僅因為無法承受過去一直存在的氣候現象而產生災害，同時亦無法處理城市不斷加重的長期性河川汙水問題，顯示過去的環境改善行動其實不斷重複空間與環境競爭的矛盾關係。

因此為了恢復發展過程中失去的環境，市政府於 2006 年起開始一系列「城市環境與水系景觀」的改造計畫。而本研究通過生態服務與再生城市生態的觀點，檢視台中在過去空間形態的演變後，發現「園道」是經由水、土壤與土地使用狀態的大幅改變，導致過去提供環境調節服務的生態系統無法在運作，其最終因城市環境脫離過去因應氣候災害而形成的空間形態，導致環境（生態）失衡，而在前一章節中基於理論與案例的設計原則，討論台中模擬生態系統的再生方式，以及親近自然的空間互動模式，依據本研究分析結果說明如下：

(1) 本研究通過歷時性與共時性的空間形態綜合分析後，發現台中的形態演變過程不僅出現明顯的「邊緣帶空間型態」(Fringe belt) 出現於各個時期的轉折點，同時演變的過程亦顯示其不變的核心空間形態 (Morphogenesis)，即所有幾何演變都是基於林森路至公園路（今中區）之間的初始形態發展而來；而結合河川、綠地之「園道」經由空間形態的分析，顯示其過去對水、土壤與土地等物質元素的大幅「調整」，通過生物群、循環系統的具高度干擾性致使其喪失環境調節能力，因而導致今日實質環境發生或無法承受災害。

(2) 台中市於 2016 年起推行之「城市環境與水系景觀再造行動」，雖然選擇具關鍵影響城市生態系統、河川環境作為基礎，但其缺少了促進人類與生態互動的多元性與連接性空間，以及模擬生態系統所需的異質性生態群與水、土壤與土地等物質元素；經由空間形態的分析後，本研究建議以現有園道作為再生生

態的基礎空間，針對沿線上的每個基地置入生物保護、生物滯留與連接空間，同時藉由綠地與河川的改善，再生實質環境的能量、水與生物循環機制，藉以重新恢復園道除了景觀、休憩以外的舊有功能。

(3) 台中目前高度同質性的建築環境中缺乏能維持生物保護、生存、移動的空間，因此在舊市區有限的空間資源下，除了台中市既有的綠帶與河川改善之外，建成區之中的建築、街廓與區域的生態單元是除了園道以外的重要基礎，其不僅提供人與生態互動的經驗、空間，亦是經由人類行為的改變促進城市環境與自然再生的關鍵因子。

5.1 後續研究建議

(1) 本研究基於理論與案例的對比整理出台中的空間形態與模擬生態系統的再生方式，然而其空間與生態的有效性，仍然需要對照生物群與循環系統在空間中的量化分析結果，藉以確立環境中的真實「數量」需求，以便能精準改善計畫。

(2) 台中市的河川環境與水汙染狀態在過去雖有諸多研究針對其程度、特性與成分進行分析，但其真正對生物或生態系統的影響則較少進行探討，因此模擬生態系統的空間再生建議在實踐以前，建議重新檢討地方汙染狀況，並在此基礎上提出相對應的生態模式。

(3) 本研究以 Muratori 的城市形態學觀點結合 Chiu(2012) 的綜合空間形態分析方法論模擬台中的實質環境、再生生態模式，而其中若以 Conzen 等人提出之「邊緣帶空間型態」觀念檢視 (劉為光等人, 2013)，顯示大致相同的演變過程、結果，然而其觀點的差異值得在近一步深入探討，尤其在台中這樣具備明顯「環形空間形態」的城市。

(4) 本研究以台中空間形態的演變檢視城市發展過程中直接、間接對實質環境的影響，以及其再生、改善方法，然而其中亦顯示許多社會、經濟與族群面向的資訊，但本研究僅以實質環境及其生態的改善為目的，並未針對社會學領域有更多探究，因此建議後續針對「城市發展」的空間形態研究補充，以完善台中城市發展各個面向。

參考文獻

英文書籍、論文

- Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*, New York: Springer Science & Business Media
- Beatley, T. (2017). *Handbook of Biophilic City Planning & Design*, Washington DC: Island Press.
- Breuste, J. H. (ed.) (2011). *Urban ecology: patterns, processes, and applications*, New York: Oxford University Press.
- Chiu, K. W. (2012) *An intelligible urban form of structural syncretism: physical transcendence and cosmological motif in spatial datum of northeast Taiwan* (Doctoral dissertation, National university of Singapore). Retrieved from: <http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/38771>
- De Graaf, R., & Hooimeijer, F. (2008). *Urban water in Japan* (Vol. 11). Netherlands: Taylor & Francis
- Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons,
- Kostof, Spiro. (1991). *The City Shaped: Urban Patterns and Meanings through History*. Boston: Little, Brown.
- Kostof, Spiro. (1999). *The City Assembled: The Elements of Urban Form Through History*. Boston: Bullfinch.
- Marsh, G. P. (1965). *Man and nature*. WA: University of Washington Press.
- Public Utilities Board (2014) *Active, Beautiful, Clean Waters design guidelines*, Singapore: Public Utilities Board (PUB)
- Pedersen Zari, M. (2012). *Ecosystem services analysis for the design of regenerative built environments*. (Doctoral dissertation, Victoria university of Wellington), Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/261477391_Ecosystem_Services_Analysis_for_the_Design_of_Regenerative_Urban_Built_Environments
- Oliveira, V. (2016). *Urban morphology: an introduction to the study of the physical form of cities*, Switzerland: Springer

英文期刊

- Alberti et al. (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *AIBS Bulletin*, 53(12), 1169-1179.
- Argent et al., (2008). The Sponge City Hypothesis: does it hold water?. *Australian Geographer*, 39(2), 109-130.
- Alberti et al., (2017). Global urban signatures of phenotypic change in animal and plant populations. *proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(11),
- Alberti, M. (2015). Eco-evolutionary dynamics in an urbanizing planet. *Trends in ecology & evolution*, 30(2), 114-126.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological conservation*, 127(3), 247-260.
- Palma et al. (2017). Functional trait changes in the floras of 11 cities across the globe in response to urbanization. *Ecography*, 40(7), 875-886.
- Grimm et al.(2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760.
- Kropf, K. (1996). Urban tissue and the character of towns. *Urban Design International*, 1(3), 247-263.
- Liao, K. H., Deng, S., & Tan, P. Y. (2017). Blue-Green Infrastructure: New Frontier for Sustainable Urban Stormwater Management. In *Greening Cities*. Singapore:Springer. pp. 203-226.
- Poff, N. L., & Matthews, J. H. (2013). Environmental flows in the Anthropocene: past progress and future prospects. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 667-675.
- Poff et al. (1997). The natural flow regime. *BioScience*, 47(11), 769-784.
- Poff, N. L., & Matthews, J. H. (2013). Environmental flows in the Anthropocene :past progress and future prospects. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 667-675.

- Rees, W. E. (1997). Urban ecosystems: the human dimension. *Urban Ecosystems*, 1(1), 63-75.
- Ünlü, T. (2013). Thinking about urban fringe belts: a Mediterranean perspective. *Urban Morphology*, 17(1), 5-20.
- Tan, P. Y., Jim, C. Y., & Jim, C. Y. (2017). Blue-Green Infrastructure: New Frontier for Sustainable Urban Stormwater Management. in *Greening Cities*, Springer Singapore.
- Selya, R. M. (1975). Water and air pollution in Taiwan. *The Journal of Developing Areas*, 9(2), 177-202.
- Shirahata, Y. (1994). An Encounter of European and Japanese Concepts the Field of Urban Planning History, with the Urban Park as a Symbolic Example, in *The Transfer of Science and Technology between Europe and Asia, 1770-1880*(Kyoto, 1994), P165-178.
- Saw et al. (2015). The relationship between natural park usage and happiness does not hold in a tropical city-state. *PloS one*, 10(7).

中文參考文獻

- 臺中市政府建設局 (1954 初版、1956 年二版、1967 年增補)
臺中市都市計畫說明書
- 臺灣省政府住宅及都市發展局 (1979) *臺灣中部區域計畫*
- 臺灣省政府住宅及都市發展局 (1989) *臺灣中部區域計畫 (第一次通盤檢討)*
規劃分析報告
- 臺灣省政府 (1979) *中區區域計畫*
- 臺灣省政府 (1981) *台灣中部區域計畫*
- 臺中市政府 (1986) *變更臺中市都市計畫 (部包括霸坑風景區)*
(通盤檢討)說明書
- 臺中市政府 (1995) *變更臺中市都市計畫 (第一期公共設施保留地、干城地區道路系統除外) 主要計畫 (第二次通盤檢討) 說明書*
- 臺中市政府 (2009) *變更臺中市都市計畫主要計畫 (不包括大坑風景區)*
第三次通盤檢討案
- 臺中市政府 (2013) *臺中市區域計畫規劃研究案 (102 年)*

- 經濟部水利署規畫試驗所(2005) *都市河川復育之研究(總報告)*
- 臺中市水利局(2014) *臺中市污水下水道建設統計分析(103年)*。
台中：台中市政府。
- 臺中市水利局(2015) *臺中市綠川排水環境營造計畫(雙十路至民權路段)*。
台中：台中市政府。
- 臺中市水利局(2017) *臺中市都會型河川(柳川)污染整治及環境改善示範工程*。
台中：台中市政府。
- 行政院國際經濟合作發展委員會都市發展處(1971) *臺中市綱要計畫*。
(都市建設與住宅計畫小組(1966-1971)UHDC)
- 呂哲奇(1999) *日治時期臺灣衛生工程顧問技師爸爾登對臺灣城市近代化影響之研究*。碩士論文，中元大學建築系。
- 吳宏基(2010) *都市綠色空間系統動態模擬模式之研究*。碩士論文，
朝陽科技大學建築及都市設計研究所。
- 何友鋒 & 王小璘(2011) *都市綠色空間系統動態模式氣候變遷情境分析及調適策略之研究*。行政院國家科學委員會專題研究計畫。
- 李思瑩 & 盧孟明(2010) *近50年極端高溫之分析*。台北災害管理研討會論文集，
頁9-14。
- 周郁森(2003) *清代台灣城牆興築之研究*。碩士論文，成功大學建築系。
- 林昀靜 & 盧孟明(2010) *近50年極端降雨之分析*。台北災害管理研討會
論文集，頁3-8。
- 洪敏麟 & 屈慧麗(1994) *犁頭店歷史的回顧*。臺中：台中市政府。
- 高祥雯(2009) *以時間序列地圖復原未完成臺灣省城的空間*。
台灣地理資訊學會學術研討會。
- 陳孝順 & 徐宏銘(1995) *臺中市污水下水道第一期實施計畫*。
第五屆下水道研討會論文集，國立中央大學。
- 陳明偉(1991) *清領及日據時期台中「聚落」的轉化研究*。碩士論文，
東海大學建築系。
- 張嘉玲(2004) *台中市都市空間體系的建構與擴展*。碩士論文，
成功大學建築學系。
- 黃瀚柔(2012) *台中市筏子溪生態廊道之研究與建構—以中游為例*。碩士論文，
逢甲大學建築及都市規畫學系。
- 黃晏淨(2009) *生態城市評估指標體系之研究—以台中市為例*。碩士論文，
東海大學景觀學系碩士在職專班。

- 楊啟正 (2006) 日治時期台灣州治城市的基礎空間型態比較。 碩士論文，
國立成功大學建築研究所。
- 葉韻翠 & 陳國川 (2010) 清末臺灣行政空間的調整與整合對臺中市發展之意義。
中國地理學學會刊， 12， 41-57。
- 劉翠溶 (2009) 近二十年來 (1986-2006) 臺灣河川污染的防治。 節錄於
《海、河與臺灣聚落變遷：比較觀點》， 臺北：中央研究院臺灣史研究所，
頁 229-289。
- 蔡妙琪 (2017) 以景觀生態學評估都市紋理對淹水潛勢之影響 - 以原台中市為例
碩士論文。 成功大學都市計畫學系。
- 賴志彰 (1993) *臺中文獻 (第三期)*。 臺中：臺中市政府。
- 賴佳妤 (2017) 都市景觀覆蓋生態有效性與生態特性關係之探討 -
以台中都會區為例。 碩士論文， 東海大學景觀學系。

名詞解釋

1. 實質環境 (physical condition): 城市生態學以水、土地、土壤與氣候四項因子的組成狀態或使用模式，檢視 " 城市環境中 " 對於生態系統的條件。(Breuste 2011:19-69)
2. 環境元素 (physical element): 城市生態學用來解釋或分析 " 城市 " 的基礎組成元素，包含生態系統、水、河川、土壤、土地、森林 ... 等某項自然物質。(Breuste 2011:71)
3. 進程 (process): 城市的空間形態、組織或建築由起源發展至某一時期的演變過程。(Kostof 1991 & 1999 and Chiu 2012)
4. 灰色基礎設施 (grey infrastructure): 由混凝土 (不透水表面) 製成的單一功能基礎設施，如排水系統、道路系統或景觀系統等。(KH Liao et al. 2017:203)
5. 福祉 (well-being): 身體健康、心理健康與社會福利等構成生活質量 (quality of living) 的因素，包括以功能性設施或社會制度的改善，促進經濟、產業、環境、空間、建築 ... 等。(Breuste 2011: 263-271)
6. 源起與演變 (Morphogenesis & Metamorphosis): 在 Kostof 的研究中 (1991 & 1999) 城市的空間形態發展被解釋為 " 歷史上 " 的源起，以及經由社會或物質需求驅使的發展過程。

Ecosystem services for the built environment to mimic:		Ranking Criteria:		Climate change / biodiversity implications:	Additional research sources or case studies of built environment design that include an understanding of this service:
Applicability to the Built Environment		Ecological significance			
		Negative environmental impact caused by the built environment			
Supporting Services	1. Habitat provision (including: provision of genetic information; biological control; fixation of solar energy; and species maintenance)	Medium	High	<ul style="list-style-type: none"> Plan for habitat for non-human. Consider reducing fragmentation of habitat. 	Beckett et al. (1998), Benedict and McMahon (2006), Cavanagh (2006), Kadlec et al. (2000), Lundholm (2006), McPherson et al. (1994), Mitchell and Popham (2007), Pickett et al. (2008), Todd and Todd (1993).
	2. Nutrient cycling (including: decomposition; soil building; and provision of raw materials)	Medium	High at a regional / global scale	<ul style="list-style-type: none"> Nutrients (materials) should be able to be biodegraded or recycled in closed loops and retained in the system. Development should contribute actively to soil formation and the renewal of fertility. Development should be considered a potential source of future building materials. 	Allenby and Cooper (1994), Bogunovich (2002), Desrochers (2001), Erkman (1997), Graedel (1999), Kibert et al. (2002), McDonough and Braungart (2002), Nakajima (2000), Newman (1999), O'Rourke et al. (1996).
	3. Purification	High	High at a local / regional scale	<ul style="list-style-type: none"> Water, air and soil should be purified on site before return to non-human ecosystems. Water and air should be cleaner leaving the development than when it entered. Surrounding soil should become more fertile over time. 	Alexander (1994), Beckett et al. (1998), Campbell et al. (2010), Cavanagh (2006), Herald (2003), Kadles et al. (2000), McDonough and Braungart (2002), Todd (2004), Todd and Josephson (1996), Todd and Todd (1993), Salt et al. (1995), Younos (2011)
	4. Climate regulation	High	High at a global scale	<ul style="list-style-type: none"> Development should contribute to regulating climate by: sequestering carbon; providing protection from decreased ozone; and remediating the heat island effect. 	Altomonte (2008), Gill et al. (2007), Hamin and Gurran (2009), Hunt (2004), Hunt and Watkiss (2011), IPCC (2007b), Kirshen et al. (2008), Nottage et al. (2010), Reisinger et al. (2010), Roaf et al. (2005), Steemers (2003).

Provisioning Services						
5. Provision of fuel/ energy for human consumption	High	Medium	High at a global scale	<ul style="list-style-type: none"> Development should provide enough fuel or gather energy from renewable sources to provide for its own needs, preferably more so this can be distributed to neighbours. Design should encourage effective energy use. 	<ul style="list-style-type: none"> Reduced transport and energy generation related GHG emissions. More self-reliant and therefore robust urban environments. Reduction of air, water and soil pollution. Reduction of fossil fuel mining, drilling and transportation impacts on biodiversity. 	Armstrong (2009), Ewing and Rong (2008), Kay (2002), Leary and Esteban (2009), Mithraratne (2009), Moore et al. (2004).
6. Provision of fresh water	High	High	High at a regional scale	<ul style="list-style-type: none"> Development should capture rainwater and conserve water to meet its own needs and preferably more so that excess can be distributed to neighbours. Design should encourage the conservation of water. 	<ul style="list-style-type: none"> Reduction of water pollution. Increased health of riparian systems. Reduction of the urban heat island effect. Increased quality of water. Increased health of living organisms Reduced wastage of water through pipes. 	Campbell et al. (2010), Gill et al. (2007), Herald (2003), Lee et al. (2012), Mithraratne and Vale (2007), Todd (2004), Winz (2005), Yeomans and Yeomans (2008), Younos (2011).
7. Provision of food (including provision of biochemicals)	Medium	Medium	High at a global scale	<ul style="list-style-type: none"> Development should produce food 	<ul style="list-style-type: none"> Reduced transport and energy generation food related GHG emissions. More self-reliant and therefore robust urban environments. Reduction of air, water and soil pollution. Reduction of fossil fuels needed to produce the products of large scale agriculture. Healthier humans. Reduced land use transformations (i.e. from natural ecosystems to agricultural systems). 	Bakker et al. (2000), Copenman (2008), Despommier (2011), Gerbens-Leenes and Nonhebel (2002), Ghosh et al. (2008), Koc et al. (1999), Mollison and Holmgren (1978), Neff et al. (2007), Vale and Vale (2009).