

影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素的關聯性分析

曹淑琳 (文藻外語大學國際企業管理系)

文章資訊

接受日期：2022.04

關鍵詞：

- 灰關聯分析法
- 循環經濟
- 中小型企業

內文摘要 (Abstract)

本研究採用問卷調查與灰關聯分析法，探討影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素的關聯性分析，以作為相關產業與政府之參考。本研究從問卷資料分析發現，台灣中小企業會就「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品服務」、「產品回收」面向來實施循環經濟。利用灰關聯分析也發現，臺灣中小企業施行循環經濟，大多著重在資源的回收與重複使用來考量。根據這些分析結果，本研究建議，臺灣中小型企業可以朝建立產品回收系統、整合適合自身的內外部資源、發展適合自身的競爭優勢與專業技術升級等方向努力，以建立企業之循環經濟體系。

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE IMPLEMENTATION OF CIRCULAR ECONOMY IN TAIWAN'S SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES

Shu-Ling Tsao

(Department of International Business Administration, Wenzao Ursuline University of Languages)

Information	Abstract
<p>Accepted date : 2022.04</p> <p>Keywords :</p> <ul style="list-style-type: none">• Grey Relation Analysis• circular economy• small and medium-sized enterprises	<p>This paper used questionnaire survey and Grey Relational Analysis to explore the factors that influence Taiwan's small and medium-sized enterprises to implement circular economy, as a reference for related industries and the government, and found that most of the interviewed companies in various industries experienced the implementation of circular economy due to the "product reuse and redistribution", "product remanufacturing and refurbishment", "product service", and "product recycling". Use the Grey Relational Analysis, this paper also found that Taiwan's small and medium-sized enterprises focus on the recycling and reuse of resources, then suggested that Taiwan's small and medium-sized enterprises can carry out circular economy by establishing a product recycling system, integrating internal and external resources, developing suitable competitive advantages and upgrading professional technology.</p>

壹、前言

循環經濟(Circular Economy)這個其議題近年來受到許多國際及企業的重視與推廣。目前全球都在積極尋求因應資源匱乏、環境保護及經濟發展等三重挑戰的解決方案，循環經濟所帶來的可能性更被各國所重視且列為發展重點。

而所謂循環經濟是按照自然生態系統物質循環和能量流動的方式，使經濟系統和諧地納入到自然生態系統物質循環的過程中，在物質的循環、再生、利用的基礎上發展經濟，是一種建立在資源回收和循環再利用基礎上的經濟發展模式，其生產的基本特徵是低消耗、低排放、高效率。亦即在人、自然資源和科學技術的大系統內，在資源投入、企業生產、產品消費及其廢棄的過程中，把傳統依賴資源消耗線性成長的經濟，轉變為根據完整生態體系生態資源循環來發展的經濟型態。所以循環經濟其中的「循環」指的是在資源有限的情況下，如何同時滿足需求變化及減少資源的浪費。「經濟」在此指的是在建構資源循環體系時，所衍生之研發、製造及服務機會，及其額外創造出的經濟活動與價值；也就是在經濟發展中，以廢棄物減量化、資源化和無害化，使經濟系統和自然生態系統的物質和諧循環，維護自然生態平衡。

換句話說，循環經濟是以天然資源為核心的經濟體系，以作為推動產業發展、促進就業、因應資源稀少及降低環境衝擊的手段，且近年來企業朝循環經濟轉型越趨明顯，從過去的資源浪費與環境污染，到現在的回收分類與污染管制，下一階段循環經濟概念將成為未來重要的社會經濟型態。也就是循環經濟的背後是一個發展的概念，涵蓋產品的價值移轉，系統性的重新調整規畫。整體來看，臺灣的資源，大約只有4.5%是被再循環，也就是說有95%的資源沒有被循環(中技社，2013)，這些資源如果能不斷的二次加工，三次加工，四次加工，其實隱藏很多商機和就業機會。

從資源回收管理角度來看，引進「自由競爭」機制與「專業管理」模式，是達到循環經濟零廢棄管理目標之重要關鍵(World Economic Forum,2014)。2014年於瑞士達沃斯世界經濟論壇(World Economic Forum)發布「邁向循環經濟 (Toward the Circular Economy) 」報告，指出循環經濟可在五年內創造5億美元的淨收益，並避免1億噸的材料浪費；此外還有讓全球每年省下1兆美元材料成本的潛力、與歐洲回收產業超過100萬的潛在就業機會。循環經濟體系的建置，在歐洲甚至是全球均受到越來越多的關注。它是一種促進社會繁榮，同時減少對初級原料和能源依賴的方法。台灣環境保護學者溫麗琪、羅時芳(2007)建議資源回收發展策略首重環保品質之確認及未來環保產業規模之預估，然而並未對企業內部的實施進行探討，這是本研究要努力的部分。

2015年世界經濟論壇特別成立顧問委員會，同時將循環經濟納入該論壇推動的六大計畫之一，包括蘋果、飛利浦、思科、IBM、惠普等大企業都已參與。以國際趨勢而言，不論是

歐盟WEEE、RoHs、EuP等相關指令，或其他各國的環保法令，都顯示產品的「綠色」要求為未來的發展趨勢。因此，Ellen MacArthur Foundation(2012)要求企業在產品生產過程中，納入回收處理工作是政府不遑多讓的責任，本研究分析結果，可以做為政府制定相關政策之客觀參考資訊。

隨著全球環保意識抬頭，世界各國積極推動節能減碳措施，行政院循環經濟推動方案(2019)表示臺灣未來要在全球經濟體系中佔有一席之地，勢必要搭上轉型的列車。所以我國政府也將循環經濟列入「五加二」(亞洲矽谷、生技醫藥、智慧機械、國防產業、綠能科技、加上新農業及循環經濟)產業之一，台灣未來經濟發展也要趕上這趨勢。

再根據經濟部中小企業處在2019年發布之《2019年中小企業白皮書》資料顯示，2018年臺灣中小企業家數為146萬6,209家，佔全體企業97.64%，較2017年增加1.99%；中小企業就業人數達896萬5千人，佔全國就業人數78.41%，較2017年增加0.69%，兩者皆創下近年來最高紀錄，顯示中小企業不僅穩定成長，更為我國經濟發展及創造就業賦予關鍵動能。

因此，臺灣中小型企業該如何響應號召循環經濟，以及製品是否符合產品「綠色」發展趨勢，符合二氧化碳排放標準等，顯得益發重要。臺灣中小型企業未來也必須審慎思考所生產的產品能否創新，以符合國際相關檢測標準，否則，恐將無法生存下去。企業永續發展是企業經營的一個重要目標，對於一個具有競爭力且具有前瞻性的企業而言，除了經濟利潤層面的績效評估外，環境保護也是企業必須面臨與重視的議題。長期以來企業為達成創造利潤的目標，在生產銷售的過程中往往讓環境作了相當多的犧牲，然而隨著環境永續發展觀念的普及、環保意識的抬頭及政府環保法規的日趨嚴謹與完備，許多臺灣中小型企業警覺到環保的重要，也開始增加在環保上的投資和努力。

目前在臺灣官方尚未有針對中小型企業提供詳細的循環經濟發展內涵或是目標與政策，但是環保署仍然持續推動「零廢棄」的廢棄物管理目標，並且研究規劃「永續物料管理制度」，希望能增加臺灣的資源生產力，以及減少對於環境的衝擊。

根據財團法人中技社(2016)「臺灣中小企業轉型到循環經濟的挑戰與契機」之研究報告指出，臺灣中小企業採用循環經濟比重低的原因，是第一，綠色生產與設計涉及製程、設備及供應鏈的改變，其投資成本過高。第二，少有專職環保人力與跨領域整合的人力，且沒有合適的培訓平台和管道。而在政府方面，因為沒有整合，且有系統地思考中小企業所面臨的問題，導致投入的資源雖多卻不集中，使得政策無法有效推動中小企業採用循環經濟。

因此，本研究想探討哪些因素會影響臺灣中小型企業願意實施循環經濟，並據此探討影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素的關聯性分析，希望對於國內中小企業與政府政策的制定提供些許幫助。

本研究之研究貢獻在於專門針對影響臺灣中小企業實施循環經濟因素的關聯性分析進行探討，透過問卷調查與灰關聯分析法，歸納整理出本研究的結論，提出適當的建議及方向，以提供後續學術研究者參考；且期望能夠對於臺灣中小企業實施循環經濟提供實務上的貢獻。

根據上述的背景介紹，本研究以「循環經濟」的基本原則為出發點，利用灰關聯分析法探討影響臺灣中小型企業實施循環經濟的因素，希望能找出國內中小企業主，實施循環經濟時會考慮的因素，以期能在政府政策的制定時，提供些許之幫助。在企業管理的實務體系和學術領域中，有其慣用的專有名詞，來呈現管理實務面向。本研究依據Peattie(1992)、Pearce and Turner(1993)、關敏(2006)、吳季松(2006)、Ellen MacArthur Foundation(2012)、Evans and Bocken(2013)、Accenture(2014)、Martinez(2015)、鄒倫、楊智凱(2015)，定義「設計製造與銷售」、「客戶使用」、「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品回收」等五個構面，探討各構面之企管可操作實務項目的灰關聯序。

本研究各章節之安排如下，先探討循環經濟相關的文獻，以及影響循環經濟的外部因素有那些，再利用問卷與灰關聯分析法，找出這五個構面內之可探討實務項目的灰關聯序，以了解影響台灣中小型企業實施循環經濟影響因素，其各個關聯度數值之前後排序是本研究最重要的訊息。最後根據此研究結果，提出結論與建議。

貳、文獻回顧

一、循環經濟的定義

循環經濟的概念，可以從褐色經濟(Brown Economy)開始，所謂褐色經濟又稱為高碳排放經濟，是指著重於經濟效率及經濟成長，對於環境造成高度負面衝擊，且對社會公平議題未有特別的探討。聯合國環境規劃署(UNEP, 2011)提出綠色經濟(Green Economy)的概念，著重在提升人類福祉及社會公平，同時顯著降低環境風險及資源缺少，其包括了低碳、資源有效及社會包容等核心觀念。

K.E. Boulding(1966)提出有關「循環經濟」的理念，指出他受到當時所發射的太空船影響，並以此比喻為分析地球的經濟發展。他認為「地球是一艘孤獨的太空船，沒有無限物質的儲備庫，既沒有開採也不能被污染，人類必須要到自己在生態系統循環中的位置，進行物質再生產」。也就是太空船像是一個與世隔絕的孤立系統，必須進行太空船內的資源循環。同理地球經濟系統有如一艘太空船，儘管其資源與壽命甚大，但也只有實現對資源循環的循環經濟才得以長存。雖然鮑爾丁做了有關循環經濟的比喻，但並未進一步深入探討。

之後，Pearce & Turner(1993)再提出「循環經濟」的概念，其目的是建立永續發展的資源管理架構，使經濟系統成為生態系統的組成部分，建立「經濟和環境和諧的條件」。中文互聯網數據研究資訊中心(2014)表示，法國垃圾委員會(CND)對於循環經濟的定義是一種產品與交換系統，它從可持續性和重新利用出發，努力將產品或零部件轉化成新產品的原材料或零部件。瑞士洛桑大學工業生態學教授Suren Erkmann則解釋，徹底的循環是不可能的，因為回收利用物質的過程，總是會伴隨著物質和能量的損失。然而在全球追求永續發展的潮流下，各國國內環保法規與國際間環保貿易法規朝向日益嚴苛的趨勢，對產業界的污染防治及廢棄物處理標準要求亦隨之提高，因此，使得「環保產業」成為目前最具有潛力的新興產業之一。

Ellen MacArthur Foundation(2012)提出的循環經濟概念，認為設計為具備可恢復性及再生性的產業系統，以"恢復"取代"生命週期結束"之概念，轉換為再生能源(資源)使用，排除有毒化學品的使用以提升再使用性，並且透過材料、產品、系統及商業模式的整合性設計減少廢棄物。此並非新的概念，但是目前的技術能力能做得更好，並且是解決目前環境、經濟及社會衝突的有效工具。Martinez(2015)認為低碳經濟(Low Carbon Economy)，主要是提供經濟成長的低碳排放經濟活動，並且具備低環境負面衝擊。

近年來，許多研究指出循環經濟在全球化供應鏈中逐漸扮演重要角色，成為未來全球經濟成長及就業機會的創造來源，致使各國重新從產品生命週期面向思考，轉型成為循環經濟的世代。而國際社會對於循環經濟的指標設定，主要著重在「資源生產力」、「資源回收率」與「廢棄物產生量」等三面向，來呈現與檢視是否符合循環經濟社會的目標。其中以資源回收工作為各國十分關注的政策，主要是由於建構完善資源回收體系，將可有助於減少廢棄物產生量，以及增加資源循環利用。而在資源回收的執行上，目前國際發展趨勢強調延伸生產者責任(Extended Producer Responsibility, EPR)，並特別注重市場競爭、專業管理的重要性。

根據環保署(2000)對環保產業的定義，環保產業可分為環保設備及器材製造業、環境保護服務業與環保工程建造及裝置業等三類。其中若依項目區分，又可分為空氣污染防治、水污染防治、廢棄物處理、土壤復育及地下水整治、噪音及振動防治、環境檢測及監測等。再根據行政院環保署(2000)以產值大小區分，以廢棄物處理類所佔比例最高，達總產值之五成，顯示國內目前廢棄物處理業對環保產業經濟發展之貢獻。最後再以全球市場而言，依據國際環境商業顧問公司(Environmental Business International, INC., EBI)(1999)於1999年推估1999年到2005年之間，環保產業產值由4,989億到6,092億，成長率22%，我國部份則從27億到43億，成長率37%，顯見國內這方面的活動，相當蓬勃，惟我國佔全球市場的比例仍低。

地球生態因工業污染等人類活動持續惡化，讓世人對於環境破壞的危機感益趨加劇，特別是溫室氣體排放造成地球暖化的威脅日增，因此近年各國產業活動的碳揭露與減碳的行動，儼然已成為現代人類最關心的課題之一；而各國在年度減量目標與方法雖因歧見而有差異，但碳排放的掌握與抑制，仍是重要之國際共識。目前世界上對於產品或工業活動的碳足跡計算，多以其全生命週期為計算條件、可量化環境負荷的LCA(Life Cycle Assessment)作為主要的評估方法。其工具運用之起源來自1960年代末期可口可樂公司評估各種飲料容器的耗能與環境衝擊，之後開始實施於各種產業。而ISO於1997年公告ISO14040系列標準，提供標準化之分析方法使其成為國際間共通之工具。

二、循環經濟的發展

吳季松(2005)認為近代之經濟發展經歷了三種模式，且分別代表了三種不同的層次。第一種是傳統模式。它不考慮環境因素，是一種「資源—產品—汙染排放」的單向性開放是經濟過程。第二種是過程末端治理模式，它開始注意環境問題，但其具體作法是「先汙染，後處理」，強調在生產過程的末端採取治理汙染措施，但由於末端治理的技術難度與治理成本過高，使得經濟效益、社會效益與環境效益皆難以達到預期目的。第三種是循環經濟模式，其遵循「減量化、再利用、資源化」原則，採用全過程處理模式，以達到減少進入生產流程的投入。以不同方式多次反覆使用某種物品和廢棄物，是一種「資源—產品—再生資源」的封閉回饋式循環過程，實現從減少廢棄物排放到淨化廢棄物再到利用廢棄物的過程，達到最佳生產、最適消費與最少廢棄。

馮之浚(2005)認為循環經濟要求遵循生態學規律，合理利用自然資源和環境容量，在物質不斷循環利用的基礎上發展經濟，使經濟系統和諧地納入到自然生態系統的物質循環過程中，實現經濟活動的生態化。其本質是一種生態經濟，宣導一種與環境和諧的經濟發展模式。

吳季松(2006)認為循環經濟可以定義為在社會經濟、科學技術和自然生態的大系統內，在資源投入、企業生產、產品消費及其廢棄的全過程中，不斷提高資源的利用效率，把傳統的、依賴資源淨消耗線性增加的發展，轉變為依靠生態型資源循環來發展，從而維繫和修復生態系統的經濟。關敏(2006)則認為循環經濟的主要表現為以清潔生產為核心的企業綠色管理模式，即以綠色生產為基礎，同時納入綠色行銷、綠色會計、綠色審計等內容。在管理過程中，須遵循一般企業管理原則和循環經濟3R(Reduce、Reuse、Recycle)原則，以達到資源利用最大化、廢棄物排放最小化和產品生產綠色化的目標。其中Peattie(1992)認為綠色行銷是一種能辨識、預期及符合消費的社會需求，並且可帶來利潤及永續經營的管理過程。其與傳統

行銷的根本區別在於它是一種強調環境責任，以社會及企業自身可持續發展為最終目標的一種行銷活動，其手段可能藉由生產及銷售綠色產品、運用企業綠色形象進行促銷等。

而郭財吉(2001)認為綠色生命週期主要由四個階段所組成：第一為生產階段，包括產品原料的選擇、產品功能與外觀的決定、生產技術的選擇及組裝與拆解方式。第二為運輸階段，包括包裝材料的選擇、產品包裝的樣式及運輸方法與工具的決定。第三為使用階段，其為消費者的使用，設計者應考慮到產品使用中能源的消耗與其壽命、安全性、耐久性。第四為再生階段，包括產品的回收與再利用、回收後的產品拆解、無法再利用的材料處理。

Rao(2004)則認為綠色生產受到員工品質的影響，因此企業應投入時間和資源對員工進行訓練，以達到綠色生產的高績效。馮之浚(2004)與齊建國(2006)等多位學者則認為循環經濟之運行具體表現在三個層次上，分為是企業層次、區域層次及社會層次：

- (一).企業層次：根據生態效率的理念，要求企業減少產品和服務的物料使用量和能源使用量，減少排放有毒物質，加強物質的循環，最大限度可持續的利用再生資源，提高產品耐用度和強度。而企業內部廢棄物的回收循環，通常包括下列情形：.將流失的物料回收後做為原料返回到原來的生產過程中、將生產過程中生成的廢料做為原料返回到原生產流程中，以及將生產過程中生成的廢料經處理後作為原料，用於企業內部其他生產過程中。
- (二).區域層次：主要是指企業間的物料循環，例如下游企業的廢料、副產品返回上游企業做為原料重新使用，或者某一產業的廢料、餘熱送往其他產業並加以利用，此種層次的循環通常藉由生態工業園區的方式進行，而生態工業園區是按照循環經濟理念和工業生態學原理設計建立的一種新型工業組織形成。在園區工業體系中，各企業按照生態共生原理建立合作體系。
- (三).社會層次：主要是指整個社會的產品經使用報廢後，其中大部分的物質型態返回原生產部門，經處理後重新成為再生原料，例如輪胎、玻璃、紙張等回收再生利用。社會層面的循環實質上是要在全社會範圍內或在產品消費過程後組織物料和能源的回收利用，也就是從社會整體循環的角度，進行資源回收利用。

「循環經濟」也隱含著「減量化」(Reduce)、「再使用」(Reuse)、「再循環」(Recycle)3R三大原則，概略對應著產品生命週期中生產、使用、及處理的三個階段，根據財團法人台灣綠色生產力基金會(2015)的報告，現分述整理如下：

- (一).「減量化」原則：

「減量化」是指由源頭降低生產及消費過程，對於物質及能源的需求。其目的是在減少進入生產與消費過程的投入，從源頭節省資源，避免浪費和減少污染的排放。

也就是說，透過預防來避免產生廢棄物。對於產業而言，透過製程優化提升資源使用效率，以提升利潤。然而要有效提升資源使用效率，此包含了製程技術、控制技術、及原物料的選擇等三個方面。企業為了保有利潤，會先以成本效益，為技術及原物料篩選的首要條件。國內以中小企業為主，成本效益更是企業最主要的考慮條件，所以在生產方面，企業可以透過減少產品生產的原料和投入量來提高資源使用效率和減少廢棄物的排放。這些都可以透過改進產品設計、創新工業技術和流程來實現，在設計時，可充分考慮產品生命週期內對資源的消耗和廢棄物的排放。在消費過程中，消費者可以減少對物品的過度消費，選擇包裝物可以循環使用的物品。

(二). 「再使用」原則：

「再使用」原則指的是在產品使用階段盡可能透過多次或多種方式使用的模式，延長產品生命週期並減少廢棄物的產生。目的是提高產品和服務的利用效率，要求產品和包裝多次使用，減少一次用品的汙染。多次使用，可以防止物品過早成為垃圾。廢棄產品的再製造和再修理都能夠確保再使用的有效途徑。據周宏春、劉燕華(2005)的估算，可再使用的飲料瓶最多可循環五十多次。

(三). 「再循環」原則：

「再循環」指的是將進入廢棄體系的資源物，透過再處理重製過程後以直接使用或處理後回收的模式，使其再次進入資源循環體系。其目的是要求物品完成使用功能後能夠重新變成再生資源，也可稱為「再資源化」。也就是我們所熟知的廢棄物品的回收利用和廢棄物的資源再利用。再循環能夠減少廢棄物的產生，並促進資源的循環利用。由於再循環可以再生利用廢棄物，不僅減少垃圾的產生，也減少對於自然資源的開採。

循環經濟強調這三項原則，要在優先減少資源消耗和廢棄物產生的原則下運用此三項原則，過去技術導向的思維往往以相對應技術的開發視為達成「循環經濟」目標的不二法門，認為技術成熟即可促成循環經濟。

溫麗琪、羅時芳(2007)整理我國發展資源回收產業之優劣勢分析表示，我國之優勢為整體資源回收環境運作良好，民眾配合度高；機會為政府歷來對資源回收工作支持度高，產官學互動佳；而劣勢主要集中在整體產業及下游處理業者規模較小，導致回收處理成本居高不下；威脅則主要肇因於投資機會較少，與技術層次無法提升之困境。其也建議資源回收發展策略首重環保品質之確認及未來環保產業規模之預估。由此可知，主管單位未來執行政策之重點，應朝向思考如何結合環境保護與產業經濟效益，以擴大我國資源回收市場之規模，並鼓勵相關投資與研發工作之進行。

三、影響循環經濟的外部因素

然而除了技術外，根據鄒倫、楊智凱(2015)認為還有許多影響循環經濟的外部因素，例如法令規範及經濟誘因、商業模式及消費行為以及利害關係人的參與，現分別討論如下：

(一).技術發展

技術無庸置疑為循環經濟的根本，無論是減量化、再使用、及再循環都需要技術的支撐。然而重點在於定義出發展何種技術(what)、由誰來發展(who)、技術發展的時程(when)、及如何發展(How)。

(二).法令規範及經濟誘因

政府在推動循環經濟扮演著循環經建構的關鍵角色，透過法規、政府採購、標準建立、及認證制度等，建立規範及經濟誘因，引導國家轉型。

(三).商業模式及消費行為

因應循環經濟的趨勢，產業商業模式也逐漸改變。歐洲自80年代便開始研究「產品服務化」的概念，即透過服務滿足消費者需求，達到去物質化的目標。隨著循環經濟受重視，加上資通訊的普及化，更多企業採用「所有權不轉讓」的思維進行商業模式的調整，最常見的為共享經濟及產品租用。掌握並引導消費者以「使用」取代「購買」為重要關鍵。

(四).利害關係人的參與

「循環」本身即表示了在不同利害關係人之間的流動，儘管國內一直強調分工合作，但無論是政府或是產業，多半只看到「分工」而缺乏「合作」，影響執行成效。因為循環經濟模式是無法靠單打獨鬥，需要供應鏈上下游的配合，甚至跨行業夥伴合作，以及政府和政策的配合，以改變消費者習慣。

四、影響臺灣中小型企業實施循環經濟的因素

根據經濟部中小企業處(2015)表示，臺灣的產業結構以中小企業為主，占全體企業97.61%，營業額占全體企業29.42%；其中，中小企業對於就業人口與平均所得分配具有舉足輕重的貢獻。特別是在台灣經濟成長趨緩之際，中小企業更能發揮靈活的經營特質，具有防止失業率攀升和穩定經濟的功能。然而，EIO and CfSD(2016)認為中小企業面臨環境挑戰逐年劇增，實施循環經濟對許多中小企業而言，正是競爭優勢的主要來源，代表著提升競爭力的重要契機，許多國家的中小企業也紛紛以循環經濟的原則來開創新事業及商機。

而為達循環經濟的目標，創造綠色經濟價值，其理念運用於產業推動，讓環境與經濟邁向永續發展，包括「產業綠色化」與「綠色產業」等思維。「產業綠色化」主要由「清潔生產」(Cleaner Production)與「節能減排」(Energy Saving & Emission Reduction)兩個概念延伸，即透過清潔生產相關技術之研發與推廣，不僅以「減少污染」為宗旨，而是從產品設計、製造、包裝、販售一系列的流程中，以物料與能源的節約為核心，達到環境友善並有效提升產業能資源利用效率；而綠色設計、清潔生產技術及製程最佳化，皆是促成產業綠色化的重要方法。我國行政院經建會於「台灣二十一世紀議程國家永續發展願景與策略綱領」中對於綠色產業的定義為：「運用綠色技術知識及能量，創造可達成三低(低耗水、低耗能、低污染)三高(高知識、高技術、高服務)屬性企業之新興綠色產業發展，進而帶動綠色服務商機、增加就業人口與產值。

再根據EMF(2012)認為中小企業要利用循環經濟創造經濟價值，可以有下列四個原則，分別是：

- (一). 循環越小越有價值(The power of the inner circle):讓資源藉由越短越緊密的循環路徑，保留產品(資源)本身最大價值，並透過服務來創造經濟價值；例如維修產品、二手產品買賣、翻新再製造產品，縮短回到使用端的距離，就越能節省產品有關的資源與勞動成本以及降低環境汙染。
- (二). 循環越久越有價值(The power of circling longer):盡可能延續循環的時間與次數，延長維修、再使用、再製造的循環，讓每次的延長都省下製造新產品或零件所需投入的資源。
- (三). 跨產業循環增加價值(The power of cascaded use):產業間的廢棄資源再利用，落實產業共生，為資源提供新的價值。每個重複再利用資源的例子，都可以創造價值，也省下新原料的使用成本。
- (四). 源頭越清潔越有價值(The power of pure input):生產製造時選擇投入無毒害的物質、避免複合材質、模組化設計等，盡可能讓原料越單純越好，才能維持資源的品質，增加回收和重新分配使用的價值及效率。

而Accenture(2014)也說明中小企業可以採用的五大循環經濟商業模式，分別是：

- (一). 循環供應:提供以再生能源、生物性可再生材料為基礎或完全可回收的物料，以取代一次性耗用的物料。
- (二). 資源回收:從廢棄產品或是副產品中，透過逆物流將價值鏈串聯，回收有用的能資源。

(三).延長產品壽命:透過維修、升級和轉售，再利用產品和零組件的方式，延長使用產品生命週期。

(四).共享平台:透過資訊及交易平台，發展各種可能的共享式利用、使用、擁有方法，提高產品的利用率。

(五).產品即服務這五種:企業提供產品的使用權，但保留所有權，從而使完整封閉循環是在生產企業內部建構起來，產生節省原料與服務收益。

2016年臺灣政府提出的五加二創新產業政策中，鎖定推動循環經濟創造新價值，顯示政府越來越重視產業循環經濟的創新發展。政府許多部會，尤其經濟部，包括工業局、中小企業處等，正投入資源構思藍圖，提供企業發展循環經濟各面向的支持。臺灣的產業結構以中小企業型態為多數，是產業發展的重要磐石，迫切需要盡早構思因應轉型的策略藍圖。

目前臺灣雖有部分具遠見的中小企業掌握循環經濟趨勢，但多數中小企業仍有待掌握轉型的因應之道，而尚未能普及成為中小企業的商業運作模式。順應臺灣政府規劃力推循環經濟，這正是中小企業採用循環經濟，以求轉型的時機。因此，本研究將依據上述四個中小企業創造循環經濟價值的原則，以及Accenture(2014)的五大循環經濟商業模式，再根據財團法人中技社(2016)的專題報告「台灣中小企業轉型到循環經濟的挑戰與契機」之建議，依據Evans and Bocken(2013)所發展的循環經濟工具包，所提供的線上免費評估工具，用以評估與探討影響臺灣中小企業實施循環經濟因素的關聯性分析，以幫助台灣中小企業主如何實施循環經濟，這也是本研究的最主要目的與貢獻。

參、研究方法

本研究主要以「循環經濟」的基本原則為出發點，使用問卷設計與灰關聯分析法探討影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素的關聯性分析，希望對於國內中小企業與政府政策的制定提供些許幫助。灰關聯分析法，是找出影響臺灣中小型企業主實施循環經濟因素之關聯度，並計算出關聯值，再根據關聯值來排關聯序，以供政府與相關業者參考。

一、研究對象

本研究是以「設計製造與銷售」、「客戶使用」、「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品回收」等五個構面，以灰關聯分析法，各別就這五個面向之企業內部可操作實務項目來排序，以呈現影響臺灣中小型企業實施循環經濟的重要因素，並確認這些因務是企業內部重要且可操作項目。本研究的受測對象主要都是臺灣的中小型企業業主為問卷的發放對象，資料來源自經濟部統計處的台閩地區工廠名錄，由於本研究是利用Evans and

Bocken(2013)所發展的循環經濟工具包，所提供的線上免費評估工具，因此採用線上填答方式的網路問卷。採用線上填答方式的網路問卷，共計回收400份。

而在填答問卷前都先行詢問過受訪者，是否有考慮實施循環經濟；或是已經實施循環經濟；讓其樣本更具有代表性。也因填寫問卷者大多都有實施循環經濟之經驗，才有利於樣本的採集有效性，更能探討影響中小型企業主實施循環經濟的因素，讓整個研究分析與結果更切題與得到更多的討論，來達到對影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素的關聯性分析。

二、研究方法

(一) 文獻分析法

文獻分析法是使用各種既存的史料、官方檔、第一手資料等，來印證對某一事件的主觀看法，也收集有關他人所做的研究、報章雜誌報導等第二手資料、分析其研究結果與建議，本研究蒐集可參考的資料，並以文獻分析法建立。本研究的研究基礎，包括各國相關政府網站公開資訊、學者專家的論著與評論，以及新聞或報章雜誌之報導與評論等相關文件。這些論著與評論主要是透過中文電子期刊網與國外期刊等電子資料庫取得。

(二) 問券調查

財團法人中技社(2016)專題報告「台灣中小企業轉型到循環經濟的挑戰與契機」指出，利用Evans and Bocken(2013)所發展的循環經濟工具包，能夠協助企業找到採用循環經濟措施的機會，例如減少物質使用、優化物質使用、產業共生、或在企業活動的任何一個生產循環階段考量替代的創新商業模式。本研究修正中技社(2016)、Evans and Bocken(2013)以及一系列相關文獻(見表1)，做為本研究問卷設計的基礎，來探討影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素。首先建立「設計製造與銷售」、「客戶使用」、「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品回收」五個構面，於各構面建立可操作企管實務。詳細問卷內容請見附錄。

(三) 研究構面變數與操作性定義:

本研究中有關的研究變數，為了後續問卷之設計以及進行研究分析，需做明確且清楚的操作性定義，本研究之變數主要有五個部份，如表1所示。

表1：研究構面之變數、操作性定義與問項文獻來源

構面變數	可操作企管實務	參考文獻來源
設計製造與銷售	材料適量取用、去物質化	Ellen MacArthur Foundation(2012)、Evans and Bocken(2013)、Martinez(2015)、Accenture(2014)、吳季松(2006)
	可生物降解	
	採用可回收材料	
	稀缺性材料含量	
	材料之生態效益(低能耗、低碳排)	
	不含有毒物質	
	零廢棄、所有廢物做為另一資源	
客戶使用	產品故障率	Martinez(2015)、關敏(2006)、Evans and Bocken(2013)、Accenture(2014)、Peattie(1992)
	產品使用壽命	
	產品之資源耗用率	
	維修保養服務	
	獲得保養的難易度	
	簡單易懂的作業	
	零件標準化	
產品再使用與再分配	找到故障的難易度	Ellen MacArthur Foundation(2012)、Evans and Bocken(2013)、Accenture(2014)
	二手市場的商品需求度	
	二手市場發達程度	
產品再製造與翻新	產品使用壽命	Ellen MacArthur Foundation(2012)、Evans and Bocken(2013)、Martinez(2015)、吳季松(2006)、鄒倫、楊智凱(2015)
	翻新再製成本	
	產品進廠維修召回成本	
	產品回收維修再製比例	
	拆解難易度	
	拆卸破壞顯著性	
	拆卸後零件辨識度	
	零件模組化件數	
	升級配件可行性	
機械式連接數		
產品回收	產品服務化程度	Pearce and Turner(1993)、Ellen MacArthur Foundation(2012)、Evans and Bocken(2013)、Accenture(2014)、Martinez(2015)、鄒倫、楊智凱(2015)
	產品的材料組合程度	
	物料包裝程度	

資料來源：本研究整理

(四)灰關聯分析法

本研究採用鄧聚龍教授發表 (Deng · 1982) 的灰關聯分析，係針對系統模型中資訊不明確及數據不完整的部分，進行系統之關聯分析 (relational analysis) 及模型建構 (model construction)，並藉著預測 (prediction) 及決策 (decision) 的方法來討論及分析該系統，能對事物的不確定性 (not certainty)、多變量輸入 (multi-input)、離散數據 (discrete data) 與數據不完整性 (not enough) 做成有效的處理，該方法針對部份資訊已知，而部分資訊未知因素之間的發展動態，進行定量之比較分析，該模型為一「影響測度」模型。通過灰關聯分析方法尋求系統中各因素之間的關係，找出影響事物發展的主要因素，從而掌握影響該系統變化的主要因素之關聯度排序 (Deng · 1988)。

灰關聯分析主要是做離散序列資料之間的關聯程度計算，也就是一種系統動態發展過程之量化分析，係以「灰關聯度」衡量每個因素之間發展態勢的相似或相異程度，其基本原理是根據序列曲線幾何形狀的相似程度來判斷其聯繫是否緊密，當曲線 (因素發展趨勢) 愈接近，相應序列之間的關聯度就愈大，反之相應序列之間的關聯度就愈小。

灰關聯理論如下：

1. 因子空間 (factor space)

假設 $P(X)$ 為某特定主題 (theme) 所得到的因子集， Q 為其影響關係 (Relationship)，若 $\{P(X);Q\}$ 具有下列特性，則稱 $\{P(X);Q\}$ 為一個因子空間 (factor space)：

- (1) 存在性 (existence)：即關鍵因子 (或稱主題中心、影響中心) 的存在性。
- (2) 擴充性 (expansion)：又稱可構造型，亦即元素可構成序列。
- (3) 可數性 (countability)：內涵因子的數目是有限的而且可量測、可數的。
- (4) 獨立性 (independent)：各因子之間均具有獨立性。每一個因子對於 $P(X)$ 而言，均是相互獨立，故滿足可數性。

2. 灰關聯度的四個公理

灰色系統理論中之灰關聯分析是對於系統動態過程的量化量測方法，藉由多個因素的發展趨勢的相似度，來衡量各個系統間接近的程度。其中，灰關聯空間是灰關聯分析的基礎。它是由為某特定主題所得到的因子集開始，經由因子空間、測度空間，然後發展到灰關聯空間。根據Deng(1988)灰關聯度必須滿足四項公理：所謂灰關聯空間為一滿足因子空間與序列可比性的空間，以 $\{P(X); \Gamma\}$ 表示， $\{P(X)\}$ 為主題， Γ 為測度大小 (measure)，對 $\{P(X); \Gamma\}$ 而言，有以下四個公理，其中 i 和 j 分別代表兩個不同序列的因子， γ 代表兩個不同

序列因子的關聯度中，而以本文為例， $X_i(k)$ 為第*i*個問卷填寫者對問卷中第*k*個問項的回答分數：

- (1) 規範性： $0 \leq \gamma (X_i, X_j) \leq 1 \quad \forall i, \forall j$ 當 $\gamma (X_i, X_j) = 1$ 時，稱 X_i 與 X_j 兩序列為完全相關；當 $\gamma (X_i, X_j) = 0$ 時，則 X_i 與 X_j 為完全不相關的兩序列。
- (2) 偶對稱性：當因子集中僅有兩組序列時，則必須滿足 $\gamma (X_i, X_j) = \gamma (X_j, X_i)$
- (3) 整體性：當因子集中的序列有三組以上時，則必須考慮其整體的序列之間相互影響的關係，因此通常會滿足 $\gamma (X_i, X_j) \neq \gamma (X_j, X_i)$
- (4) 接近性： $|X_i (k) - X_j (k) |$ 須為整個 $\gamma [X_i (k) - X_j (k)]$ 的主控項。則此空間稱為灰關聯空間， $\gamma (X_i, X_j)$ 稱作灰關聯度，為在此空間的測度，而上述這四項條件稱為灰關聯度的四項公理。

現將主要分析步驟分述如下：

1. 建立原始序列、確立參考序列及比較序列。
2. 數據處理，進行灰關聯分析前，須先使序列滿足可比性的三項條件：利用修飾型的灰關聯
3. 生成方式所得的結果，均會滿足序列可比性的三項條件，這種數據的前處理即是一種就數找數的規律方法，利用此法，可在一堆雜亂無章的數據中，設法將被掩蓋的規律及特徵加以浮現。
4. 求差序列。
5. 求兩極最大差和最小差。
6. 計算灰關聯係數：

在求灰關聯度之前可根據局部性或整體性的灰關聯測度來定義灰關聯係數。灰關聯係數計算如下：

在灰關聯空間 $\{P(X) ; \Gamma\}$ 中，有一序列：

$$x_i(x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)) \in X$$

其中 $i=0, 1, 2, \dots, m, k=1, 2, 3, \dots, n \in \mathbb{N}$ ，即

$$x_0=(x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k))$$

$$x_1=(x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(k))$$

$$x_2=(x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(k))$$

∴ = ∴

$$x_m = (x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(k))$$

局部性及整體性灰關聯度量之灰關聯係數 $\gamma(x_i(k), x_j(k))$ 定義如下所述：

- (1) 局部性：當只有一個序列 $x_0(k)$ 為參考序列時，其它的序列為比較序列時。
- (2) 整體性：當序列中任何一序列 $x_i(k)$ 均可以參考序列，其它序列為比較序列時。

而本研究使用鄧聚龍的灰關聯係數定義為：

$$\gamma(x_i(k), x_j(k)) = (\Delta(\min.) + \zeta \Delta(\max.)) / (\Delta_{oi}(k) + \zeta \Delta(\max.))$$

式中 $i=1, 2, 3, \dots, m, k=1, 2, 3, \dots, n, j \in I$

x_0 為參考序列， x_i 為一特定之比較序列。

$\Delta_{oi} = \|x_0(k) - x_i(k)\|$: x_0 和 x_i 之間第 k 個差的絕對值

$$\Delta_{\min.} = \forall j \in i \forall k \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

$$\Delta_{\max.} = \forall j \in i \forall k \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

本研究依Deng(1982)所提出之方法，將 m 個比較序列對同一參考序列 $\{x\}_0$ 計算灰關聯，再根據灰關聯數值大小，加以順序排列，所組成一個大小的關係便稱為灰關聯序。數學模式的表示方式為：參考序列 x_0 及比較序列 x_i 各別為：

$$x_0 = (x_0(k)), x_i = (x_i(k)), k=1, 2, 3, \dots, n, i=1, 2, 3, \dots, m$$

再根據灰關聯分析法，如果 $\gamma(x_0, x_i) \geq \gamma(x_0, x_j)$ ，則稱 x_i 對 x_0 的關聯度大於 x_j 對 x_0 的關聯度，並且用 $x_i > x_j$ 表示，也稱為 x_i 和 x_j 的灰關聯序。

7. 排出灰關聯序:灰關聯度是表示兩個序列的關聯程度，其各個關聯度數值之前後排序才是最重要的訊息。
8. 本研究問卷使用李克特尺度 (Likert Scale) 作為評比標準，以1分為非常不同意，5分為非常同意，並以5分的非常同意做為「參考序列」 ($x_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)\}$)。之所以以5分的非常同意做為「參考序列」，是因為企業主對於此問項是「非常同意」其會影響該要素，因此將此序列設定為「參考序列」。回收問卷的原始資料則為「比較序列」 ($x_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\}$)，其中 $x_i(k)$ 為第 i 個問卷填寫者對問卷中第 k 個問項的回

答分數，並以「參考序列」與「比較序列」兩者間之差距稱為「差序列」，若此值越小，代表參考序列與比較序列兩者間越接近，其關聯性越高。

肆、研究結果與分析

本研究藉由文獻資料的蒐集，整理出影響台灣中小企業實施循環經濟的因素，並且設計出相關之問卷，如附錄。接著應用灰關聯分析法對此份問卷進行分析。

一、資料來源

本研究依據經濟部統計處的台閩地區工廠名錄進行廠商問卷調查，收集時間約一年。蒐集時間是2020年一月到2020年十二月，共回收400份問卷，刪除無效問卷後，共得320份有效問卷。於320份有效問卷中，電子零組件業者佔13%(42份)、電腦電子光學業者佔16%(51份)、機械設備業者佔21%(67份)、汽車及其零件業者佔17%(54份)、基本金屬業者佔19%(61份)、化學原料業者佔14%(45份)。

二、資料來源

本研究的問卷設計，主要是想瞭解目前會影響臺灣中小型企業主實施循環經濟的因素有哪些?因此設計問卷結構如下:第一部份：設計製造與銷售、第二部份：客戶使用、第三部份：產品再使用與再分配、第四部份：產品再製造與翻新、第五部份：產品回收、第六部份：個人基本資料。完整問卷置於文末附錄。

本研究根據問卷中的最後一個題目，也就是第六部份，有關個人基本資料當中的問項，請問受訪者的產業別分別:電子零組件業者、電腦電子光學業者、機械設備業者、汽車及其零件業者、基本金屬業者、化學原料業者、或是其他，選項中的哪一項?為個別廠商的產業類別做分類，並依據問卷中前面五大部分的題目，將廠商勾選同意與非常同意的構面變數，歸類為各中小企業主在實施循環經濟時，會因不同構面而影響其實施循環經濟。受訪之各個產業別企業主在實施循環經濟時，考慮變數的分配組成情形如表2。

表2：受訪之各個產業別企業體因不同構面之影響而實施循環經濟之概況

構面 產業別	設計製造與銷售	客戶使用	產品再使用與 再分配	產品再製造 與翻新	產品回收
電子零組件業	11%	18%	18%	17%	15%
電腦電子光學業	15%	15%	15%	14%	16%
機械設備業	12%	16%	17%	18%	14%
汽車及其零件業	13%	16%	17%	18%	14%
基本金屬業	14%	12%	16%	15%	16%
化學原料業	9%	15%	14%	18%	15%

資料來源：本研究整理

從上述資料可以發現，多數受訪之各個產業別企業體會因「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」與「產品回收」而影響其實施循環經濟。

三、灰關聯分析

本研究使用灰關聯分析法來探討「影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素之關聯度分析」，主要是想知道臺灣中小型企業主對影響實施循環經濟因素的「設計製造與銷售」、「客戶使用」、「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品回收」等五個構面之關聯度。

本研究根據灰關聯的計算步驟，先以「設計製造與銷售」為例，將回收問卷的原始資料當中5分的非常同意做為「參考序列」($x_0=\{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)\}$)，其餘則為「比較序列」($x_i=\{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\}$)，其中 $x_i(k)$ 為第*i*個問卷填寫者對問卷中第*k*個問項的回答分數，並以「參考序列」與「比較序列」兩者間之差距稱為「差序列」，若此值越小，代表參考序列與比較序列兩者間越接近，其關聯性越高。以本研究而言，「設計製造與銷售」問卷原始資料之比較序列資料如表3。

表3：「設計製造與銷售」之比較序列

問題	1	2	3	4	5	6	7
問卷編號	我認為材料適量取用，「設計製造與銷售」去物質化會影響	我認為可生物降解會影響「設計製造與銷售」	我認為採用可回收材料會影響「設計製造與銷售」	我認為稀缺性材料含量會影響「設計製造與銷售」	我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響「設計製造與銷售」	我認為不含有毒物質會影響「設計製造與銷售」	我認為零廢棄、所有廢物做為另一資源會影響「設計製造與銷售」
1	4	5	4	5	5	5	4
2	4	4	2	4	3	5	5
3	4	4	5	5	5	5	3
4	3	3	4	4	5	5	3
5	5	5	3	2	5	5	2
6	4	4	3	4	4	4	4
7	3	3	3	3	3	3	3
8	3	3	2	4	3	3	4
○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○
319	3	4	1	1	1	1	1
320	4	3	3	3	3	3	3

資料來源:本研究整理

再根據表3，灰關聯分析步驟如下：

- Step1：
- 計算比較序列與參考序列（也就是非常同意的5分）之差距，「差序列」值定義為為比較序列與參考序列之間的絕對差值，表示為 $\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$ ，差序列結果如表4所示。

表4：「設計製造與銷售」之差序列資料

問題	1	2	3	4	5	6	7		
問卷編號	我認為材料適量取用，去物質化會影響「設計製造與銷售」	我認為可生物降解會影響「設計製造與銷售」	我認為採用可回收材料會影響「設計製造與銷售」	我認為稀缺性材料含量會影響「設計製造與銷售」	我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響「設計製造與銷售」	我認為不含有毒物質會影響「設計製造與銷售」	我認為零廢棄、所有廢物做為另一資源會影響「設計製造與銷售」	第一部分 最大值	第一部分 最小值
1	1*	0	1	0	0	0	1	1	0
2	1	1	3	1	2	0	0	3	0
3	1	1	0	0	0	0	2	2	0
4	2	2	1	1	0	0	2	2	0
5	0	0	2	3	0	0	3	3	0
6	1	1	2	1	1	1	1	2	1
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	3	1	2	2	1	3	1
9	1	2	1	1	1	1	1	2	1
10	2	2	1	1	2	2	0	2	0
319	2	1	4	4	4	4	4	4	1
320	1	2	2	2	2	2	2	2	1

資料來源：本研究整理

備註：*代表 $|x_0(k)-x_i(k)|=5-4=1$

- Step 2 :
- 再根據表4求得的差序列值，以及當辨識係數 (ζ) 為0.5時，即可求得灰關聯係數 ($r(x_0(k), x_i(k))$)，其中 Δ_{\min} 與 Δ_{\max} 分別為問卷中第k個問項的最小值與最大值差序列，結果列於表5。

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta_{\max}}$$

表5：「設計製造與銷售」之灰關聯係數

問題	1	2	3	4	5	6	7
問卷編號	我認為材料適量取用，去物質化會影響「設計製造與銷售」	我認為可生物降解會影響「設計製造與銷售」	我認為採用可回收材料會影響「設計製造與銷售」	我認為稀缺性材料含量會影響「設計製造與銷售」	我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響「設計製造與銷售」	我認為不含有毒物質會影響「設計製造與銷售」	我認為零廢棄、所有廢物做為另一資源會影響「設計製造與銷售」
1	0.33*	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	0.33
2	0.60	0.60	0.33	0.60	0.43	1.00	1.00
3	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33
4	0.33	0.33	0.50	0.50	1.00	1.00	0.33
5	1.00	1.00	0.43	0.33	1.00	1.00	0.33
6	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
8	0.71	0.71	0.56	1.00	0.71	0.71	1.00
9	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.33	0.33	0.50	0.50	0.33	0.33	1.00
319	0.75	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
320	1.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

資料來源：本研究整理

備註：*代表 $r(x_0(k), x_i(k)) = (\Delta \min + \zeta \Delta \max) / (\Delta_{oi}(k) + \zeta \Delta \max)$

- Step 3.
- 求出灰關聯係數 ($r(x_0(k), x_i(k))$) 之後，將每筆問卷資料加以平均，如下式，即可以求出每項問卷的灰關聯度 ($r(x_0, x_i)$)，並將灰關聯度的值從大到小依序排列，形成灰關聯序，便可以獲得其中哪幾項因素是台灣中小企業主對影響實施循環經濟的「設計製造與銷售」之重要因素。

$$r(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k))$$

再根據表5中「設計製造與銷售」各問項之灰關聯係數結果，可以計算灰關聯值，並且排序如表6及表7。

表6：「設計製造與銷售」之灰關聯值

問題	1	2	3	4	5	6	7
問卷編號	我認為材料適量取用，去物質化會影響「設計製造與銷售」	我認為可生物降解會影響「設計製造與銷售」	我認為採用可回收材料會影響「設計製造與銷售」	我認為稀缺性材料含量會影響「設計製造與銷售」	我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響「設計製造與銷售」	我認為不含有毒物質會影響「設計製造與銷售」	我認為零廢棄、所有廢物做為另一資源會影響「設計製造與銷售」
1	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	0.33
2	0.60	0.60	0.33	0.60	0.43	1.00	1.00
3	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33
4	0.33	0.33	0.50	0.50	1.00	1.00	0.33
5	1.00	1.00	0.43	0.33	1.00	1.00	0.33
6	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
8	0.71	0.71	0.56	1.00	0.71	0.71	1.00
9	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.33	0.33	0.50	0.50	0.33	0.33	1.00
319	0.75	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
320	1.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
平均	0.75	0.75	0.76	0.75	0.86	0.84	0.79
排名	5	5	4	5	1	2	3

資料來源：本研究整理

表7：「設計製造與銷售」之灰關聯序

問題	關聯度	排名
我認為材料適量取用，去物質化會影響「設計製造與銷售」	0.75	5
我認為可生物降解會影響「設計製造與銷售」	0.75	5
我認為採用可回收材料會影響「設計製造與銷售」	0.76	4
我認為稀缺性材料含量會影響「設計製造與銷售」	0.75	5
我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響「設計製造與銷售」	0.86	1
我認為不含有毒物質會影響「設計製造與銷售」	0.84	2
我認為零廢棄、所有廢物做為另一資源會影響「設計製造與銷售」	0.79	3

資料來源：本研究整理

結果顯示，在「設計製造與銷售」的部分，分別是「我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響設計製造與銷售」、「我認為不含有毒物質會影響設計製造與銷售」，以及「我認為零廢棄、所有廢物做為另一資源會影響設計製造與銷售」這三個因素，對於台灣中小企業主影響實施循環經濟有高度的關聯性。

而用相同的方法，為「客戶使用」、「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品回收」問卷作灰關聯分析之排序如下表。

表8：「客戶使用」之灰關聯序

問題	關聯度	關聯序
我認為產品故障率會影響「客戶使用」	0.88	1
我認為產品使用壽命會影響「客戶使用」	0.87	2
我認為產品之資源耗用率會影響「客戶使用」	0.84	3

資料來源：本研究整理

表9：「產品再使用與再分配」之灰關聯序

問題	關聯度	關聯序
我認為二手市場的商品需求度會影響「產品再使用與再分配」	0.86	1
我認為二手市場發達程度會影響「產品再使用與再分配」	0.83	3
我認為產品使用壽命會影響「產品再使用與再分配」	0.84	2

資料來源：本研究整理

表10：「產品再製造與翻新」之灰關聯序

問題	關聯度	關聯序
我認為翻新再製成本會影響「產品再製造與翻新」	0.82	1
我認為產品進廠維修回收成本會影響「產品再製造與翻新」	0.81	2
我認為產品回收維修再製比例會影響「產品再製造與翻新」	0.76	4
我認為拆解難易度會影響「產品再製造與翻新」	0.80	3
我認為拆卸破壞顯著性會影響「產品再製造與翻新」	0.75	5
我認為拆卸後零件辨識度會影響「產品再製造與翻新」	0.71	8
我認為零件模組化件數會影響「產品再製造與翻新」	0.74	6
我認為升級配件可行性會影響「產品再製造與翻新」	0.73	7

我認為機械式連接數會影響「產品再製造與翻新」	0.70	9
------------------------	------	---

資料來源：本研究整理

在表10的結果顯示，在「產品再製造與翻新」的部分，分別是「我認為翻新再製成本會影響產品再製造與翻新」、「我認為產品進廠維修召收成本會影響產品再製造與翻新」，以及「我認為拆解難易度會影響產品再製造與翻新」這三個因素，對於台灣中小企業主影響實施循環經濟有高度的關聯性。

表11：「產品回收」之灰關聯序

問題	關聯度	關聯序
我認為產品的材料組合程度會影響「產品回收」	0.85	2
我認為物料包裝程度會影響「產品回收」	0.88	1

資料來源：本研究整理

伍、研究結論與建議

由於臺灣過去較少著墨資源循環可以促進循環經濟的思維，主要是強調解決廢棄物的環境問題，而非資源安全與產業的永續競爭力。其次，本研究從問卷資料發現，多數受訪之各個產業別企業體會因「產品再使用與再分配」、「產品再製造與翻新」、「產品服務」、「產品回收」之影響來實施循環經濟。從表8-11也發現，影響臺灣中小企業實施循環經濟因素，在不同構面細項的前三名，表示臺灣中小企業對於是否採用循環經濟，大多還是著重在資源的回收與重複使用的考量。

隨著全球環保意識抬頭，政府與世界各國環保節能及循環經濟，對於一個有未來競爭力且具有前瞻性的企業而言，除了經濟面的績效評估外，環境保護也是企業必須面臨與重視的議題，許多臺灣中小型企業警覺到環保的重要，也開始增加在環保上的投資和努力。因此根據上述研究結果建議如下：

(一) 建立產品回收系統

根據環保署(2015)的統計，全台的回收率為55%，健全的回收系統是台灣發展循環經濟的立足點，而根據本研究的研究也發現，影響臺灣中小企業實施循環經濟因素，不同的產業別在「採用可回收材料」、「產品回收」、「產品使用壽命」、「維修成本/產品成本」、「獲得保養的難易度」、「產品進廠維修召收成本」、「產品回收維修再製比例」、「物料包裝程度」這八項有顯著的差異性，表示臺灣中小企業對於是否採用循環經濟，大多著重在資源的回收與重複使用的考量。

(二) 根據企業自身條件與所處產業，整合適合自身的內外部資源

本研究利用灰關聯分析，研究發現臺灣中小企業主多認為實施循環經濟的因素與資源的回收與重複使用的考量有顯著的關聯性(表8-11)，表示臺灣中小企業於各構面之前三項經濟循環企管實務，這幾項因素與製造部門和銷售部門有高度關聯，臺灣中小企業資金與技術較缺乏，因此，本研究之灰關聯分析提供企業內部各部門相互整合，串聯上下游供應商，互相溝通的關鍵訊息，可以幫助臺灣中小企業做適合自身的循環經濟決策。

臺灣中小型企業，由於不同產業別的差異性，在問卷設計以及資料蒐集等方面均力求客觀，建議未來研究可以透過定性分析，如個案研究，再結合質性訪談，以深入瞭解各影響因素間之關係。本研究受訪者皆屬於臺灣中小型企業業主或是管理階層，而中小型企業與大型企業考慮因素應有不同，建議後續的研究可以納入大型企業，使研究更臻完善。

參考文獻

一、中文文獻

1. 中文互聯網數據研究資訊中心，2014，「循環經濟的真正到來」，取自：
<https://read01.com/jN8Lod.html#.YlapiHhByDI>。
2. 行政院環保署，2000，「我國環保產業及其市場之分析研究」，取自：
<https://library.tier.org.tw/webpac/bookDetail.do?id=11085>。
3. 行政院，2019，「循環經濟推動方案」，取自：
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/18ef26a4-5d05-4fb3-963e-6b228e713576>。
4. 周宏春、劉燕華，2005，循環經濟學。北京：中國發展出版社，頁62~63。
5. 吳季松，2005，新循環經濟學。北京：清華大學出版社。
6. 吳季松，2006，科學發展與中國循環經濟。北京：新華出版社。
7. 吳萬益、林清河，2002，企業研究方法。台北：華泰文化。
8. 財團法人中技社，2013，專題報告「台灣稀有資源循環發展策略」，取自：
<https://www.ctci.org.tw/media/3032/>。
9. 財團法人中技社，2016，專題報告「台灣中小企業轉型到循環經濟的挑戰與契機」，取自：
<https://www.ctci.org.tw/media/3027/>。
10. 財團法人台灣綠色生產力基金會，2015，「綠色生產力通訊」，取自：
https://www.tgpf.org.tw/upload/publish/publish_78/all.pdf。
11. 財團法人國家實驗研究院，2011，〈專題I-III綠色能源產業旭升方案〉，中華民國科學技術年鑑，取自：
<https://www.narlabs.org.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0I148622737263495777&sid=0I155615857403752074>。
12. 郭財吉，2001，「淺談環境保護與工程設計 - 綠色工程設計與綠色行銷」，科學發展月刊。第29卷第10期，頁724-728。
13. 溫麗琪、羅時芳，2007，「我國資源回收產業的產值與發展策略」，經濟前瞻，頁74-78。
14. 馮之浚，2004，循環經濟導論。北京：人民出版社。
15. 馮之浚，2005，中國迴圈經濟高端論壇。北京：人民出版社。
16. 經濟合作與發展組織OECD，1989，環境管理中的經濟手段。北京：中國環境科學出版社
17. 齊建國，2006，現代循環經濟理論與運行機制。北京：新華出版社。
18. 關敏，2006，循環經濟國際比較研究。北京：新華出版社。

19. 鄒倫、楊智凱，2015。「從資源消耗邁向永續發展—我國的循環經濟轉型之路」，綠基會通訊，第40期，頁14-17。

二、英文文獻

1. Accenture, 2014. Circular Advantage Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth. Available from: https://www.accenture.com/t20150523t053139__w__/us-en/_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accenture-circular-advantage-innovative-business-models-technologies-value-growth.pdf.
2. Boulding,K., 1966. The Economics of the Coming Spaceship Earth. Resources for the Future,pp.1 - 14.
3. Deng,Ju-Long, 1982. Control Problems of Grey System. System and Control Letters, 1(5), pp.288-294.
4. Deng,Ju-Long, 1988. Essential Topics on Grey System: Theory and Application, China Ocean Press.
5. Ellen MacArthur Foundation, 2012. Towards a Circular Economy : Business Rationale For An Accelerated Transition. Available from: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>.
6. Environmental Business International, INC.,EBI, 1999. Available from: <https://ebionline.org/>.
7. EIO & CfSD(2016).2nd edition, Eco-innovate! A guide to eco-innovation for SMEs and business coaches. Eco-Innovation Observatory. Funded by the European Commission, DG Environment, Brussels. Available from: https://cfsd.org.uk/site-pdfs/SME_eco-innovation_guide_2nd_edition_small.pdf.
8. Evans & Bocken, 2013. Available from: <http://circulareconomytoolkit.org/Toolkit.html>.
9. Financial Times, 2016. Available from: <https://www.ft.com/stream/b1a492d9-dcfe-43f8-8072-17b4618a78fd>.
10. Gay,L.R., 1992. Education research:Competencies for analysis and application(4th ed.), New York: Merrill.
11. Hair,J.E.,Rolph,E.A.,Ronald,L.T.,&William,C.B, 1998. Multivariate Data Analysis, Prentice-Hall.
12. Kaiser, H.F., 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, 23, pp.187-200.
13. K.E.Boulding, 1966. The Economics of the Coming Spaceship Earth. Available from: <http://www.geocities.com/RainForest/3621/BOULDING HTM>.
14. Martinez-Fernandez,C.,C.Hinojosa & G. Miranda, 2015. Greening Jobs and Skills: Labour market implications of addressing climate change, OECD Publishing: Paris
15. Peattie,K., 1992. Green Marketing, The M&E Handbook series. London, UK : Pitman Publishing.
16. Pearce & Turner, 1993. Environmental economics-An elementary introduction. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
17. Rao, Vijayendra, & Michael Walton., 2004. Culture and Public Action : An Introduction. In V. Rao and M. Walton, eds., Culture and Public Action : A Cross-Disciplinary Dialogue on Development Policy. Palo Alto, Calif. : Stanford University Press.
18. Suren Erkmén,& Ramesh Ramaswamy, 2003. Applied Industrial Ecology: A New Platform for Planning Sustainable Societies, Aicra Publisher.

19. UNEP, 2011. Available from: [http :
//www.unep.org/resourcepanel/Introduction/tabid/54040/Defra/](http://www.unep.org/resourcepanel/Introduction/tabid/54040/Defra/).
20. World Economic Forum, 2014. *Toward the Circular Economy*. Available from:
https://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/?doing_wp_cron=1649828593.2092430591583251953125.

附錄(完整問卷調查之一部分)

親愛的企業主，您們好：

首先，謝謝您們幫忙填寫此問卷。我們正進行一份有關「影響臺灣中小型企業實施循環經濟因素的關聯性分析」的網路調查問卷，希望藉此問卷更加瞭解目前會影響臺灣中小型企業主實施循環經濟的因素。您們的填答將成為本研究之寶貴研究依據，本問卷採不記名方式進行，僅供研究使用，將不對外公開，請您放心作答。最後再次感謝您的協助與參與。

敬祝健康快樂事事順心

第一部份：設計製造與銷售 此部分想要了解您認為下列哪些因素會影響「設計製造與銷售」 (請在適當的□內打「√」)		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1.	我認為材料適量取用，去物質化會影響「設計製造與銷售」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	我認為可生物降解會影響「設計製造與銷售」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	我認為採用可回收材料會影響「設計製造與銷售」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	我認為稀缺性材料含量會影響「設計製造與銷售」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	我認為材料之生態效益(低能耗、低碳排)會影響「設計製造與銷售」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	我認為不含有毒物質會影響「設計製造與銷售」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

第二部份：客戶使用 此部分想要了解您認為下列哪些因素會影響「客戶使用」 (請在適當的□內打「√」)		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1.	我認為產品故障率會影響「客戶使用」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	我認為產品使用壽命會影響「客戶使用」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	我認為產品之資源耗用率會影響「客戶使用」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

第三部份：產品再使用與再分配 此部分想要了解您認為下列哪些因素會影響「產品再使用與再分配」 (請在適當的□內打「√」)		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1.	我認為二手市場的商品需求度會影響「產品再使用與再分配」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	我認為二手市場發達程度會影響「產品再使用與再分配」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.	我認為產品使用壽命會影響「產品再使用與再分配」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

第四部份：產品再製造與翻新 此部分想要了解您認為下列哪些因素會影響「產品再製造與翻新」 (請在適當的□內打「√」)		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1.	我認為翻新再製成本會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	我認為產品進廠維修回收成本會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	我認為產品回收維修再製比例會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	我認為拆解難易度會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	我認為拆卸破壞顯著性會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	我認為拆卸後零件辨識度會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	我認為零件模組化件數會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	我認為升級配件可行性會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	我認為機械式連接數會影響「產品再製造與翻新」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

第五部份：產品回收 此部分想要了解您認為下列哪些因素會影響「產品回收」 (請在適當的□內打「√」)		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1	我認為產品的材料組合程度會影響「產品回收」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	我認為物料包裝程度會影響「產品回收」	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

第六部份：個人基本資料
性別 <input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女
年齡 <input type="checkbox"/> 31~40歲 <input type="checkbox"/> 41~50歲 <input type="checkbox"/> 51~60歲 <input type="checkbox"/> 61~70歲 <input type="checkbox"/> 71~80歲 <input type="checkbox"/> 81歲以上
教育程度 <input type="checkbox"/> 高中職 <input type="checkbox"/> 大專院學校 <input type="checkbox"/> 研究所以上
請問您的產業別是： <input type="checkbox"/> 電子零組件業者 <input type="checkbox"/> 電腦電子光學業者 <input type="checkbox"/> 機械設備業者 <input type="checkbox"/> 汽車及其零件業者 <input type="checkbox"/> 基本金屬業者 <input type="checkbox"/> 化學原料業者 <input type="checkbox"/> 其他

(本問卷結束，感謝您撥空填寫！)