



循環經濟的國際趨勢及現況

工研院綠能所 劉坤興博士

2017.06

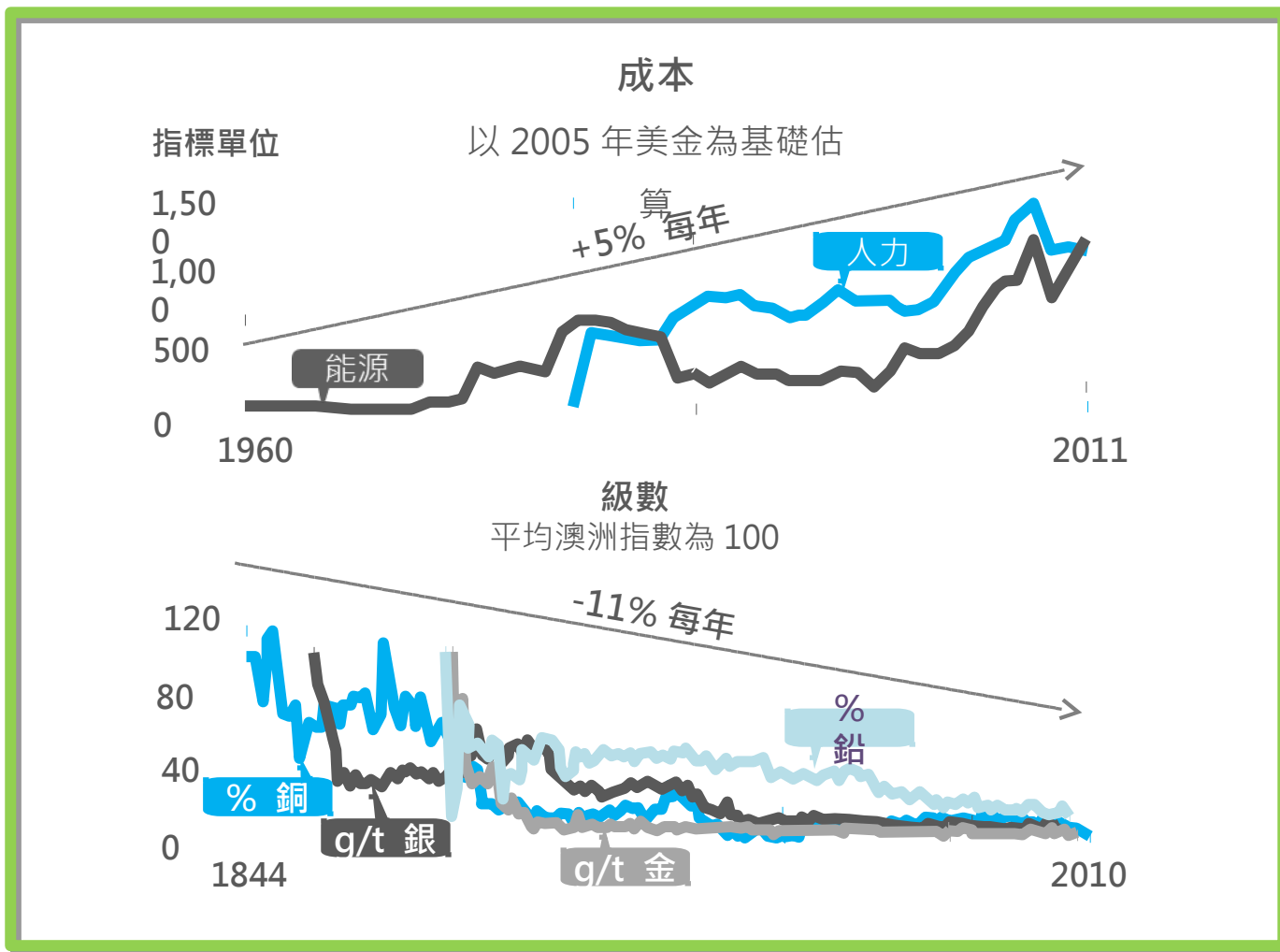
大綱

- 循環經濟定義
- 各國推動狀況
- 預期效益 & 推動方式
- 國際案例參考
- 循環經濟在台灣
- 結語



循環經濟定義

全球礦藏開採成本持續增加

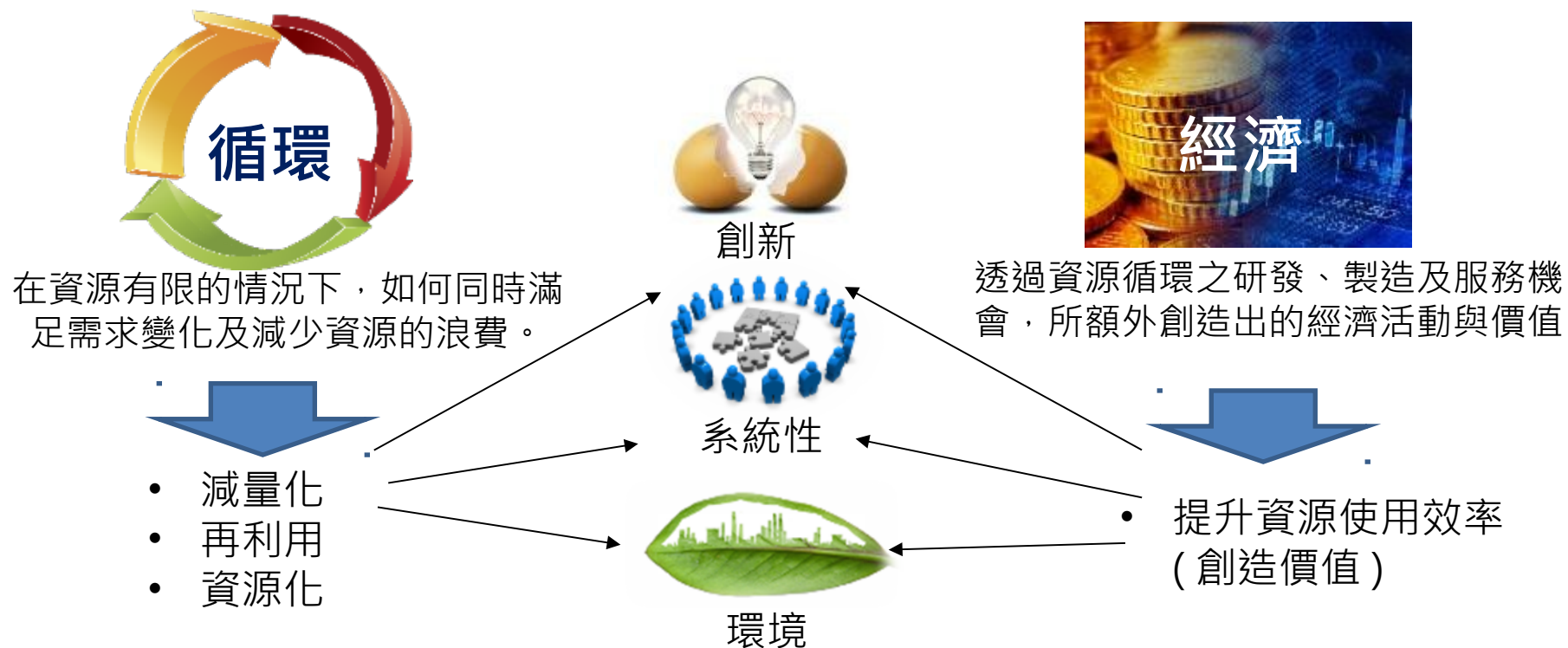


資源效率需大幅增加否則將失去競爭力

資料來源：Stefan Heck, Matt Rogers, Paul Carroll (Contributor) · Resource Revolution: How to Capture the Biggest Business Opportunity in a Century · New Harvest · 2014 ·

循環經濟是什麼？

- 70 年後天然資源將會消失... 除非我們現在開始認識【循環經濟】 (<https://www.youtube.com/watch?v=LI4J4xXEuw4>)



一些定義

- 循環經濟為「在生產、流通和消費等過程中進行的減量化、再利用、資源化活動的總稱。」《循環經濟促進法》
 - **減量化**：指在生產、流通和消費等過程中減少資源消耗和廢物產生。
 - **再利用**：指將廢物直接作為產品或者經修復、翻新、再製造後繼續作為產品使用，或者將廢物的全部或者部分作為其他產品的部件予以使用。
 - **資源化**：指將廢物直接作為原料進行利用或者對廢物進行再生利用。
- **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。
(Ellen MacArthur Foundation, 2013)

並非新的概念，但目前的技術能力能做的更好，並且是
解決目前環境／經濟及社會衝突的有效工具

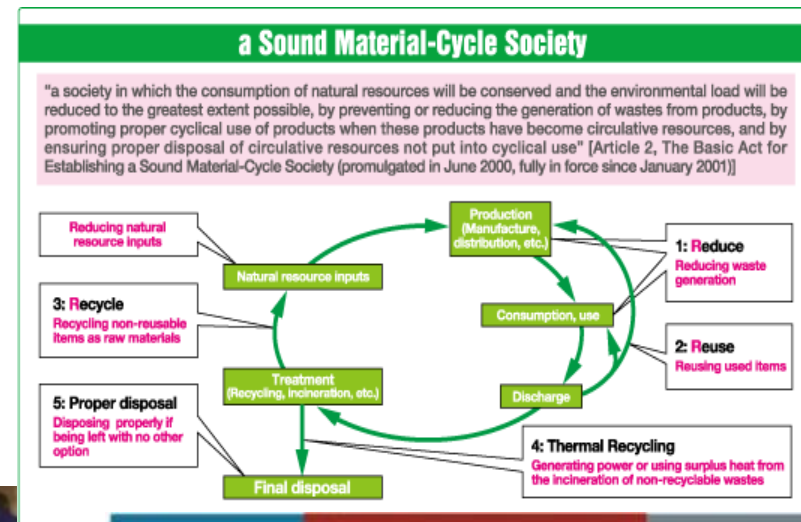
循環型經濟：一個設計為可以自我修復的工業體系



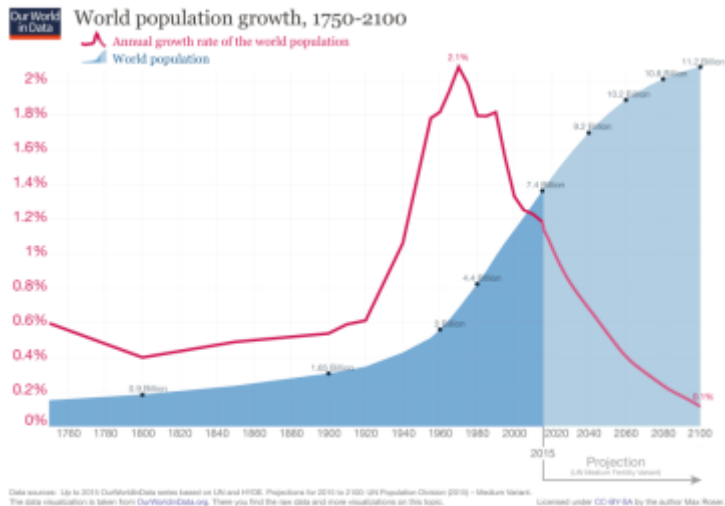
循環：在有限的資源下滿足市場需求

**經濟：突破資源限制，所帶來的
新科技、新產品、新服務**

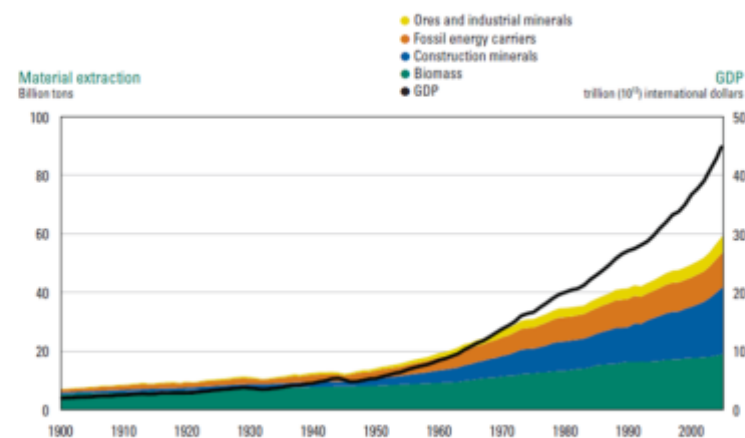
為何全球在瘋循環經濟？



既有問題的解決方案

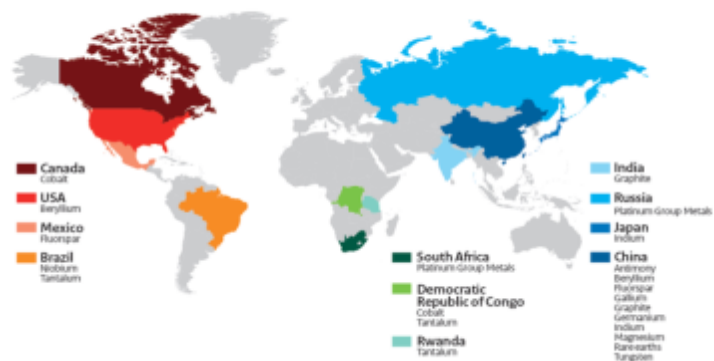


Global material extraction in billion tons, 1900-2005

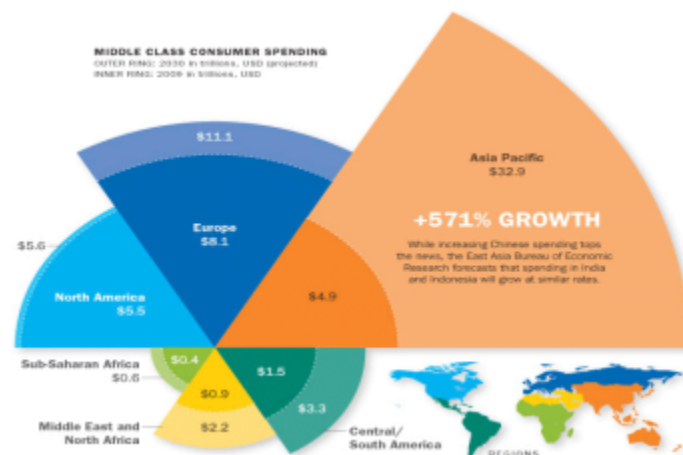


Source: Krausmann et al., 2009

Production concentration of critical raw mineral materials



Source: European Commission, 2010



未來趨勢的解決方案

單位	資誠 (PwC)	安永 (Ernst & Young)	安侯 (KPMG)	歐盟 (EU)	世界經濟論壇 (WEF)
報告名稱 / 年度	5 megatrends (2015)	Megatrends 2015 Making sense of a world in motion (2015)	Future State 2030 (2014)	Assessment of global megatrends - an update (2015)	Outlook on the Global Agenda 2015 - Top 10 trends (2015)
大趨勢	● 人口結構變化及社會變遷 ● 經濟勢力的轉移 ● 快速都市化 ● 氣候變遷及資源稀缺 ● 技術突破	● 數位未來 ● 創業精神崛起 ● 全球性市場 ● 健康的再想像 ● 全球資源生產力躍進 ● 擁擠的地球	● 人口結構變化 ● 個人的崛起 ● 使能科技 ● 經濟相互串聯性 ● 公債 ● 經濟勢力的轉移 ● 氣候變遷 ● 資源壓力 ● 都市化	社會 ● 發散的全球人口趨勢 ● 邁向都市化的世界 ● 疾病負擔及全國性風險的改變 科技 ● 科技變化的加速 經濟 ● 經濟似否持續成長？ ● 越來越多極化的世界 ● 全球資源競爭的劇烈化 環境 ● 增加中的生態系統壓力 ● 氣候變遷後果的嚴重性增加 ● 環境汙染的增加 政治 ● 政府治理模式的發散	● 收入不均的加深 ● 持續的無就業增長 ● 缺乏領導力 ● 地緣戰略競爭的升溫 ● 代議民主的弱化 ● 開發中國家污染的增加 ● 極端氣候事件頻率的增加 ● 民族主義的深化 ● 水壓力的增加 ● 健康在經濟體重要性的提升



各國推動狀況

推動者 1- Ellen MacArthur 基金會 (1/2)

- 2010 年成立，致力於透過教育、商業及深入研究的方式，加速循環經濟的轉型。
- 2012~2014 年期間，與多個國際機構及企業共同合作出版了「邁向循環經濟」的系列叢書共三冊，內容包括：(1) 加速轉型的經濟及商業思維；(2) 消費性產品部門之契機；(3) 加速全球供應鏈的擴大，並與全球約 90 個機構建立合作夥伴關係，共同推廣循環經濟的概念。
- 2015 年 5 月
 - 在歐盟的補助下，發表了供企業評估之循環性指標，同時也提供了企業及產品層級的循環型指標計算工具。
 - 與麥肯錫公司、丹麥政府及也發布了針對政策執行者的循環經濟規劃手冊，內容逐步說明政策制定者建構循環經濟策略之程序，內容包含 11 項工具，功能在於協助：(1) 評估國家之循環經濟現況、定義其願景及關鍵領域的篩選；(2) 系統性的依部門別分析其循環經濟契機，辨別既有阻礙及分析克服阻礙的政策選項；(3) 評估跨產業之經濟效益，並且以丹麥為實際範例，敘述其國家及產業策略之擬訂。



Dame Ellen MacArthur

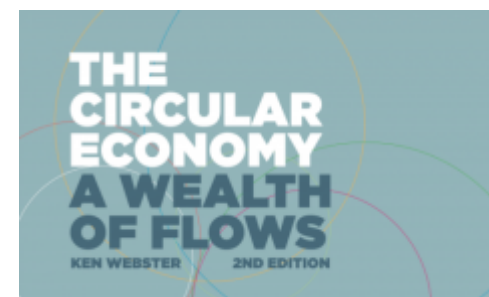
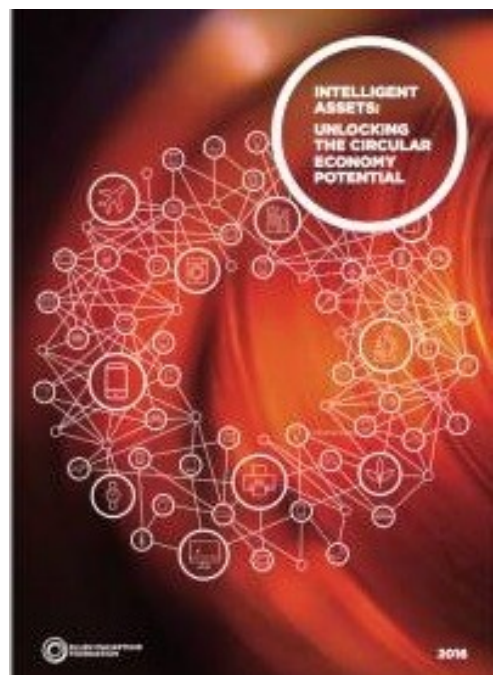


推動者 1 - Ellen MacArthur 基金會 (2/2)

- 2015 年 6 月，對歐洲轉型循環經濟出版了名為「內部成長：具競爭力歐洲的循環經濟願景 (Growth Within : A Circular Economy Vision for a Competitive Europe)」的報告。
 - 目的在於提供做為決策使用的現況基礎。
 - 報告內容以五個關鍵問題的探討為出發點，包括：
(1) 歐洲既有資源使用模式是否有效？；(2) 技術創新是否能解決歐洲的資源問題？；(3) 適合歐洲的循環經濟模式為何？；(4) 歐洲採用循環模式的經濟效益為何？；及(5) 如果歐洲決定邁向循環經濟模式，政策制定者及企業領袖如何加速其轉型？。



推動者 1 - Ellen MacArthur 基金會 (2/2)



麥克阿瑟基金會（英國）建議推動項目

- 歷久不衰
 - 金屬、聚對苯二甲酸乙二酯 (PET)、紙類、玻璃類等已被廣泛回收的物質，未來將持續為回收的主流。
- 高潛力
 - 聚乙烯 (PE) 及聚丙烯 (PP) 等可回收但回收品質及體系有待提升
- 待磨璞玉
 - 混凝土、二氧化碳及廚餘等量大但尚未被妥善利用的物質，其數量為最大的潛力所在。
- 未來新星
 - 3D 列印材料的創新將改變未來產品生產方式，而生質（可再生）材料的應用為解決資源缺乏問題的根本之道。

推動者 2：中國大陸-促進循環經濟轉型 (1/2)

第一批循環經濟試點計畫

2005

1. 重點企業 43 家 (包括鋼鐵、有色金屬及化工等 7 個重點行業)；
2. 資源回收企業 17 家 (4 個重點領域)；
3. 產業園區 13 個 (不同類型)；
4. 城市 (10 個省份的資源型和資源匱乏型城市)

2007

第二批循環經濟試點計畫

1. 第一批成效顯著者進入第二期 (25 單位未通過)

2008

通過《循環經濟促進法》

2009

正式實施《循環經濟促進法》

2010

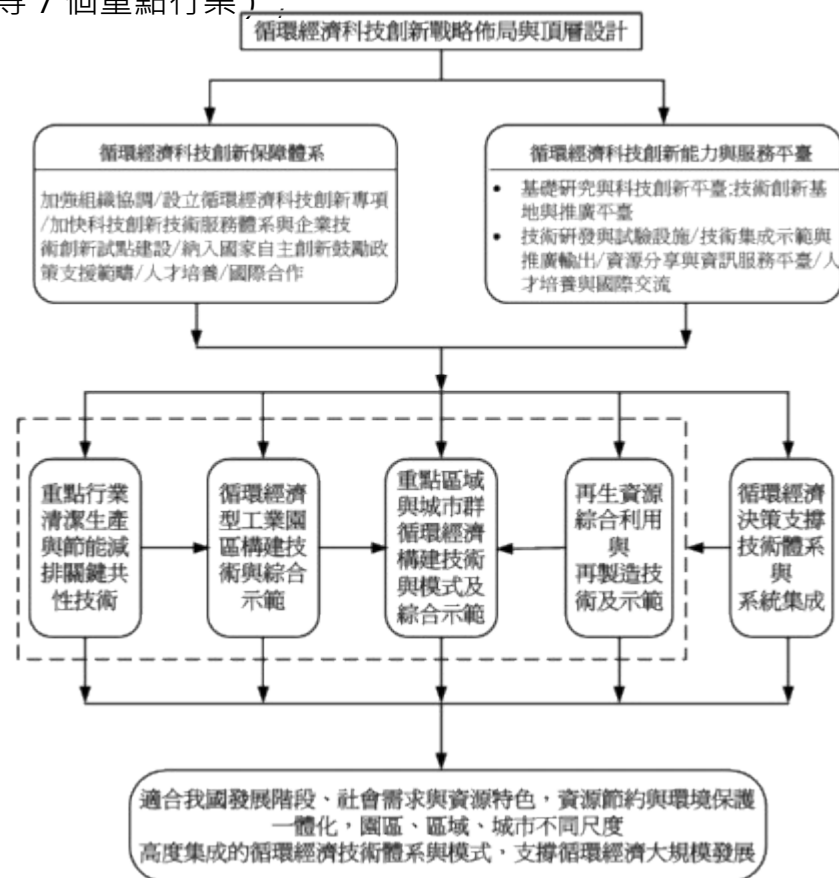
評估十一五期間循環經濟成效
訂定十二五循環經濟發展規劃

2013

國務院提出了《循環經濟發展戰略及
近期行動計劃》

2016

十三五循環經濟規劃



推動者 2：中國大陸－促進循環經濟轉型 (2/2)

中國大陸十一五期間循環經濟發展成效

指標名稱	單位	2005 年	2010 年	2010 年比 2005 年 提高 (%)
能源產出率	萬元 / 噸標準煤	1	1.24	24
水資源產出率	元 / 立方米	41.9	66.7	59
礦產資源總回收率	%	30	35	[5]
共伴生礦綜合利用率	%	35	40	[5]
工業固體廢物綜合利用量	億噸	7.70	16.18	110.1
工業固體廢物綜合利用率	%	55.8	69	[13.2]
主要再生資源回收利用總量	億噸	0.84	1.49	77.4
主要再生有色金屬產量佔有色金屬 總產量比重	%	19.3	26.7	[7.4]
農業灌溉用水有效利用係數	—	0.45	0.5	11.1
工業用水重復利用率	%	75.1	85.7	[10.6]
秸稈綜合利用率	%		70.6	

資料來源：中國國務院《循環經濟發展戰略及近期行動計劃》，2013



推動者 3：歐盟 - 以零廢棄邁向循環經濟 (1/3)

- 過去並未制訂如「循環經濟」般整合產業發展及環境保護的綜合性指令
- **2008 年金融危機之後**，陸續推動多個資源使用效率提升的規劃
 - 2008 年原物料倡議 (Raw Material Initiative) 及 2012 年歐盟原物料創新夥伴計畫 (European Innovation Partnership: Raw Material)
 - 2010 年：歐盟 2020 策略下的「資源有效歐盟 (Resource Efficient Europe)」, 「全球化趨勢之產業政策 (Industrial Policy for the Globalization Era)」及「創新歐盟 (Innovation Union)」等旗艦計畫；
 - 2011 年：資源有效歐盟路徑規劃 (Roadmap to a Resource-Efficient Europe)
 - 2012 年：歐盟消費者議題：提升信心及成長 (A European Consumer Agenda : Boosting Confidence and Growth)
 - 2013 年：歐盟第七次環境行動計劃
- **針對提升資源使用的效益進行評估**
 - 歐盟 2011 評估報告指出，推動資源效率提升措施可在 2030 年降低歐盟在 17%~24% 的資源需求。
 - 2013 年的研究報告指出，若克服歐洲目前資源管理市場障礙，透過廢棄物減量、綠色設計及回收再利用等措施每年可為歐洲企業節省 6000 億歐元的淨支出，同時降低 2%~4% 的溫室氣體排放。
 - 2014 年模型評估結果顯示歐盟若維持其在 2000~2011 之間的資源提升效率，在 2030 年時可較現況發展情境提升 30% 資源使用效率，增加 1% 的 GDP 並且創造出超過 200 萬個工作機會。



推動者 3：歐盟 - 以零廢棄邁向循環經濟 (2/3)

- 2014 年 6 月提出了名為「邁向循環經濟：歐洲零廢棄計畫」的《循環經濟方案》內容重點如下：

1. 建構出協助發展的政策架構

- 突破既有基礎設施、商業模式及技術所造成的限制，透過資訊提供、財務機制及改變消費者習慣，推動循環經濟的發展。將透過與利害相關者的合作，建構包含了智慧規範、市場工具、研發創新、市場誘因及資訊交換等措施之政策架構，推動循環經濟的轉型，核心工作包括：(1) 循環經濟的設計與創新；(2) 開放循環經濟解決方案的投資；(3) 驅動企業及消費者的行動並支持中小企業

2. 廢棄物政策及目標之現代化：將廢棄物變成資源

- 歐盟在第七次歐盟環境計畫中已承諾減少廢棄物產出、將廢棄物變成主要且可靠的原物料來源，並逐步廢除掩埋。循環經濟建立於上述廢棄物承諾，因此可在低成本的情況下創造產業發展及就業。歐盟同時寄望更嚴格的廢棄物政策可以驅動企業創新研發，讓企業在全球市場更具競爭力。核心工作包括：(1) 定義出資源循環社會下的廢棄物目標；(2) 廢棄物法規的簡化及強化；(3) 解決特定廢棄物的問題

3. 設定資源循環目標

- 歐盟規劃將整合 GDP 及原物料消費的資源生產力作為可能的資源循環指標，目前已設定將 2014 年至 2030 年的現況發展 (BAU) 情境的資源生產力提升設定為 15%，並指出若能進一步提升到 30%，對於 GDP 成長及就業都有正面的效果。

推動者 3：歐盟 - 以零廢棄邁向循環經濟 (3/3)

- 歐盟於 2015 年 2 月將循環經濟方案撤除於歐盟 2015 年工作計畫
- 宣布將於 2015 年底前提出更具野心的循環經濟規劃。
- 將循環經濟法案撤除的原因有
 - 缺乏跨法規之間的相互整合
 - 不同國家的適用性
- 歐盟於 2015 年 12 月 2 日通過修正的循環經濟套裝法案
- 歐盟於 2017 年 1 月 26 日提出「歐盟循環經濟行動方案實施報告」
 - 與歐洲投資銀行合作設立「循環經濟財務支援平台」，吸引投資者及創新者
 - 發布「廢棄物能源化指南」
 - 提出 RoHS 目標提升之建議



推動者 3 : 歐盟 - 循環經濟目標

- A common EU target for recycling 65% of municipal waste by 2030;
- A common EU target for recycling 75% of packaging waste by 2030;
- A binding landfill target to reduce landfill to maximum of 10% of municipal waste by 2030;
- A ban on landfilling of separately collected waste;
- Promotion of economic instruments to discourage landfilling ;
- Simplified and improved definitions and harmonised calculation methods for recycling rates throughout the EU;
- Concrete measures to promote re-use and stimulate industrial symbiosis - turning one industry's by-product into another industry's raw material;
- Economic incentives for producers to put greener products on the market and support recovery and recycling schemes (eg for packaging, batteries, electric and electronic equipment, vehicles).

歐盟循環經濟計畫徵求分析 (1/2)

- 系統循創新**大型示範應用**
- **水**的循環經濟
- 系統性環境創新 / 循環經濟之**智慧化應用**
- 新循環經濟**模式**及**經濟誘因**（模式分析）
- **都市有機廢料**之新契機
- **水資源**之**國際合作**
- **地中海地區**之永續**糧食系統**及**水資源**

尺度：都市、地中海（區域）、國際

物質：水、有機廢料、糧食

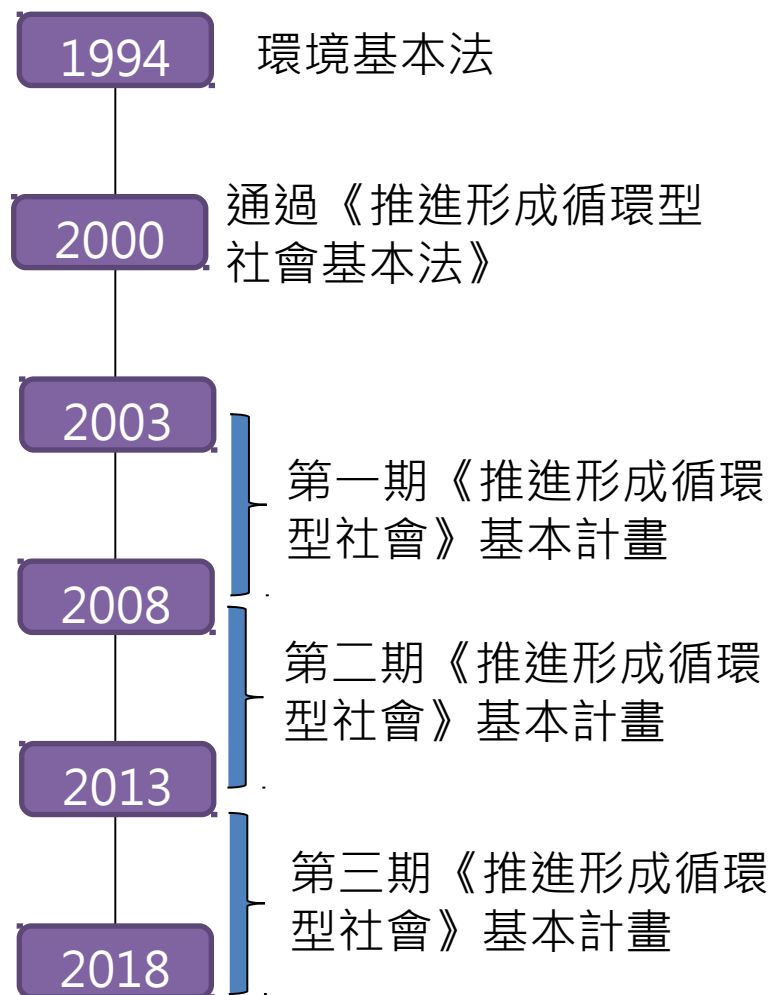
特性：示範應用、智慧化應用、商業模式、經濟誘因



歐盟 H2020 循環經濟計畫徵求分析 (2/2)

	Project Title	對應問題
1	Swap.com On-line department store for Massive Amount of Pre-owned Items	不必要的物質需求
2	Nutrient recovery from biobased Waste for Fertilizer production	農業營養源來源
3	Buildings as Material Banks : Integrating Materials Passports with Reversible Building Design to Optimise Circular Industrial Value Chains	提升資源有效循環（營建廢棄物）
4	FOSTERING INDUSTRIAL SYMBIOSIS FOR A SUSTAINABLE RESOURCE INTENSIVE INDUSTRY ACROSS THE EXTENDED CONSTRUCTION VALUE CHAIN	增加循環管道及體系（營建廢棄物）
5	Turning waste from steel industry into a valuable low cost feedstock for energy intensive industry	價值創造 / 能源需求
6	Implementation of a Circular economy Based on Recycled, reused and recovered Indium, Silicon and Silver materials for photovoltaic and other applications	太陽光電稀有資源回收
7	A new circular economy concept: from textile waste towards chemical and textile industries feedstock	原料循環（紡織原料回收困難）
8	Holistic Innovative Solutions for an Efficient Recycling and Recovery of Valuable Raw Materials from Complex Construction and Demolition Waste	提升循環效率（營建廢棄物）
9	TyRec process: Whole Tyre Recycling within 30 Minutes with Molten Zinc – towards a circular economy	價值創造（高價值輪胎回收）
10	Commercialisation of expanded bed biofilm reactor technology for the treatment of waste-, used- or contaminated-water and for improved protection of the aquatic environment and atmosphere.	環境保護

推動者 4：日本 - 推動形成循環型社會 (1/2)



目標：

- 解決因經濟發展所造成的環境問題為出發點
- 同時希望過程中可同時帶動地方產業發展

原則：

- 以減少 (Reduce)、再利用 (Reuse) 及循環使用 (recycle) 3R 概念的為規劃基礎。

政策工具

- 以《推進形成循環型社會基本法》為相關法源基礎
- 搭配《廢棄物管理與公共清潔法》及《資源有效運用處理法》，及多個針對特定產品類別之管理法規。

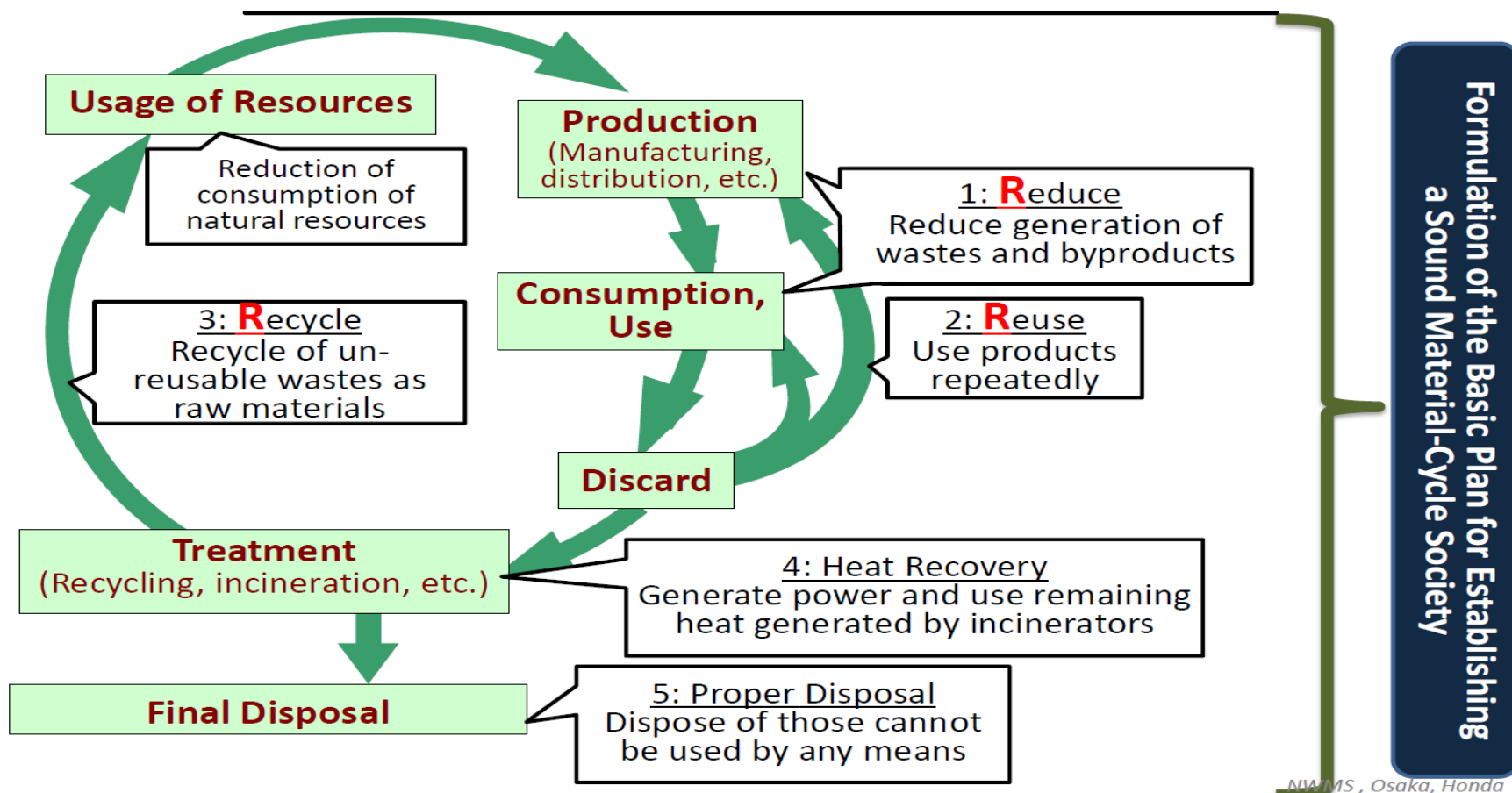
運作模式

- 每 5 年進行滾動式修正，確保內容之適用性。

進度

- 在 2013 年的第三次修訂中，發現前 10 年在循環使用 (recycle) 方面成效顯著，但減量及再利用的成效有限，因此第三期計畫將減量及再利用列為重點。
- 推動策略可分為技術升級（回收品質提升）及國際合作（推動亞洲區域循環）為重點。

推動者 4：日本－推動形成循環型社會 (2/2)





推動者 5: 世界經濟論壇 (WEF)

- 2014 年開始倡導循環經濟的發展，主要原因為
 - **人口結構及需求變化**：2030 年時全球人口將接近 90 億，包括 30 億的新中產階級消費者，滿足未來需求而增加資源供給將是前所未有的挑戰。
 - **資源浪費**：目前「開採、製造、廢棄」的資源使用模式造成大量資源浪費，光是在快速消費性產品部門，每年資源浪費造成經濟價值損失約 3.2 兆美元。
 - **資源稀缺**：目前已知有許多產業關鍵物質的蘊藏量只剩 5~50 年，因此企業應尋求將獲利及物質需求脫鉤的營運模式，並同時兼顧環境保護的功能。
 - 認為循環經濟具備龐大的創新、就業於經濟發展潛力，而目前轉型循環經濟的時機已成熟。
- 主要工作包括
 - 成立「跨平台循環經濟委員會」，邀集專家、企業、政策及民間社會領導人共同思考如何重新設計適合循環經濟發展的政策生態系統。
 - 提出跨產業且由產業領導人所主導的全球倡議「主流計畫」
 - 與多間國際企業共同出版「**邁向循環經濟：加速全球供應鏈的擴大**」的報告，其內容提供企業進入循環經濟概念的基本資訊，包括循環經濟的效益、為何現在該採取行動、目前問題所在、解決方案及如何透過合作改變現況。

國際間循環經濟推動的啟示

	驅動力	代表國家 / 單位
1	廢棄物 (資源) 有效利用	中國大陸、日本
2	產業發展	德國、丹麥、荷蘭、歐盟
3	永續發展	Ellen MacArthur Foundation 、 WEF

廢棄物 (資源) 有效處理 / 利用導向：日本及中國大陸

- 以 3R 的廢棄物管理概念為基礎
- 其循環經濟之重點在於資源的有效利用及循環
- 提出的策略則偏重技術發展及標準與管理模式的規範

產業發展導向：歐洲國家

- 從產業長期發展趨勢進行思考
- 重視現況對於轉型循環經濟所造成的阻礙，包括基礎設施、商業模式及技術
- 強調透過利害相關者合作、資訊提供、財務機制及消費需求改變，採用多種輔助措施促成循環經濟

永續發展導向：世界經濟論壇及 Ellen MacArthur 基金會

- 以全球長期趨勢及產業現況為出發點，以整合政府及產業的視野探討轉型循環經濟的效益及可能模式，分析轉型循環經濟的核心重點
- 制定供產業使用的循環經濟分析工具及資訊，期望誘發產業的轉型意願。
- 制定供政策制定者使用的工具手冊，協助建構出符合循環經濟發展的大環境。



預期效益 & 推動方式

循環經濟的運作原則及潛在效益

運作原則

透過限存量及可再生資源流的控制，以保護及強化自然資本

透過產品、零件及物質在最佳效能狀態下於技術及生物圈的妥善循環，達到資源產量的最佳化

透過揭露負面外部成本並將其排除設計外，提升系統有效性



效益

顯著降低物質使用量

降低價格波動

提升經濟發展

提高創新和創造就業機會的潛力

提升生活系統和經濟體的恢復力

Source: WEF, 2016, Intelligent Assets - Unlocking the Circular Economy Potential



國際間循環經濟潛在效益估算結果

內容	機會所在	可能效益
設計	- 產品的設計應有利再使用、拆解、分類再生 - 盡量使用再生之原料	英國：至2020年，可再讓1.4億噸的廢棄物循環，產生140億英鎊的利潤
製造	- 再生原料最入製程最大化 - 部分殘餘廢棄物質作為燃料 - 生產的資源效率最大化，製程廢棄物質產量最小化 - 事業廢棄物再生為原料	英國：至2020年，可再減少3千8百萬噸的原料需求，相當於節省230億英鎊的原料成本
銷售與消費	- 廢棄包裝與廢棄食材最小化 - 建立收集消費者拋棄物品的通路 - 引導消費者選擇利於循環的產品	英國：產生250萬噸的回收物資，相當於2.5億英鎊的價值
分類收集	- 更新廢棄物收集分類技術 - 廚餘回收，投資廚餘處理再利用機構設施 - 具有熱值的殘餘物質進行能源回收 - 推升廢棄物資產源的分類回收率 - 從廢棄物回收的能源同時產生電與熱蒸氣	英國：把模範城鎮的績效推廣至全國，家戶可再產生5百萬噸的回收物資，相當於5億英鎊的價值
資源再生處理	- 自動化學物質分離及篩選 - 高品質玻璃回收 - 沼氣產出及利用 - 無法回收的殘餘物做能源回收	英國：最佳化的處理設施，預估可再增加3萬個就業機會
再製造產業	回收報廢產品中完整的各種零組件，直接用於產品製造中	美國：可以提供50萬個工作機會，包括汽車產、電機電子器材、家具、營建設備等產業都能發展或擴大其再製造產業 歐洲：汽車供應協會CLEPA計算歐洲再製造業的市場有100至120億美元的價值(EMF, 2014)
產業共生系統	業區或臨近區域內的工廠能夠互相利用工廠產生的廢熱、廢水、附產品與廢棄物質，作為能源、清潔、冷卻原料等用途	英國產業共生體系至今已創造成1萬個就業機會，平均一年所減少的能源、用水、原物料成本有2.43億英鎊，最近5年已節省150億英鎊的成本。
分享經濟	透過使用效率的提升，以分享方式將產品的閒置時間轉換為附加價值。	Airbnb始於2008年，至今公司其市值已經到達20億美元，在紐約，使用Airbnb的屋主平均一年可多賺進兩萬一千美元(EMF, 2004)。 韓國也正將首爾打造成一個分享城市Sharing City。
產品服務化	透過所有權不轉讓的概念，讓消費者只付擔使用產品所產生的效益，而無需擁有產品	提供廠商進行綠色設計、提升資源使用效率及回收再利用的誘因



歐洲轉型循環經濟效益分析結果

- 循環經濟模式將於 2030 年創造 1.8 兆歐元的綜合效益，為既有發展模式的 1 倍
- 採用循環經濟的原則，歐洲可透過技術發展提升歐洲平均家戶可支配所得達 3,000 歐元，較既有發展模式高出 11%。
- 循環經濟將協助歐盟在 2030 年將 GDP 提升 11%，既有發展模式則只有 4%。
- 循環經濟對於家計部門有許多效益，例如在 2030 年因交通阻塞所造成的時間成本將降低 16%，2050 年時則趨近 60%。
- 2030 年之二氧化碳排放將為既有排放量的一半，2050 年可降低 84%。
- 汽車、營建、房地產、化學肥料、殺蟲劑、農業用水、燃料及不可再生電力等之原料需求將於 2030 年時較目前水平降低 32%，2050 年時則降低 53%。
- 65 篇學術論文的回顧顯示循環經濟對於就業有正面效果。

Reference: Ellen MacArthur Foundation ,2015, Growth Within : A Circular Economy Vision for a Competitive Europe

丹麥循環經濟策略分析可借鏡之處

- 循環經濟的轉型**可提升經濟體創新力、適應力及生產力的長期效益**
- 許多循環經濟的契機具備獲利潛力，然而常受到非財務性的阻礙限制其規模或發展速度。**政策制定者可以扮演協助企業克服障礙的重要角色**
- 產業別的分析可協助鑑別轉型循環經濟的**契機與挑戰**。而對單一部門而言，有效的政策制定為多個政策的組合。
- 對於既有財政系統及經濟效益評估模式的大幅修正**可協助系統性的循環經濟轉型**。
- **產業的參與及跨政府部門間的合作**為必要因素。
- 即使在如丹麥般具備先天優勢的國家，**轉型循環經濟仍有顯著的契機**，例如依據部門別的分析，丹麥主要的經濟潛力在於營建、房地產及食品業。
- 儘管評估程序相似，**各國循環經濟分析結果將因其現有條件而有所差異**。

Reference: Ellen MacArthur Foundation ,2015, Delivering the Circular Economy : A Toolkit for Policy Makers

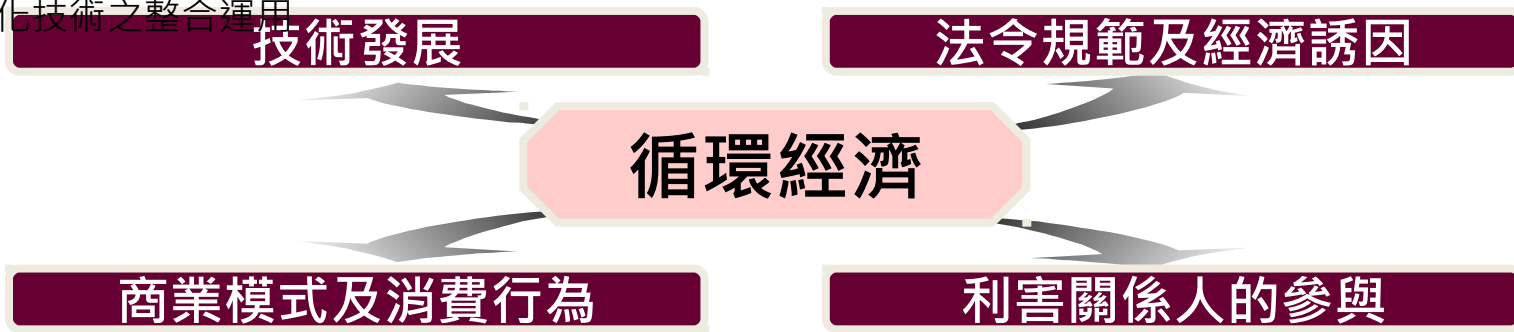


丹麥推動循環經濟的預期效益

SECTOR	OPPORTUNITY		NET VALUE CREATED EUR MILLION, 2035	
	FOOD AND BEVERAGE	1	Value capture in cascading bio-refineries	300 - 500
		2	Reduction of avoidable food waste	150 - 250
	CONSTRUCTION AND REAL ESTATE	3	Industrialised production and 3D printing of building modules	450 - 600
		4	Reuse and high-value recycling of components and materials	100 - 150
		5	Sharing and multi-purposing of buildings	300 - 450
	MACHINERY	6	Remanufacturing and new business models	150 - 250
	PLASTIC PACKAGING	7	Increased recycling of plastic packaging	Not assessed
		8	Bio-based packaging where beneficial	Not assessed
	HOSPITALS	9	Performance models in procurement	70 - 90
		10	Waste reduction and recycling	Not assessed

發展循環經濟的要素

- 減量化、再使用及再循環都以技術為支撐
- 核心在於制度符合國家發展路徑的技術類別 (what)、參與者 (who)、時程規劃 (when) 及運作模式 (How)。
- 透過政府的技術篩選與資源投入、學研機構的技術開發、動靜脈產業的技術應用等共同參與完成。
- 智慧化技術之整合運用
- 政府扮演著環境建構的關鍵角色
- 整合利害關係人的利害關係後，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。



- 消費者行為轉變：接受以服務替代產品需求的概念，包括共享經濟及產品租用。
- 創新商業模式的發展：結合如網路化等趨勢所衍生出的新商業契機
- 台灣產業擅長生產銷售，不熟悉新商業模式及消費行為，且對於組織及營運模式調整有所抗拒
- 有賴政府的輔導與環境建構、產業的轉變及消費者的積極參與，才能有效推動。
- 「循環」即代表不同利害關係人之間的流動
- 循環經濟模式需要供應鏈上下游的配合，甚至跨行業夥伴合作，政府和政策的配合，及消費者習慣改變。

不同尺度應用的差異

尺
度



單一產業



跨產業



都市



全球

相同的循環經濟概念在不同尺度下的操作模式不一，以下就“提升資源使用效率”在國際上的應用案例做說明：

- 單一產業：為傳統 3R 概念的應用，強調減少資源浪費及提升資源循環，運作內容包括製程最佳化、回收技術開發、回收體系建構及回收市場開發
- 跨產業：建立在單一產業循環的基礎，以建構產業共生系統為目標，考量資源循環的經濟性、多樣性、本土性、循環性以及系統內資源訊息的共享
- 都市
 - ✓ 智慧化的主要功能之一為使用效率的提升，而循環經濟則是在技術可行的條件下，建立市場需求及價值（環境、水、能源、產業資源、廢棄資源）
 - ✓ 以荷蘭阿姆斯特丹為例，透過都市物質流分析後，選定以“營建鏈循環”及“有機廢棄物流高價循環”為目標，制定出主要策略及在技術、市場、法規及文化之措施
- 全球：以解決全球性議題為目標，如面對海洋塑膠廢棄物議題，目前已有回收再製為清潔用品瓶身及透過 3D 列印技術將廢棄物做成鞋子的實際案例，並有人提出用其建構海底城市的概念

循環經濟商業模式 (1/2)

Examples	
REgenerate	- Shift to renewable energy and materials - Reclaim, retain, and restore health of ecosystems - Return recovered biological resources to the biosphere
Share	- Share assets (e.g. cars, rooms, appliances) - Reuse/secondhand - Prolong life through maintenance, design for durability, upgradability, etc.
Optimise	- Increase performance/efficiency of product - Remove waste in production and supply chain - Leverage big data, automation, remote sensing and steering
Loop	- Remanufacture products or components - Recycle materials - Digest anaerobic - Extract biochemicals from organic waste
Virtualise	Books, music, travel, online shopping, autonomous vehicles etc.
Exchange	- Replace old with advanced non-renewable materials - Apply new technologies (e.g. 3D printing) - Choose new product/service (e.g. multimodal transport)

<https://www.greenbiz.com/article/defining-circular-economy-beyond-recycling-material-reuse>



循環經濟商業模式 (2/2)

- 在商業模式方面，從目前層出不窮的創新模式中，可以觀察到成功商業模式所考量的元素，包括：
 - 強化與客戶之間的關係
 - 將產品利用率轉換為收入
 - 更完全的掌握產品生命週期
 - 創造穩定的收入及額外價值
 - 分享經濟及共享模式的主流化



智慧化資產價值驅動

	資產 <u>位置</u> 的資訊	資產 <u>狀態</u> 的資訊	資產 <u>可使用性</u> 的資訊
<u>延長</u> 資產使用年限	- 引導損壞零組件的更換服務以延長資產的使用年限 - 最佳化的路線規劃以減少車輛的損耗	- 資產損壞前針對即將損壞的零組件進行預期性之維修技更換 - 改變使用模式將損耗最小化	- 由零散使用資訊改善產品設計 - 透過詳細使用模式資訊進行能源系統規模、供給及維護的最佳化
提升資產及資源 <u>使用</u>	- 路線規劃減少駕駛時間即改善使用效率 - 共享資產快速定位	- 透過預防性維護減少停機時間 - 農業投入量準確化（如肥料及農藥）	- 自動將分享資產的可使用性與下個使用者做串連 - 可使用空間的透明化（如停車位）以減少浪費（擁擠）
強化資產的 <u>循環</u> 使用	- 強化逆物流的規劃 - 二手市場內耐用商品及材料的自動化定位	- 可預期性及有效的再製造 - 透過於其他資產的比較進行準確的資產鑑價 - 準確的未來資源循環決策（再製造或再利用）	- 改善已不再使用資產之回收／再利用及用途轉移 - 當地二手資源的數位市集
自然資產的 <u>再生</u>	- 生物營養的自動化輸送系統 - 自然資本的自動化定位追蹤，如魚貨或瀕臨危險動物	- 立即辨識土地退化的跡象 - 自動化的狀態評估，如魚群規模、森林生產力或珊瑚礁健康狀態	

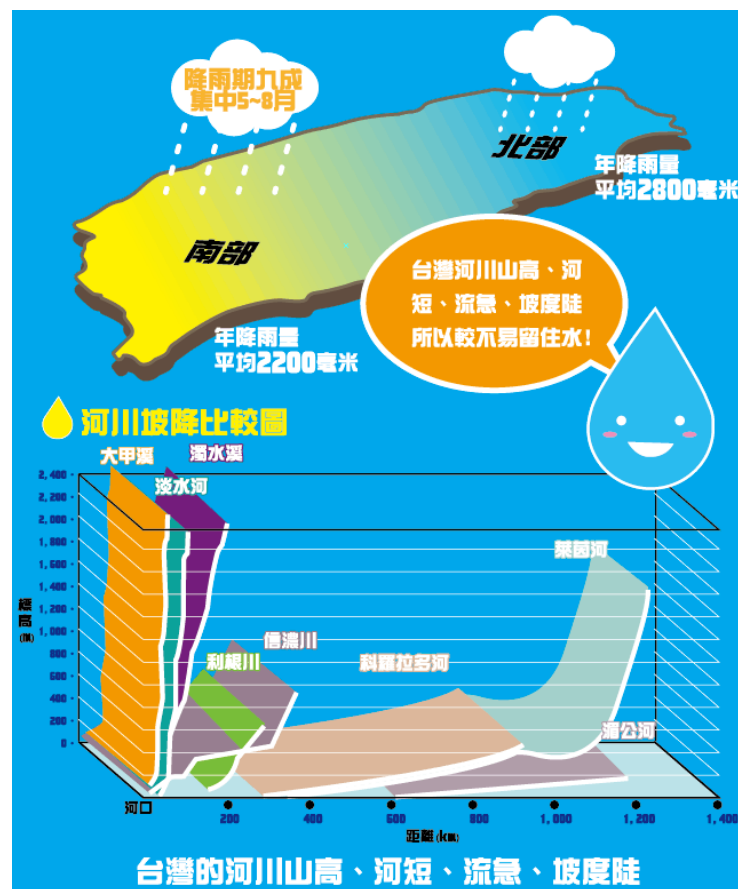


國際案例參考

水資源循環

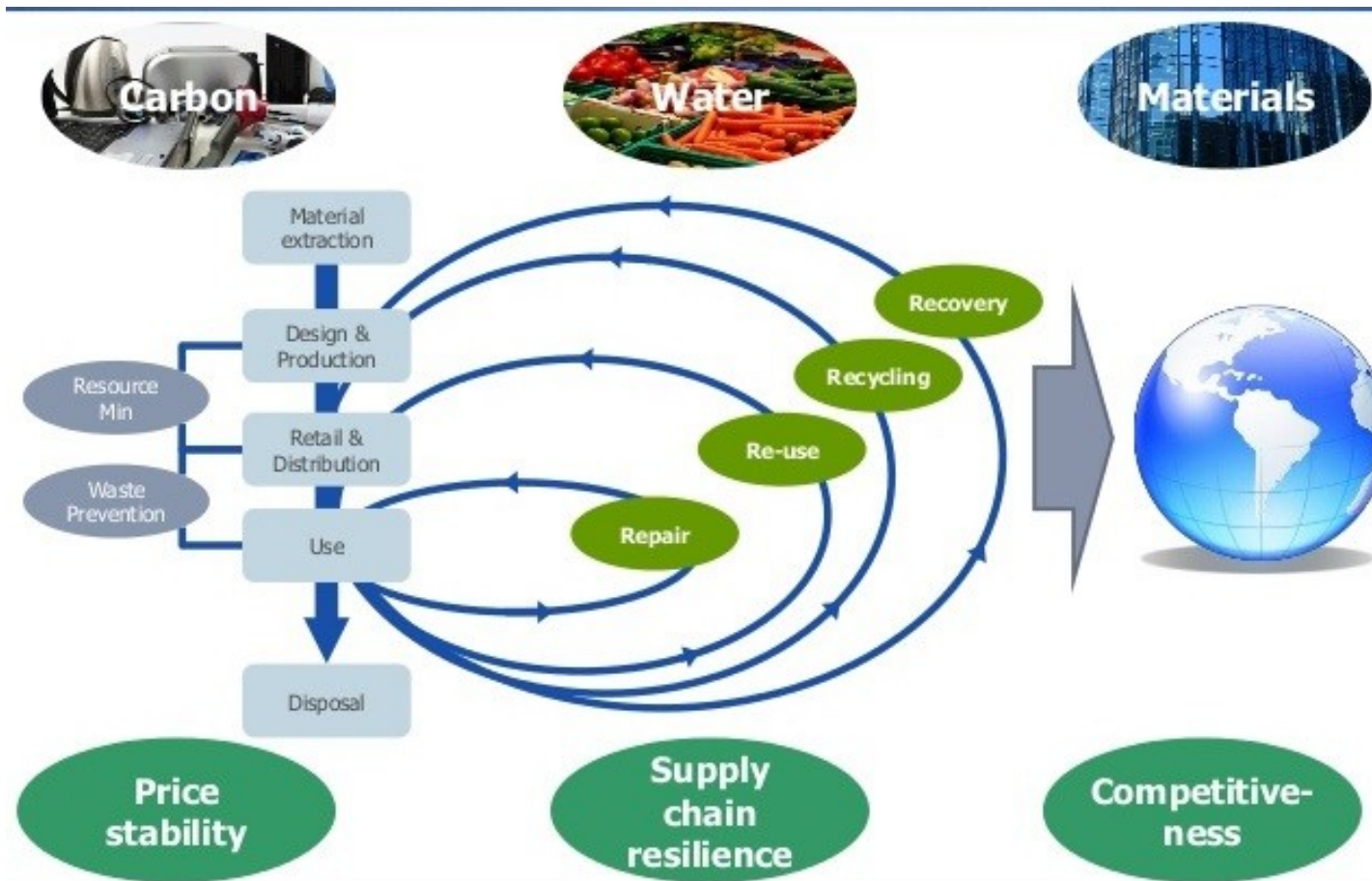
• 全球議題

- WEF 2016 年全球風險報告，水資源危機的風險為第九位，潛在衝擊居第三位
- 在既有消費模式下，2030 年水資源需求將超過可使用量 40%
- 台灣雨量充沛，但在地理環境限制下，為全球排名 18 的缺水國



- 水資源對於國內民生及產業發展有直接及強烈的影響
- 水資源線性使用所造成的污染，降低了水資源的價值，也造成昂貴的後續使用及社會成本

英國循環經濟發展方向



目標：維持價格穩定、強化供應鏈韌性及全球競爭力
對象：碳、水、材料



水資源循環經濟的設計原則

基本原則

耐用財（產品俱備長或無限的壽命），必須維持其價值並重複使用，不可拋棄或降級循環

消費財（生命週期短的產品）應在安全回歸生物圈前盡可能的使用

自然資源使用量需限制在其再生量下

水循環思維

產品觀點：嚴格區分使用為耐用財及消費財的水資源，以應用不同的減廢策略

資源觀點：應平衡資源的取用及回流

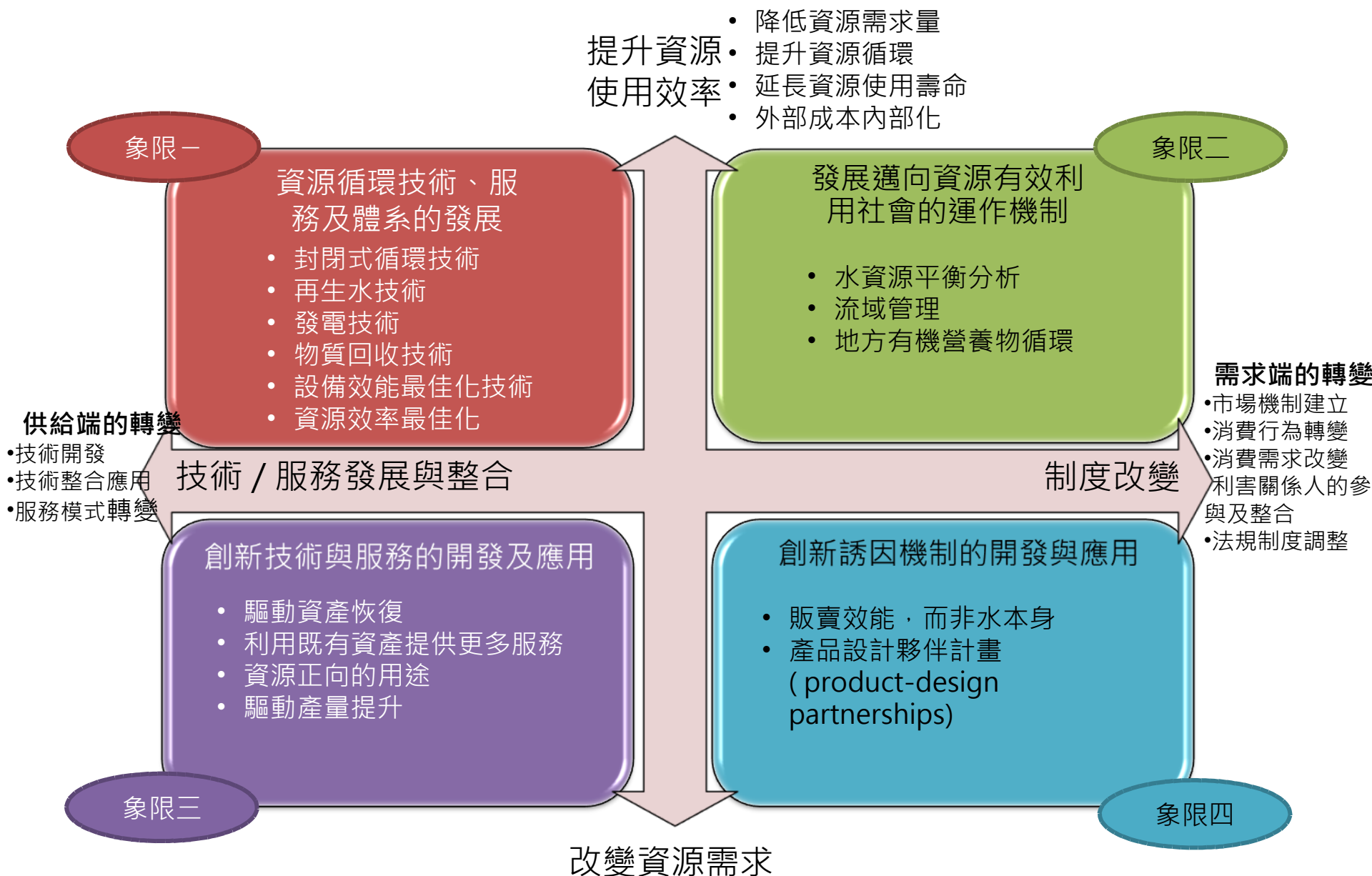
效能觀點：透過既有水資源設施的使用效能與回收提升及設備的維修，將水資源價值最大化



水資源的循環經濟模式

- 水資源視為耐用財：封閉式循環
 - 水資源視為產品
 - 能源來源
 - 營養物來源
 - 水資源再使用（再生）
 - 水資源視為資源
 - 水資源視為基礎設施系統
 - 利用既有資產提供更多服務
 - 販賣效能，而非水本身
 - 驅動資產恢復
 - 資源效率最佳化
- 喊 次世代水系統管理方向
- 產品設計夥伴計畫（product-design partnerships）
 - 資源正向的用途
 - 驅動產量提升
 - 流域管理
 - 地方有機營養物循環

水循環經濟發展模式



歐洲生質材料發展



運動用品



機械相關



建築及裝潢



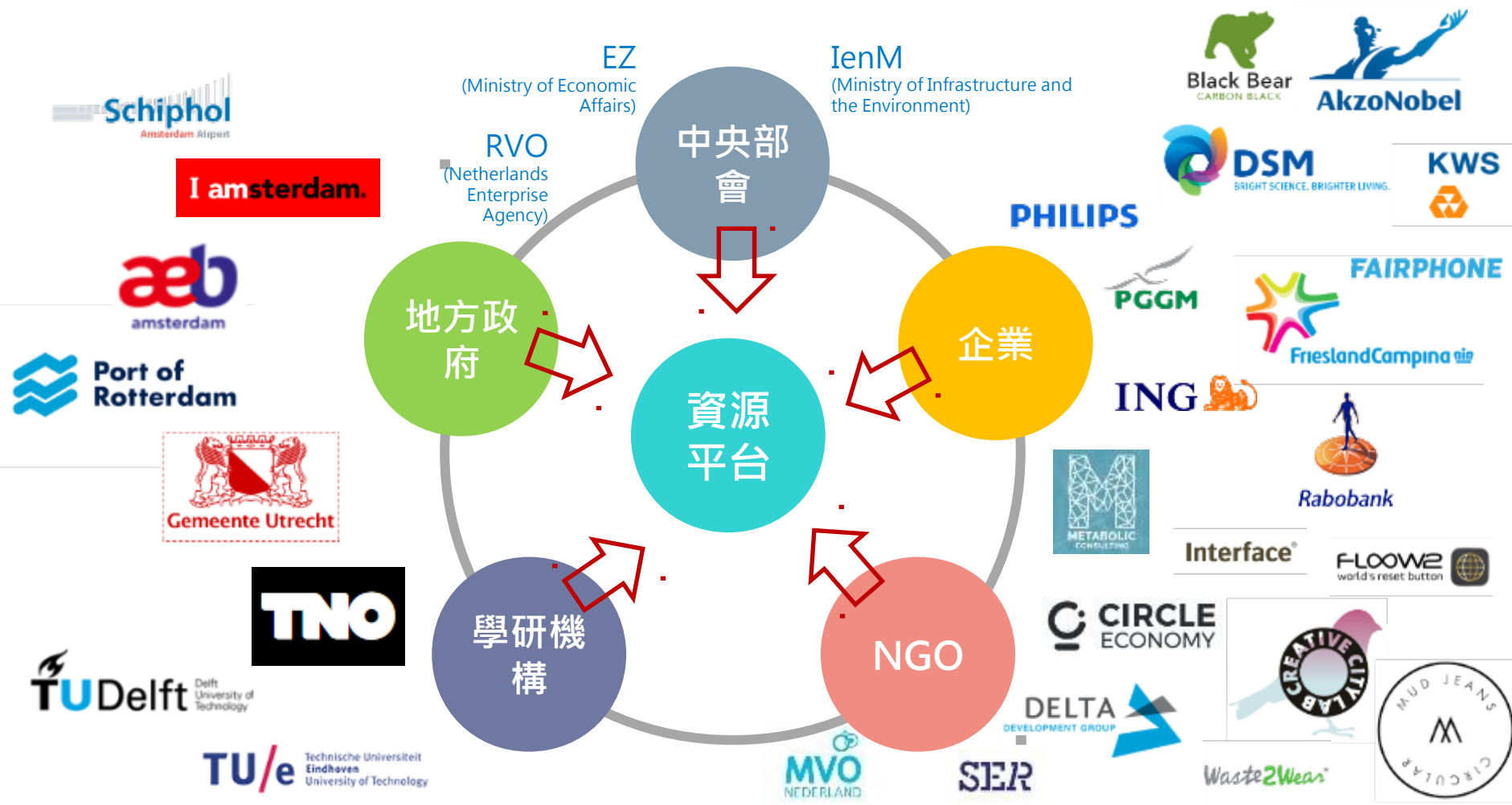
個人保健



Source: Bio-based industry PPP, Bio-based economy – made in Europe



荷蘭循環經濟生態體系



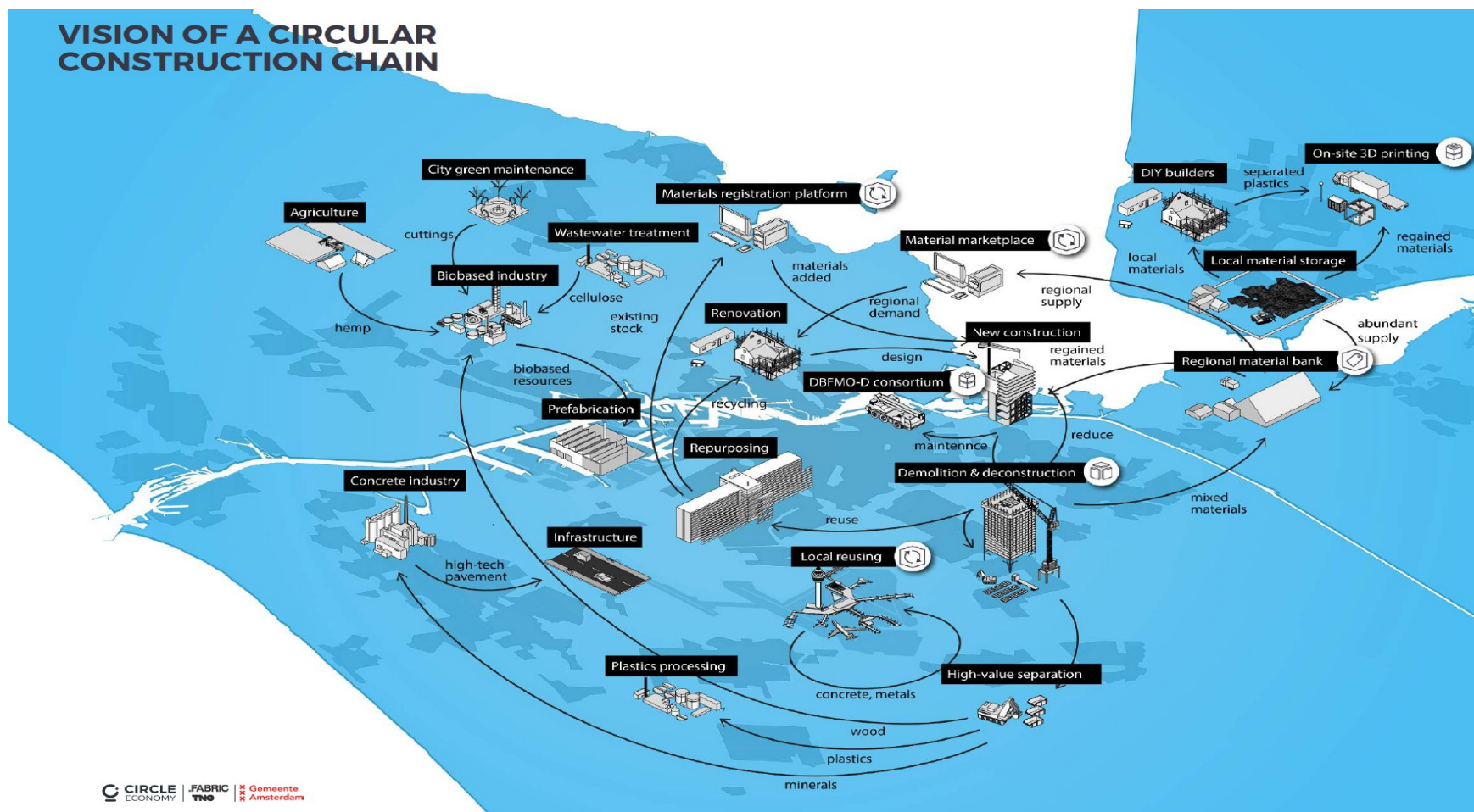


- 此一平台聚焦串連並支持 (1) 各界專營廢棄物再循環之企業與學研機構，且有意願在國際上營運，以及 (2) 專注於轉型循環經濟、有意願與國際間分享他們的專業知識的知識研究機構
- 同時也將荷蘭國內在循環經濟的亮點計畫發展經驗與國際各界分享



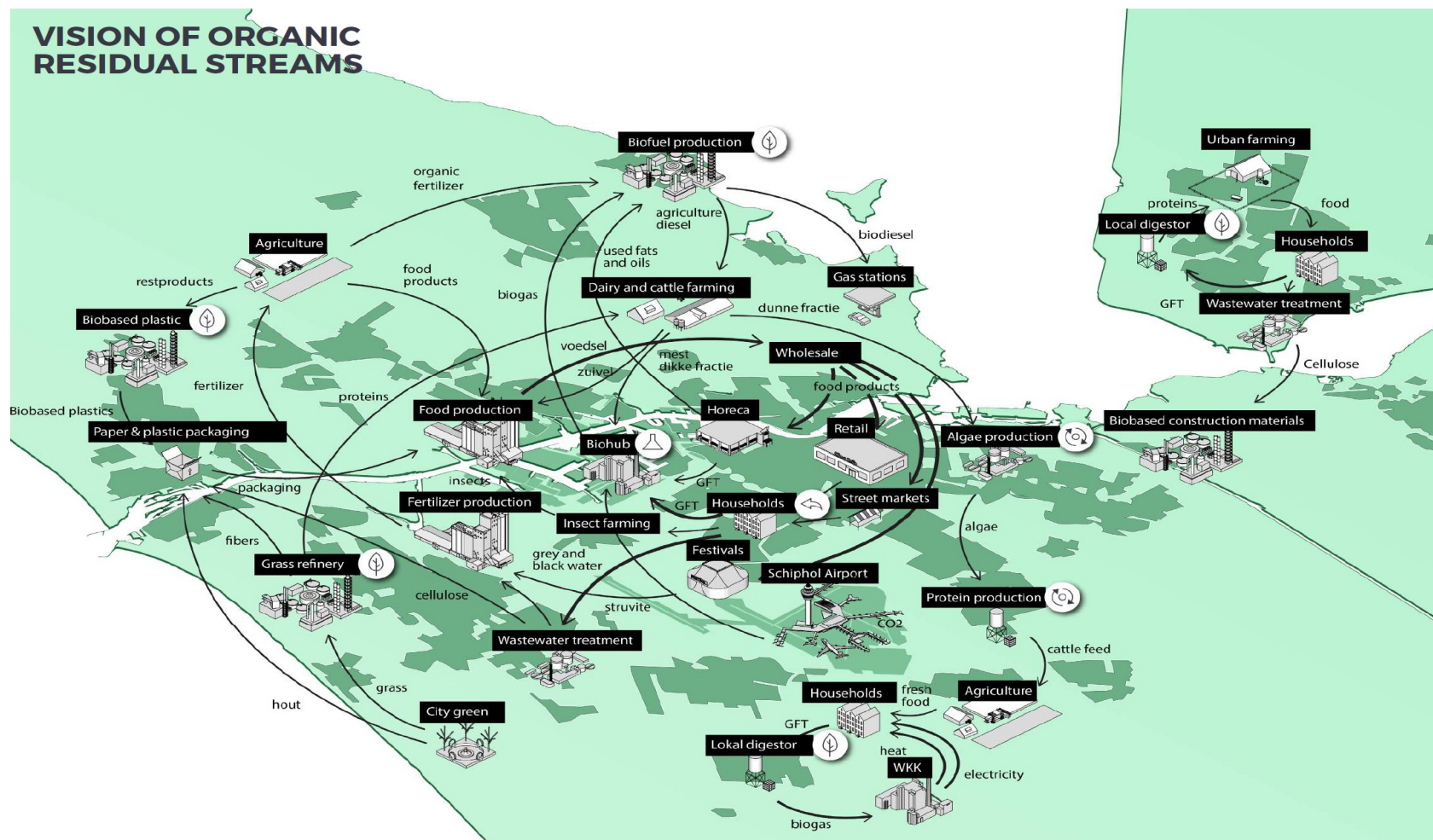


循環都市-阿姆斯特丹





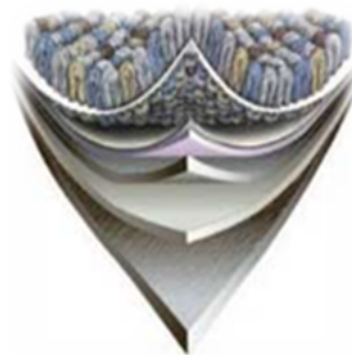
循環都市-阿姆斯特丹



問題：別人行，我們也行嗎？



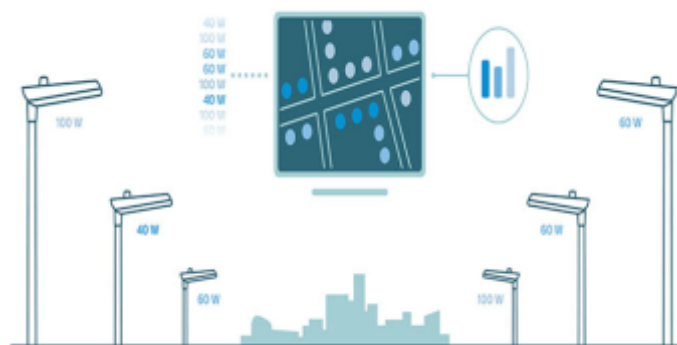
影印機出租



地毯出租 (Interface)



化學品管理 (杜邦)



照明出租 (飛利浦)

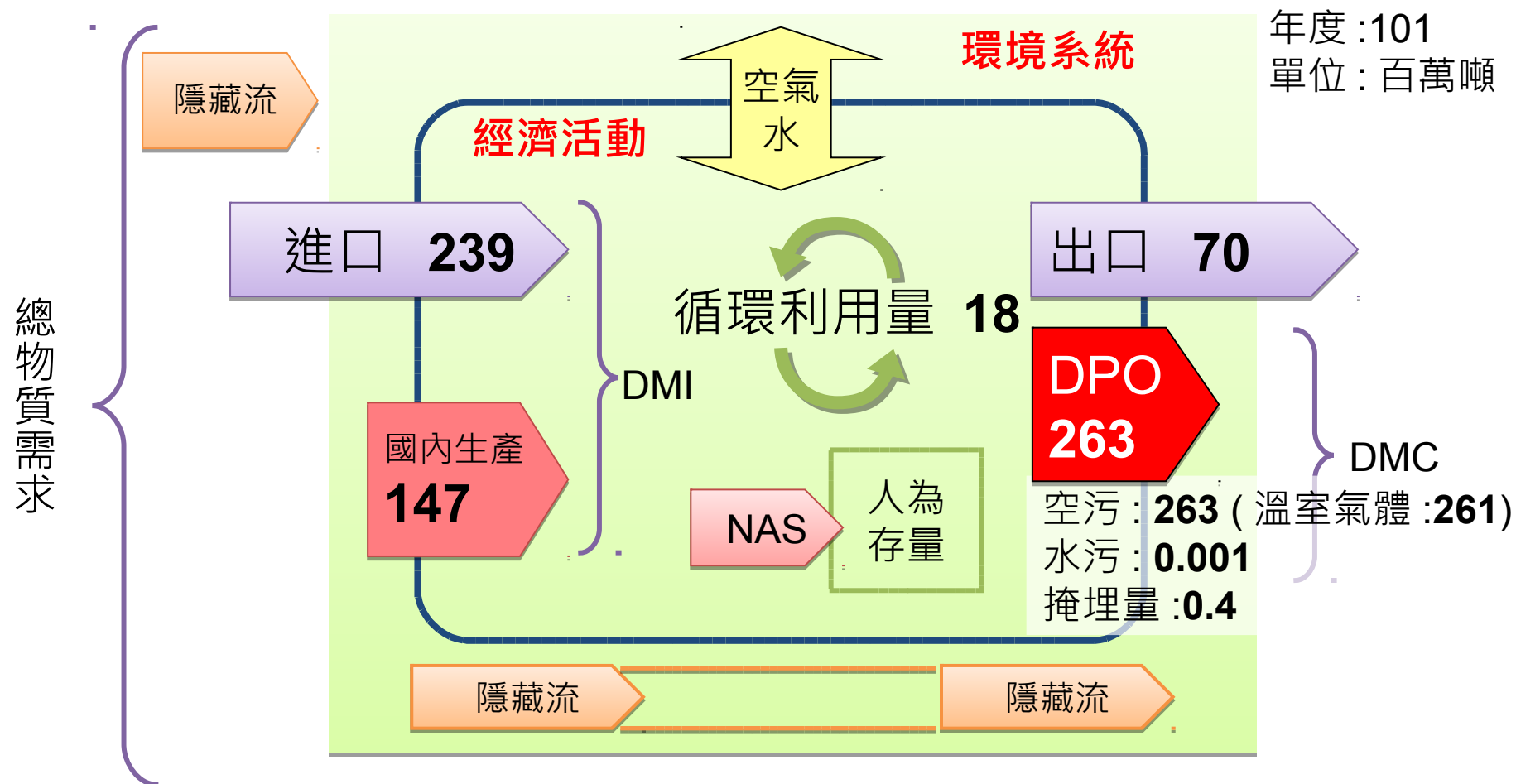


循環經濟在台灣

台灣是否需要循環經濟？



我國現況：總體經濟物質流試算結果



DMI(Direct Material Input): 直接物質消耗 DPO(Domestic Processed Output) : 國內空水廢等污染排放
NAS(Net addition to Stock): 淨增加存量 DMC(Domestic Material Consumption): 國內物質消費



Yes!

但是



全球趨勢下的台灣

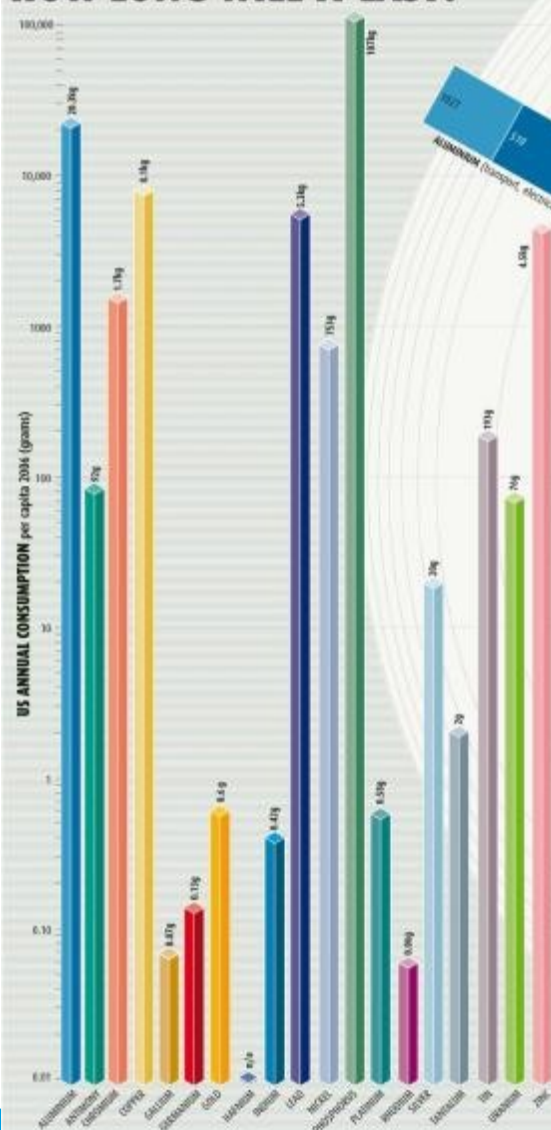
趨勢	台灣		
	現況	重大議題	核心議題
人口結構變化	- 人口數已達顛峰 - 快速高齡化 - 少子化	- 勞動人口數的持續下跌 - 高齡化社會需求提升	- 消費需求轉變 - 產業勞動力下跌 - 創新生產 / 消費模式
都市化	都市人口比例已超過 7 成	以都市為核心的能資源消耗及環境污染問題	資源循環及使用效率提升
氣候變遷	- 氣候（溫度 / 降雨）顯著變化 - 人均 CO₂ 排放量大（2013 年全球第 20）	- 影響農業發展 - 溫室氣體減量壓力 - 防災需求	降低 CO₂ 排放量：提升資源（碳）循環及使用效率提升（CCSU） 氣候變遷調適
資源稀缺 / 競爭	- 缺乏天然資源，仰賴進口 - 廢棄物處理問題	國家資源安全	- 國家資源安全 - 確保產業資源需求（整體及對外） - 提升資源使用效率 - 替代 / 生質材料的開發 / 使用 - 資源妥善利用 - 提升廢棄資源再利用 / 循環技術 - 提升跨產業資源循環
水資源缺乏	- 季節性降雨量變化大 - 地理環境因素，雖水量大但為全球大缺水國	- 提升水資源循環 - 降低水資源浪費 - 提升水資源使用效率	- 資源妥善利用 - 水資源循環 / 使用技術提升 - 需求控制
跨領域技術及服務整合	- 具備技術研發能力 - 缺乏技術整合能力 - 缺乏服務創新能力	- 透過創新服務模式提升商機 - 強化跨領域技術之相互結合 - 強化創新服務與技術之結合	- 提升創新能力 - 建立跨領域整合機制 - 提出問題導向整合性解決方案
智慧化發展及運用	- 良好資通訊科技基礎 - 政府積極推動產業智慧化（生產力 4.0）	- 由大量數據資料所衍生的新型態服務 - 智慧化的廣泛運用 - 智慧化創新商業模式的發展（改變消費需求模式）	- 效率提升 - 就業機會提升 - 需求掌握 / 預測 - 跨業整合

循環經濟
為因應許多重大議題的共同解決方案



全球資源競爭早已成形

HOW LONG WILL IT LAST?

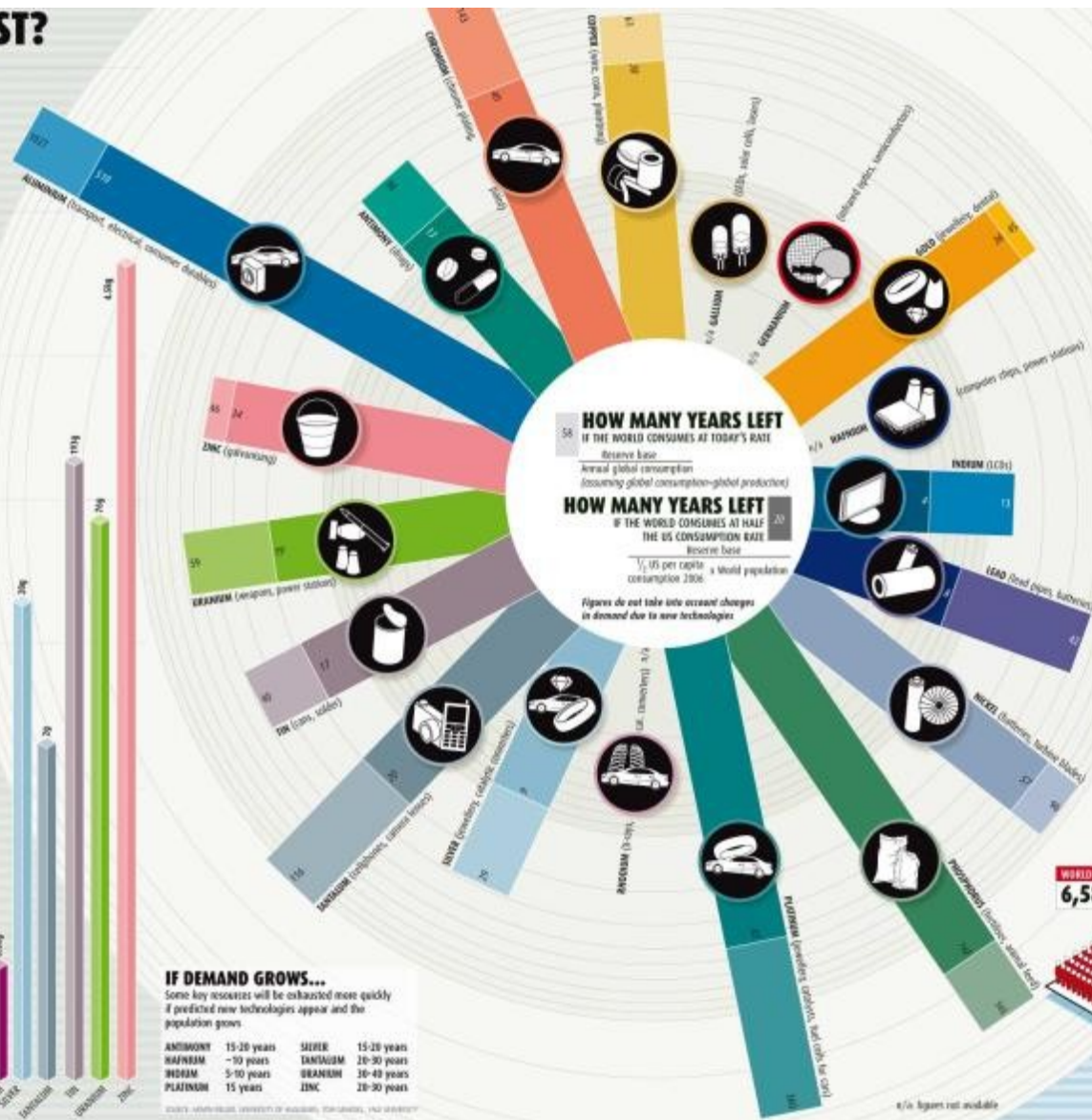


IF DEMAND GROWS...

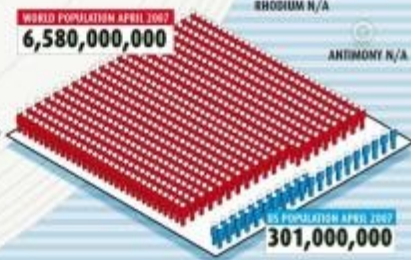
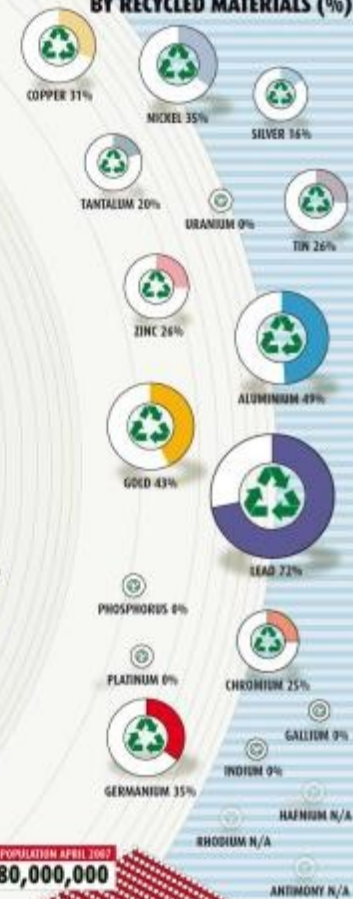
Some key resources will be exhausted more quickly if predicted new technologies appear and the population grows

ANTIMONY	15-20 years	SILVER	15-20 years
HAFFNIUM	~10 years	TANTALUM	10-30 years
INDIUM	5-10 years	GERMANIUM	10-40 years
PLATINUM	15 years	ZINC	10-30 years

SOURCE: INTERNATIONAL UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY, 2006



PROPORTION OF CONSUMPTION MET BY RECYCLED MATERIALS (%)





台灣轉型循環經濟的困難點

- 技術能量
- 創新能力
- 產業 / 政府特性
- 商業模式
- 消費者習性
- 法規環境

國內循環經濟推動單位



<https://www.circular-taiwan.org/>



<https://www.ctci.org.tw>



2011

2015

2016

- 2012 大陸「十二五」計畫能源與環境政策規劃下 -- 兩岸綠色產業發展契機
- 2012 永續資源管理政策白皮書
- 2013 永續資源管理技術手冊
- 2013 臺灣資源循環產業發展策略
- 2013 臺灣稀有資源循環發展策略
- 2014 資源循環經濟與產業發展
- 2015 循環經濟的發展趨勢與關鍵議題
- 2016- 台灣中小企業轉型至循環經濟的挑戰與契機



<https://www.sinotech.org.tw/zh/>



SCEDA

- 2015 循環經濟創新營運模式論壇
- 2016 成立「循環經濟發展協進會」
- 2016 循環經濟系列講座 (6 場次)
- 推動產業設計及商業模式之創新，提升能源及資源使用效率，達成經濟與環境雙贏之永續發展



循環經濟下產業面的調整範例

• 材料

- 耐久 vs 可回收 vs 可分解：用的越少越好、功能越強越好
- Ex. 再生瀝青研究

• 能源

- 以綠色能源進行資源循環
- 節能以降低化石能源使用

• 製程

- 工業生態園區 / 產業共生
- 清潔生產

• 顧客行為分析

- 物質流成本會計、環境足跡
- 國家層級資料分析：Big data + 物聯網

• 系統整合

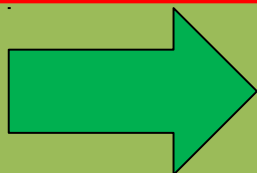
- 營建材料
- 物質流調查與城市建設整合規劃
- Ex. 高雄第三港區示範



可以既有之工業區 / 環保科技園區，進行示範

案例：高雄市第三港區

產業分布區位重整

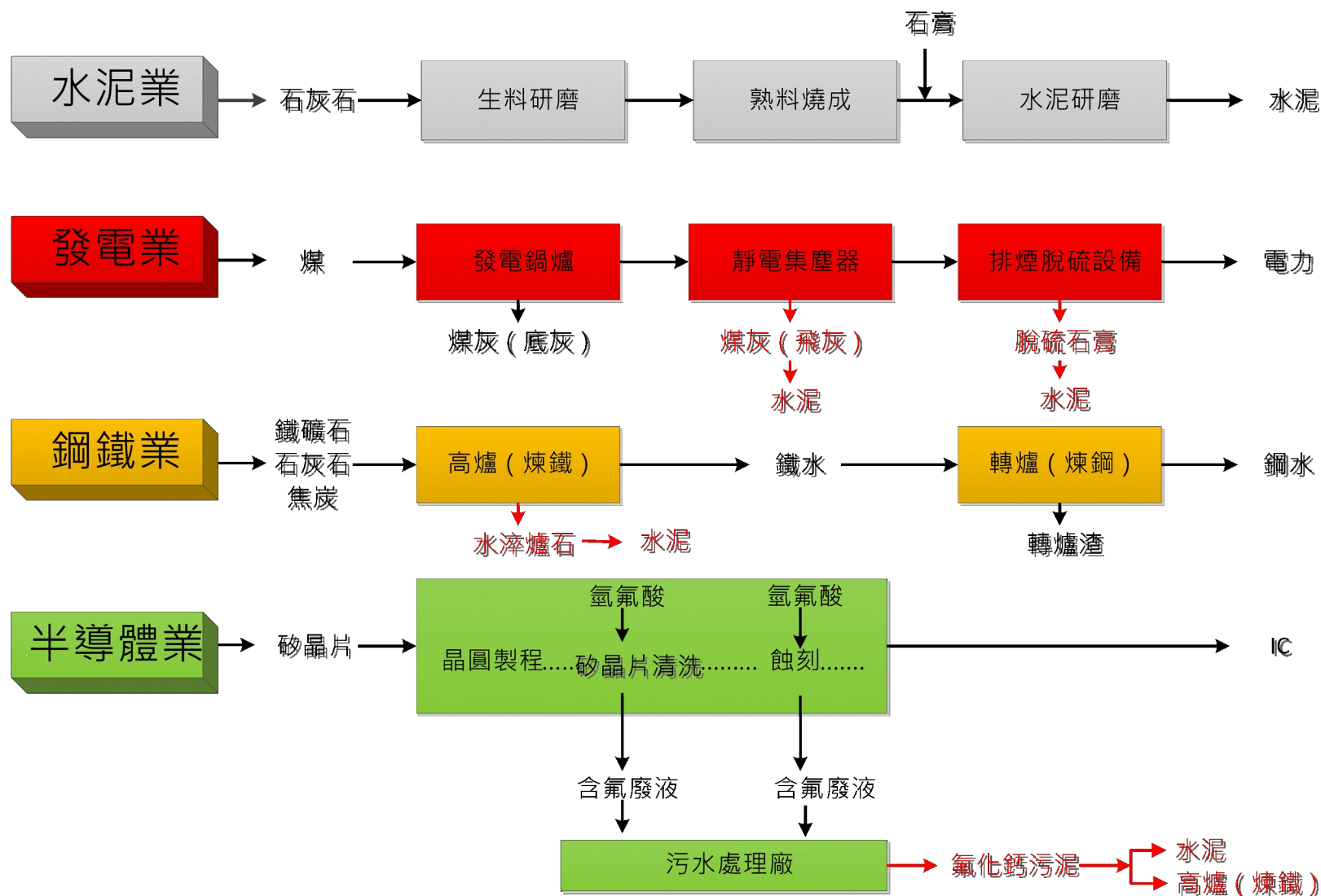


綠色材料產業園區

- ▣ 廢除市區石化管線，解除居住安全虞患。
- ▣ 綠色高值產業進駐，高能效使用與低污染排放。
- ▣ 產業互補與群聚化，提高產業競爭力。

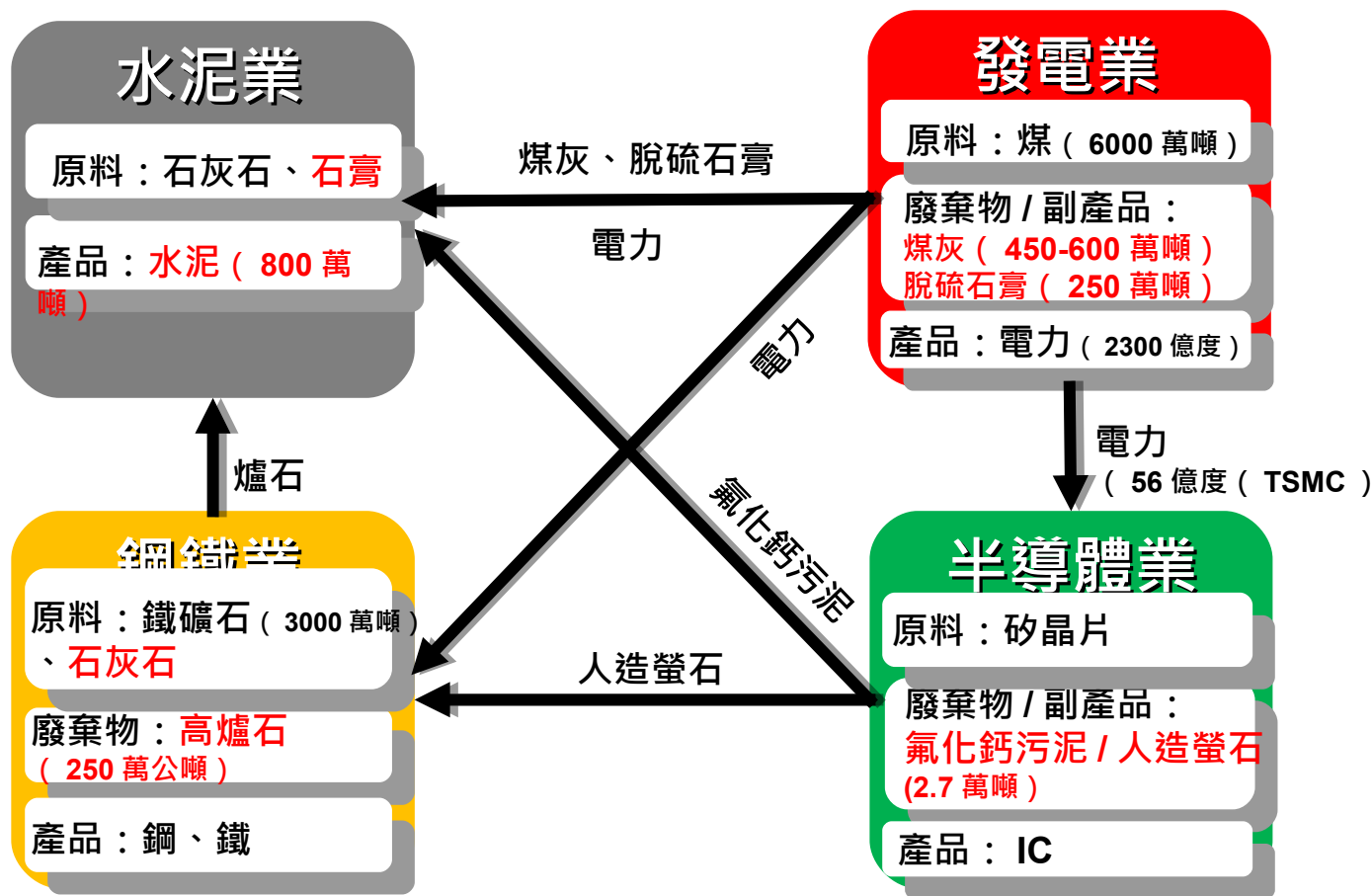


舊思維：以產業為管理中心



新思維：物質流觀點之系統管理

- 透過產業關聯，連結原物料、廢棄物、資源化管道等資料，可以掌握物質流向，制訂對策，提高物料生命週期各階段資源使用效率。



(水泥業是發電業煤灰、脫硫石膏、半導體業氟化鈣污泥的資源化管道)

結語

- 物質是循環經濟考量的基本元素，在各個使用階段，要系統性考量管理方式，如物質流分析、生命週期評估等。
- 要改變物質使用的方式，如製程的改變、替代材料的產生，需要跨領域發展前瞻技術。
- 考量循環經濟下的新技術、新產品、新服務，是創造新的經濟效益的契機。
- 政府透過長期穩定策略與明確立法，可驅動產業發展相關技術
- 採購相關法規需進行調整，才能順應循環經濟趨勢

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

報告完畢，敬請指教

台荷循環經濟合作的未來規劃

- **城市經驗與政策交流**
 - 分享荷蘭循環經濟相關政策、分享荷蘭循環城市的發展經驗
- **高科技循環經濟系列講座**
 - 台灣具有深厚的製造業能量，特別是在 ICT 和高科技產業中，台灣在全球供應鏈中深具影響力。因此，如何針對高科技產業以循環經濟模式設計，並改變對供應鏈的思考，將可再造大大不同的效益。（ HTSM & Creative Industry ）
- **專業諮詢連結**
 - 循環經濟掃描診斷工具 (CE scan) 及專業諮詢管道連結
- **循環經濟樞紐**
 - 以臺灣為樞紐 (Hub) ，打造臺荷、臺歐之循環經濟鏈結網絡及策略合作路徑
- **在地循環經濟園區**
 - 協助台灣推動在地循環經濟園區 (Eco-Park) 之創新發展（例如 沼氣、石化高值化等）
- **學術交流**：促進荷蘭和台灣大學和知識研究所之間的循環經濟相關課程和學習交流計畫
- **台中花博** (2018.11-2019.04)：荷蘭國家館將以循環經濟為主題進行交流分享



國際合作

- 產業價值鏈與原物料及廢棄物質流向，具跨國性質

(Value chain and waste flows are international)

- 各種國內所消費或使用之產品，其物質循環終點未必仍在國內。
- 全球化生產製造，形成跨國合作夥伴關係

- 適用法規、經貿條件與政策規範亦涉各國體制、全球各個區域間之種種協定

- 國際先導作為之一

- 荷蘭以前導者地位，先於 2016 年政策支持「循環熱點 Netherlands Circular Hotspot 」計畫，由荷蘭循環經濟社企合作組織 Circle Economy cooperative 為主辦單位，邀集飛利浦、海尼根、荷蘭銀行等四十幾家企業、非政府組織，共同成立的一個合作社形式組織，作為推動循環經濟轉型、整合各種不同利害關係人的平台。
- 「循環熱點」會展及國際邀訪活動，係與荷蘭基礎建設與環境部、外交部合作，於 2016 年 4 月，邀請來自全世界的政府、產業和非營利組織代表，瞭解荷蘭從上到下如何攜手實行循環經濟，並實地參訪循環區域建設、產品、服務及商業模式的典範。

- Holland Circular Hotspot

- 由荷蘭基礎建設環境部，與水環境貿易組織共同推動

循環經濟概念發展方向建議

- 綠色能源：超臨界流體、生質能、能源作物...
 - 電機、生技、農業、環工
- 循環材料研究：替代材料、生質材料、高科技用料...
 - 化工、材料、生技
- 修復技術：汽車零組件、電子零件、高科技製程零件...
 - 機械、材料、化工
- 綠色循環設計 / 製程規劃：物聯網與製程整合、3D 列印...
 - 化工、電機、機械、工業設計
- 前瞻回收技術：都市礦山、稀貴資源回收、銅 / 磷回收...
 - 礦冶、材料、化工、資源工程
- 循環系統整合 (循環城市)：循環建築、新一代營建材料...
 - 環工、化工、電機、土木、建築、都市規劃、資工