
聲明

本檔案之內容僅供下載者自我學習或推廣化學教育之非營利目的使用。並請於使用時註明出處。例如「本頁取材自○○○教授演講內容」



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY



化學在循環經濟潮流下 的挑戰與契機

講員：
凌永健教授

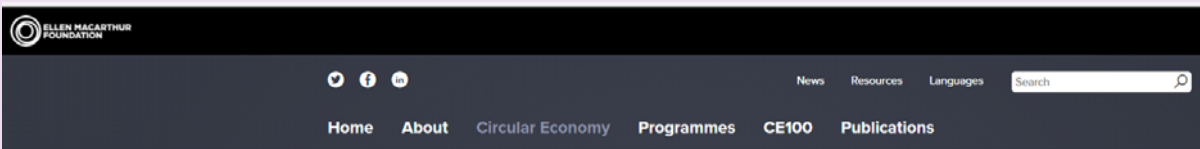
國立清華大學
化學系

【化學與循環經濟-2017/12/2中國化學會年會】



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

循環經濟介紹



超越目前“採取，製造和處置”採掘工業模式(線性經濟)，循環經濟是基於恢復性和再生性的設計的，依靠全系統的創新，旨在重新定義產品和服務的不浪費設計，同時最大限度地減少負面影響。通過向可再生能源過渡，循環模式建立了經濟，自然和社會資本

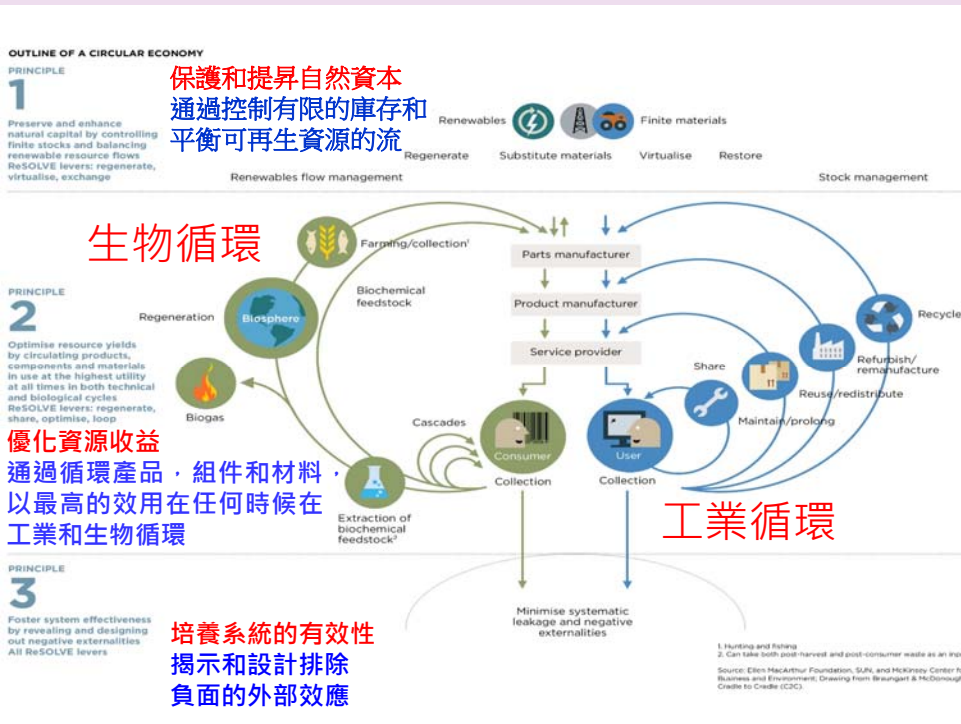
What is a circular economy?

Looking beyond the current "take, make and dispose" extractive industrial model, the circular economy is restorative and regenerative by design. Relying on system-wide innovation, it aims to redefine products and services to design waste out, while minimising negative impacts. Underpinned by a transition to renewable energy sources, the circular model builds economic, natural and social capital.

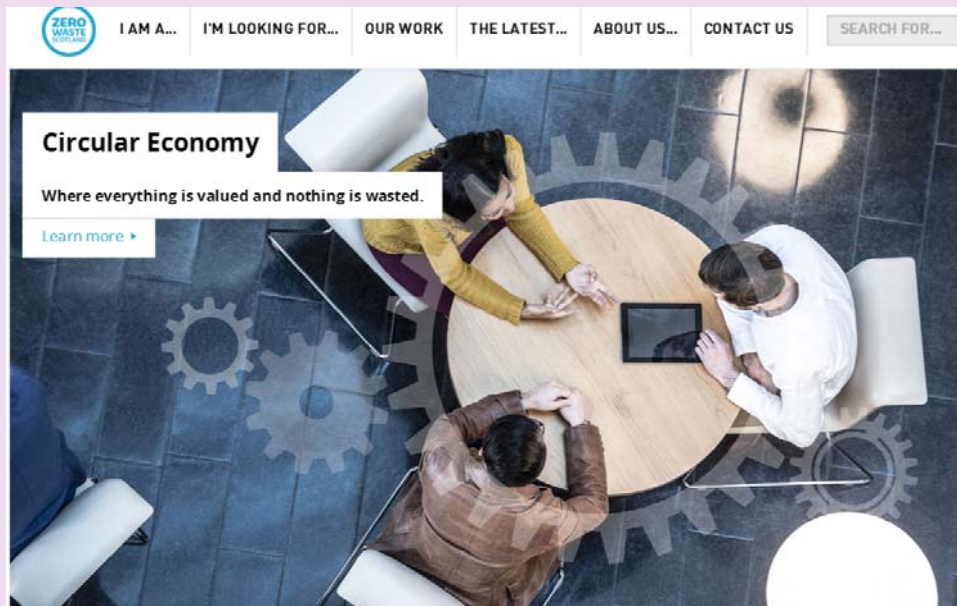




循環經濟綱要/原理



循環經濟簡義



一切都被重視，不浪費任何資(源)




■ 領域(篇數)

- GREEN SUSTAINABLE SCIENCE TECHNOLOGY (6)
- ENVIRONMENTAL SCIENCES (6)
- CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY (5)
- ENGINEERING ENVIRONMENTAL (3)
- ENGINEERING CHEMICAL (2)
- BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY (2)
- ENVIRONMENTAL STUDIES (1)
- CHEMISTRY PHYSICAL (1)



■ 期刊(篇數, 影響因子)

- Green Chemistry (3, 9.125)
- Clean Production (2, 5.715)
- J Industrial & Engineering Chemistry (1, 4.411)
- J Molecular Catalysis A – Chemical (1, 4.241)



- GREEN CHEMISTRY, 2016, 18(14), 3914-3934, 被引用次數: 16
- A circular economy will **look to chemistry** to provide the basis of **innovative products**, made **from renewable feedstocks** and designed to **be reused, recycled**, or the **feedstock renewed through natural processes**. The substances that products are made of will **increasingly be treated as a resource** equal to the **raw materials**, and **not just disposed of**. This perspective discusses **the role of chemists in a world without waste**.
- 零廢棄物世界中化學家的角色



- GREEN CHEMISTRY 2017, 19(1), 18-43. 被引用次數: 26
- The global impact, over the last 25 years, of the principles of green chemistry and sustainability, and the pivotal role of the **E factor concept** in **driving resource efficiency and waste minimisation**, in the chemical and allied industries, is reviewed. Following an introduction to the origins of green chemistry and the E factor concept, the various metrics for measuring **greenness** are discussed. It is emphasised that **mass-based metrics** such as atom economy, E factors and process mass intensity (PMI) need to be **supplemented by** metrics, in particular life cycle assessment, which **measure the environmental impact of waste** and, in order to assess **sustainability**, by metrics which **measure economic viability**.

■ 綠色+環境+經濟的指標

9



- GREEN CHEMISTRY 2017, 19(1), 18-43. 被引用次數: 26
- The role of **catalysis in waste minimisation** is discussed and illustrated with examples of green catalytic processes such as aerobic oxidations of alcohols, catalytic C-C bond formation and olefin metathesis. Solvent losses are a major source of waste in the pharmaceutical and fine chemical industries and **solvent reduction and replacement strategies**, including the possible use of neoteric solvents, such as ionic liquids and deep eutectic solvents, are reviewed. **Biocatalysis** has many benefits in the context of green and sustainable chemistry and this is illustrated with recent examples in the synthesis of active pharmaceutical ingredients. The importance of **the transition from an unsustainable economy based on fossil resources to a sustainable bio-based economy** is delineated, as part of the overarching transition from **an unsustainable linear economy** to a **truly green and sustainable circular economy** based on **resource efficiency and waste minimisation by design**.

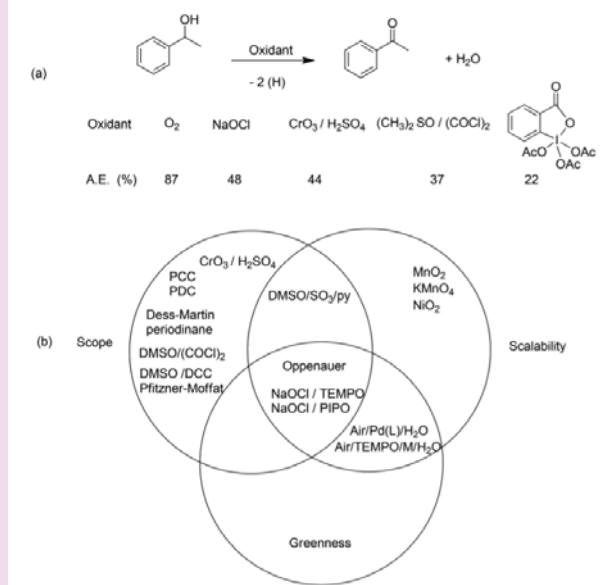
■ 資源效率化和浪費最小化的設計

10



永續發展

Oxidation of Secondary Alcohols



$$sEF = \frac{\sum m(\text{raw materials}) + \sum m(\text{reagents}) - m(\text{product})}{m(\text{product})}$$

E factor $\sim 3.0 \rightarrow \sim 0.1$



稀土元素_城市採礦_綠色製程



廢棄物類

城市採礦崛起：台灣稀土 4R 策略

陳柏宇*, 鄭名津**, 凌永健***

摘要

稀土元素是科技進步的重要關鍵物料，並供給極不均衡，勢必影響國人生活及國家經濟發展。全球稀土礦產僅於中國等少數國家手中，中國 2006 年宣布進出口管制其稀土物出口，導致國際間的政治角力，稀土儼然成為重要戰略物資。台灣地區因四面環海，天然資源匱乏，國際交流管道有限，為求經濟穩定發展，除了從國外多端進口滿足需求外，採用總體的都市採礦，公司可回收資源物品，延伸為資源物品，現有第 2-7 項公司可回收的物品加入含有稀土的生命週期產品，植基於既有的 4R 原則，讓持續發展回收再用體系，擴大第 4 個 R 的回收再用 (Recycle) 到取代 (Replace)、再製造 (Remanufacture) 或再賣 (Resell)，轉以永續物料管理，重視高科技並導入藍色經濟理念於產品的設計，加速落實循環經濟，才能確保國家的整體經濟運作，不受國際稀土供應波動之干擾。

【關鍵字】 稀土元素、都市採礦、城市採礦、4R 策略、永續物料、資源產品

*國立清華大學化學系 博士班研究生
**國家中山科學研究院材料與環境研究所 研究員
***國立清華大學化學系 教授



稀土元素



來自大地的科技原料—

工業的維他命—稀土金屬

全球供給量97%來自中國大陸的稀土金屬，為現代化高科技與綠能產品不可或缺的原料。舉凡國防、光電雷射、冶金以及玻璃陶瓷等，皆與之關係密切。
陳登銘

稀土金屬所衍生的材料向來與全球高科技產業的發展息息相關。由於其用途相當廣泛，舉凡光電、半導體、催化、超導、磁能與陶瓷等領域之應用，因此稀土材料常被稱為「工業的維他命」、「新材料之奇」或「二十一世紀黃金」等，稀土工業亦被稱為「超級工業」。

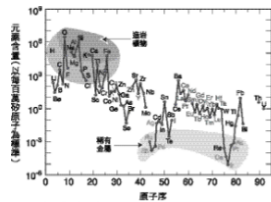
中國大陸從 2006 年開始對稀土實施出口管制，執行關稅總量控制的政策，除造成稀土價格一路攀升外，還造成缺貨現象、一物難求。稀土材料價格高漲明顯，在國際市場的確對政治角力中，稀土更成為國際產業結合的熱門話題。與美日等國家近期為反制大陸嚴控稀土出口的政策， 2010 年已向世

貿組織 (WTO) 提出申訴，指控大陸限制出口政策有別國內廠商，不利國外競爭對手，一場無可避免的稀土資源大戰早已悄悄展開……。

稀土金屬的特性、分布與稀有性

稀土元素是離散元素群的總稱，包含銻 (Sc)、鈾 (Zr) 及釷系系列的釷 (La)、鈾 (Ce)、鐳 (Pr)、銻 (Nd)、鐳 (Pm)、釷 (Th) 形式、鈾 (Sm)、釷 (Eu) (上述原子序較小者稱之為「輕稀土元素」、釷 (Gd)、鐳 (Tb)、鐳 (Dy)、銻 (Ho)、銻 (Er)、鐳 (Tm)、鐳 (Yb)、釷 (Lu) (上述原子序較大者又稱「重稀土元素」) 共 17 個元素。稀土元素在地殼中的總含量並不少，但卻以極稀比例分散於地殼各層土壤中 (圖一)。稀土元素在地殼中含量僅為 0.0153%，與銻、鐳、銻等常見金屬相近。其中鈾在地殼中最多 (約 0.0046%)。其次是鈾、銻、鐳等，大多稀土富集量約在 1% 以下，而全球儲藏量最豐富的也只有 4-9%，因此稀土礦的開採加工成本極高，獲取高純度稀土元素分離相當困難，除非其產品價格高昂，否則不符經濟效益。

有趣的是關於稀土是否真正「稀少」，



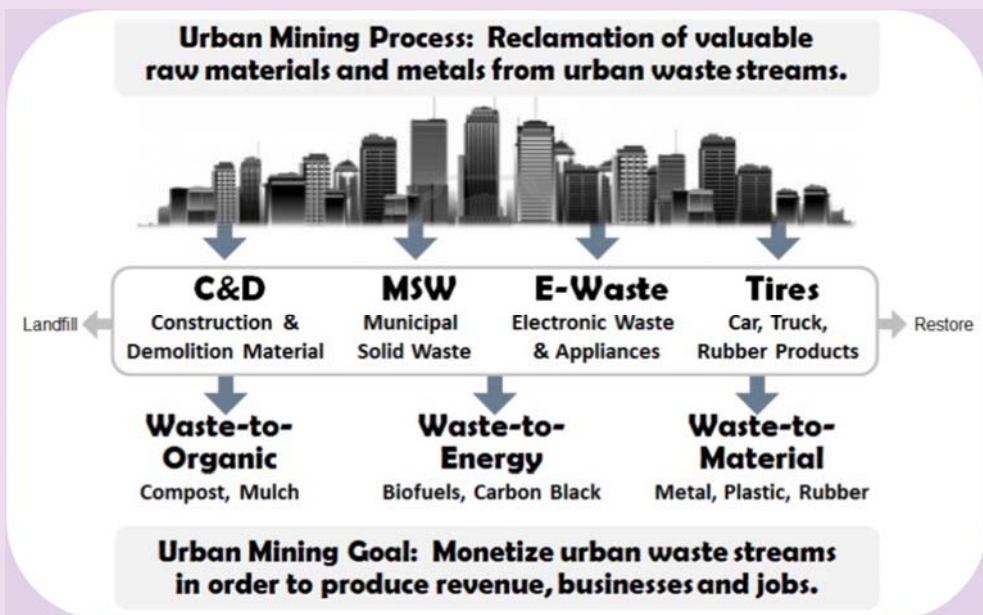
圖一：地殼中主要元素之含量。

2 SCIENCE MONTHLY 2011.4



城市採礦

Nanjo Michio, Tohoku University, 1988





綠色製程

一種由螢光粉中分離稀土元素之方法



I583771



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數: TW I583771 B

(45) 公告日: 中華民國 106 (2017) 年 05 月 21 日

(21) 申請案號: 105112599

(22) 申請日: 中華民國 105 (2016) 年 04 月 22 日

(51) Int. Cl.: C09K11/01 (2006.01)

C01F17/00 (2006.01)

(71) 申請人: 國家中山科學研究院 (中華民國) NATIONAL CHUNG-SHAN INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

桃園市龍潭區中正路佳安段 481 號

(72) 發明人: 鄭名津 CHENG, MING CHIN (TW); 凌永健 LING, YONG CHIEN (TW); 陳柏宇 CHEN, BO YU (TW)

(56) 參考文獻:

TW 201437321A

CN 102643992A

審查人員: 謝欣秀

申請專利範圍項數: 9 項 圖式數: 3 共 17 頁

(54) 名稱

一種由螢光粉中分離稀土元素之方法

(57) 摘要

一種由螢光粉中分離稀土元素之方法，步驟包括：(A)混合一螢光粉與一無機酸，進行一微波輔助消化處理，以獲得一微波消化液；(B)提供一螯合劑與該微波消化液進行一超臨界萃取處理，以獲得一超臨界萃取剩餘液及一包含鈾金屬之萃取螯合沉澱物；(C)將一有機酸加入該超臨界萃取剩餘液進行混合而得一有機酸化合物，將該有機酸化合物進行一煅燒處理以得一銻氧化物；(D)將該銻氧化物進行一銻粉還原處理而得一提高純度之銻化合物。藉此，可從螢光粉中將含有鈾、銻等有價金屬回收純化再利用，以降低環境污染之危害。

15



世大運點聖火感動千萬人



獲得金點設計獎標章的桔禾創意，設計的「2017世界大學運動會聖火火炬」融合傳統竹編技藝及現代工藝，特別是竹子在東方文化中象徵君子風範，與賽事運動精神相呼應，讓台灣的設計軟實力在國際賽事被看見。

五大世界級設計特點：

五環火焰

六角編織雷切造型

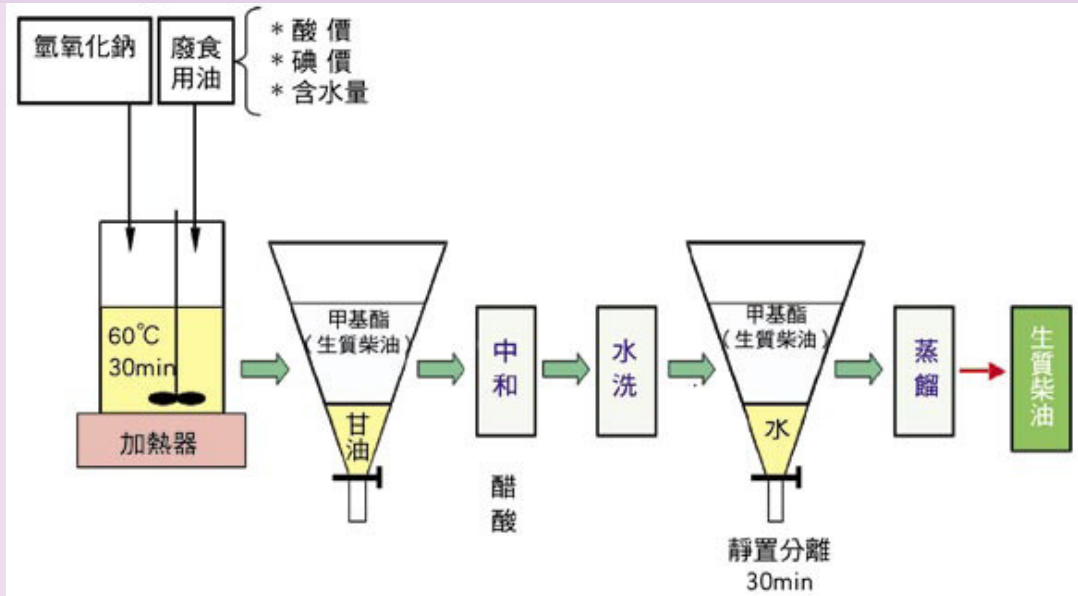
瓦斯瓶「母火燈」環保生質燃油

竹編承座

照亮大地



工業上生質柴油製備流程

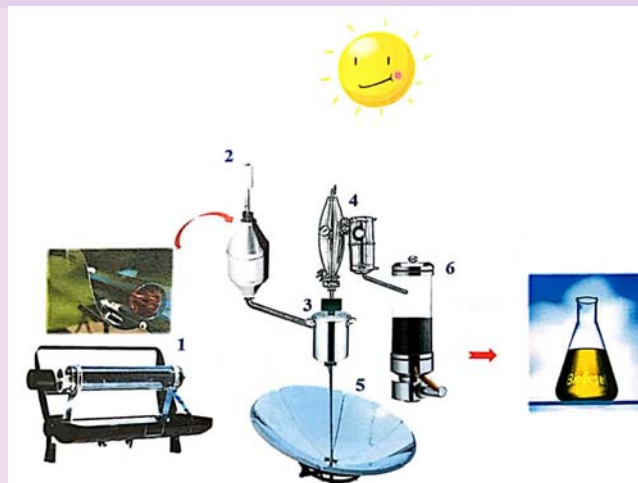


圖片來源:工研院, 能源與環境研究領域, 45頁, http://www.itri.org.tw/chi/about/annual_reports/fy93/06_eel.pdf.

17

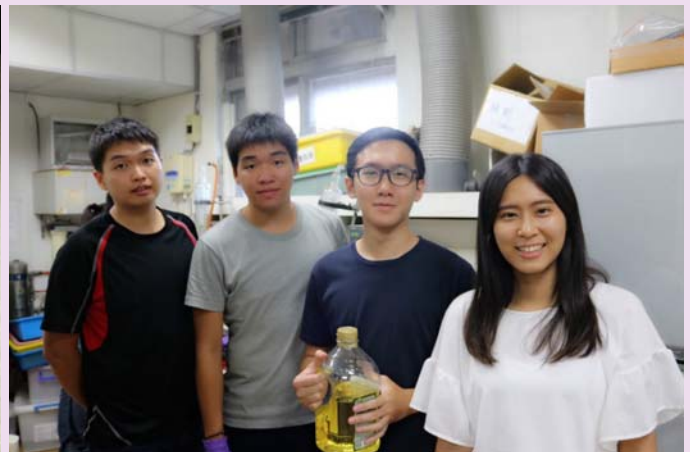
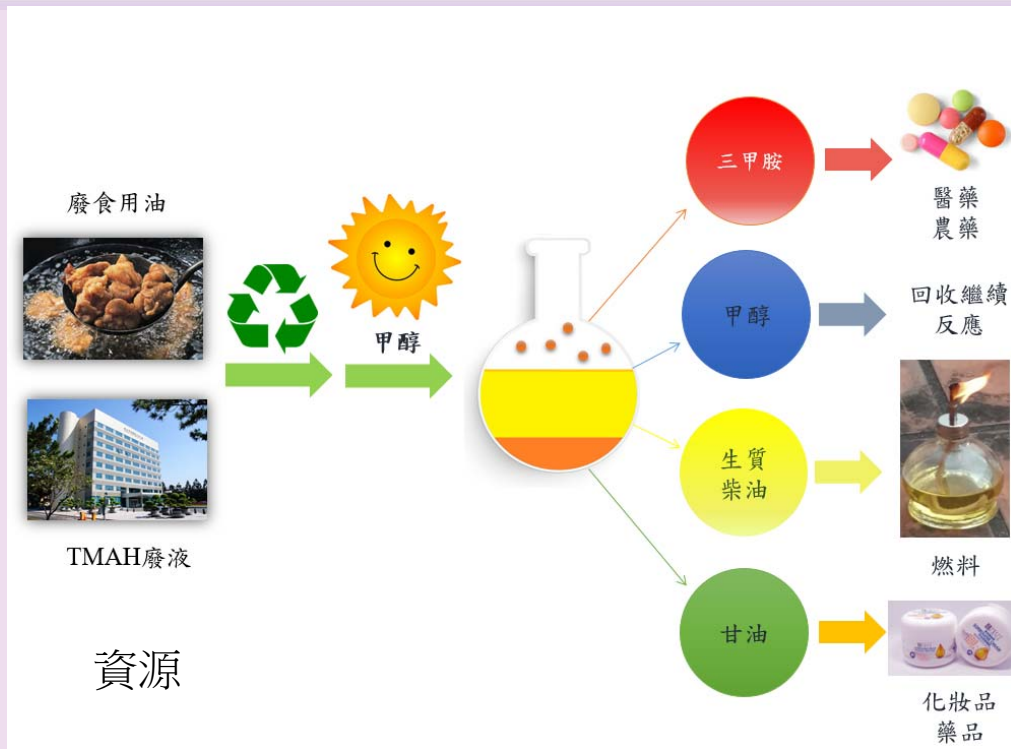


太陽能綠色生質燃油機



1. 不需要原料洗滌及皂化步驟，節省大量能源與成本
2. 半導體廠廢棄物價格便宜、且用量少，反應完成後不會殘留
3. 產物均可回收再利用，符合綠能、環保
4. 耗能低，使用太陽能

18



一切都被重視，不浪費任何資源