

行政院環境保護署毒物及化學物質局 永續思維綠色化學多元教育大專院校研習營

循環經濟趨勢下 全球化學產業的發展新方向

報告人：劉致中 副組長

研究團隊：林國權、陳明君、蕭亞漩

工研院 產業科技國際策略發展所

2018年11月21日



簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議



2017/09 美國德克薩斯州



2018/02 非洲 撒哈拉沙漠



2018/03 南非 開普頓



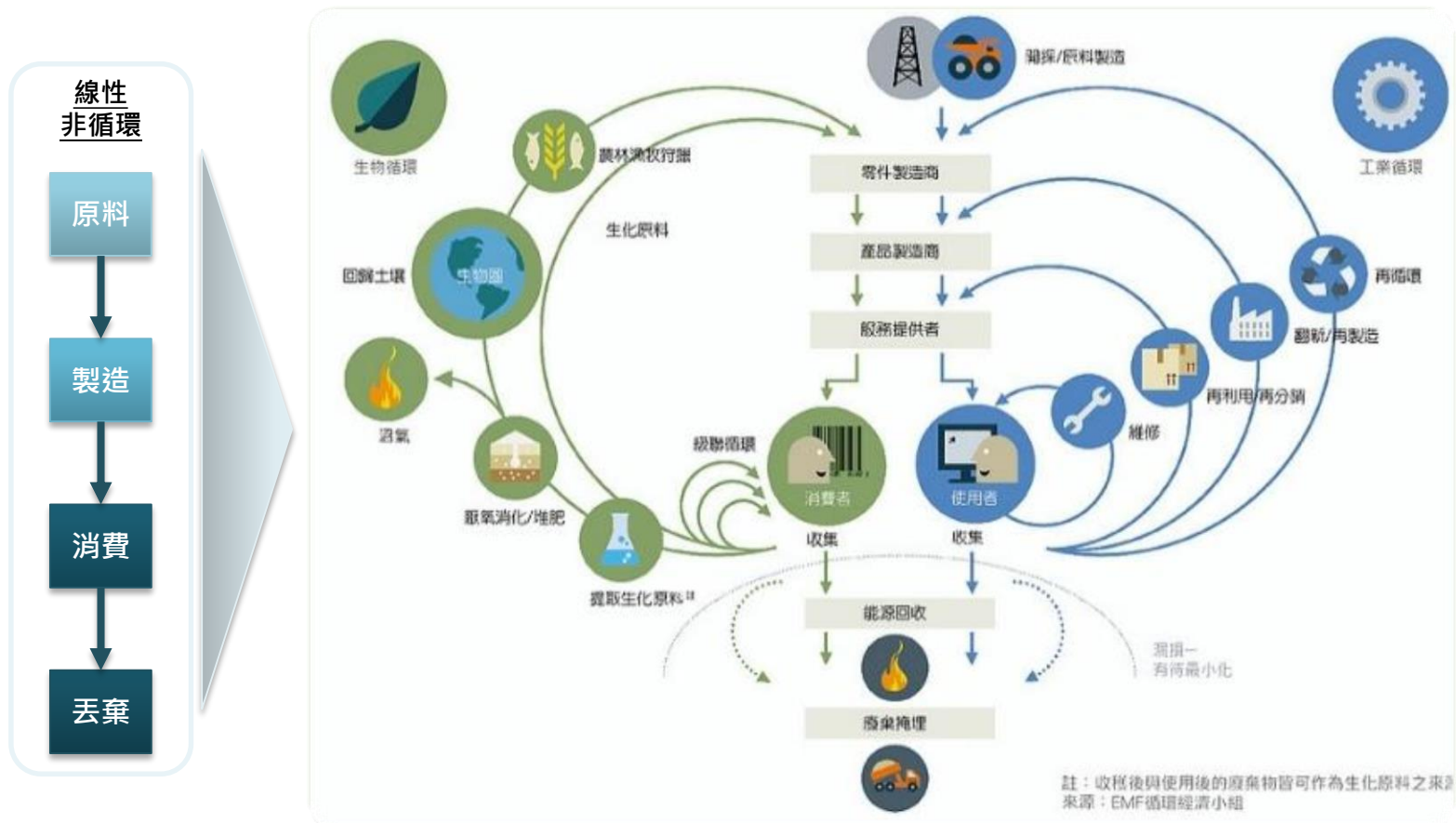
2017/12 中國大陸 上海



2018/06 越南 北部

「循環經濟」發展的源由

- 2014年1月世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 中英國艾倫·麥克阿瑟基金會 (Ellen MacArthur Foundation, EMF) 發表了邁向循環經濟 (Towards the Circular Economy) 一文，循環經濟一詞才開始廣為經濟學者所使用。



- 艾倫·麥克阿瑟基金會委託的麥肯錫公司 (McKinsey) 於在2011年11月發表的「資源革命 (Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs)」一文為「邁向循環經濟」一文的主要基礎。

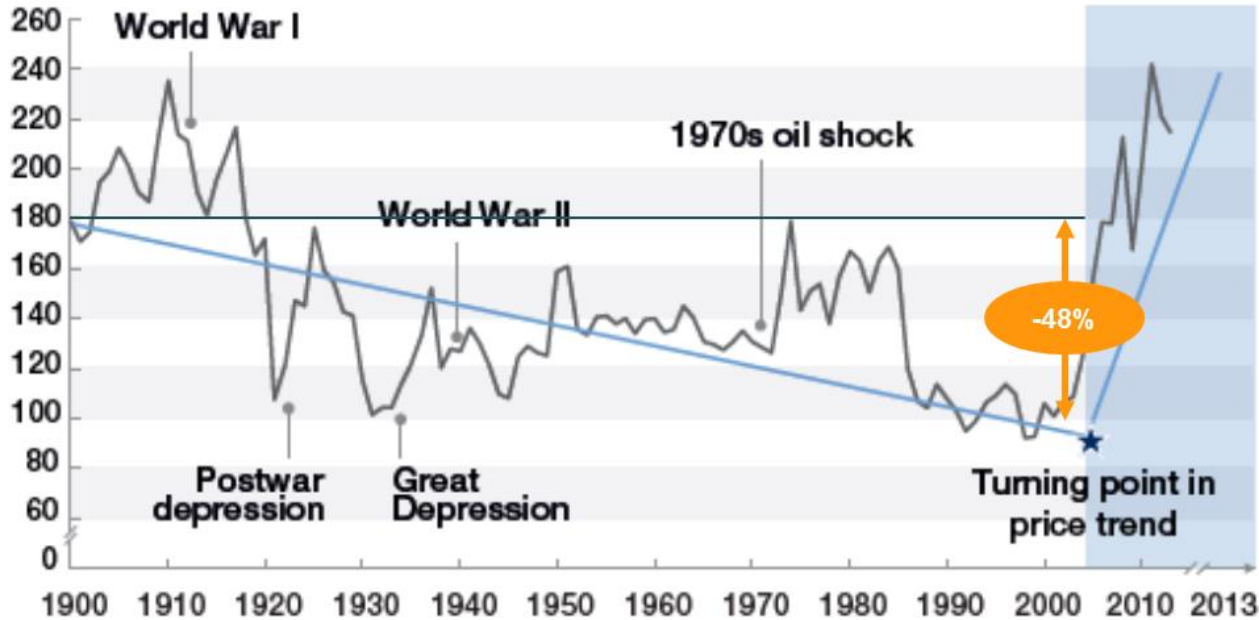
未來化學產業面臨的經營環境(I)

大宗原物料價格變動幅度與次數越來越頻繁

McKinsey Commodity Price Index¹

Index: 100 = years 1999–2001²

1 Based on the arithmetic average of four commodity sub-indexes: food, non-food agricultural



items, metals, and energy.

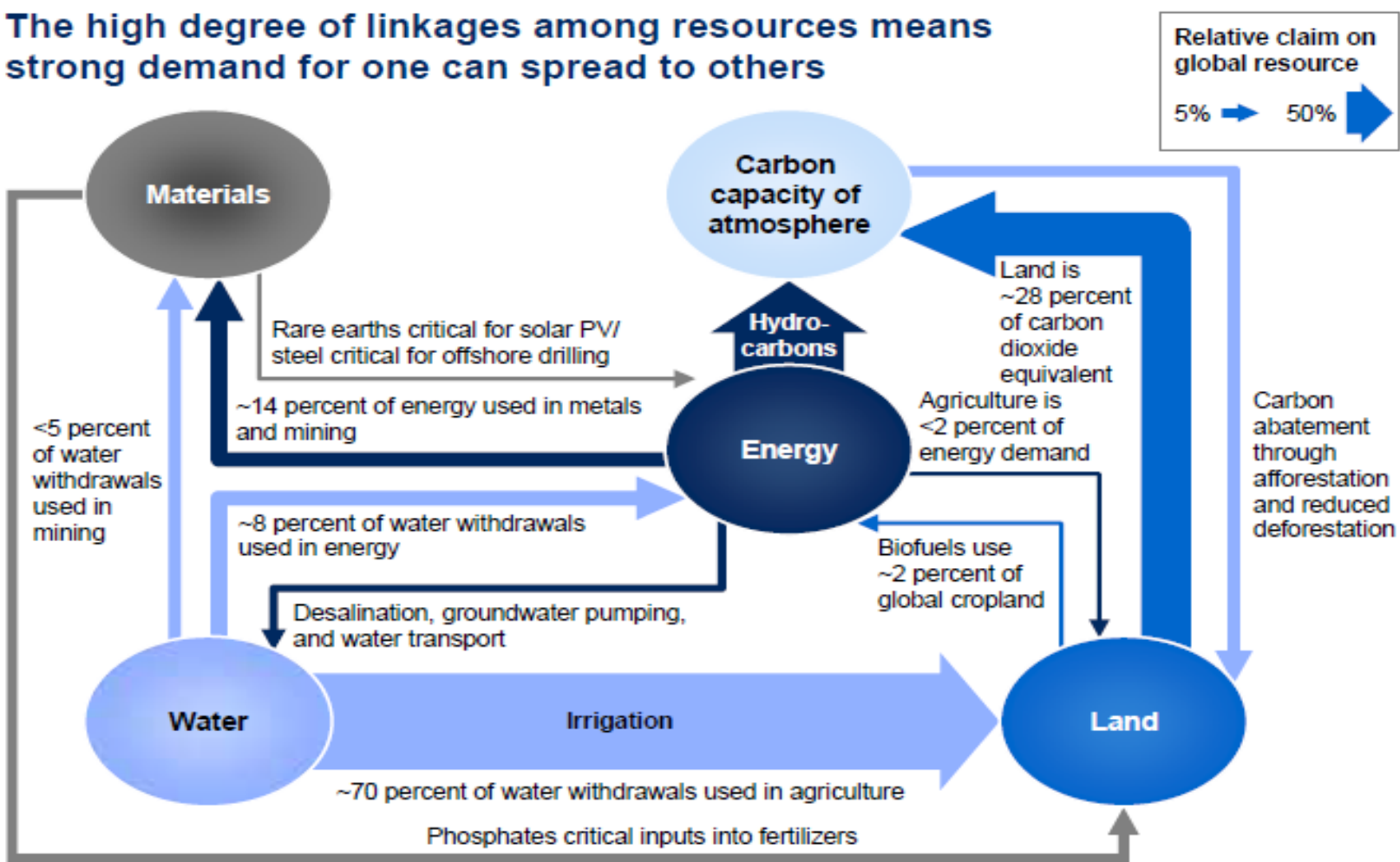
2 Data for 2013 are calculated based on the average of the first three months of 2013.

Source: Grilli and Yang; Pfaffenzeller; World Bank; International Monetary Fund; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) statistics; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); UN Comtrade; McKinsey Global Institute analysis

資料來源：Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs, McKinsey(2011/11)

未來化學產業面臨的經營環境(II)

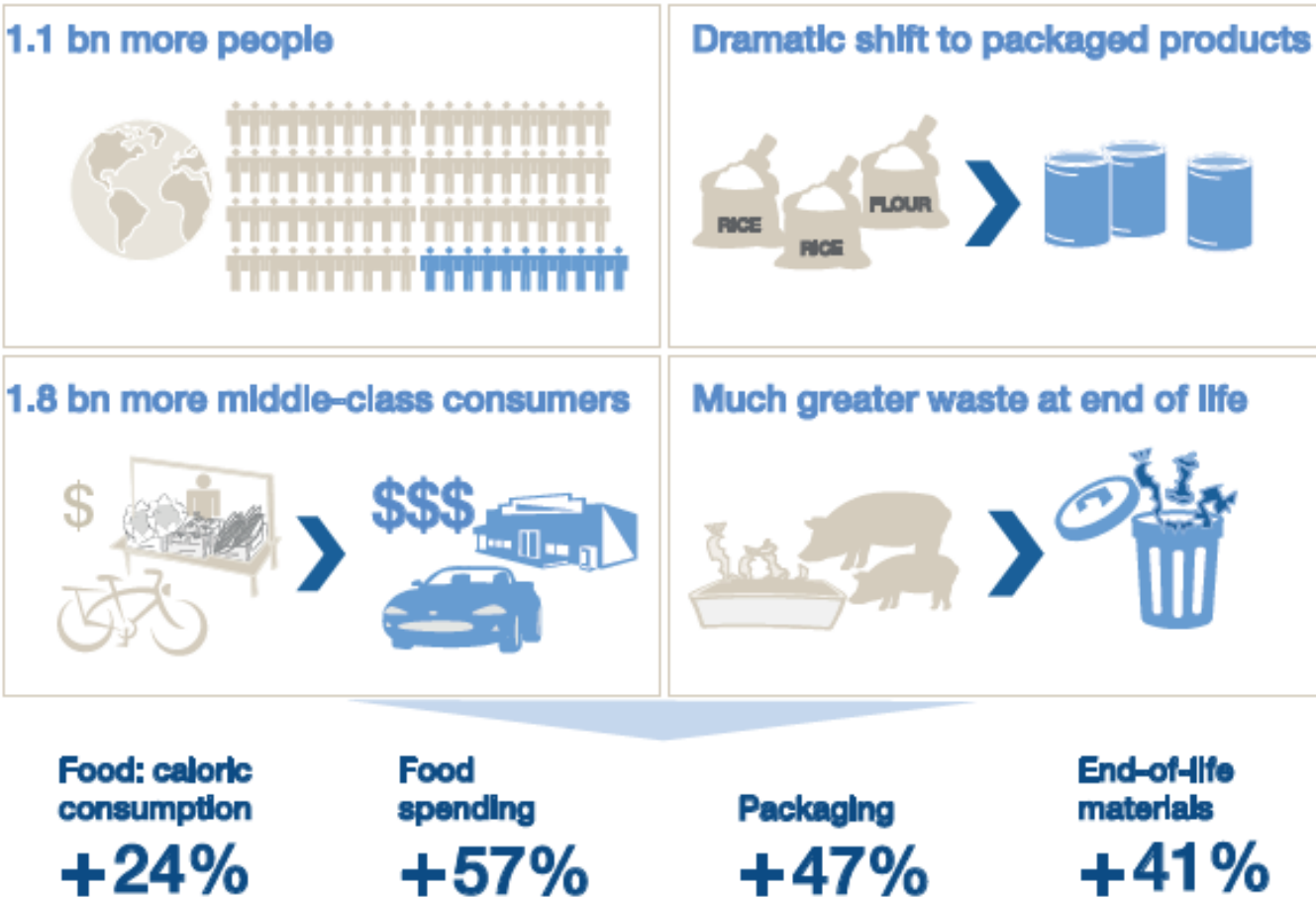
生產要素彼此連結性提高，影響價格的連動性增加



SOURCE: McKinsey analysis

未來化學產業面臨的經營環境(III)

全球中產階級人數快速增加，資源消耗快速增加，
廢棄物量超出自然界負荷



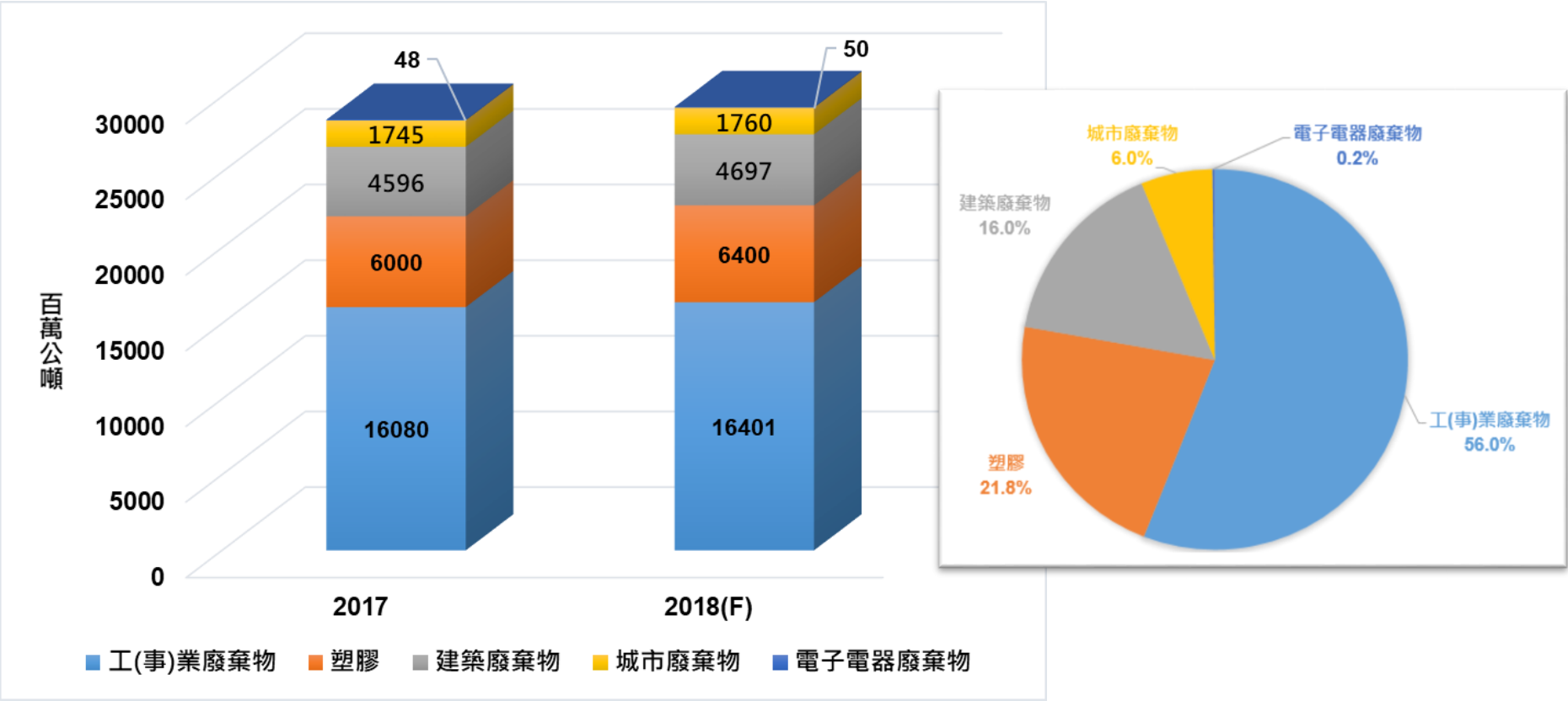
Source: World Bank, Ellen MacArthur Foundation circular economy team

簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

全球主要的廢棄物種類

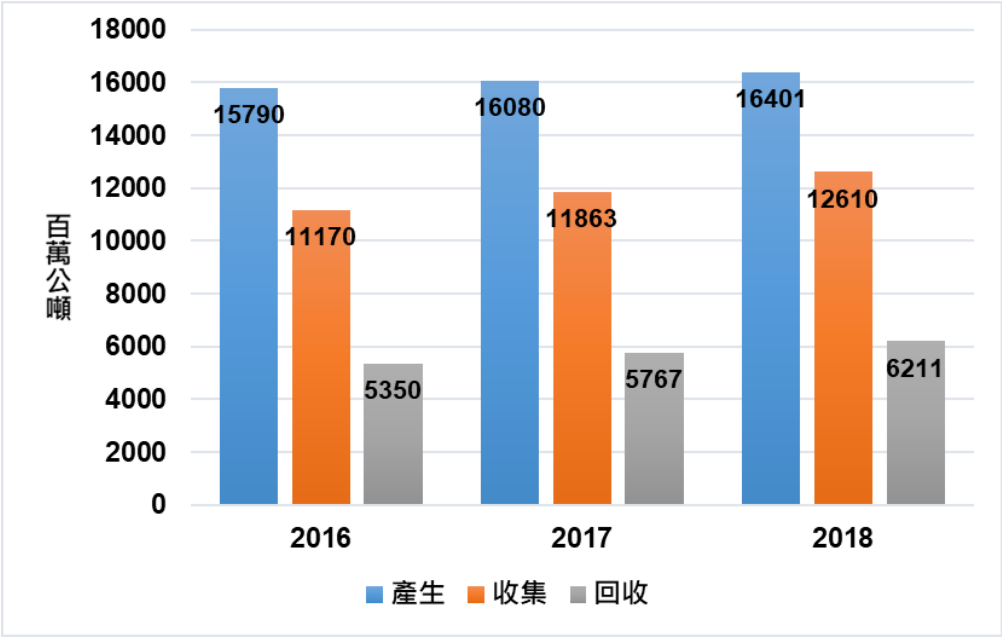
廢棄物產生量持續增加



- ❑ 全球廢棄物產生量2017年為285億公噸，至2018年預估將達到293億公噸。
- ❑ 環保議題、循環經濟議題火熱，卻無法降低地球每年產生的廢棄物。

工業廢棄物收集率接近八成

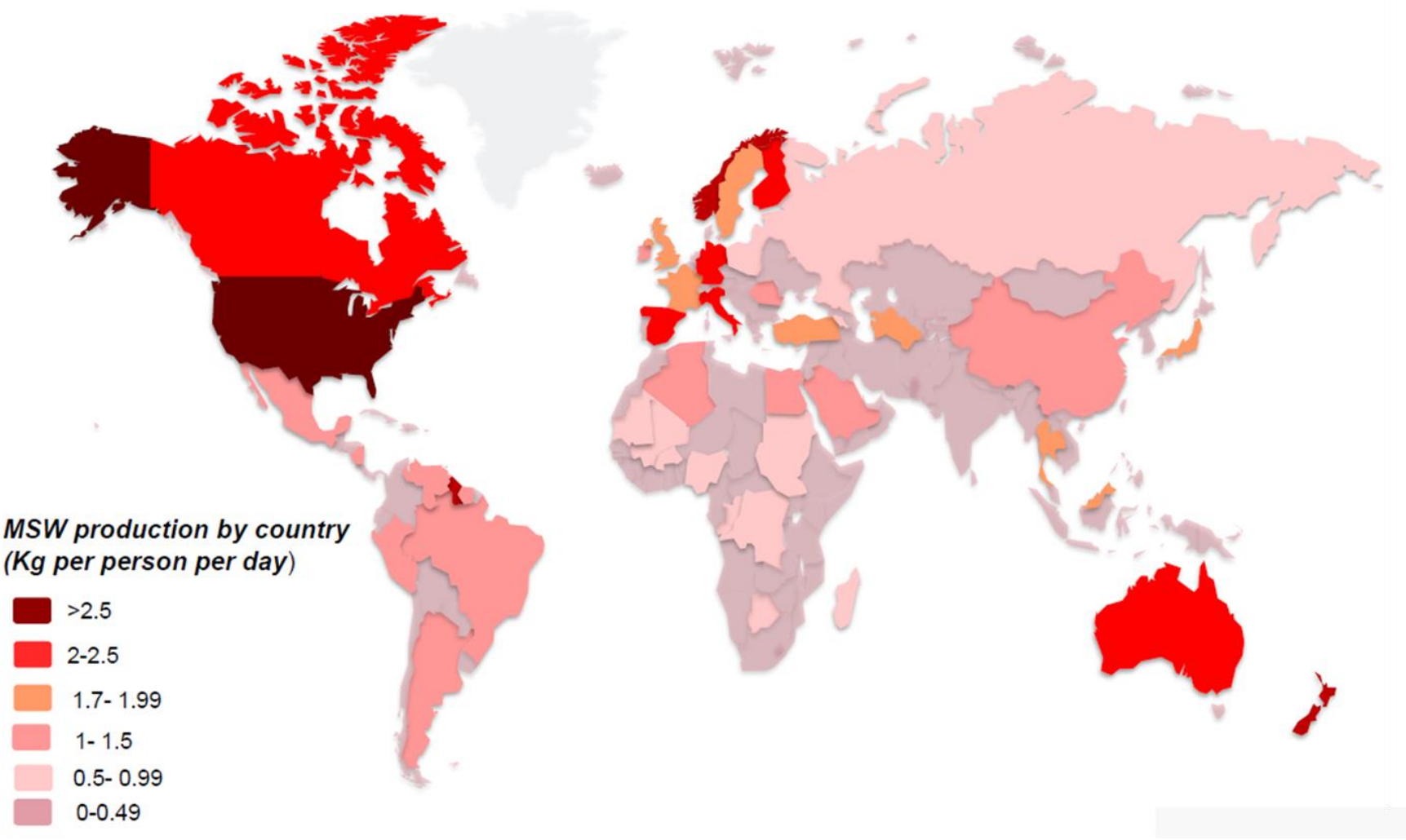
回收利用 率不到四成



- ❑ 2018年全球產生的工業廢棄物將達到**164**億公噸，**東南亞與中東**的工業化程度讓全球工業廢棄物的產生量持續增加。
- ❑ 由於各國政府對製造商的嚴格環境法規以及對廢棄物作為戰略資源的興趣日益增加，收集率預計將從2017年的**73.7%**提高到2018年的**76.8%**。
- ❑ 雖然收集率可達到接近**8成**，但是真正有效回收再利用的比例仍僅有**3成7**。
- ❑ 全球工業回收服務的產值，預計將從2017年的**1151.7**億美元增加到2018年的**1241.3**億美元，成長率為**7.8%**。

全球城市固體廢棄物產出

美、澳、法、德、挪、芬、義國家名列前茅



循環經濟重點是「經濟模式」



- ❑ 「線性經濟」(Linear Economy) 的商業模式已經造成全球暖化的結果，持續發展線性經濟將持續累積世代風險。
- ❑ 使用在既有格局內找出最新解決問題的技術，是頭痛醫頭、腳痛醫腳的「鋸箭療法」。每創造一個新技術，解決問題的同時，卻也帶來了更多的新問題。
- ❑ 以使用取代擁有的「消費文化」，以製造延伸到服務的「產業文化」，以「相互依存」取代「獨善其身」的「合作文化」，有利於改變企業的體質，提升競爭力。

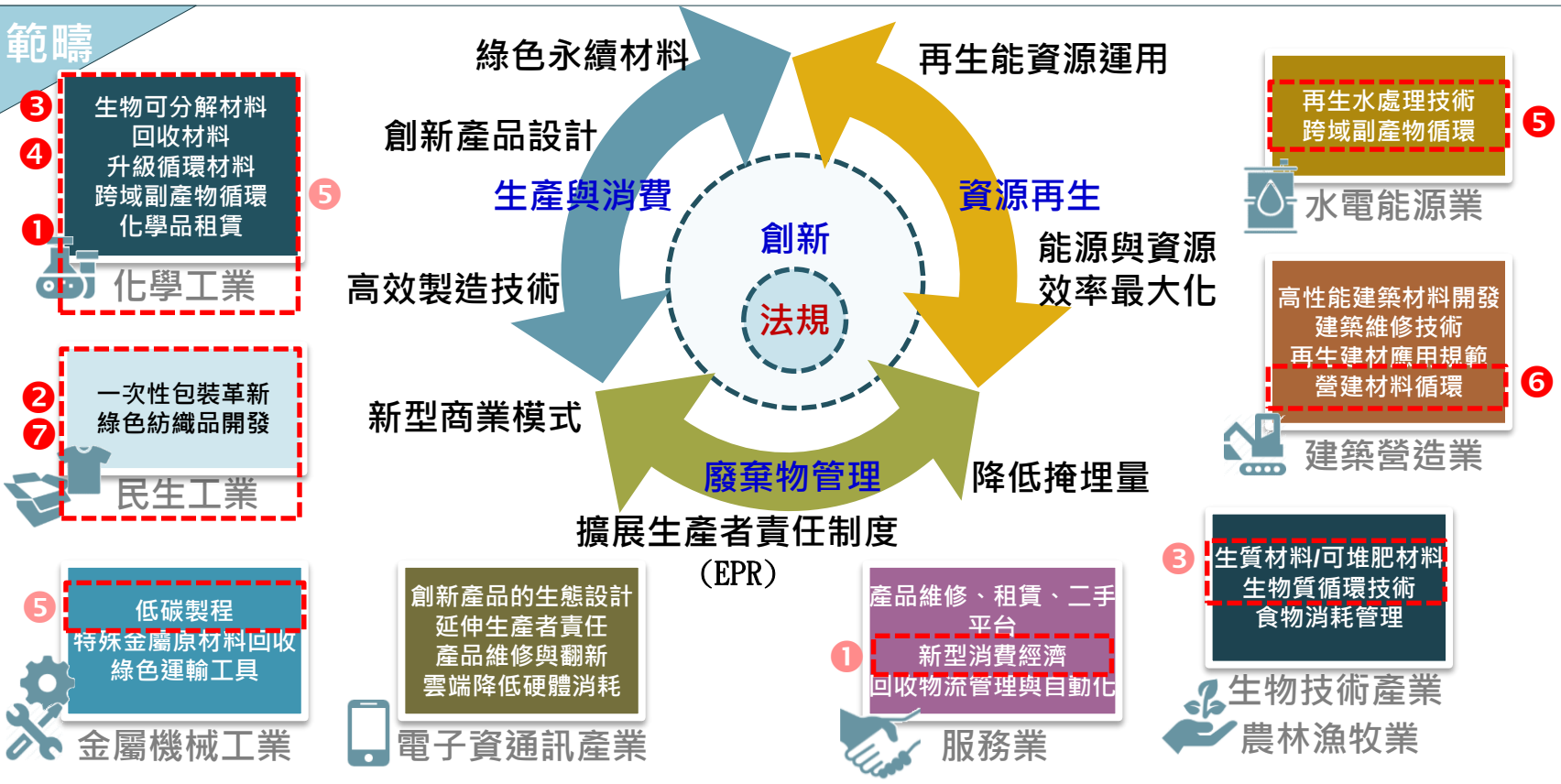
循環經濟的定義與全球發展項目

定義

在實現【永續發展】的目標下，創造【經濟效益】並【提升競爭力】的新經濟模式。

1. 運用物質不斷循環、利用的經濟發展模式，形成「資源、產品、再生資源」的循環，使整個系統產生極少的廢棄物，甚至達成零廢棄的終極目標，應用**有限資源**與**再生資源**達到資源永續應用與經濟永續發展。
2. 重視**資源使用效率**，使資源、材料、產品在生物循環與工業循環中**價值最大化**。

範疇



簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

循環經濟下的新商業模式(I)

所有權的移轉

(一)租賃—使用權與擁有權分開計價的商業模式

適合租賃的產品：高單價、高維護成本、高折舊率。



(二)化學品租賃的特性

適合租賃的化學品：高保存成本、使用具高風險性、廢棄後對環境影響大



循環經濟下的新商業模式(II)

實際案例

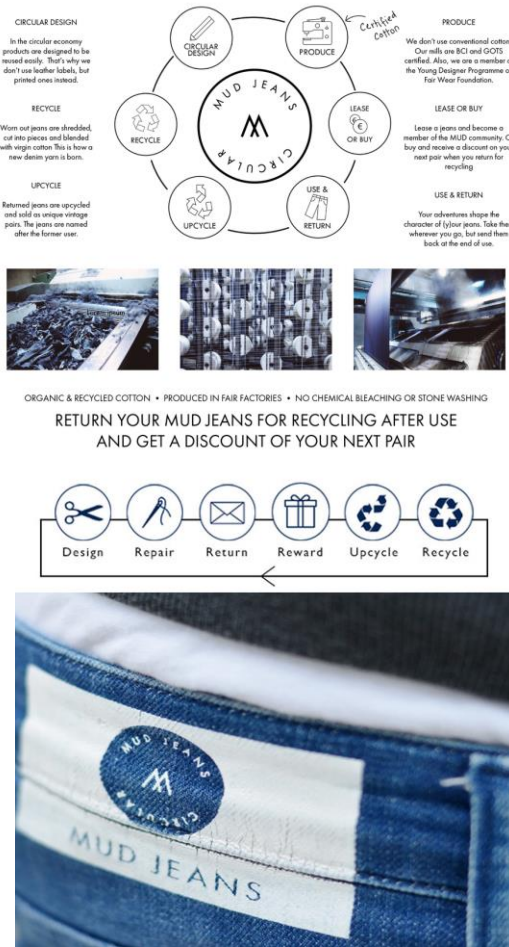
荷蘭Bundles洗衣月租型服務



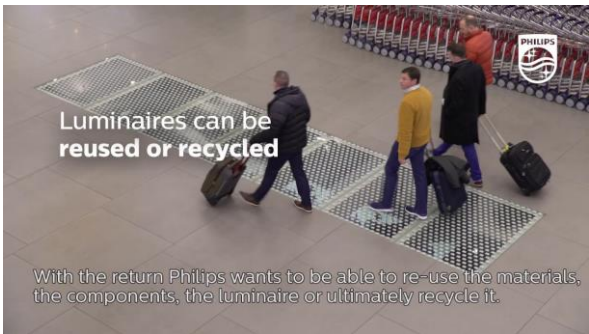
孕婦裝租賃服務



荷蘭Mud Jeans的租賃服務



荷蘭史基浦機場的照明租賃

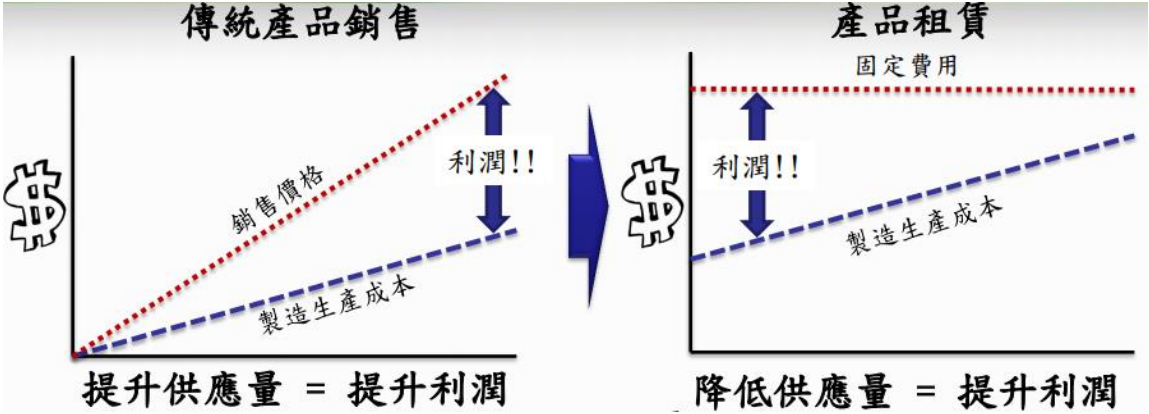
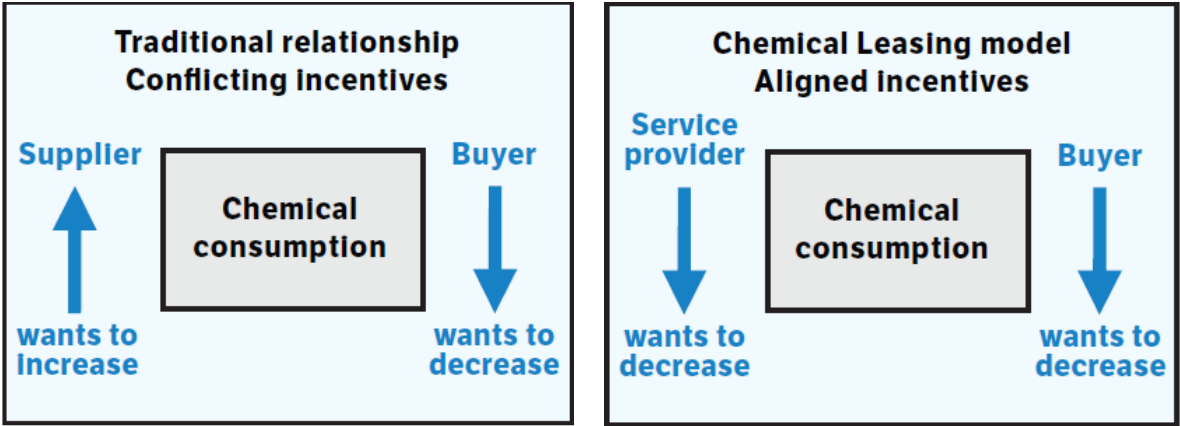


採用租賃式的照明設施。機場向飛利浦租借燈具，飛利浦則根據其需求及周圍環境的情況，設計出最佳的照明應用。在租賃服務到期後，這些燈具能夠被100%循環再利用。

租賃到期，Mud Jeans視商品狀態，選擇將原料修復再製或回收。

化學品租賃的效益

(Chemical Leasing, ChL)



	
杜邦(提供者)	福特汽車(使用者)
• 每加侖塗料之成本在前兩年均減少8%，而在第三年減少了4.5%。 • 成為福特汽車所優先選擇的塗料供應商，提供北美洲18個廠中11家之塗料，佔區域總使用量之50% • 提昇其競爭門檻，並維持其市場佔有率	• 減少35%至40%之表面處理成本 • 揮發性有機化合物排放量已減少50% • 塗料使用效率之提昇，進而減少廢氣及廢水之排放

--當計價方式以輛時，材料商會開發更高效率的塗料(單位用量能塗佈的車輛增加)，也進而降低總體的塗料用量。

國際上的化學品租賃案例

化學品管理服務(Chemical Management Services, CMS)

Industry sectors/processes	Chemicals
Manufacture of electronic equipment	Coating powder
Car manufacture	Hydrocarbon solvents for cleaning
Various industries/steel treatment	Galvanizing and phosphating agents
Beverage production	Lubricants for packaging conveyers; cleaning agents for pipes and vessels
Waste water and drinking water treatment	Water treatment chemicals
Hotel and service sector	Cleaning & disinfectants chemicals
Beverage and food-processing	Glue
Petrochemical industry	Catalysts and water treatment chemicals
Agriculture	Pesticides and fertilizers
Printing Industry	Ink, printing chemicals

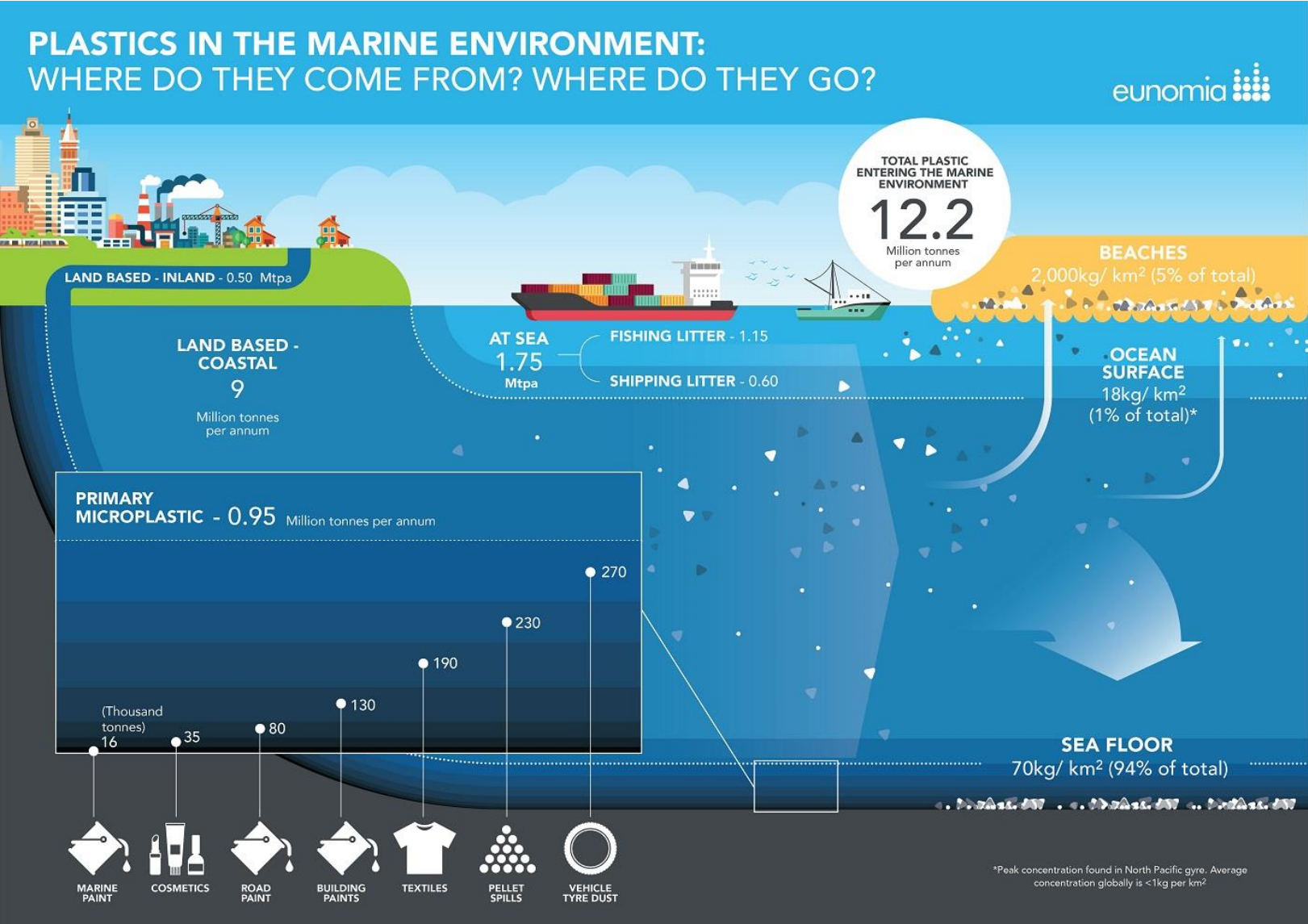


簡報大綱

- 循環經濟的發展緣由
- 全球廢棄物的種類與產生狀態
- 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- 一次性包材革新
- 生質材料/可堆肥材料
- 回收材料/升級循環材料
- 跨域副產物循環
- 營建材料循環
- 綠色紡織
- 結論與建議

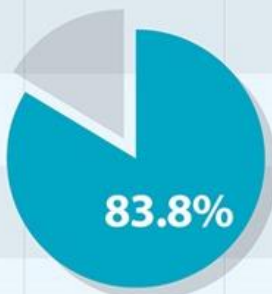
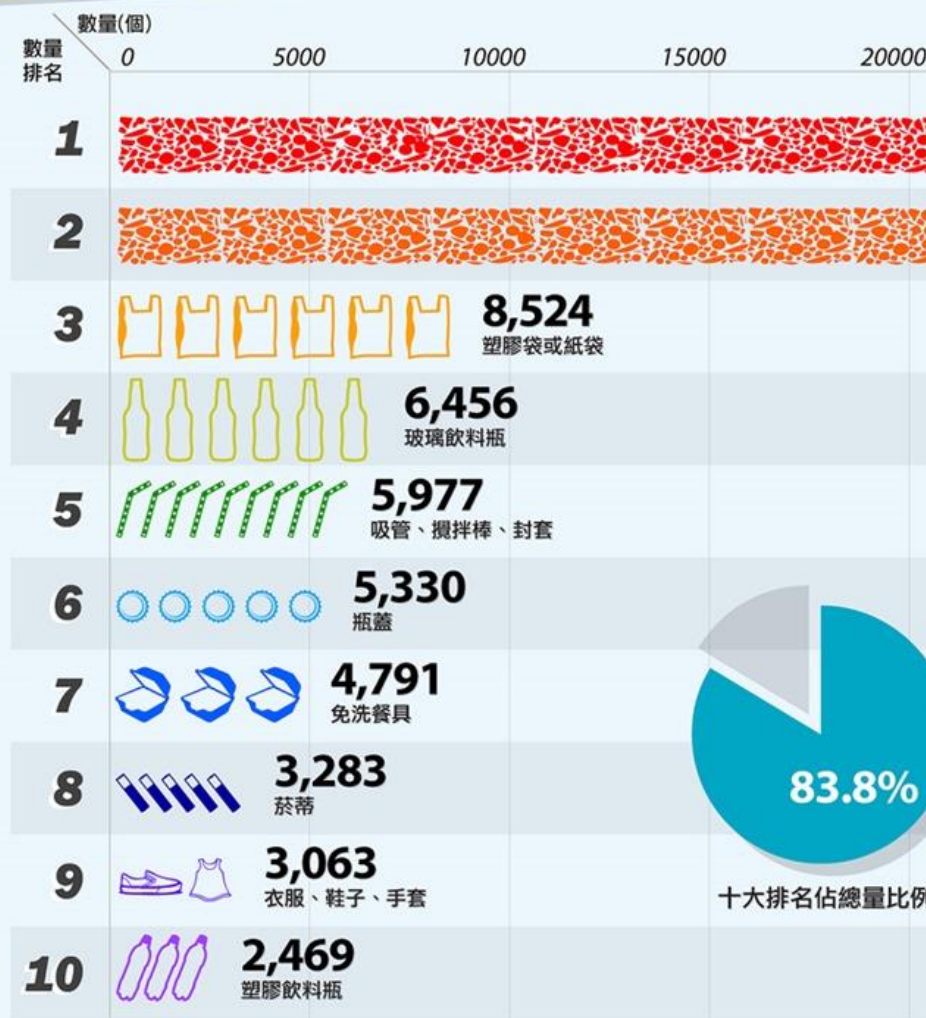
海洋塑膠問題迫在眼前

塑膠微粒造成食物鏈危害



海洋塑膠主要來自一次性塑膠包材

淨灘成果統計



十大排名佔總量比例



塑膠石化類佔總量比例

台灣處理廢棄一次性塑膠包材的方式

土地與環境成本高昂



手搖杯



小袋包裝
(sachets)



零食包裝
(sweet wrappers)



一次保護膜
(tear-offs)



承裝盒



食品包裝袋



衛生掩埋場



焚化爐



新設垃圾掩埋場
用地取得困難



基隆八斗子垃圾
掩埋場垃圾裸露



新竹縣新豐垃圾
掩埋場汗水滲漏



焚燒出戴奧辛
汙染食物鏈



焚化爐底渣非法
棄置汙染農地

台灣衛生掩埋廠空間利用率已接近臨界值



- 102年底掩埋場及焚化廠共計129座。
- 102年底，未封閉之衛生掩埋場有104座，尚在使用中之衛生掩埋場有66座；按地區別來看，以臺東縣最多，花蓮縣之。
- 102年底已營運之大型垃圾焚化廠計24座，其中高雄市4座最多，新北市、臺北市、及臺中市各3座次之。
- 105年公營衛生掩埋廠剩餘使用容積僅餘13.9%(剩餘可掩埋容積433萬立方公尺)。



雲林縣垃圾危機爆發二年多，至今仍懸而未決，垃圾山越堆越大，衍生的環境衛生問題。

斗六垃圾堆置8,000公噸、4層樓高

中國大陸面臨土壤塑膠化的問題

寄望可分解塑膠解決困境

- 每年600公噸的地膜被“犁埋”
- 北京報導--北京的PM2.5值一度達到每立方米755微克。



一次性塑膠包材的產業變革

材料與商業模式的轉變

● 小型食品一次包裝應用可堆肥生質材料

2017 World Economic Forum —The New Plastics Economy

塑膠包裝材料的再利用和回收利用率提升的策略(目前的回收率僅為14%)

計畫參與者—Amcor(澳洲醫材公司)/Coca-Cola/Danone(法國乳品公司)/MARS(美國食品公司)/Unilever(荷蘭聯合利華公司)/Novamont(法國生質塑膠與化學品公司)



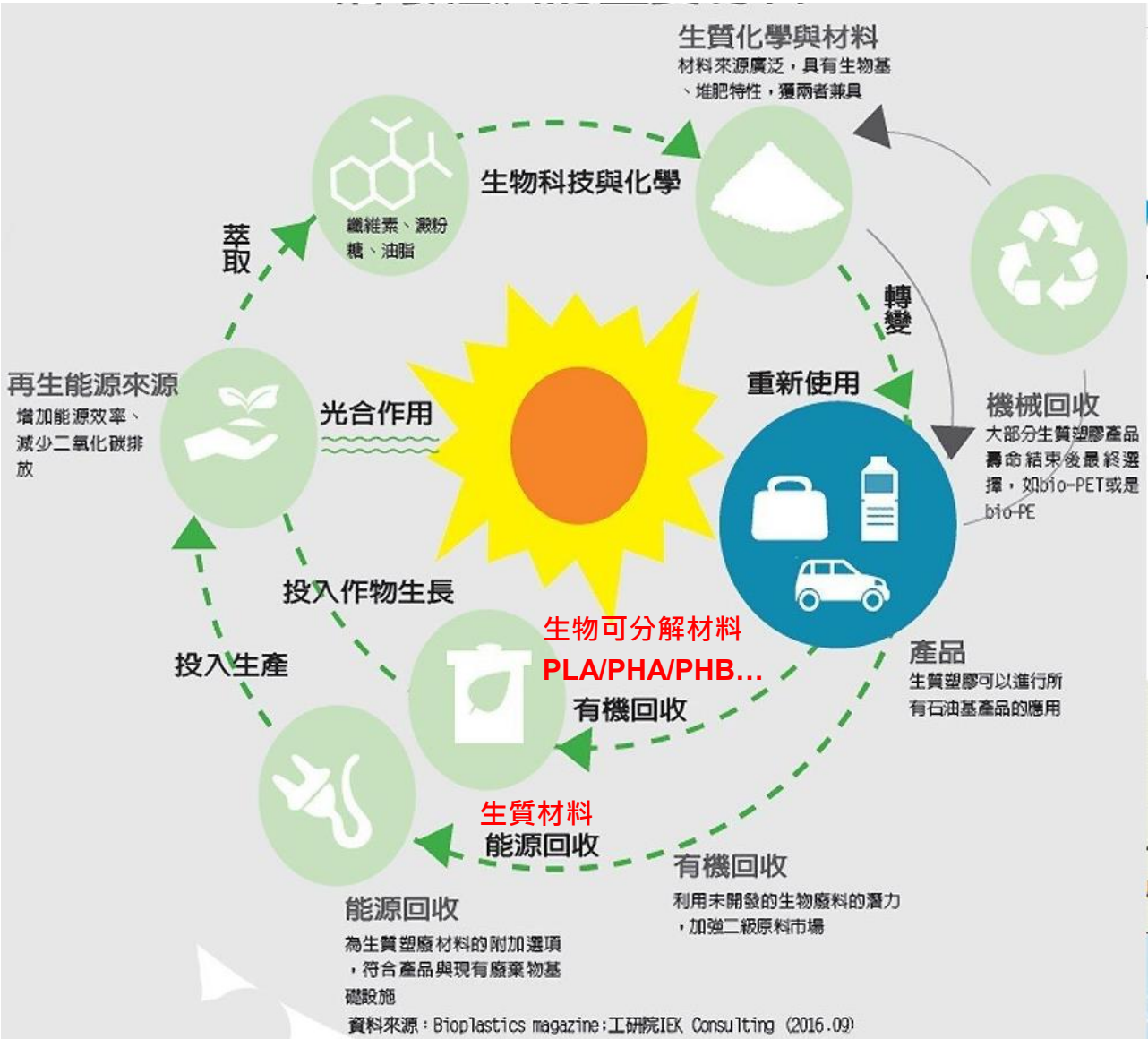
● 利用可重複使用的替代品替換一次性塑膠運輸袋
● 重複使用的包裝創造新型態的運輸模式



簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

生質塑膠可以達到碳排放的平衡



生質塑膠於食品包裝之應用

生質塑膠種類	說 明
澱粉基聚合物	-可生物分解的多醣 -聚苯乙烯 (PS) 替代品 -應用於食品包裝：一次性餐具、咖啡膠囊、瓶子
纖維類聚合物	-可生物分解的多醣 -特性：阻水氣低、機械性能差、加工性能差、脆性 -符合2007/42 / EC規定 -應用於食品包裝：麵包、水果、肉類、乾燥食品等
聚丙交酯 (PLA)	-可生物分解的熱塑性聚酯 -應用於食品包裝：生鮮托盤、一次性餐具
聚 羥 基 鏈 烷 酸 酯 (PHA)	-生物分解聚酯 -特性：脆性、剛性、熱不穩定 -應用於食品飲料包裝
生物基聚丙烯 (PP) 和聚乙烯 (PE)	-不可生物分解的乙烯基聚合物 -主要來源為甘蔗 -應用於食品包裝：微波食品、一次性餐具、食品包裝袋/膜
生物基聚對苯二甲酸 乙二醇酯 (PET)	-常規PET瓶替代品 -含達30%生物基原料 -應用於食品包裝：飲料瓶
生物基聚喃二甲酸乙 二酯 (PEF)	-不可 生物分解聚酯 -特性：較PET具更佳屏障功能、達100%生物基原料 -應用於食品包裝：瓶子
脂肪族聚酯	-可生物分解聚合物，包括聚丁二酸丁二醇酯 (PBS)、聚乙烯琥珀酸酯 (PES)、聚己二酸乙二醇酯 (PEA) -應用於食品包裝：一次性餐具
脂肪族-芳香族聚酯	-可生物分解聚合物，包括聚己二酸丁二酯 (PBAT)、聚對苯二甲酸丁二 醇酯 (PBST) -應用於食品包裝：一次性速食包裝



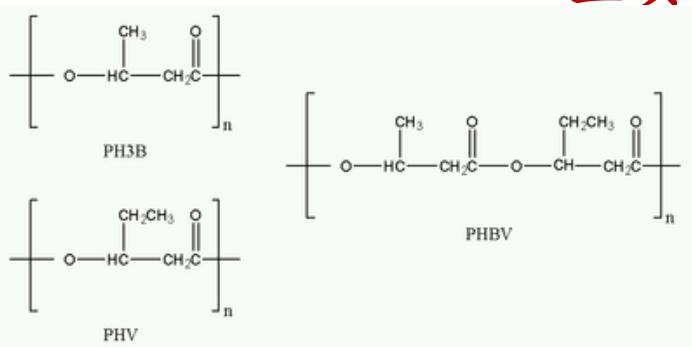
全球最大PLA生產廠商—NatureWorks(USA)

- 全球第一家商業化生產生質塑膠的廠商。
- 年產能達15萬噸。
- 除了使用玉米、甘蔗等天然作物作為PLA的原料外，Nature works與CALYSTA 進行技術合作，研發將甲烷直接合成為PLA；2014年更獲得美國能源部250萬美元專案開發金，2016年於總部明尼蘇達州建立實驗室以獲得階段性成功，預計2018年設立試量廠工廠，2026前建設出全球第一座量產甲烷發酵乳酸的工廠。

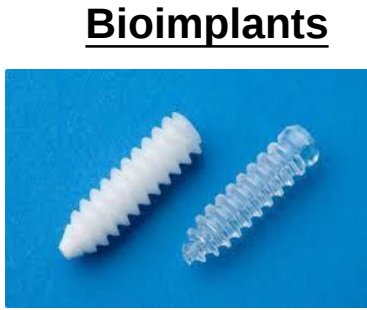
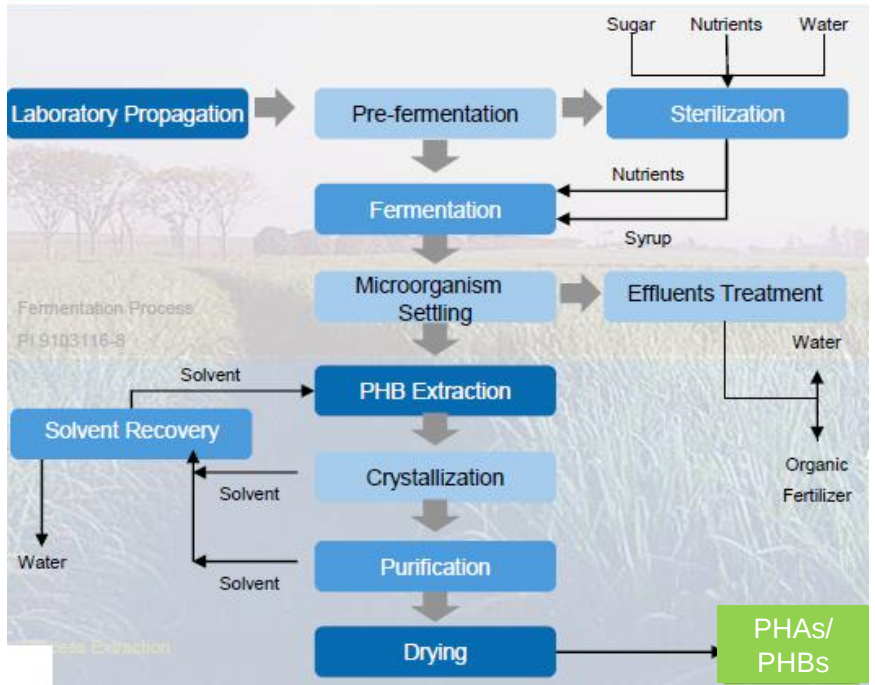


生物循環—產品(重新)設計(II)

生質塑膠— PHAs/PHBs

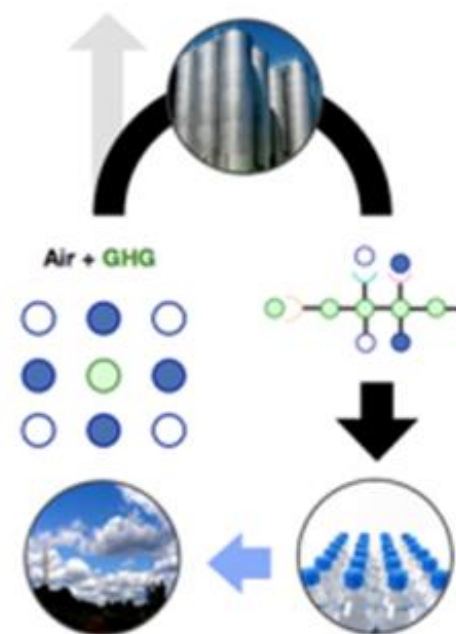


PHAs/PHBs Production



Newlight: PHA from methane or carbon dioxide

- **Technology:** Converts carbon dioxide or methane to PHA 90% yield claimed
- Low-energy, low-cost, and high-efficiency recovery of PHA from fermentation broth
- “Multimillion pound” capacity by end of 2013; engineering finished
- **Applications:** substitute for commodity polyolefin resins with bio-based content
- **Business model:** Aims to beat incumbent commodity materials on cost and performance – so compounds to specifications



Lux take: Wait and See

C2 Bio-based Chemical—Ethylene and PE

生質乙烯的發展歷史

- ❑ Halcon/Scientific Design、ICI、ABB Lummus、Petrobras、Solvay，及Union Carbide 等公司均曾經在印度、巴基斯坦、澳洲、祕魯、巴西等國建立以生質乙醇製生質乙烯的生產廠，這些廠的年產能約介於3,000至30,000公噸之間，大部份廠於1990年期間因石油降價而停產

Table 1 - Overview of current and planned plants for ethylene production from bio-ethanol ^a						
Location	Company	Start-up year	Bio-ethylene capacity, kt/yr	Final product	Biomass feedstock type	Source
Operational						
India	India Glycols Limited	1989	175 ^b	Bio-EG	Molasses	IGL, 2011
Brazil	Braskem	2010	200	Bio-PE	Sugarcane	Braskem, 2007; CT, n.d.;a
Under construction						
Brazil	Solvay Indupa	2011	60	PVC	Sugarcane	Solvay, 2007
Taiwan	Greencol Taiwan Corporation	2011	100	Bio-EG	Sugarcane (from Brazil)	Petron, 2010; CT, n.d.;b
Brazil	Dow/Mitsui	2013	350 (expected)	Bio-PE	Sugarcane	Dow, 2011; Mitsui, 2011
Status unknown						
China	Sinopec	1980s	9	Bio-ethylene		Tan, 2008
China	BBCA group	2004	17	Bio-ethylene		Tan, 2008
China	Yongan Pharmaceuticals	2011	42 ^b	Bio-EO		Rightler, 2011; SD, 2008
China	Jilin Bohai	2012	63 ^b	Bio-EO		Rightler, 2011; SD, 2008
China	Heyang Bio Ethanol Co.	2013	80 ^b	Bio-EO/EG		Rightler, 2011; Jiaozou, 2010
China	Sinopec Sichuan Vinylon Works		10	Bio-ethylene	Cassava	SVW, 2011
a) Data based on publically available information, not necessarily up-to-date. The list can miss small-scale pilot plants. b) Data refer to the capacities of bio-EO or bio-EG only. Actual bio-ethylene capacity is unknown.						

C2 Bio-based Chemical—Ethylene and PE

Braskem的生質PE產品運用於利基市場



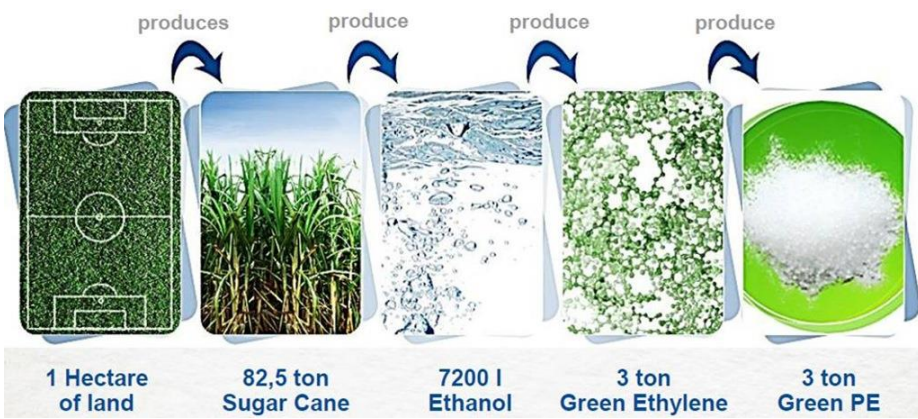
產品	主要投資者	合作公司	設廠狀況
HDPE	● Braskem(Miami) ● international laboratory Beta Analytic驗證	日本豐田通商貿易公司	● 工廠位於巴西 Triunfo，2010年9月投產 ● 投資R\$ 500 million(約2.9億美金) ● 20萬噸PE產能 ● 原料：甘蔗→乙醇→乙烯→HDPE
LLDPE	Braskem		● 原料：甘蔗→乙醇→乙烯→LLDPE

❑ The Green PE product line, which includes LLDPE, HDPE and LDPE, is used by the plastic cork producer Nomacorc in its Select Bio range and TetraPak for the 13 bn/y cartons it produces in Brazil.

❑ Braskem與德國集團(Eckes-Granini，有機果之生產商)合作開發，德國集團所銷售的有機果汁將由Braskem所生產的綠色塑膠瓶盛裝，為了幫助消費者識別產品，Braskem創建了 “I’m Green™” 標籤，保證包裝的可再生來源

❑ Braskem 打入天然化妝品包裝和素食者—Bio Vegan，旨在滿足以環保方式製造的產品的需求。因此，化妝品以對自然產生較少的影響為開發宗旨。其中包括身體磨砂，液體皂，沐浴油和身體乳液。

❑ Bio-ethylene are very low in Brazil and India (i.e. around USD 1,200/t bio-ethylene).

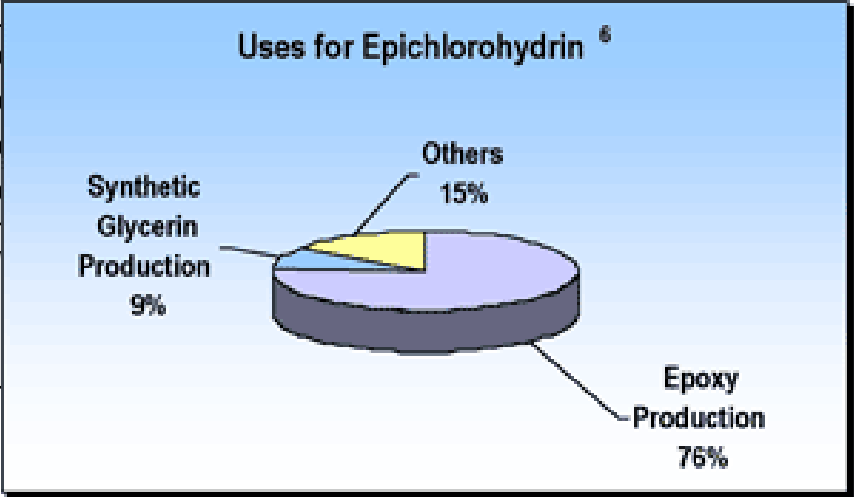


C3 Bio-based Chemical—ECH

Solvay已成功建立生質ECH產業鏈



主要投資者	合作公司	設廠狀況(2010→2016)
Solvay	與法國Diester(生產柴油公司)簽訂長期供料合約	● 法國Tavaux生產基地 ● 產能：1萬公噸/年→2萬公噸/年(總產能5萬公噸/年) ● 2007年4月試車 ● 原料：生質甘油
	Solvay Group(50.01%)/PTT Chemical Public Company (24.98%) /Charoen Pokphand Group(11.87%)	● 泰國Map Ta Phut廠(Solvay Biochemical Thailand) ● 產能：10萬公噸/年 ● 投資3.6億泰銖 (3.4億台幣) ● 2012年Q1投產 ● 原料：生質甘油
	—	● ● ● ●
Dow Chemical	—	●



C3 Bio-based Chemical—1,3-PDO

Dupont 開啟護理用品市場

生產廠商	設廠狀況
Dupont Tate & Lyle Bio Products	- Loudon, Tennessee, 美國 - 產能：6.5萬公噸/年 - 原料：玉米 - 製程：發酵 2009年投產

□ DuPont的生質1,3丙二醇經由兩個品牌—Susterra和Zemea進行行銷

- Susterra為工業用途應用，作為防凍、除冰劑、傳熱應用液態衣物清潔劑、洗手液、自動洗碗機清潔劑、地毯清潔劑、硬表面清洗劑和玻璃清潔劑配方。
- Zemea純度高，不會對皮膚造成刺激性和過敏反應，以及環保友好特性，可作為化妝品，個人護理，家居護理，液體洗滌劑行業使用

□ 杜邦用于生產其Sorona聚酯 (PTT)



C4 Bio-based Chemical—Succinic acid

BioAmber經由合作確認產品出路後，大規模擴充產能

主要投資者	合作公司	設廠狀況
BioAmber 	Scale up the technology at Agro-industrie Recherches & Developpements (ARD) multipurpose demonstration-scale facility in Pomacle	- 法國Pomacle - 產能：350,000 litres/年 - Pilot Plant
	- 與日本貿易商三井物產 (Mitsui & Co)共同投資建造，三井同時必須每年負責購買1萬噸/年SA。 - BioAmber與經銷商Vinmar簽訂協議，將採購1萬噸/年SA，共計15年。	- 加拿大Sarnia - 產能：3萬公噸/年(全球最大SA廠) - 投資額：1.42億美金 - 原料：糖 2015年8月運轉 - 預計2018年二階段建廠完畢，屆時可生產20萬噸SA；7萬噸/年的1,4-BDO與3萬噸/年的THF
	BioAmber並與Vinmar合作打造北美的第二個工廠，並已承諾購買從工廠生產的5萬噸SA，及所有BDO和THF。	- 美國Louisiana或Canada - 產能：10萬公噸/年SA，7萬噸/年的7萬噸/年的1,4-BDO與3萬噸/年的THF - 原料：糖 2017年運轉



The Sarnia facility uses yeast to produce succinic acid at low pH

C4 Bio-based Chemical—Succinic acid

既有廠皆穩定生產中

主要投資者	合作公司	設廠狀況
 Myriant	● 美國能源局(DOE)出資5000萬美金，美國農業部貸款2500萬美金及路易斯安那州政府交通運輸部出資1000萬美金所建成。 ● Myriant and Azelis sign European distribution agreement for biosuccinic acid(2015/01)	● 美國Lake Providence , Louisiana ● 產能：1.4萬公噸/年 ● 原料： ● 2013/6量產
	泰國PTT公司簽屬合作協定	● 泰國 ● 6.5萬公噸/年 ● 規劃中，未建廠
	中國大陸藍星集團計畫以IPO方式進行合作	● 中國大陸南京 ● 10萬噸/年 ● 規劃中，未建廠
 Reverdia	—	● 義大利的Cassano Spinola地區 ● 1萬公噸/年 ● 2012年12月運轉
 Purac	2012年10月BASF與荷蘭的Purac合資成立生產生質琥珀酸的公司	● 西班牙Montmelo地區 ● 產能：1萬公噸/年 ● 2014/9量產

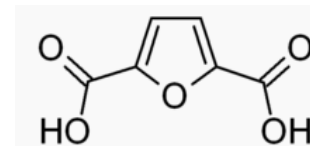
C5 Bio-based Chemical—FDCA

Avantium的生質FDCA即將量產



❑ Avantium與BASF成立合資公司Synvina進行量產(2016/10)

- BASF and Avantium have set up Synvina, a joint company (51% BASF) for the production and marketing of furan dicarboxylic acid (FDCA) from renewable sources.
- Synvina will invest several hundred million Euros for the construction of a 50,000 tonnes/y unit at Antwerp, Belgium.
- Synvina will continue to work with Toyobo for the polymerization and development of polyethylene furanoate (PEF) for food and electronics packaging applications.
- It will also work with Mitsui for thin films and PEF bottles in Japan.
- Synvina also plans collaborations with Coca-Cola, Danone, ALPLA and other companies for PEF bottles.



Furan dicarboxylic acid (FDCA)



Aerial view of Avantium's pilot facility in the Netherlands

❑ 生產技術

- 將碳水化合物降解為5-HMF(5-hydroxy-methyl-furfural)的衍伸物RMF，再經催化氧化反應成FDCA (2,5-furan dicarboxylic acid)
- 估算年產能35萬公噸的商業化廠，每公噸FDCA的價格約500~1200歐元，每公噸PTA的價格約600~1200歐元



PEF bottles

C6 Bio-based Chemical—Benzene

Virent的APR技術仍有待突破



□ APR技術量產製程尚未成功

- Virent has announced that it has established a strategic Consortium with [Tesoro](#), [Toray](#), [Johnson Matthey](#) and [The Coca-Cola Company](#) focused on completing the development and [scale up of Virent's BioForming technology](#) to produce low carbon bio-based fuels and bio -paraxylene(2016/09)

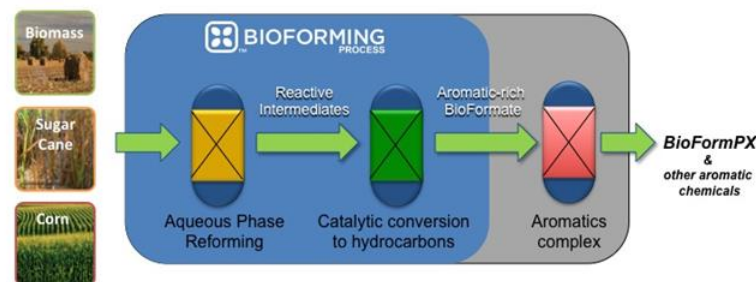
□ Virent被Tesoro併購(2016/09)

- Tesoro石油公司主要採用Virent的生物燃料，滿足聯邦和加州的可再生燃料標準。

□ APR技術

- 使用異相觸媒，在溫度450~575 K、壓力10~90bar的反應條件下進行脫氧反應

BioForming® & Aromatics Separation Converting Multiple Feedstocks to High Value Hydrocarbons

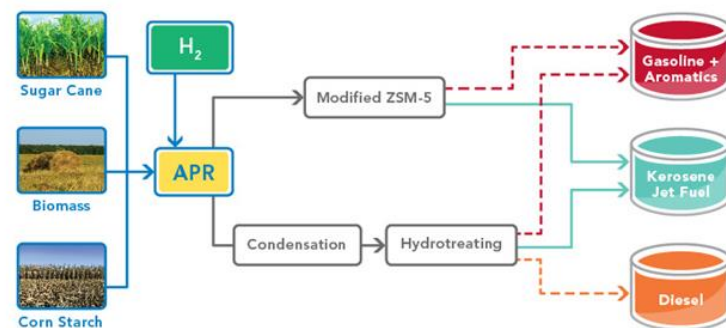


BioForming Process

Catalytic de-oxygenation of soluble carbohydrates
Proprietary novel APR catalyst & Virent-modified acid condensation catalyst
Virent has proven technical feasibility of using cellulosic materials as feedstock

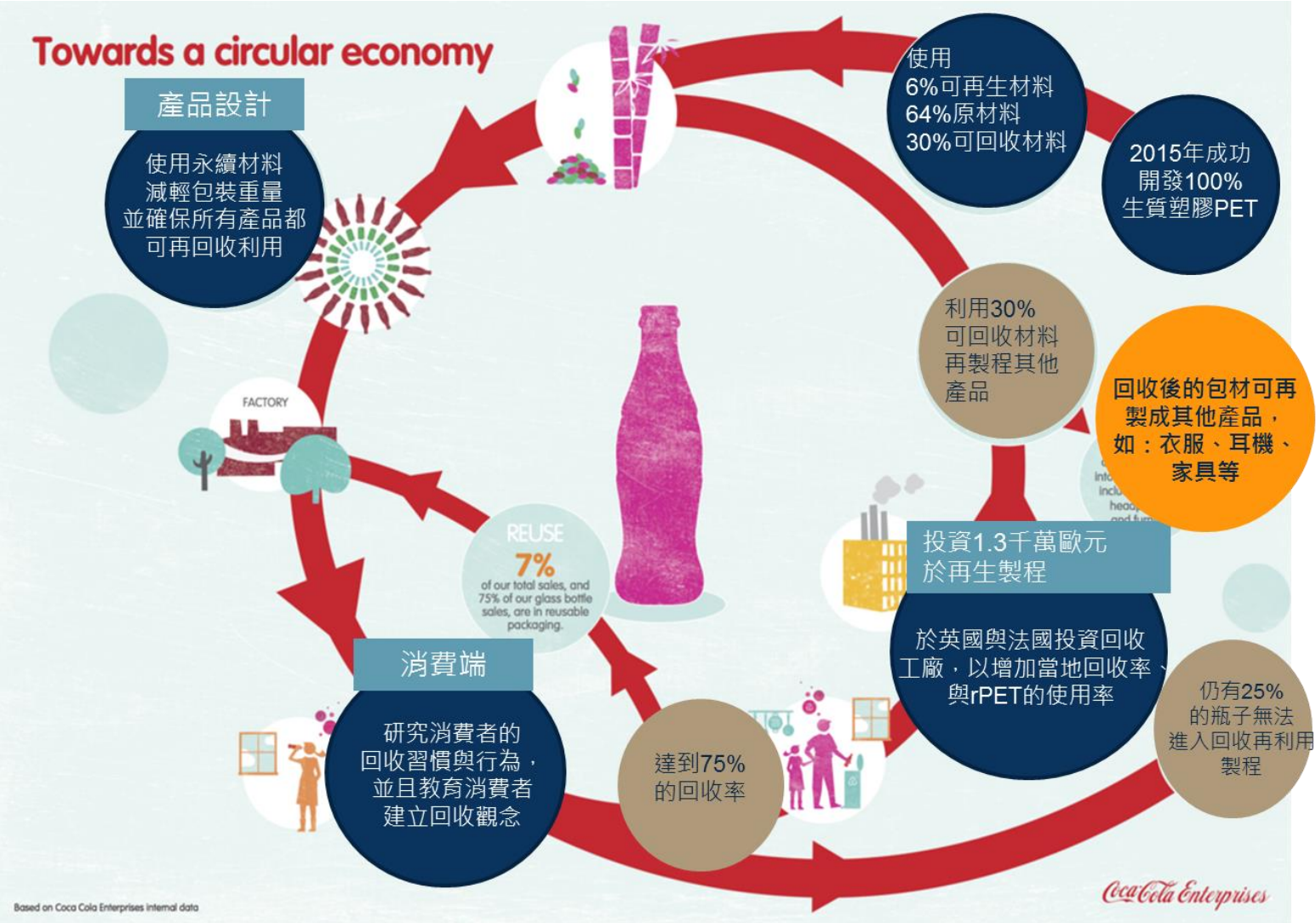
Aromatics Processing

BioFormate can be utilized as a fuel or processed in existing aromatics infrastructure
Optimized integration with aromatics isomerization, separation and purification possible



Catalytic conversion of plant sugars gives Virent several key advantages over competing technologies:

Coca-Cola逐步建構PET產品的循環經濟體系



食品飲料廠商包裝回收措施



- 與The Recycling Partnership 合作，在美國400多個社區投資**回收基礎設施**及**教育**。
- 改變包裝設計，使用**可回收包材**，提高包裝回收率。
- 訂定2025年**全部**產品包裝都可回收之目標。



- 在北美水品牌包裝與 Good Magazine 合作，推動**回收教育**。同時和The Good Guide to Recycling 創立**視訊**和**資訊圖表**，幫助消費者了解回收系統。
- 在全球各地推出含50-100%**回收PET瓶(rPET)**。



- 2017年在英國市場瓶裝飲料含25%**回收PET(rPET)**，到2020年將達到50%。目的為了增加包裝回收率。
- 透過**包裝**及**行銷活動**，推廣飲料瓶回收。
- 提供**可回收包裝**和**可回收的生質PET瓶**。
- 訂定2025年**70%**產品包裝可回收之目標。



- 89%包裝可循環回收再利用。

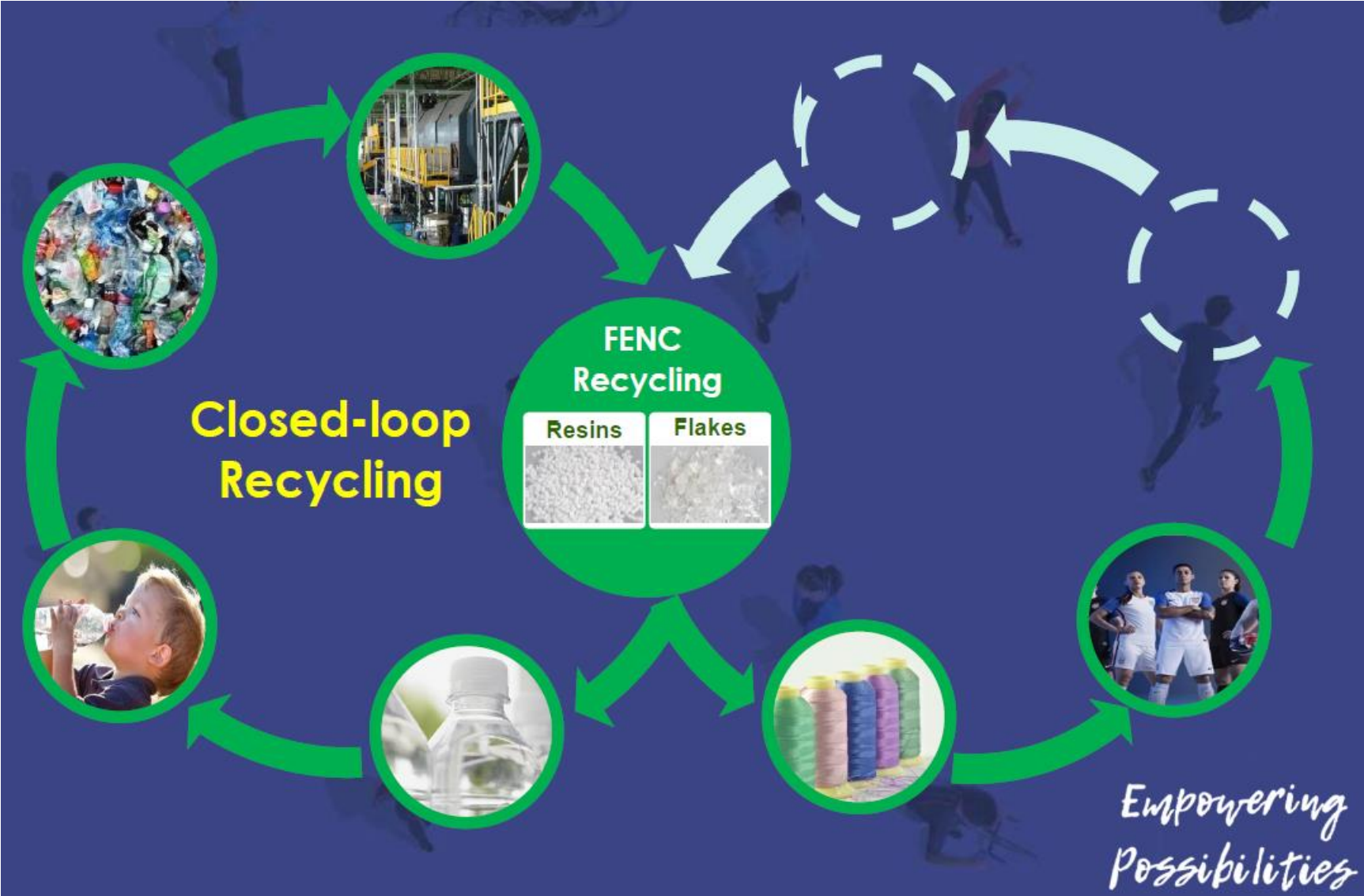


- 80%包裝膜設計成便於回收設施的可循環利用。
- 儘可能將軟包裝轉為單一包材，便於回收。

簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

寶特瓶回收無法實現Closed-loop



多數廢輪胎進行降級使用

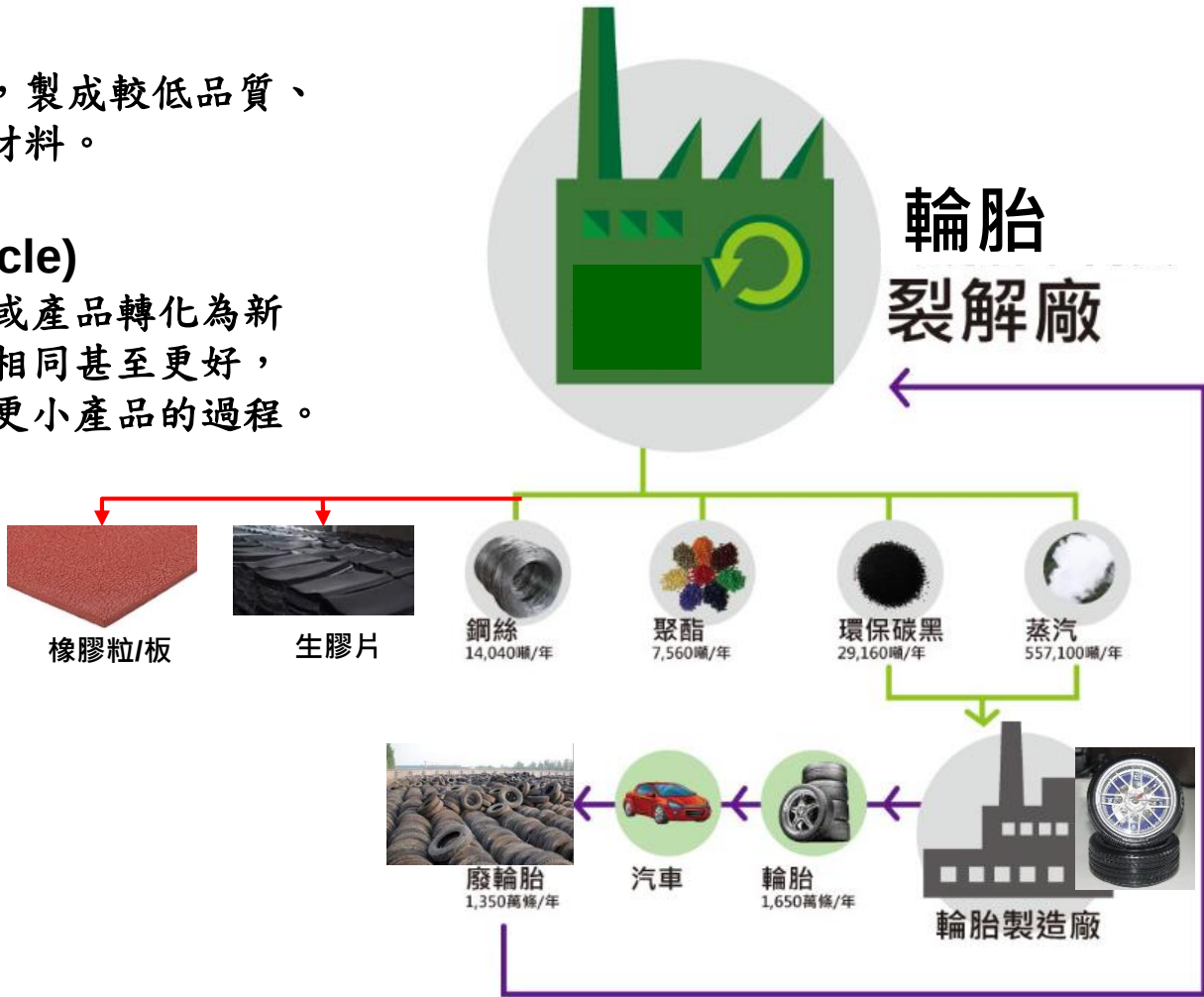
平級與升級應用技術的發展

回收材料循環

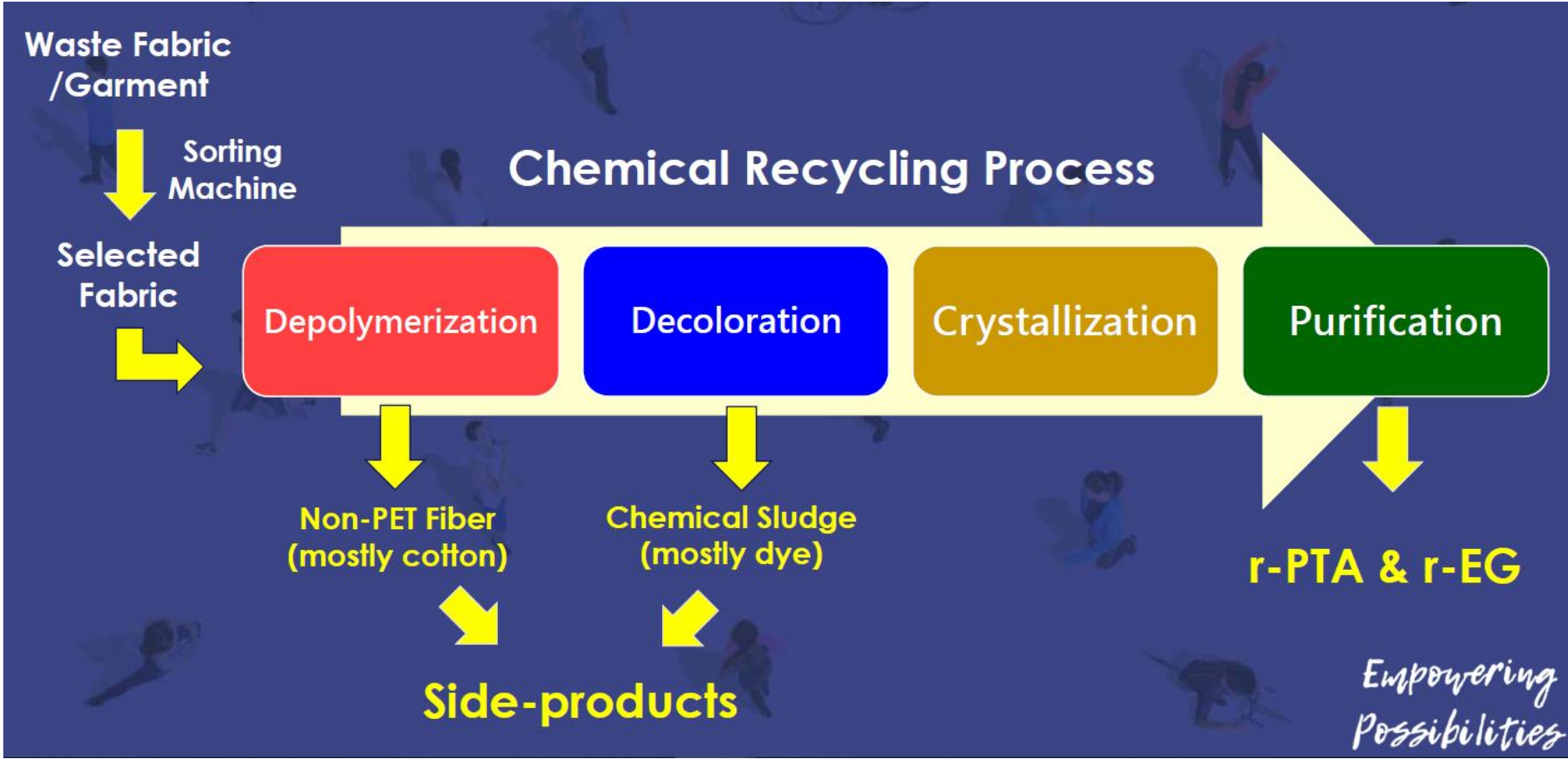
- 與原材料相比，製成較低品質、低性能之回收材料。

升級循環(Upcycle)

- 將副產品、廢料或產品轉化為新材料，製成性能相同甚至更好，或是對環境影響更小產品的過程。



rPET to rEG and rPTA

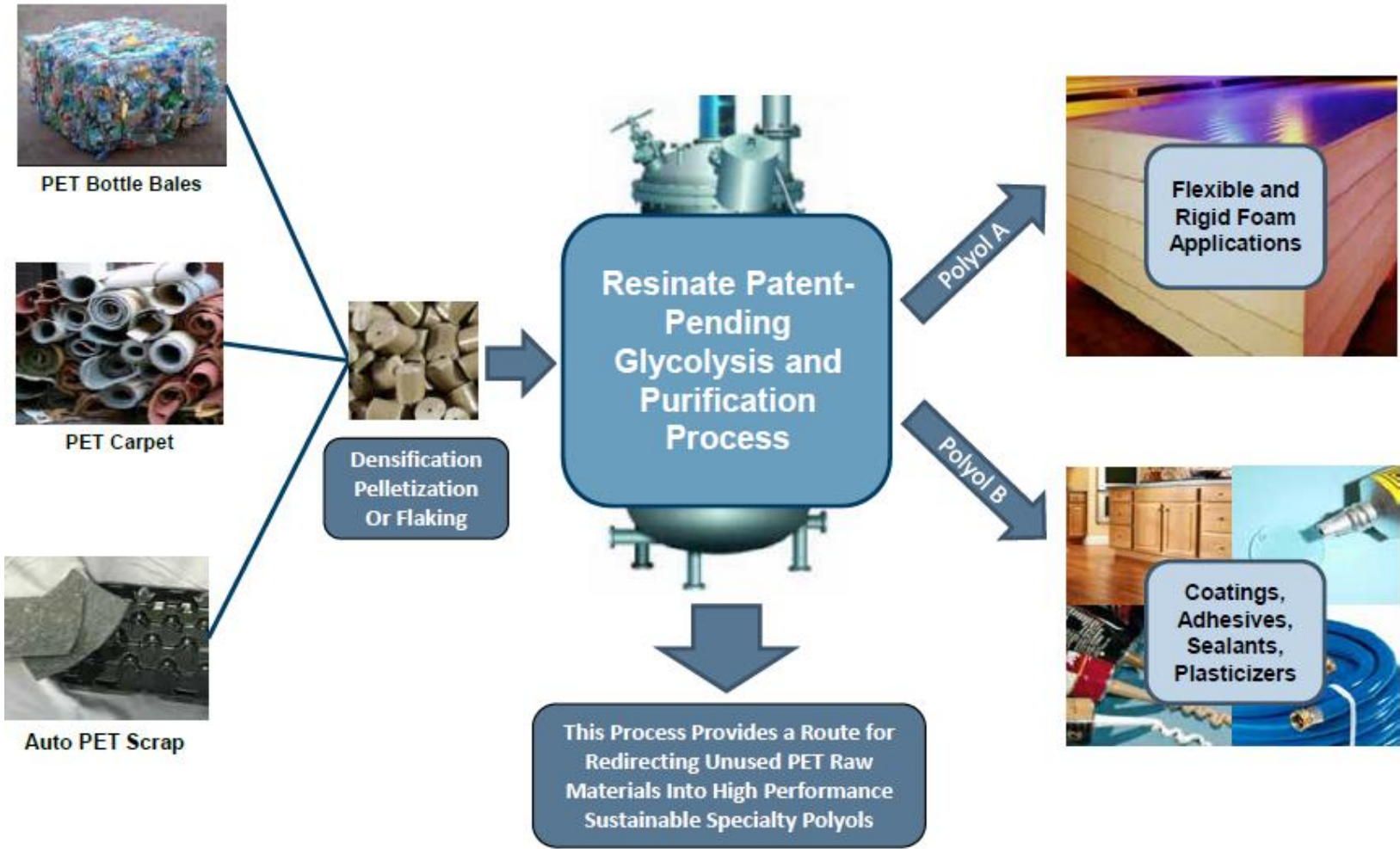


分撿→解聚→脫色→再結晶→純化→再生可逆的化學單體→重新酯化聚合反應



Resinate's Polyol from rPET

Recycolysis™ Process



Circular Chain of Resinate



Petopur's Polyol from rPET

The plant started operation in February 2009 with a capacity of approx. 3800 tons per year of aromatic and aliphatic polyester polyols

Products Environment and resources Contact

Mouting



Block



Coatings



Elastomers



Mounting foam



Sandwich/ Panels



Spray and Cast



Petopur之反應器等設備是與德國的H&S Anlagentechnik GmbH進行合作

Huntsman's TEROL[®] from rPET

HUNTSMAN

Digestion



Huntsman utilizes both pre-consumer and post-consumer sources of recycled PET in their processes for producing the TEROL[®] product line. In both cases, the PET is collected, sorted, washed and size reduced for digestion in reactors using mixtures of glycols. PET from post-consumer sources is collected from curbside and municipal programs, in a recent year, the equivalent of over 450 million water bottles were used to manufacture TEROL aromatic polyester polyols.

Huntsman has recently retained UL Environment to certify our pre-consumer recycled, post-consumer recycled and renewable resource content claims. With TEROL polyols, the environmental benefits can be enjoyed without sacrificing performance.

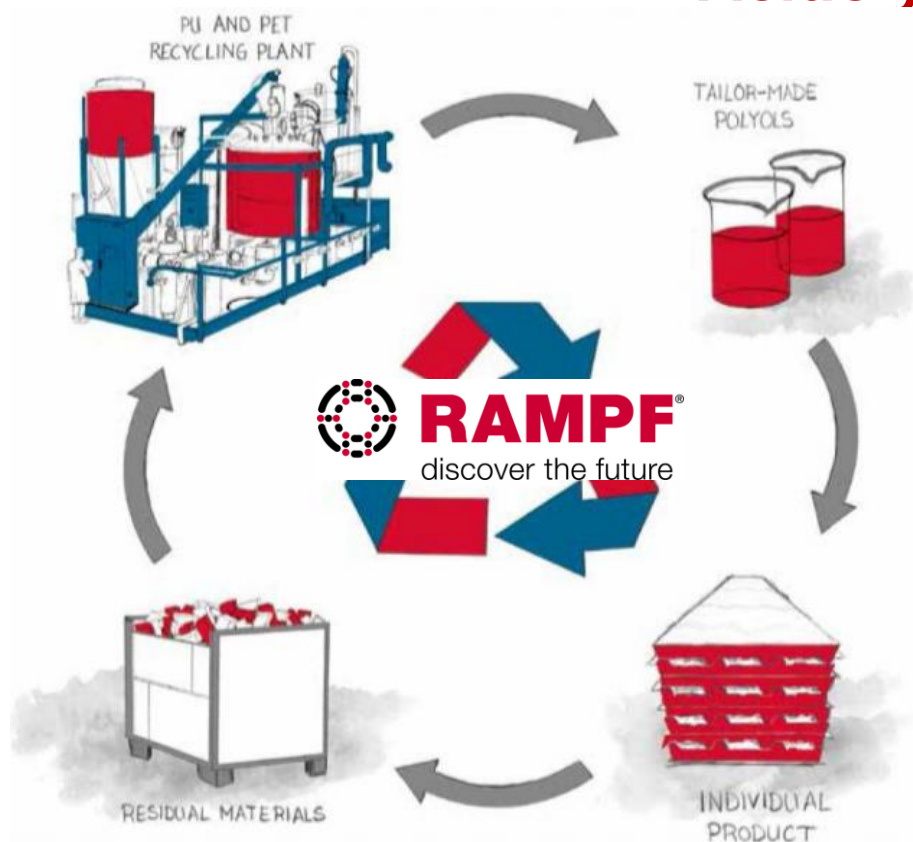


- 具備難燃性，可減少PU系統中難燃劑之使用是該產品之優勢，結構性絕熱板材與噴塗式PU泡棉(spray polyurethane foam, SPF)等硬質泡棉是Huntsman鎖定的應用。

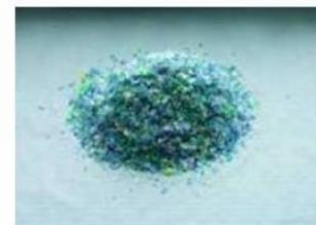


AMPF's polyol from waste foam PU and rPET

Acidolysis



PU residues



Post consumer PET-Flakes



RECYPOL®



PETOL®

- RAMPF公司發在歐盟與德國官方專案補助下，發展這套系統已經超過20年，並於2012年開始工業化生產。
- PU泡棉仍為此類聚酯或聚醚多元醇主要的應用領域。
- 除了在德國、美國、中國大陸和日本設廠外，2018年該公司也進駐中東地度的Dubai。

Agilyx's PS Recycling Facility

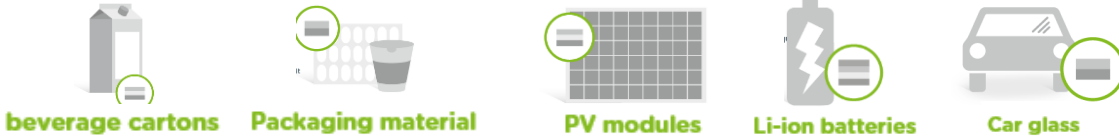
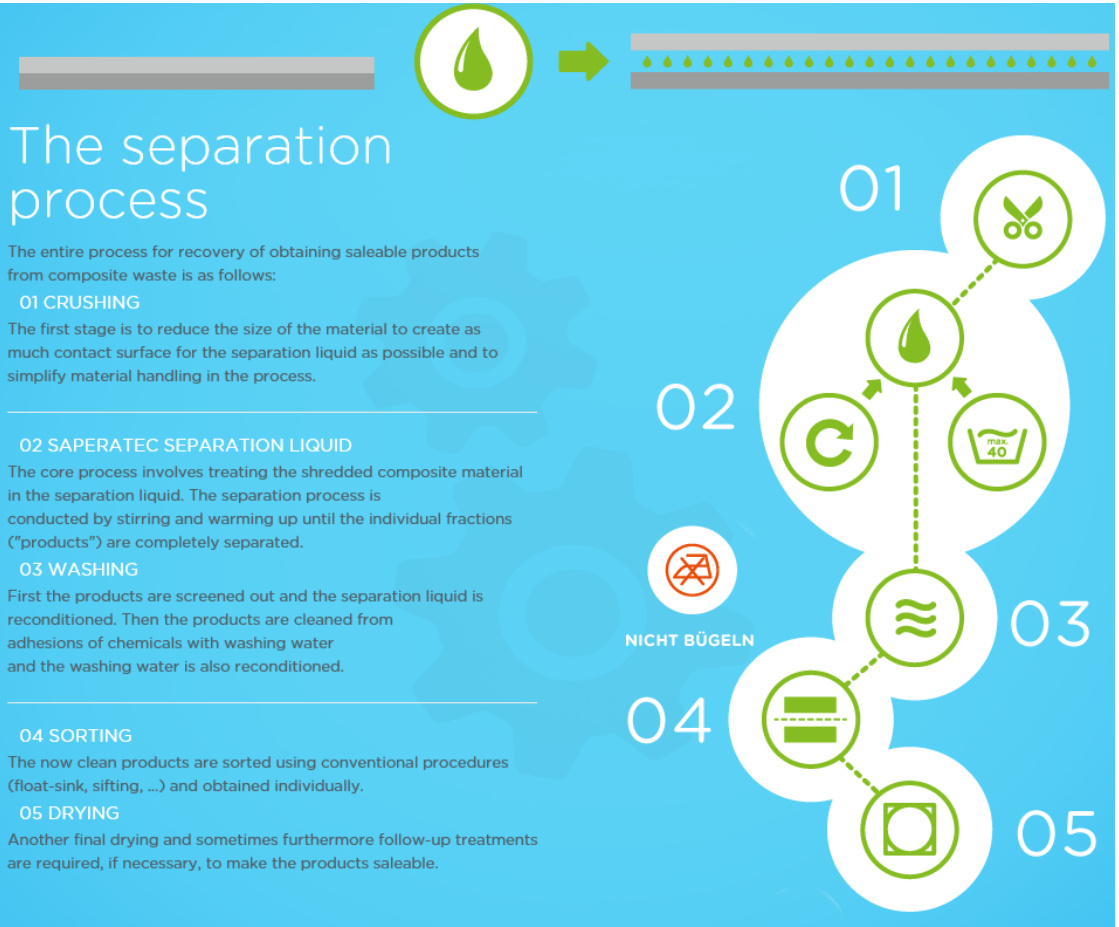
PS Foam Lifesaver

- ❑ Agilyx公司在美國奧勒岡州興建聚苯乙烯熱裂解回收設施，每天可將10噸剛性和泡沫PS轉化為苯乙烯單體。
- ❑ 美國專門生產PS和苯乙烯單體的Styrenics公司的創新和可持續發展經理Jon Timbers表示：“消費者已經開始放棄我們的產品，因為產品使用後沒有適當的處理選擇，對於一個PS生產商來說，這有點像已經快在海洋中淹死時，有人扔給妳一個救生圈。
- ❑ Agilyx首席執行長Joe Vaillancourt表示：他們測試了數千種產品混合物和基質，達到今天的產品規格。
- ❑ 2017年，總部位於德國的另一家PS生產商—INEOS Styrolution的美國子公司INEOS Styrolution America與Agilyx達成了開發協議。
- ❑ INEOS也與另一家從PS中回收苯乙烯單體的公司簽訂協議。這家位於加拿大安大略省的公司是利用在微波爐來進行PS的解聚製程。



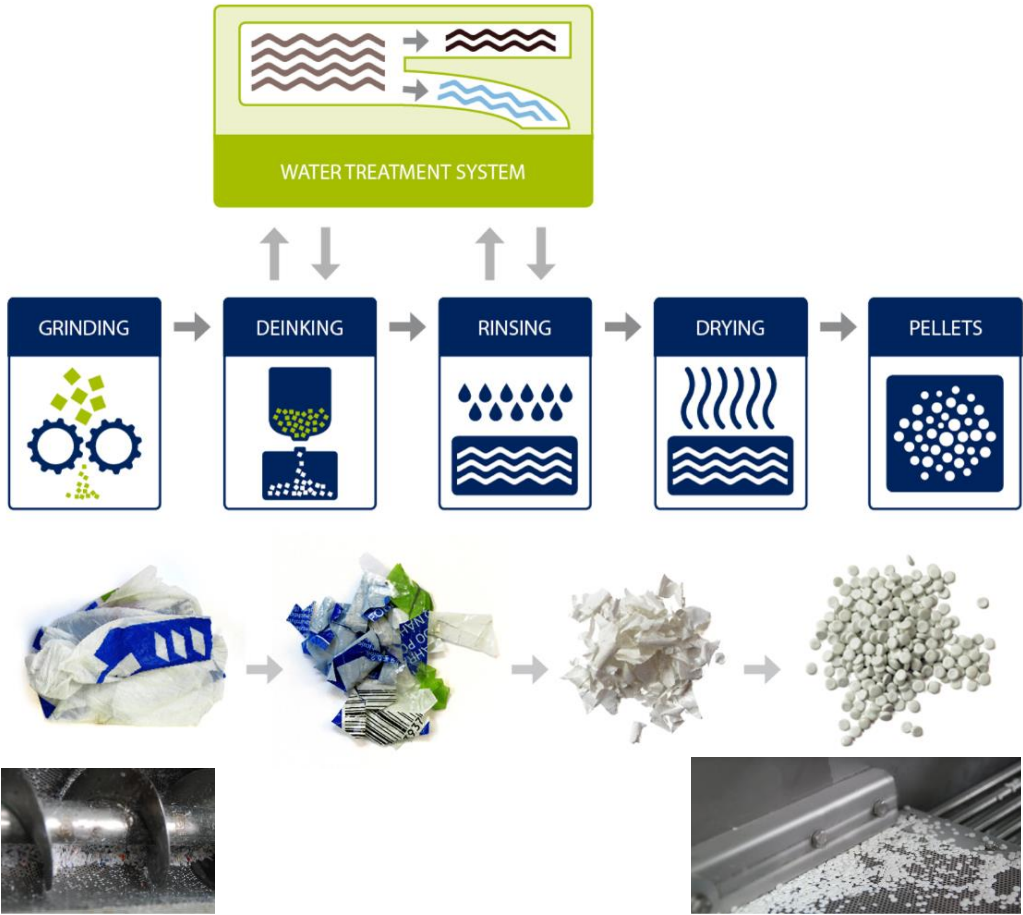
Saperatec

多層包裝拆解技術



CADEL DEINKING

印刷包裝塑膠回收技術



PLASTICS +

TYPES OF PLASTICS

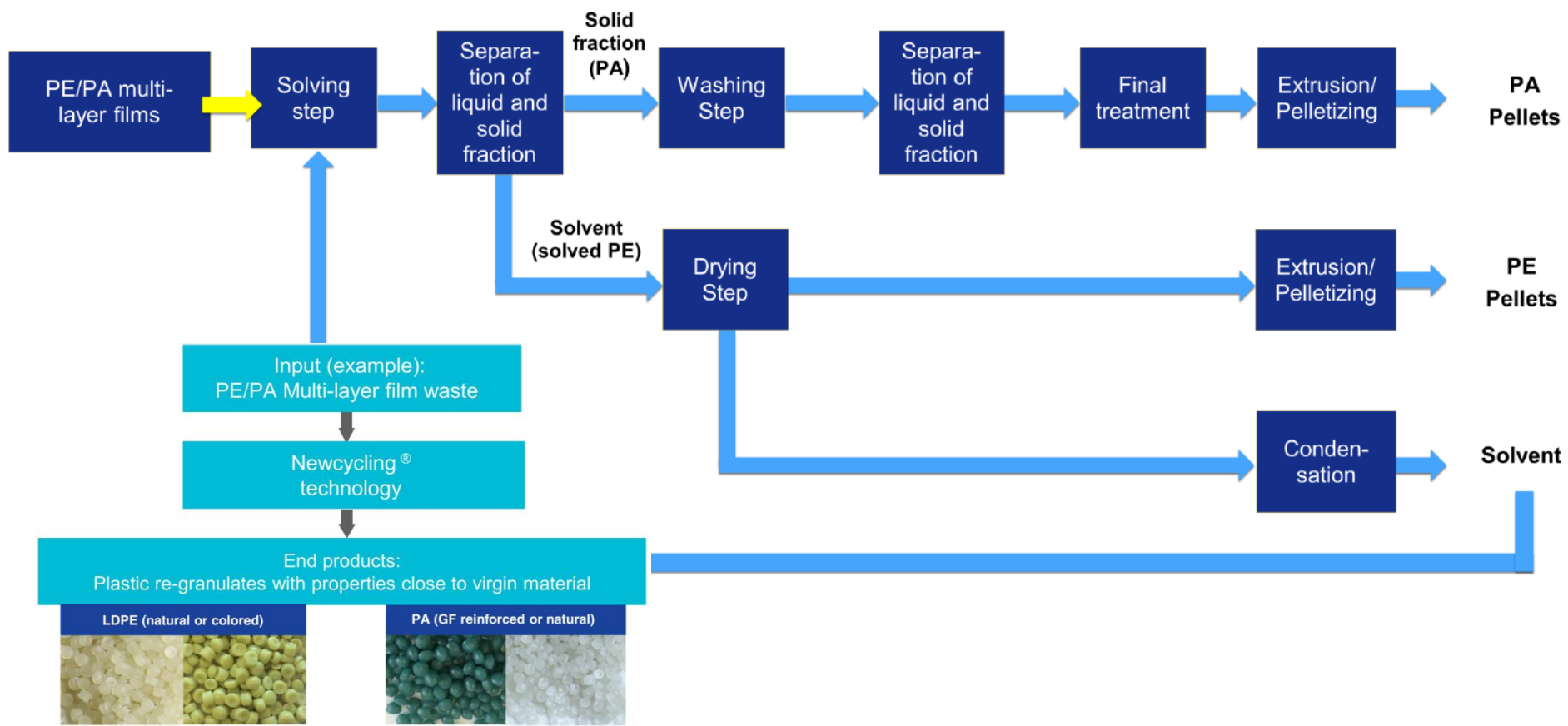
 4 LDPE	 2 HDPE
 5 PP	 1 PET

INKS +

- Water-based inks
- Solvent-based inks
- UV inks
- Electron beam

PE/PA 多層膜回收技術

Newcycling® Process overview e.g. for PE/PA



Dow's Compatibilizer Technology



RETAIN™ Polymer Modifiers

Win "Sustainable Technology Packaging Award 2016"



Suggested Use

Blend the recycle compatibilizer during repelletizing of the barrier film or during the film production.

Recommended Loading Level

- Compatibilizer should be loaded at 1:1 ratio of compatibilizer to % barrier in scrap.
- Generally, a 2- 15% compatibilizer loading is suggested based on:
 - % barrier in scrap
 - % loading in new article
 - critical performance requirements (optics, gels, etc.)

Example: 30% Nylon in scrap, desire to load 50% scrap in core layer = 15% Nylon, 15% Compatibilizer

Processing Conditions

- Drying is critical prior to reprocessing
- Extruder feed zone temperature 60-100° C

Figure 1: Recycle Stream Containing PA

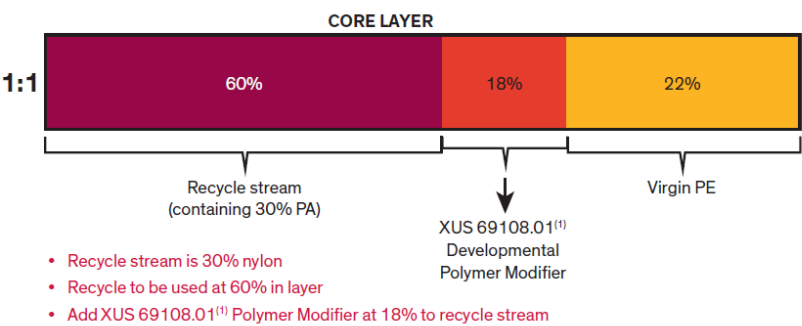


Figure 2: Recycle Stream Containing EVOH

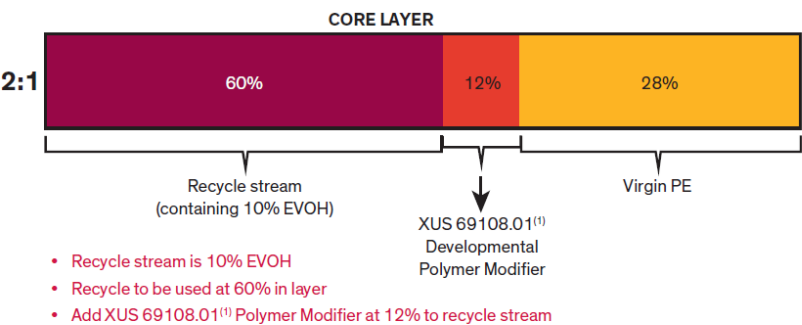


Figure 3: Transmission Electron Microscopy

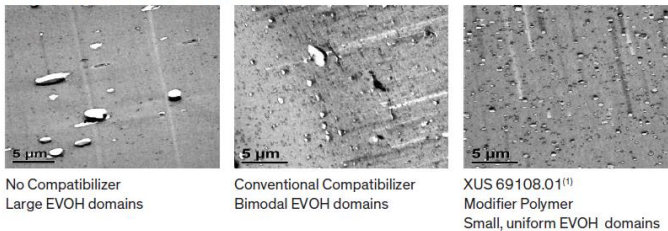
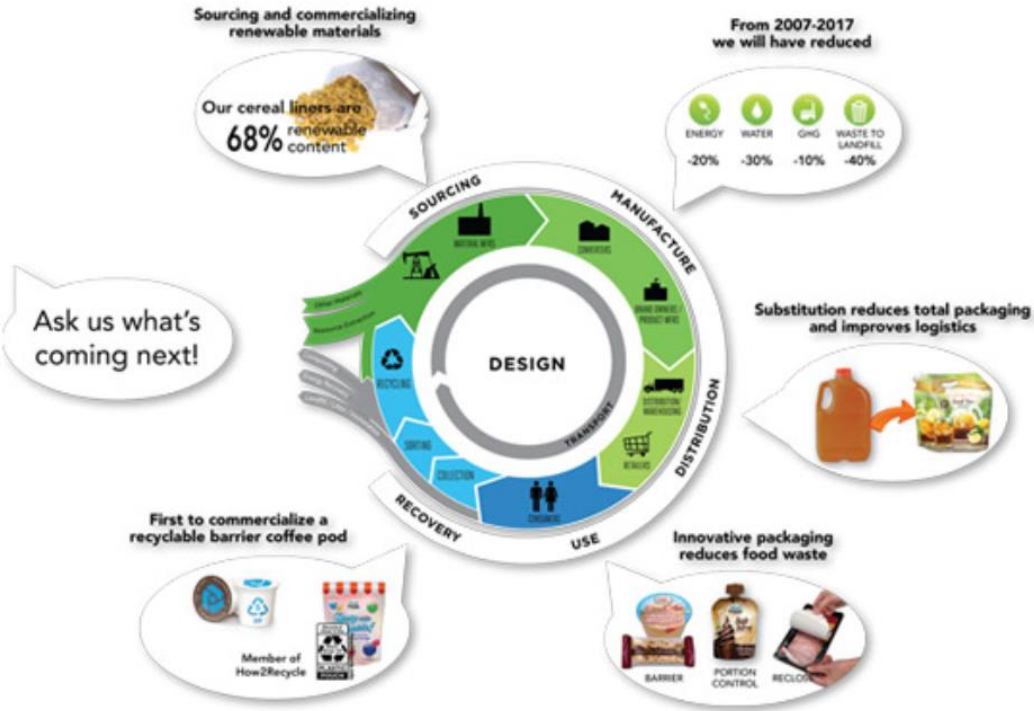


Figure 4: Optical Microscopy



Printpack

easy-tear PE pouch design



塑膠包裝回收應用仿生技術

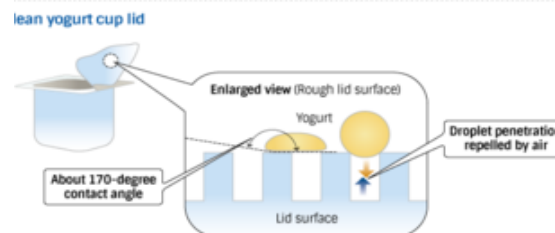
蕃茄醬包裝：借鏡豬籠草結構

- LiquiGlide 公司開發出如蕃茄醬、沙拉醬等黏性食品，不易沾黏的包裝塗層。
 - 其將豬籠草作為光滑材料表面的仿生對象，研發液體浸漬的塗料，為包裝內部與黏性食品之間的光滑介面。
 - 塗層永久性附著於包裝內側，並可讓黏性食品完全滑落，沒有殘留物。另保持包裝清潔，大大減少後續回收處理，水和能源的使用。



優格包裝蓋：借鏡蓮花葉結構

- 日本 Morinaga 公司與 Toyo Aluminium 合作，應用蓮花葉不附著水的原理，研發出不沾黏優格的鋁蓋。
 - 食用優格時，多數鋁蓋會沾黏內容物，造成食物浪費。
 - 當包裝與內容物接觸大於某個角度時，優格就不黏著於杯蓋。

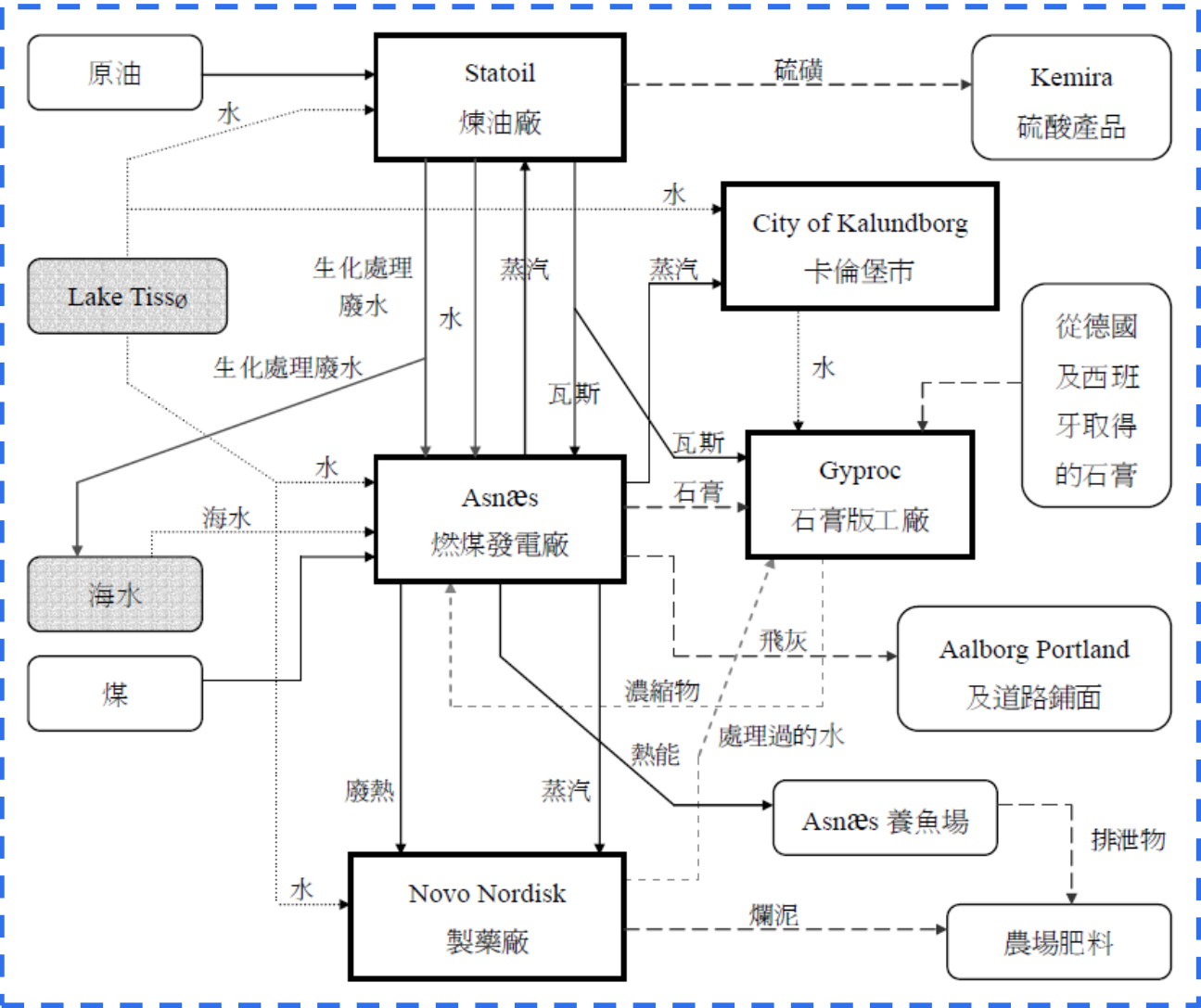


簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

丹麥科倫德堡工業區的作法

副產品/廢棄物廠區間的循環利用



煉油廠：
瓦斯→石膏廠、發電廠
冷水→發電廠

製藥廠：
生物汙泥→農業肥料

發電廠：
蒸汽→養魚場、其他工廠、居民加熱之熱能
灰飛→水泥製造商、城鎮鋪路
石膏→石膏廠

石膏廠：
回收發電廠硫份占石膏產品進料的2/3

Verbund site Ludwigshafen in numbers*

- **Production** since 1865
- **Area:** 10 km² (world-wide biggest BASF production site)
- **Employment:** 35.972 employees, 32% of BASF' global workforce
- **Production units:** ~110 production entities with ~200 plants
- **Products:** incl. inorganic chemicals, petro-chemicals, chemical intermediates, human- and animal nutrition, raw materials for cosmetics, flavors, pharma, plant protection, plastic materials

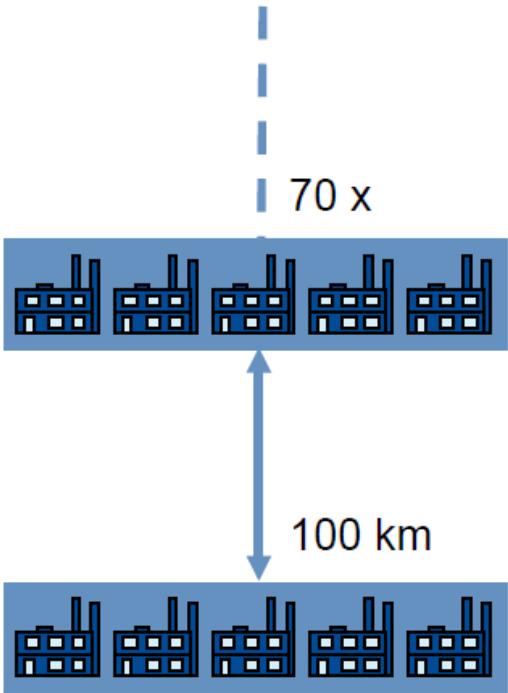


*as of December 31, 2015

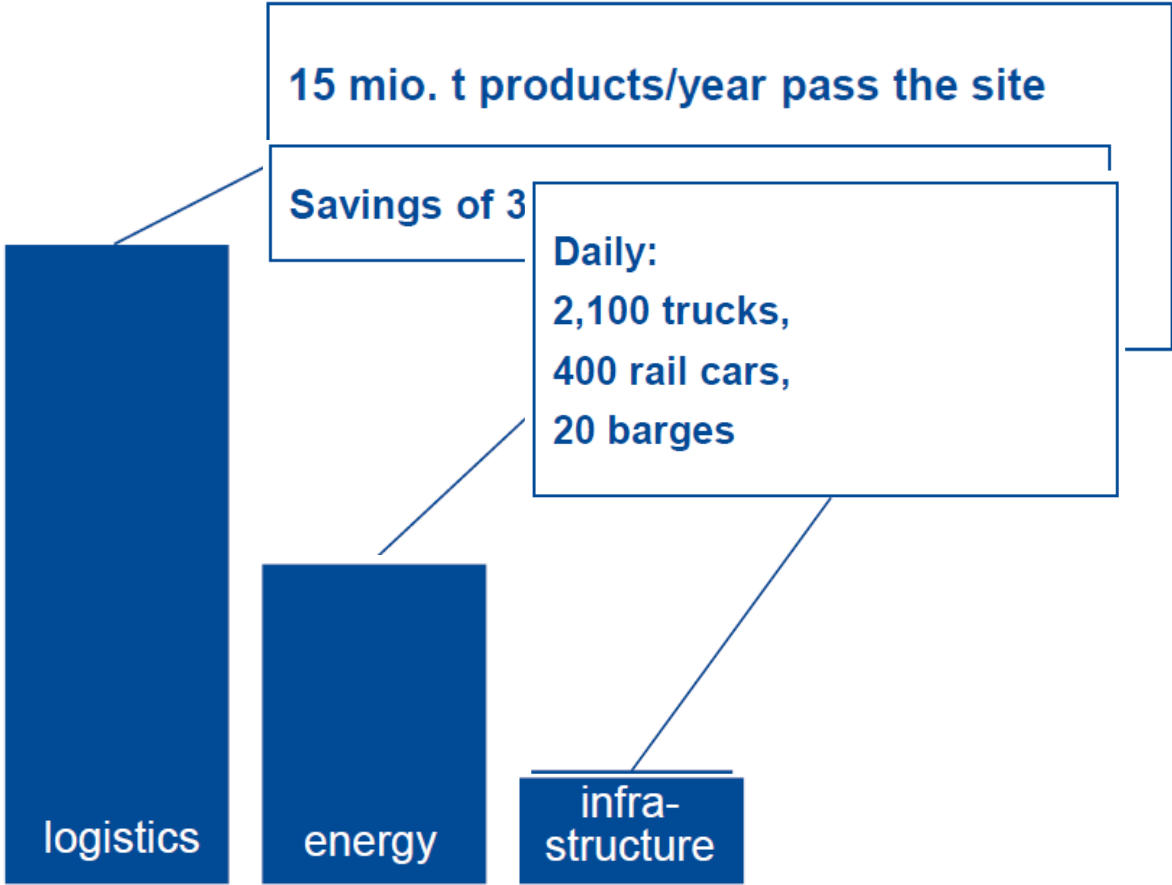
BASF的製程一體化設計(I)

Individual sites

- Reference:
- 70 sites
 - 100km apart

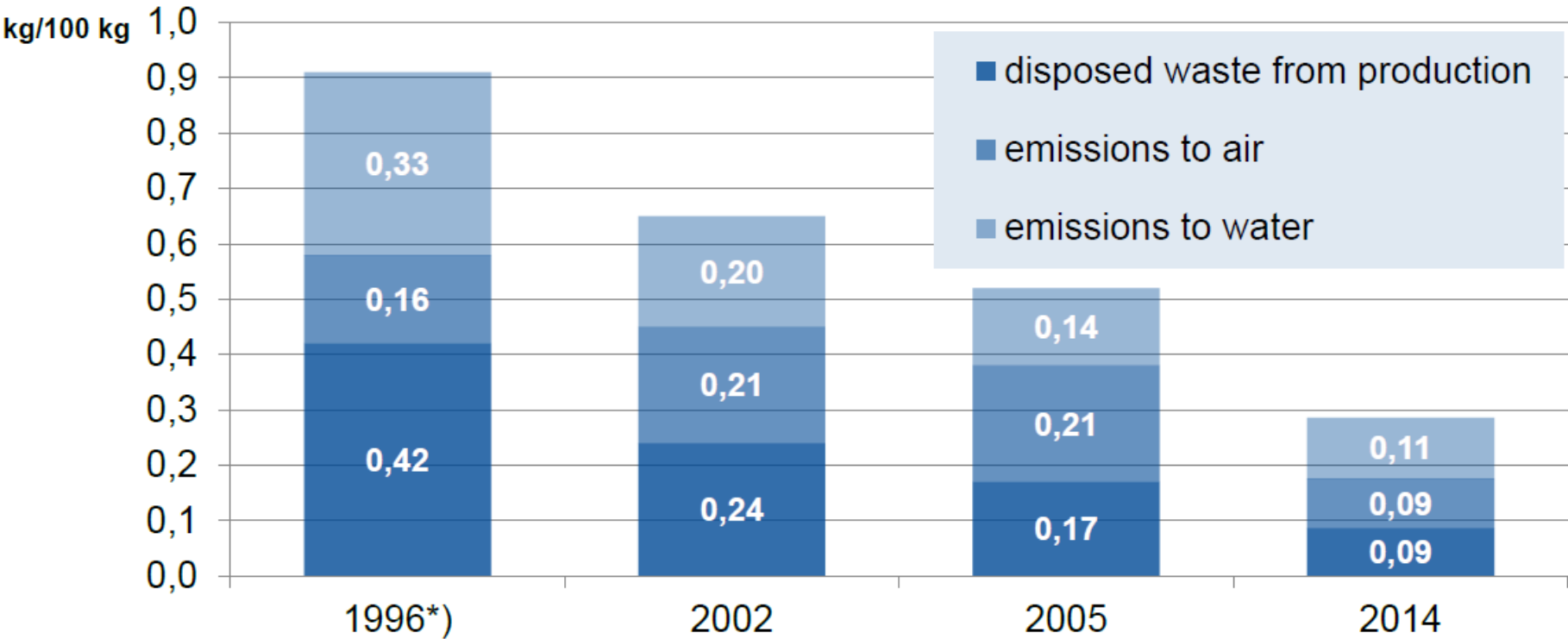


Verbund site Ludwigshafen



BASF的製程一體化設計(II)

BASF Ludwigshafen, % of sales products



*) data 1996 not fully compatible

荷蘭AEB電力公司的廢棄物能源化(WtE)

(資源+能源循環)

1.垃圾回收與再應用

2.高能源效率(30.6%)，每年減碳156~438 kton排放/百萬噸進料，提供阿姆斯特丹市 54% 再生能源，碳捕捉、熱電應用、底渣循環再利用

3.污水生物污泥、沼氣能源回收、biomass升級回收

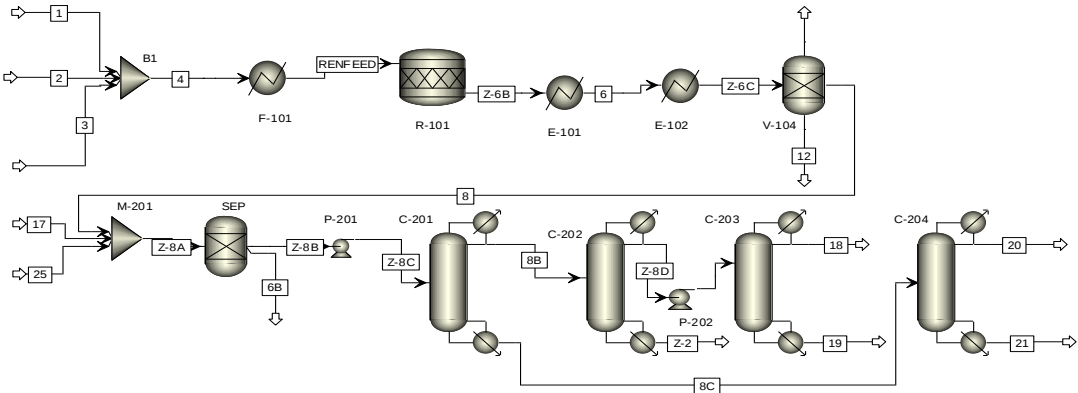


大宗化學品製程能源效率評估

IEA【最適可行技術】可做為【評估標準】

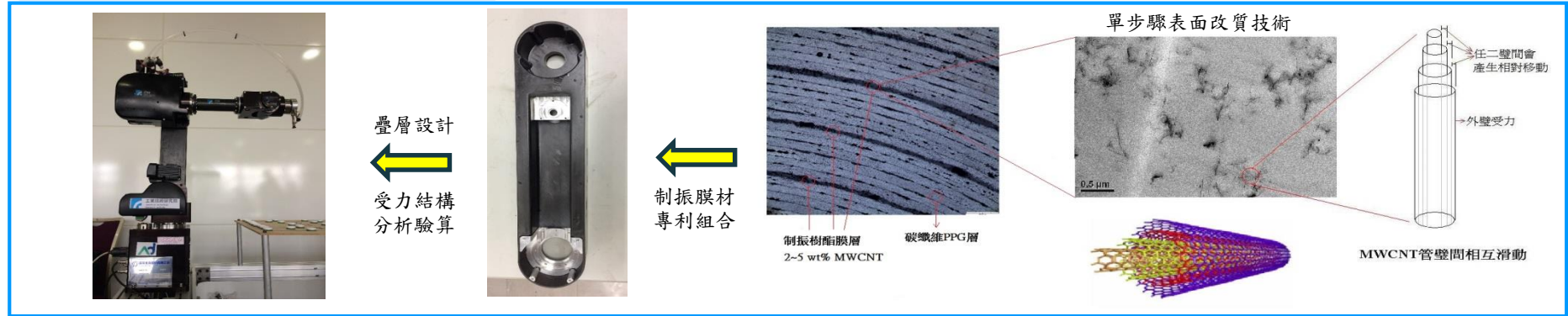
- **產品評估**
 - 產品以高值化為優先，耗能採用最佳可行技術(best practice technology, BPT)
- **耗能評估**
 - 新製程，對苯二甲酸新製程節能達50%
 - IEA評估，公布各產業最佳可行技術
 - 產品單位耗能指標，工研院近十年完成鋼鐵、水泥、石化、電子、食品產品單耗指標，並持續更新
 - 以**電腦模擬**協助評估

	BPT	Taiwan
	MMkcal/t	Sugg.Data
Ethylene	5.3	5.2
Styrene(SM)	2.1	2.0
PS	0.4	0.4
VCM	0.9	1.1
Phenol	2.8	2.9
Acetic acid	1.4	1.3
Acrylonitrile(ACN)	-1.1	0.5
Ethylene glycol(EG)	1.2	1.1
Methy-tert-butyl-ether(MTBE)	0.2	0.3
Phthalic anhydride(PA)	5.2	1.2
Purified terephthalic acid(PTA)	0.9	1.2
Polycarbonate (PC)	2.7	4.1
HDPE	0.8	1.1
LDPE	1.5	2.1
Polypropylene(PP)	0.5	1.0
Polystyrene(PS)	0.4	0.3
Polyvinyl chloride(PVC)	0.8	1.0
Synthetic rubber & latex	6.8	0.3
Oxygen	0.4	0.9



【應用範疇】制振奈米複合碳材研製與應用

產品流程示意



關鍵技術特色：

- 解決高阻尼與剛性的衝突限制，開發高阻尼與高剛性並存的碳纖複材。
- 利用碳纖複材降低支臂重量，達成節能減碳需求並以疊層設計彌補剛性不足缺陷。
- 本計畫利用奈米碳管及纖維複材間微滑動現象所產生阻尼機制，設計一個可行的運動結構件之振動抑制，同時大幅縮短振動衰減時間(Settling)。

應用範圍



3C製造業



水五金業



金屬加工業

目標達成規格(ITRI)

- 可動結構件:12Kg
- Payload: 5kg
- 趨緩時間:0.5sec < 0.05 mm
- 平均能耗:1500 W

國際規格(Denson)

- 可動結構件:20Kg
- Payload: 1.5kg
- 趨緩時間:1.0sec < 0.05 mm
- 平均能耗:3000 W

註:以每年運轉210工作天,每天24hr運轉

$$1.5KW \times 210 \text{天} \times 24 \text{小時} \times 3600 \text{秒/小時} \times 0.623 \text{ KgCO}_2\text{eq/千瓦} = 16,955 \text{ TCO}_2\text{eq}$$

台電計畫基準

*大安森林公園CO₂的吸收量為一年389公噸計算

43.5.座大安森林公園

台灣工業區目前在循環經濟下努力的方向

經營條件的改變—既有與新設工業區的能、資源整合

既有工業區整合所面臨問題

- 能源產生者與利用者距離過遠，整合不具效益（以能源產生者為核心建立整合應用群聚）。
- 台灣廠商的【下腳料】與【廢棄物】已循環利用到僅存熱能回收的剩餘價值，目前均採焚化方式進行處理，耗費運輸成本與未回收熱能利用。
- 連熱能回收剩餘價值也無的無機廢棄物，目前採掩埋方式處理，造成專業處理場容積快速減少。



- 設立區域、小型、結合汽電共生的焚化爐
- 建立安全風險控管機制，開放填海造陸應用管道

新設工業區整合原則

- 規劃引入可能資源整合應用廠商（土地利用商業模式調整）。
- 設立能資源整合相關之公共設施（汽電共生廠、共同管道...）。



簡報大綱

- ❑ 循環經濟的發展緣由
- ❑ 全球廢棄物的種類與產生狀態
- ❑ 新型態化學品交易模式—化學品租賃
- ❑ 一次性包材革新
- ❑ 生質材料/可堆肥材料
- ❑ 回收材料/升級循環材料
- ❑ 跨域副產物循環
- ❑ 營建材料循環
- ❑ 綠色紡織
- ❑ 結論與建議

新型態的生質建材



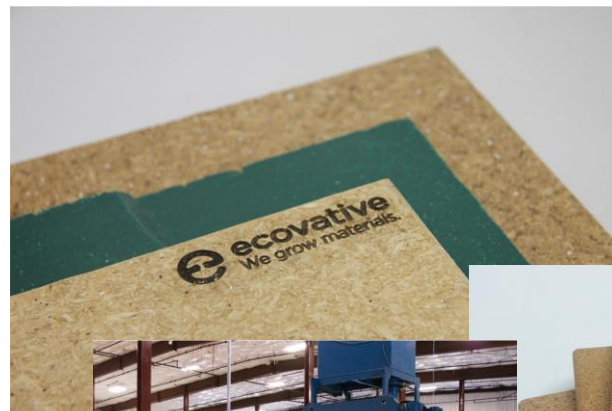
☐ 菌絲體技術(Mycelium Technology)

☐ MycoBoard™ products

- A biofabricated, certified sustainable, form of engineered wood.
- Growing using mycelium – “nature’s glue”.
- Current Applications
 - Furniture (Structural and Non Structural)
 - Gunlocke
 - Work surfaces
 - Molded furniture components
 - Seatbacks
 - Architectural panels
 - Door cores
 - Cabinetry



Gunlocke®



營建材料循環(I)

荷蘭Venlo循環園區—設計端導入循環經濟



營建材料循環(II)

荷蘭Park20|20園區



- 以搖籃到搖籃概念作設計，建築物使用的建材通過搖籃到搖籃的認證

- Park20|20每一個設計環節都以人為本，符合人體工學的架構和技術
- 辦公空間的設計創造出最舒適與最佳利用率的辦公室環境，以提高工作士氣和工作產能



纖維素纖維逐漸成為織物主流



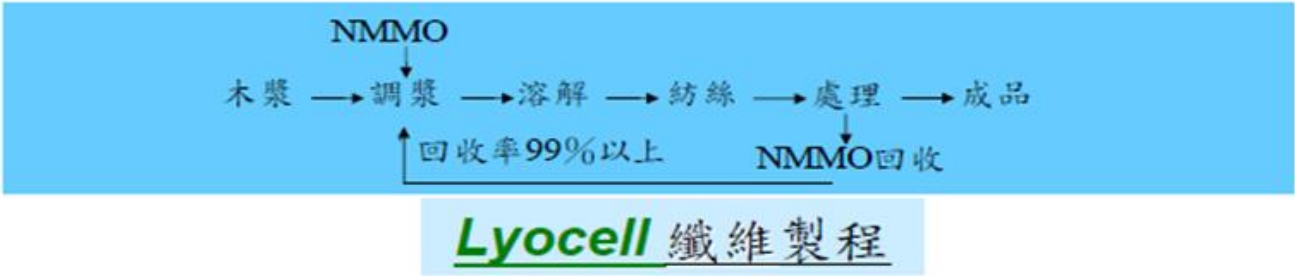
纖維素纖維

蘭精之木材供應商需具備國際**森林認證**，主要來自奧地利、及鄰近國家如捷克。使用 **FSC®** (森林管理委員會 · Forest Stewardship Council) 和**PEFC™** (泛歐森林認證體系 · Pan European Forest Certification) 認證系統作為木材來自可持續來源的驗證。原材料取得，來自無爭議的樹木來源，透過「再生」方式繁殖，即樹木可自行繁殖生長，毋須人工灌溉或種植。



奧地利廠估計已銷售全球近70萬噸 Tencel®纖維。總計集團投入 Tencel®生產金額已達7.5億歐元，目前除奧地利外，也於美國、英國生產。**銷售纖維**予布料、終端製品製造商，並授權其使用**品牌吊牌**。

終端產品主要應用於**服裝、家飾用紡織品、不織布**等產品。



結論與建議

- ❑切莫為循環而循環—循環經濟是有應用限制的(自然界趨勢朝向最大亂度方向走/成本是必要考量因素)
- ❑循環是手段，經濟是重點
- ❑循環經濟不是萬靈丹—循環經濟是有後遺症的

簡報完畢， 謝謝聆聽！



IEK Consulting

<http://www.iek.org.tw>

劉致中 資深研究員

Tel : 03-5912407

E-mail : perryliu@itri.org.tw

以上簡報所提供之資訊，在尖端科技發展與產業變動中，無法保證資訊的時效性及完整性，使用者應自行承擔因使用本簡報資料可能產生之任何損害。著作權歸工研院所有，非經書面允許，不得以任何形式進行局部或全部之重製、公開傳輸、改作、散布或其他利用本簡報資料之行為。