

從綠色化學談科技和環境永續

大同大學化工系

黃俊誠

大綱

- 工業革命和科技所帶來的生活便利
- 石油與能源
- 科技發展帶來的環境問題與地球現今所面臨的迫切問題
- 永續的環境如何打造？
(1)綠色化學 (2)綠色科技

工業革命和科技所帶來的生活便利



衣



BURTLE 1202 カーゴパンツ

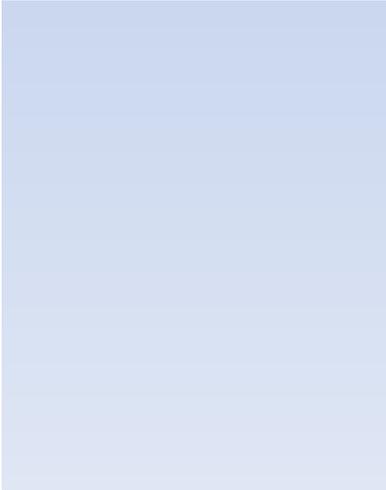


キャメル

ブラック

ライトグレー

ダークグレー



住



行



Download from [Dreamstime.com](https://www.dreamstime.com)
This watermark comp image is for previewing purpose only.



育樂



CRT replacement era

Flat panels more attractive than old-fashioned CRT monitors and TVs

Device innovation

Creation of new distinct device classes using liquid crystals for displays

The future of display

Transparent, flexible, holographic and part of walls / windows

Display market

- Highly dynamic display market; pace accelerating
- Closely tied to consumer- and life-style-driven end market
- Driven by innovation and new applications
- Enabler for devices that capture megatrends urbanization and communication

1995-2010



Notebooks, Monitors, TVs

> 2010



Tablets and 3D TV



Smart TVs & Phones



eBook readers



> 2015



Smart windows

Convergence of lighting and display...



Flexible

Transparent



Holographic

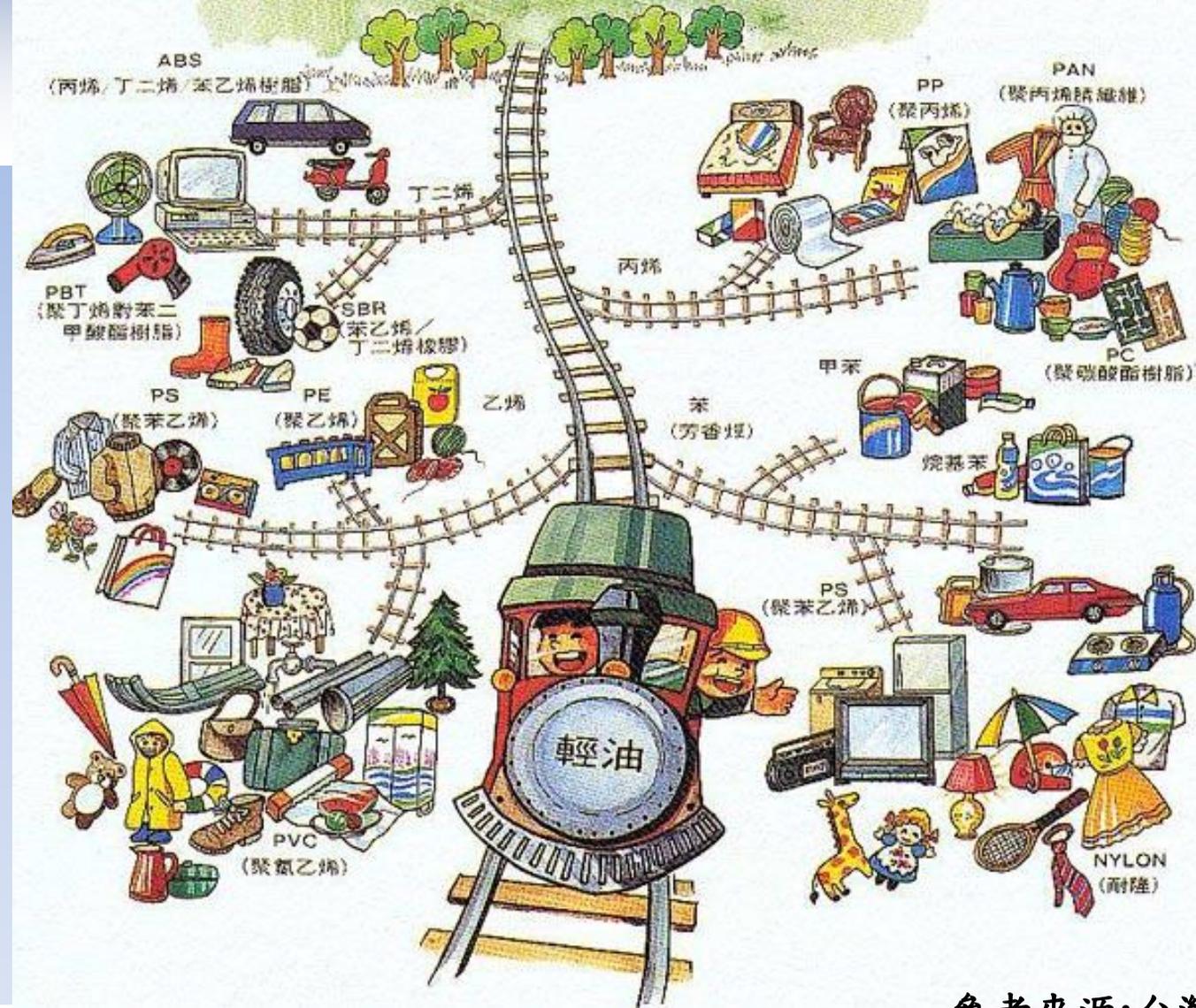
Display market is innovation-driven and constantly evolving

石油與能源

石化產業(原油)

- 石化產業實際上就是民生工業之母。自輕油裂解的化學原料，可以製作出許許多多日常生活所需的產品。
- 化工技術將可以改善這些產品的製程，提升產品品質，並降低製造成本，以造福人類。

石化工業是經濟發展的火車頭



參考來源:台灣中油公司



大同大學

TATUNG UNIVERSITY



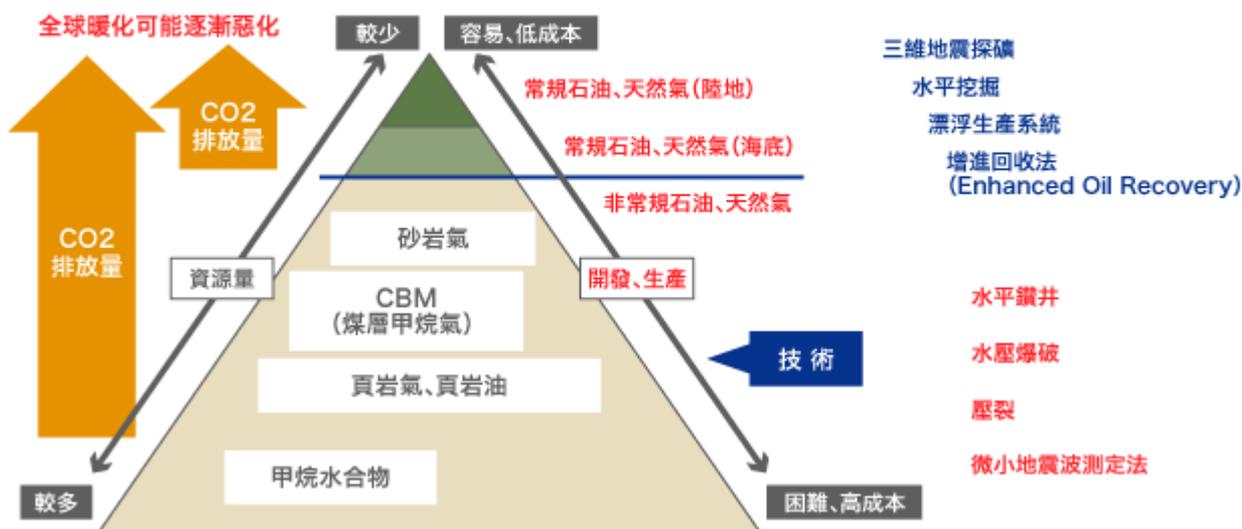
可以燃燒的石頭—油頁岩



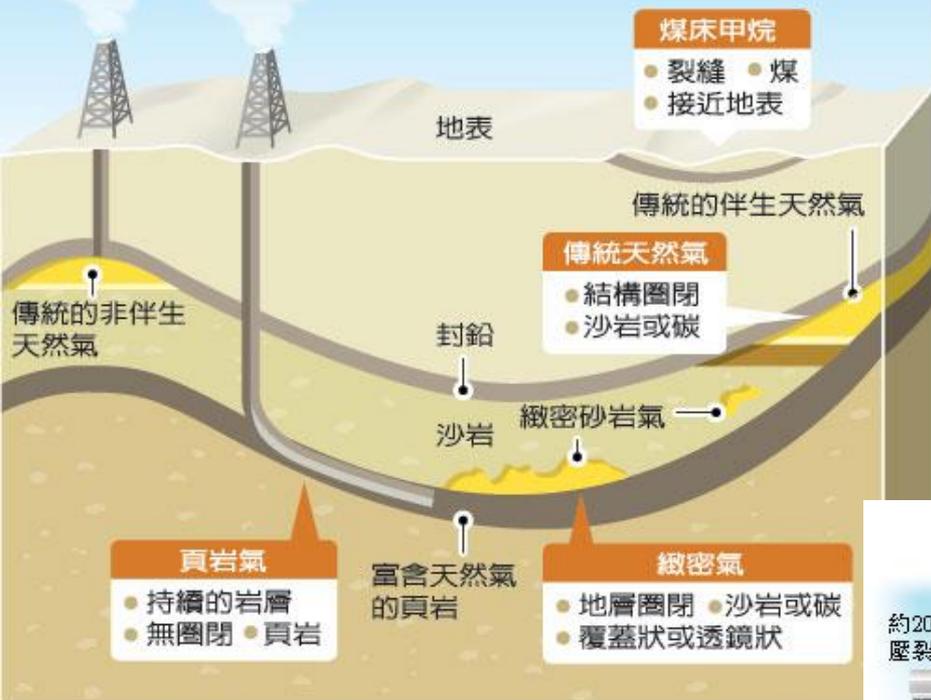
圖片來源:維基百科

圖1 何為資源(化石燃料):「集中存在於開採成本較低區域的有用自然物」

不過,由於原油價格水準升高,「並不集中、且不存在於開採成本較低區域的資源」也成為了開發和生產的對象。



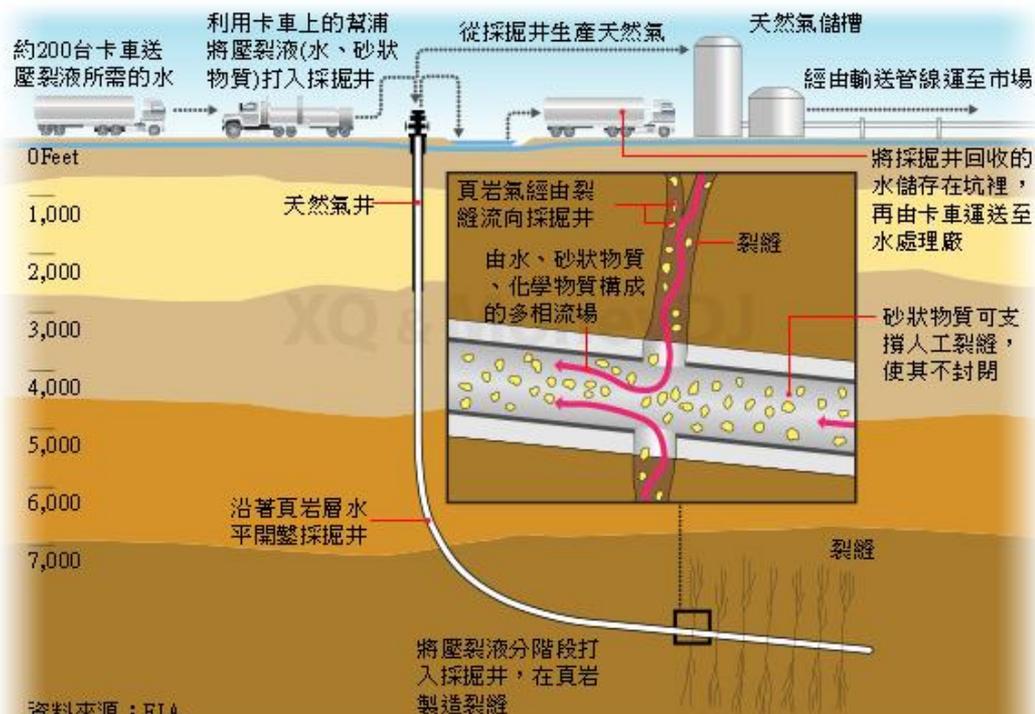
新舊油氣探勘機制



資料來源 / 美國能源資訊局 製表 / 王茂臻 製圖 / 蘇韋豪

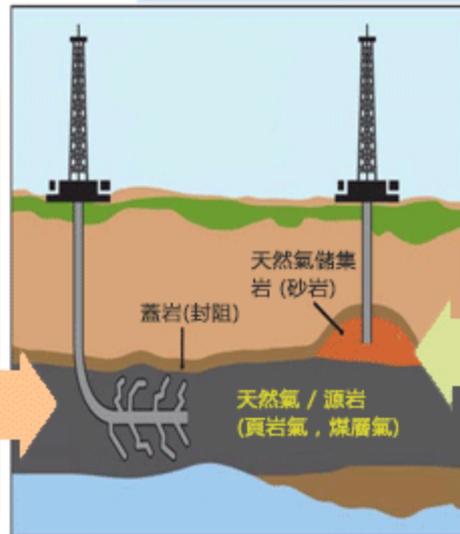
聯合

頁岩氣水平鑽探技術與多階段高壓水力壓裂技術



- 頁岩氣與傳統天然氣均是以甲烷(CH₄)為主之氣體。
- 頁岩氣為產自低孔隙率、低滲透率及富含有機質頁岩地層系統中之非傳統天然氣。

頁岩氣開採示意圖



- 頁岩油氣儲存在生油層，但頁岩孔細緻密連通性差，須透過水平鑽井及液裂，製造連通裂隙，以收集及生產油氣。
- 每口井生產範圍有限，且產量下降快速，為維持產量，必須不斷鑽井。

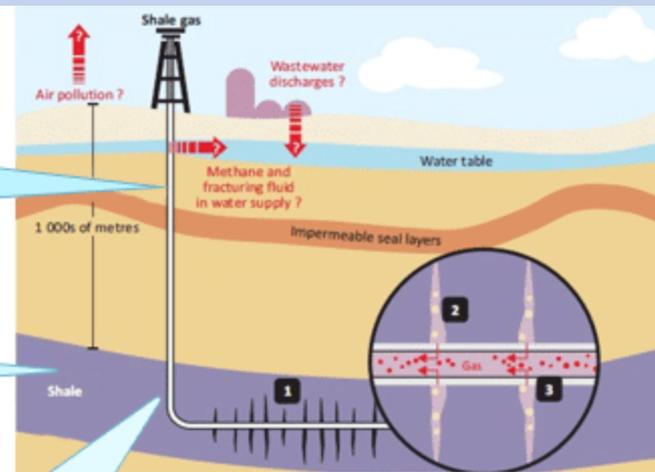
傳統油氣探勘目標為儲集層，為儲存砂岩或碳酸岩孔隙中之油氣，並在構造或地層封存範圍內生產。

1. 垂直鑽井
深度約4,000-12,000英尺

2. 水平鑽井

3. 分段液裂

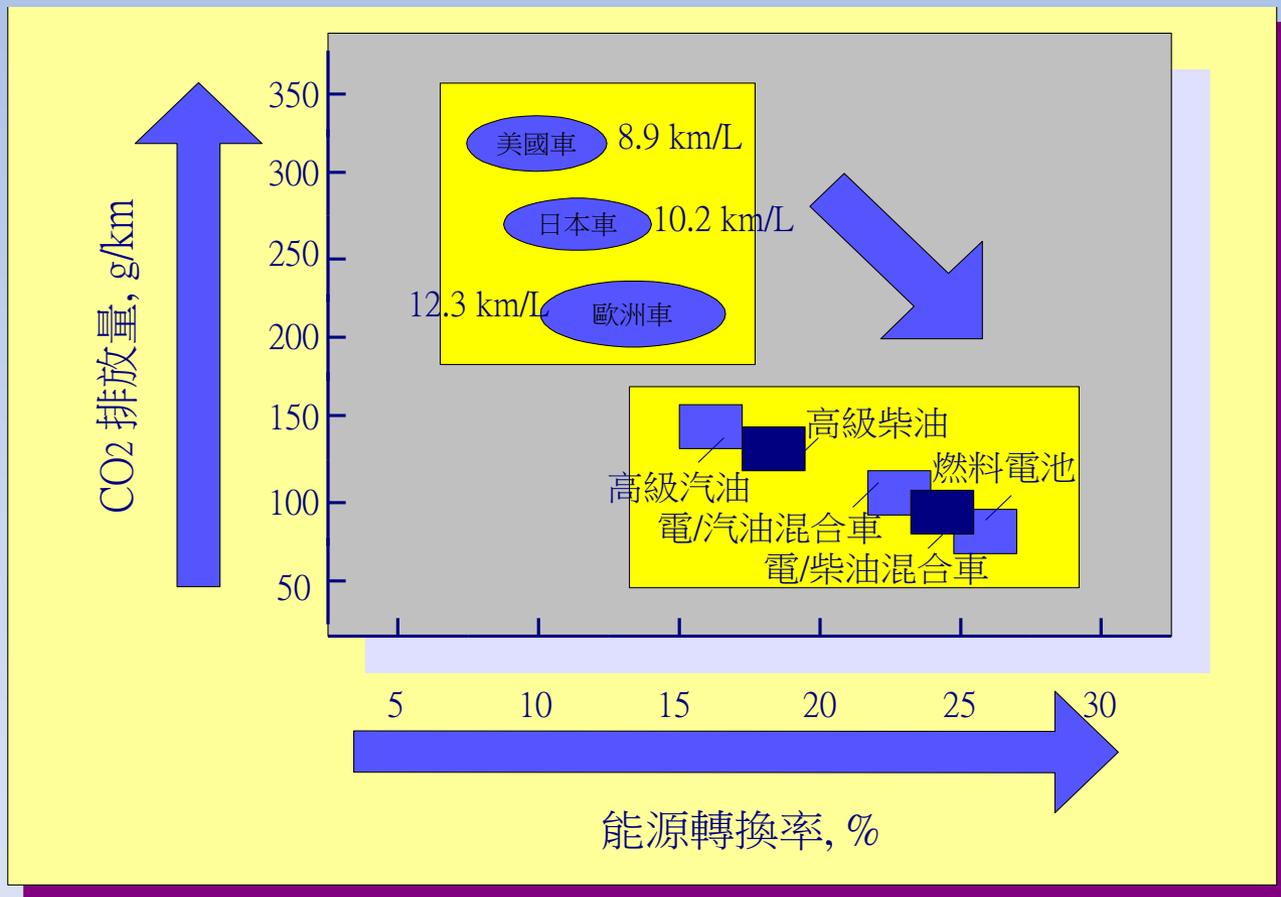
使用水、沙及化學藥品之混合物進行高壓5,000 psi裂開頁岩縫隙以收集頁岩油及頁岩氣



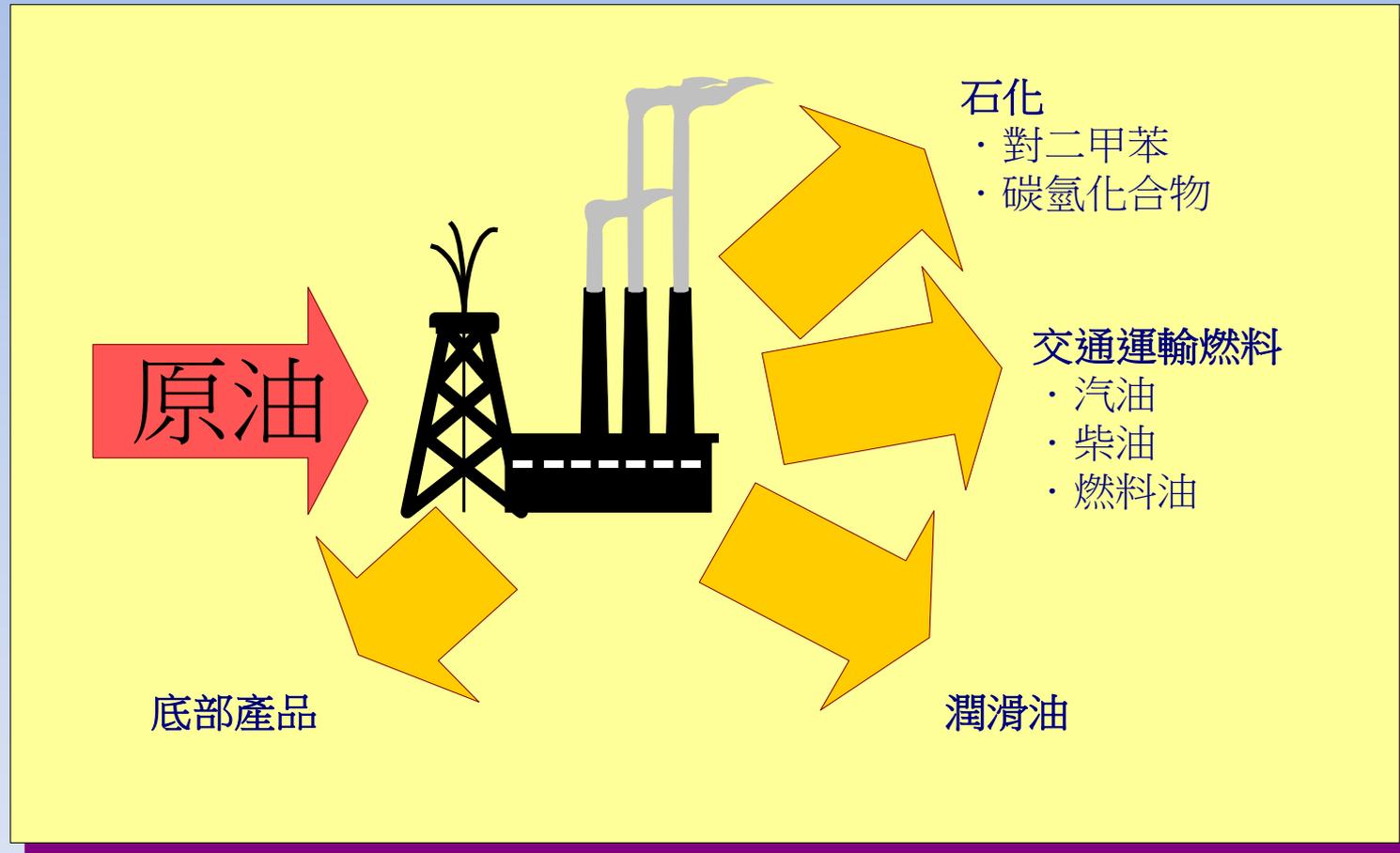
4. 生產

通常第一年約產出 25%，前四年產出 50%，之後持續生產 30-50 年

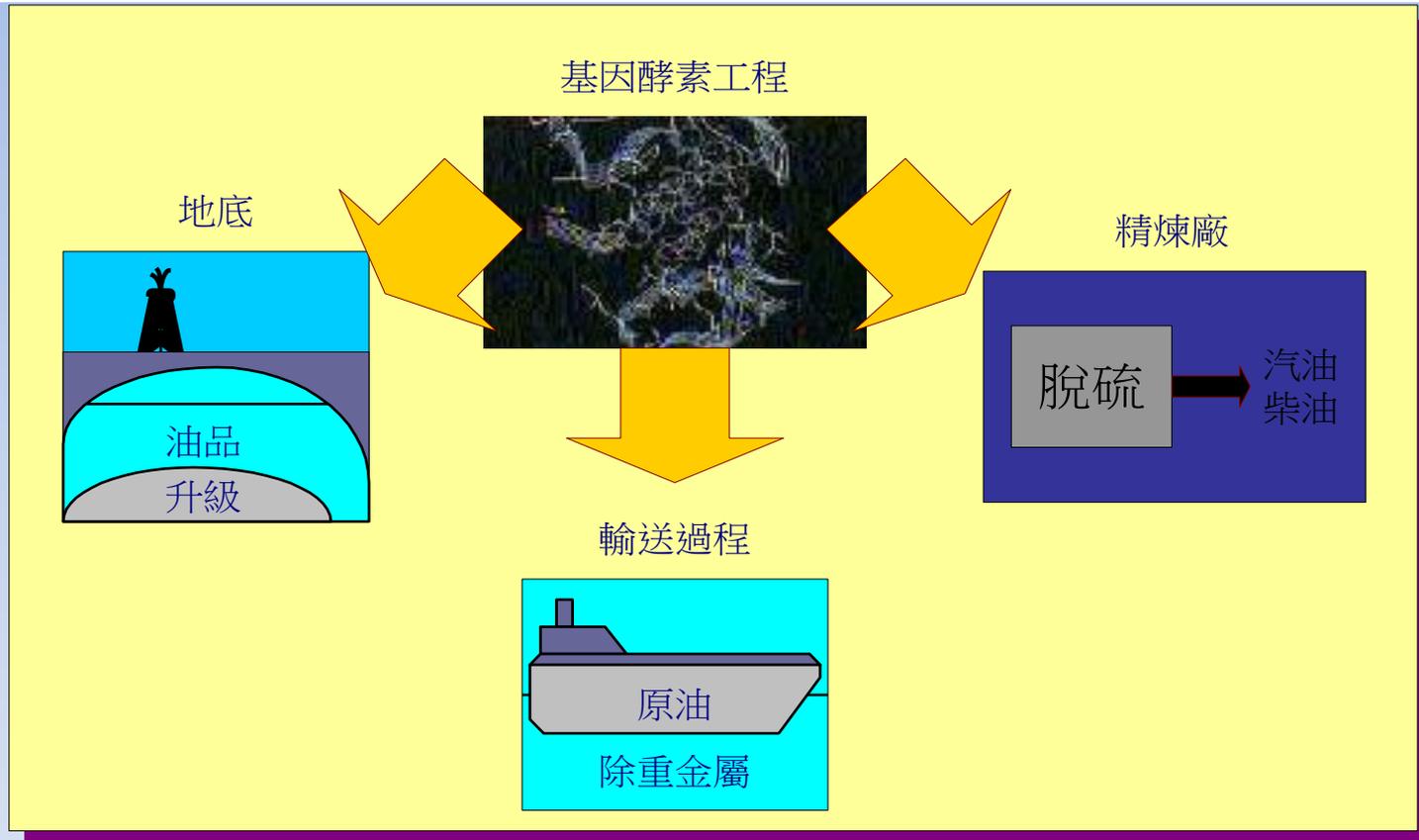
持續進步的石化/能源產品



提供更乾淨的油品



使用生物技術改善油品



科技發展帶來的環境問題與 地球現今所面臨的迫切問題

危險有毒廢棄物的產生



36.4 tons of hazardous or toxic waste were added to the world

https://en.wikipedia.org/wiki/Toxic_waste

全球每日的油耗量

圖一 全球每日石油消耗量



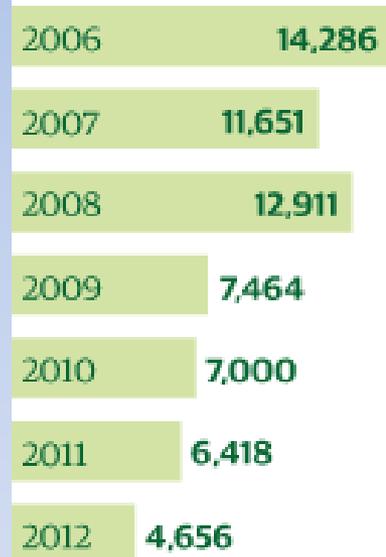
資料來源：英國石油 2007 年全球能源統計，2030 年為 IEA 預估值。

7.44 million barrels of fuel were consumed(U.S.)

亞馬遜雨林砍伐量創新低

Amazon deforestation decrease

Square kilometres of forest lost annually



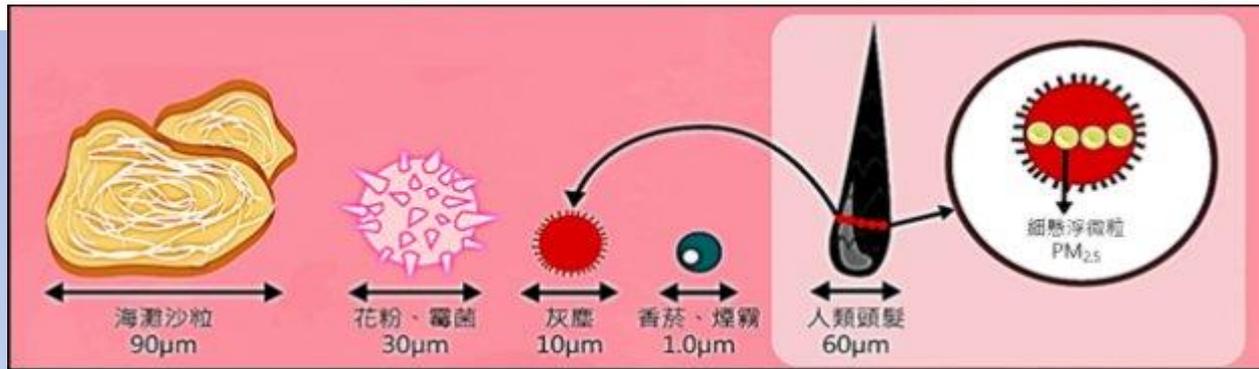
<http://e-info.org.tw/node/82324>

空氣汙染



Traffic and air pollution

環保署今發布 PM2.5納入空氣品質標準



PM_{2.5}細懸浮微粒無所不在！除了最常見的工業、汽機車排放廢氣之外，一般民眾生活中的習慣，包括二手煙、烹調、都會製造PM_{2.5}。世界衛生組織已經將空氣污染列為主要環境致癌物，而最危險的正是可以深入肺部深處的PM_{2.5}細懸浮微粒。

PM_{2.5}的來源包含境外傳入、工業排放物、交通汙染等。
日常生活中，你可以這樣做：

- 多搭乘大眾運輸工具。
- 汰換高汙染汽機車，並定期檢查。
- 祭拜時不燒金紙，「以功代金」。
- 減少放鞭炮。
- 不亂燒垃圾、雜物。
- 少吃燒烤食物、減少烹調用油。
- 選購環保標章產品。

霧霾

447
北京 空气质量指数 有毒害
PM2.5 细颗粒物浓度 420.0

細懸浮微粒(PM_{2.5})指標對照表與活動建議

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	佳	良	中	中	中	中	差	差	高	非常高
PM _{2.5} 濃度 (µg/m ³)	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71



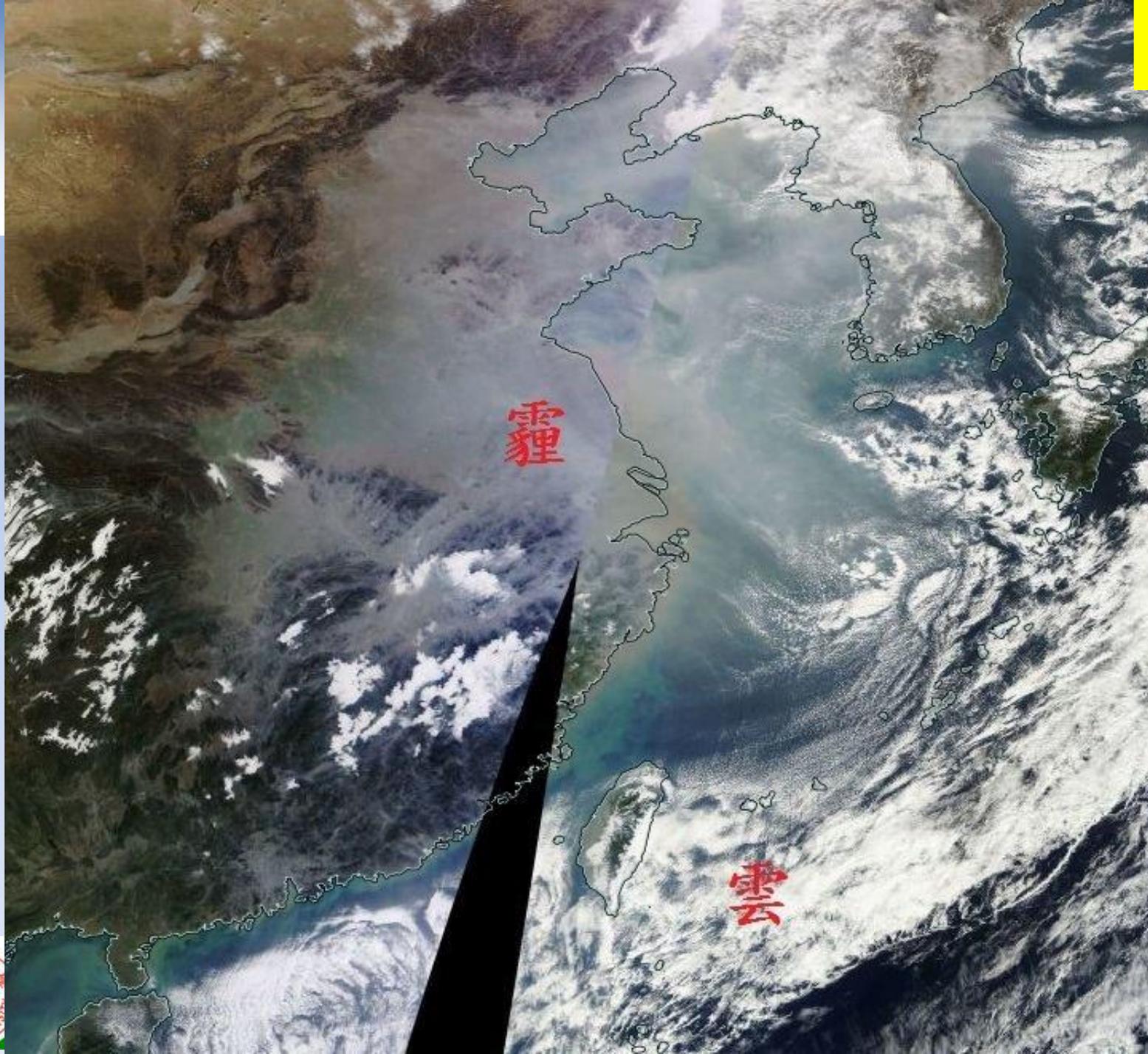
海研五號執行環保署計畫：
「海域大氣粒狀污染物監測及傳輸模擬先導計畫」



變差前

變差後





被霧霾包圍的北京市



塑膠與人類的生活

全球合成樹脂大約達年產2億噸，日常生活塑膠製品佔了32%，平均每個人年使用量達30公斤，其中包裝材料佔了41%，廢料的處理造成環境的巨大衝擊。



大同大學

TATUNG UNIVERSITY



塑膠廢棄物對環境的傷害：

「綠色和平組織」-全球海洋中的塑膠垃圾漩渦危害到至少267種生物，或因被纏住或吞食塑膠而危及生命或受傷。受影響生物百分比為：

	纏住	吞食
海龜	86%	86%
海鳥	16%	36%
海洋哺乳類	23%	28%



- 印度的牛隻，非洲的長頸鹿...誤食塑膠袋阻塞腸胃而致命。
- 塑膠焚燒產生熱量、二氧化碳、戴奧辛、飛灰造成傷害。

跨國研究團隊近日發現，印尼部分市場賣的食用魚，每4條魚中就有1條腸子中有塑膠垃圾，人們若吃下這些於漁獲，恐危害健康。

來自美國加州大學戴維斯分校和印尼哈薩努定大學（Hasanuddin University）的研究人員，從印尼錫江（Makassar）的市場採集76份魚樣本，以及從加州半月灣（Half Moon Bay）和普林斯頓（Princeton）的市場蒐集64份魚樣本進行分析。

研究結果日前發表於科學期刊「科學報告」（Scientific Reports）上。這項研究是探討塑膠垃圾和餐桌上食用魚間的關連性。

研究人員向魚市場或漁夫蒐集全魚、魚的消化道和整隻魚的樣本。樣本物種包括吳郭魚、鰹魚、鮭魚、鮪魚、鯖魚和鯛魚等魚類。

研究結果顯示，在印尼，28%的食用魚被驗出腸子內有塑膠製品垃圾。在美國情況也有類似情形，25%的食用魚被驗出有塑膠製品垃圾。印尼樣本中發現的垃圾都是塑膠，加州樣本中發現的垃圾有80%是纖維，但印尼樣本中完全沒有纖維。

研究團隊分析，印尼的垃圾掩埋場和垃圾蒐集回收場不多。大量塑膠垃圾被丟在海邊進入海洋。因缺少淨化飲用水，印尼居民必須喝瓶裝水，也常常丟棄塑膠瓶。

參與撰寫研究報告的共同作者、加州大學戴維斯分校（University of California, Davis）學者威廉（Susan Williams）指出，印尼的海洋生態豐富性和多樣性數一數二，但在海岸地區，包括紅樹林、珊瑚礁和海灘，卻充滿垃圾。

研究結果指出，塑膠和纖維是從魚的腸子、內臟中被驗出，因此只有在吃下全魚時才會吃下這些垃圾。像印尼人有吃全魚的習慣，如果人們把含有這些垃圾的魚吃下肚，可能有物理性損傷導致細胞壞死、胃腸道炎症和組織撕裂傷的風險。

少喝瓶裝水吧！ 看看這些塑廢料的照片
警示，請大家一起救救地球～

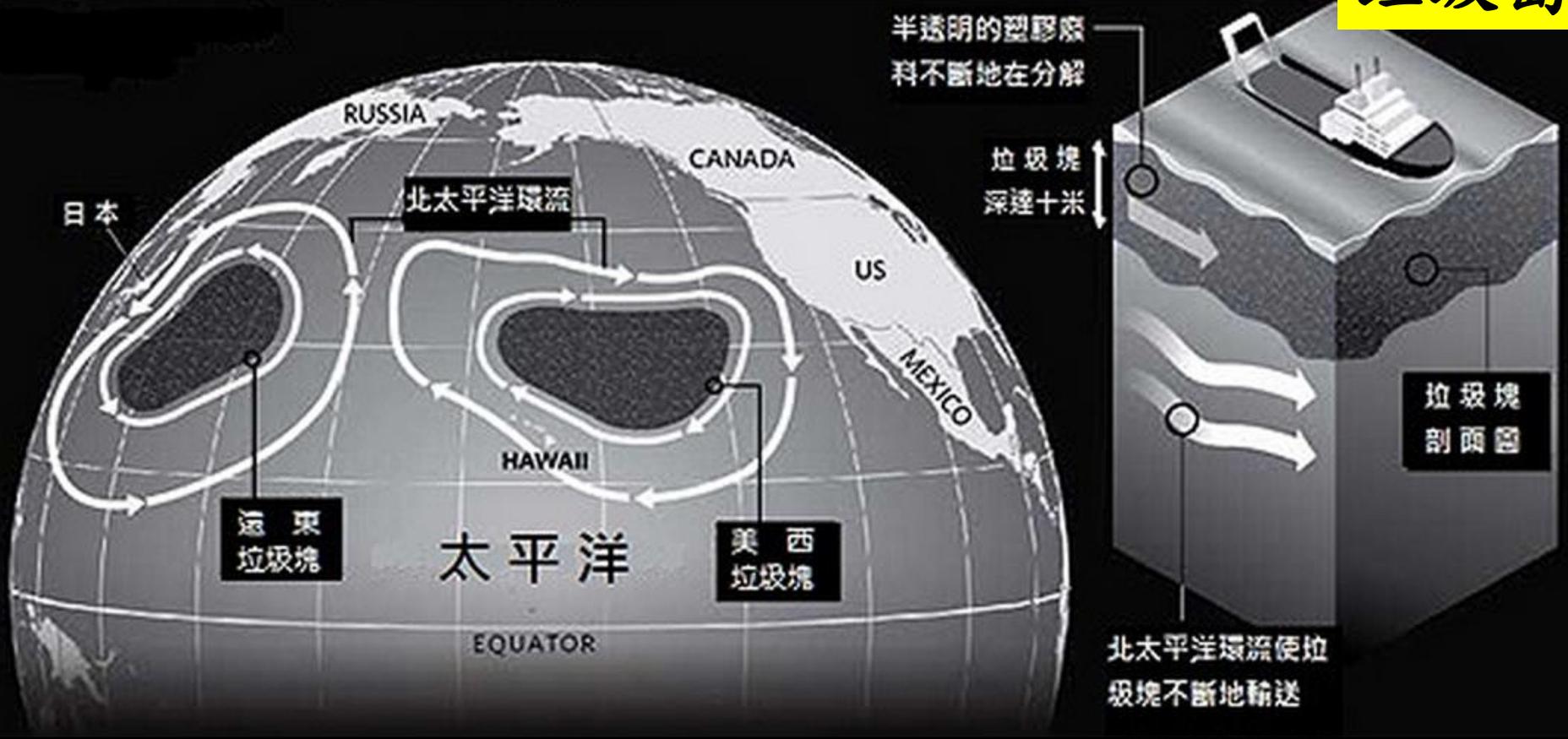




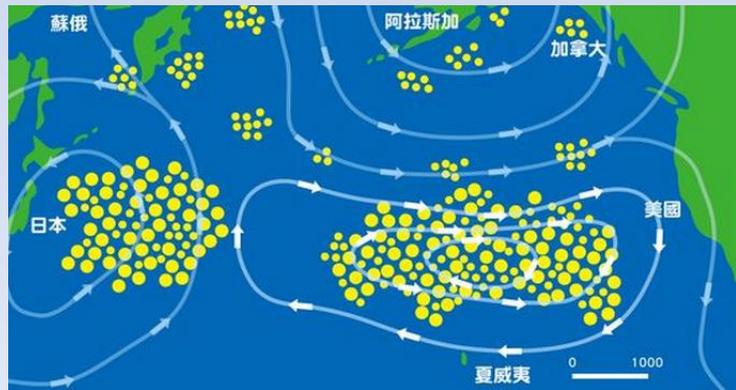
<http://ellaeric.pixnet.net/blog/post/315441>

垃圾島

隨著環流聚集而成的垃圾塊，正在破壞太平洋的生態環境



太平洋的兩大垃圾島分佈圖及垃圾島剖面圖（依據Greenpeace資料編製）



垃圾島

Plastic fragments found in 5-week old rainbow caught at 23°05.35N, 147°12.86W on August



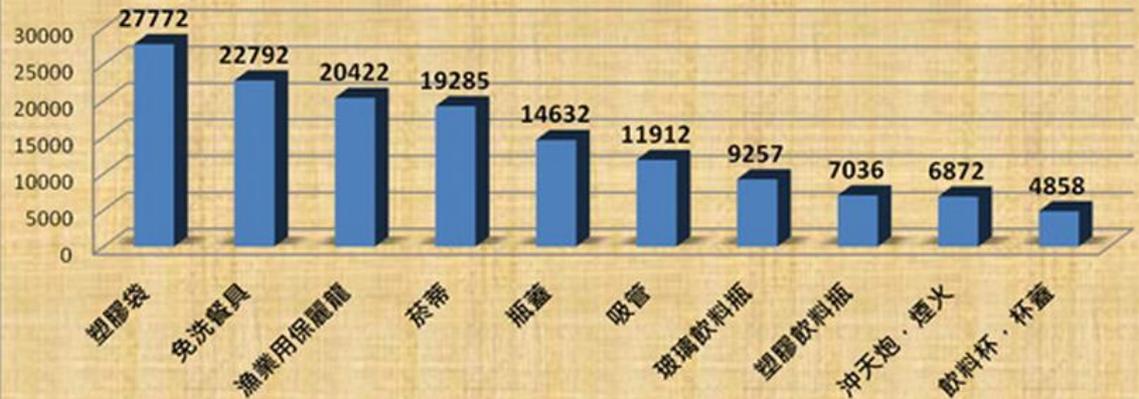
www.algalita.org



Snapping turtle
June, 2000



台灣2011年淨灘垃圾數量排名



數據來源：<http://icc2012.sow.org.tw/icc.1.htm>



由International Coastal Cleanup統計，我國2011年淨灘所拾獲的垃圾數量TOP 10，第一名為與生活密不可分的塑膠袋。人們在方便之餘，更要去省思其所帶來的代價

垃圾島

可繞海岸線17圈

台灣每年被丟棄的廢牙刷



大家知道台灣全年丟棄超過**一億枝**的牙刷嗎？這些廢棄牙刷接起來可以繞台灣海岸線**17圈**！以平均 3個月換一支來估算，我們一生大約要換 400支牙刷。



大同大學

TATUNG UNIVERSITY



無魚之區

SET 三立新聞 HD

海洋成塑膠濃湯

800萬噸/年(全球)
塑膠垃圾入海

蔚藍海成「塑膠濃湯」
2050年垃圾比魚多！

人類製造廢棄物越來越多



二氧化碳的排放



TechNews

科技新報

40年來首見！2014年經濟擴張
達3%但碳排放量卻未增加

<http://technews.tw/2015/03/17/2014-carbon-dioxide-emissions/>

國家	台灣	全球	OECD	中國	美國	日本	韓國
排放總量 ^a (百萬公噸)	264.66	31,342	12,341	7,954.55	5 287.18	1,186.04	587.73
排名	23	-	-	1	2	5	7
人口(百萬人)	23.39	6,958	1,241	1,344.13	312.04	127.83	49.78
每人平均排放(公噸 CO ₂ /人)	11.31	4.50	9.95	5.92	16.94	9.28	11.81
排放密集度 ^b (公斤CO ₂ /美元)	0.34	0.45	0.33	0.80	0.40	0.30	0.43



大同大學

TATUNG UNIVERSITY

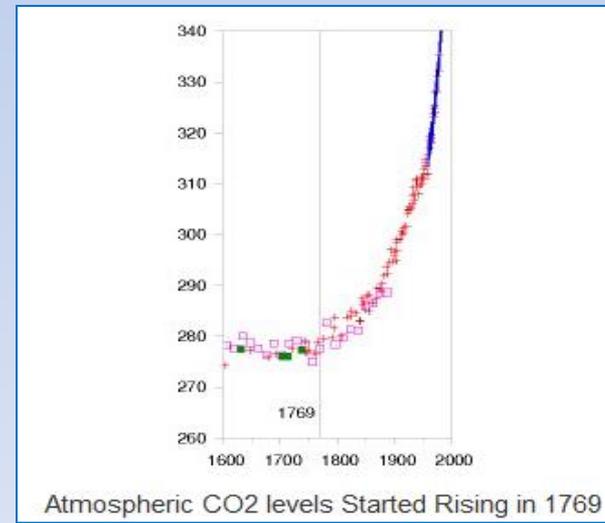
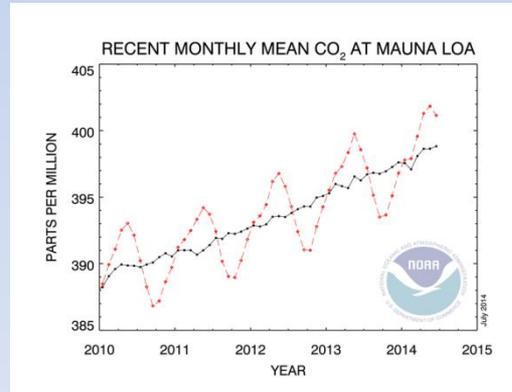
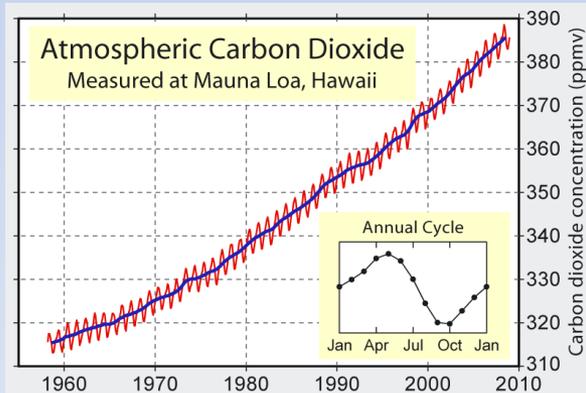
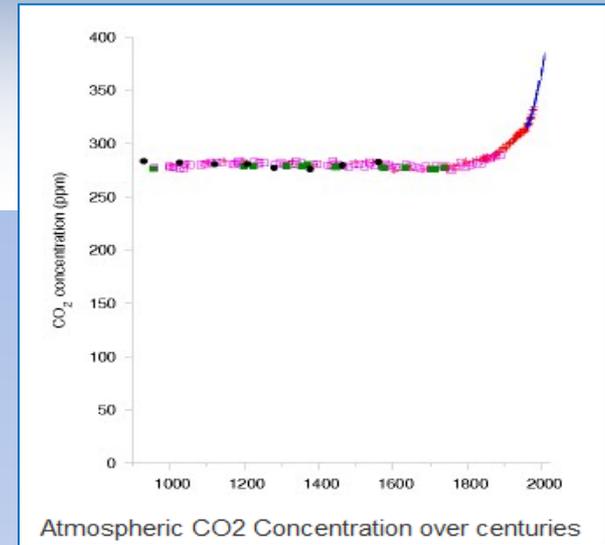


OECD:經濟合作暨發展組織

http://estc10.estc.tw/ghgrule/QA/QA_list.asp?id=12

The amount of atmospheric CO₂ was rising just before 1800. It was in 1769 James Watt patented the Steam Engine.

June 2014: 401.14 ppm
June 2013: 398.58 ppm



Positive proof of global warming.



**18th
Century**

1900

1950

1970

1980

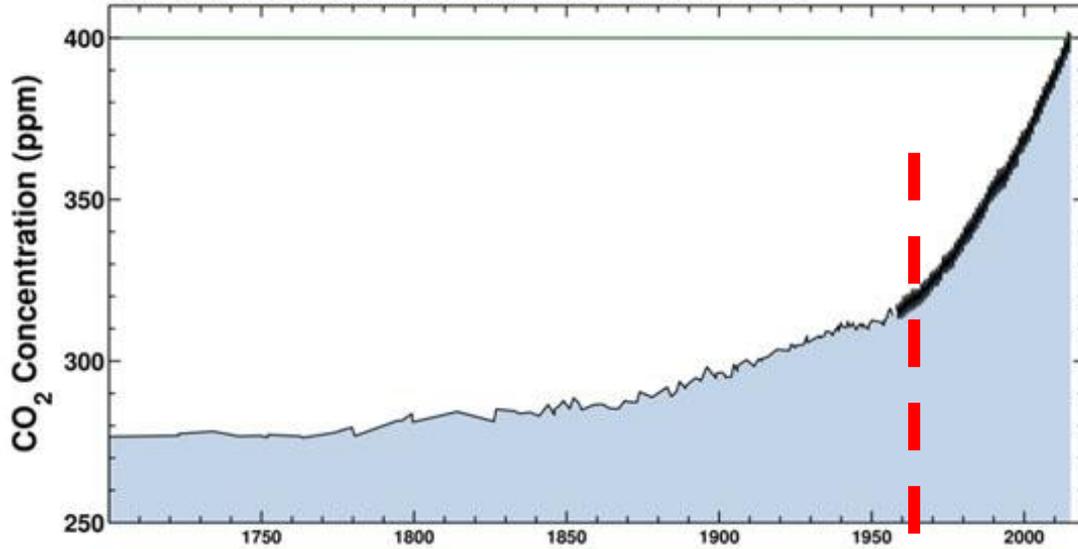
1990



暖化

Latest CO₂ reading
April 16, 2015
Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.

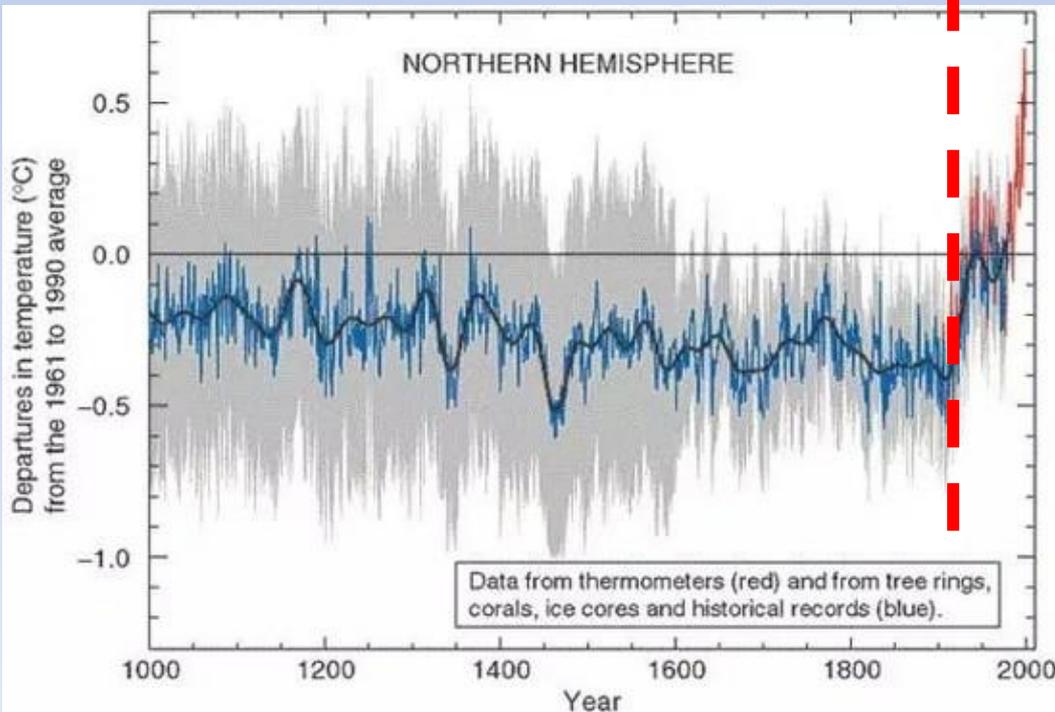
404.29 ppm



二氧化碳含量

[National Oceanic and Atmospheric Administration \(NOAA\)](#)

美國國家海洋和大氣總署



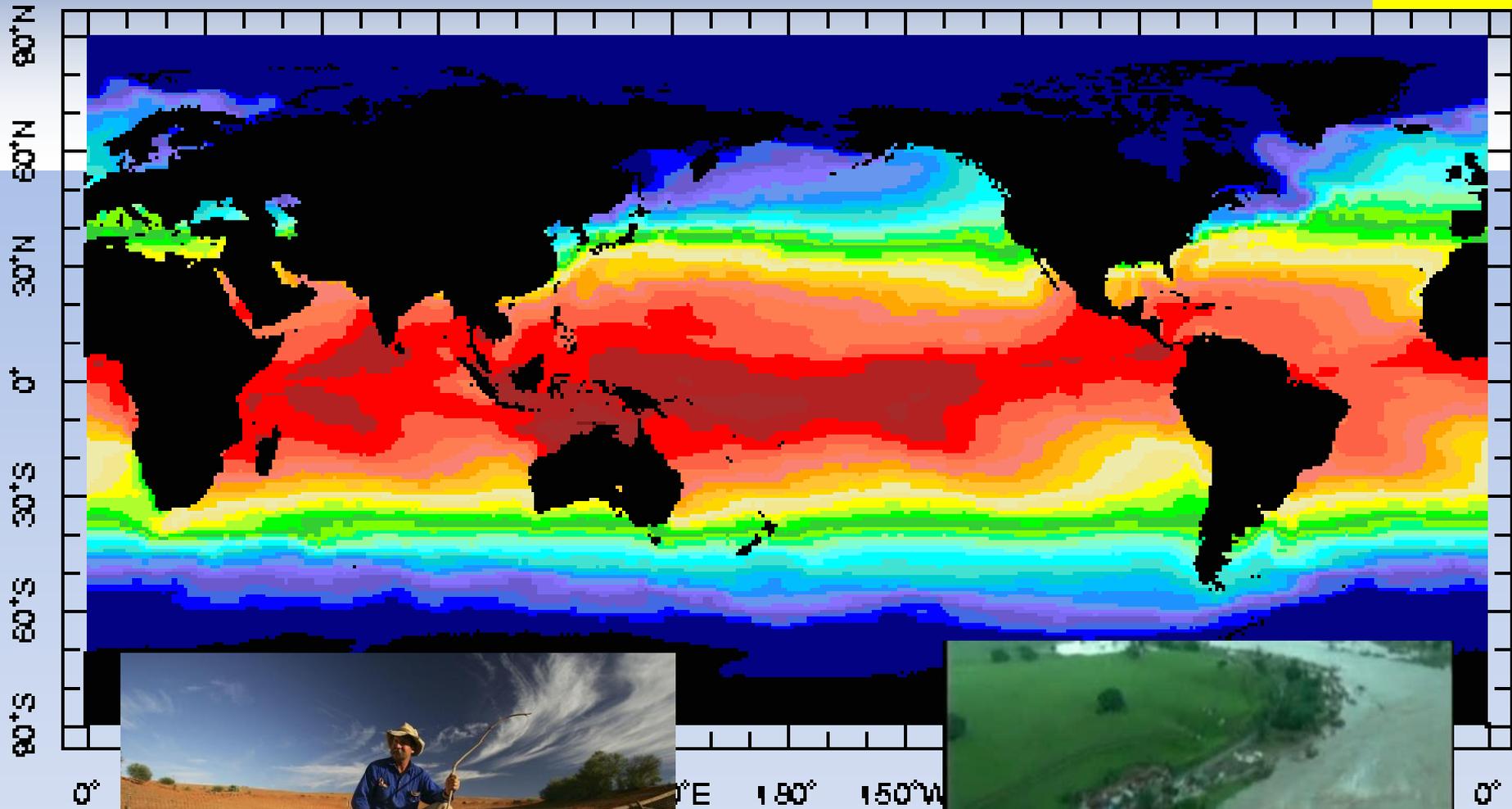
氣溫

[Intergovernmental Panel on Climate Change \(IPCC\)](#)

跨政府氣候變遷問題小組

聖嬰 (1997年12月)

暖化



TATUNG UNIVERSITY

永續的環境如何打造？

永續發展

- 聯合國世界環境與發展委員會（WCED）1987年正式宣布推動「永續發展（sustainable development）」，當時的定義是：「能滿足當代之所需但不損及後代滿足其所需之發展」稱為永續發展，是為世界之一主要新思潮。
- 1992年六月，聯合國首屆「環境與發展」會議，議定「廿一世紀待辦事項」（Agenda 21）40章。重新界定「永續發展」為「人類兼顧經濟成長、生態環境與社會責任三支柱的發展」，以及其發展原則。
- 2002年底聯合國決定依據二十一世紀待辦事項第36章，以2005-2014年為「永續發展教育的十年」。將永續發展觀念植入從幼稚園到成人的學校教育及社會教育。

聯合國17項永續發展目標 (SDGs) 2016-2030



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

1 消除貧窮



2 消除飢餓



3 健康與福祉



4 教育品質



5 性別平等



6 淨水與衛生



7 可負擔能源



8 就業與經濟成長



9 工業、創新基礎建設



10 減少不平等



11 永續城市



12 責任消費與生產



13 氣候行動



14 海洋生態



15 陸地生態



16 和平與正義制度



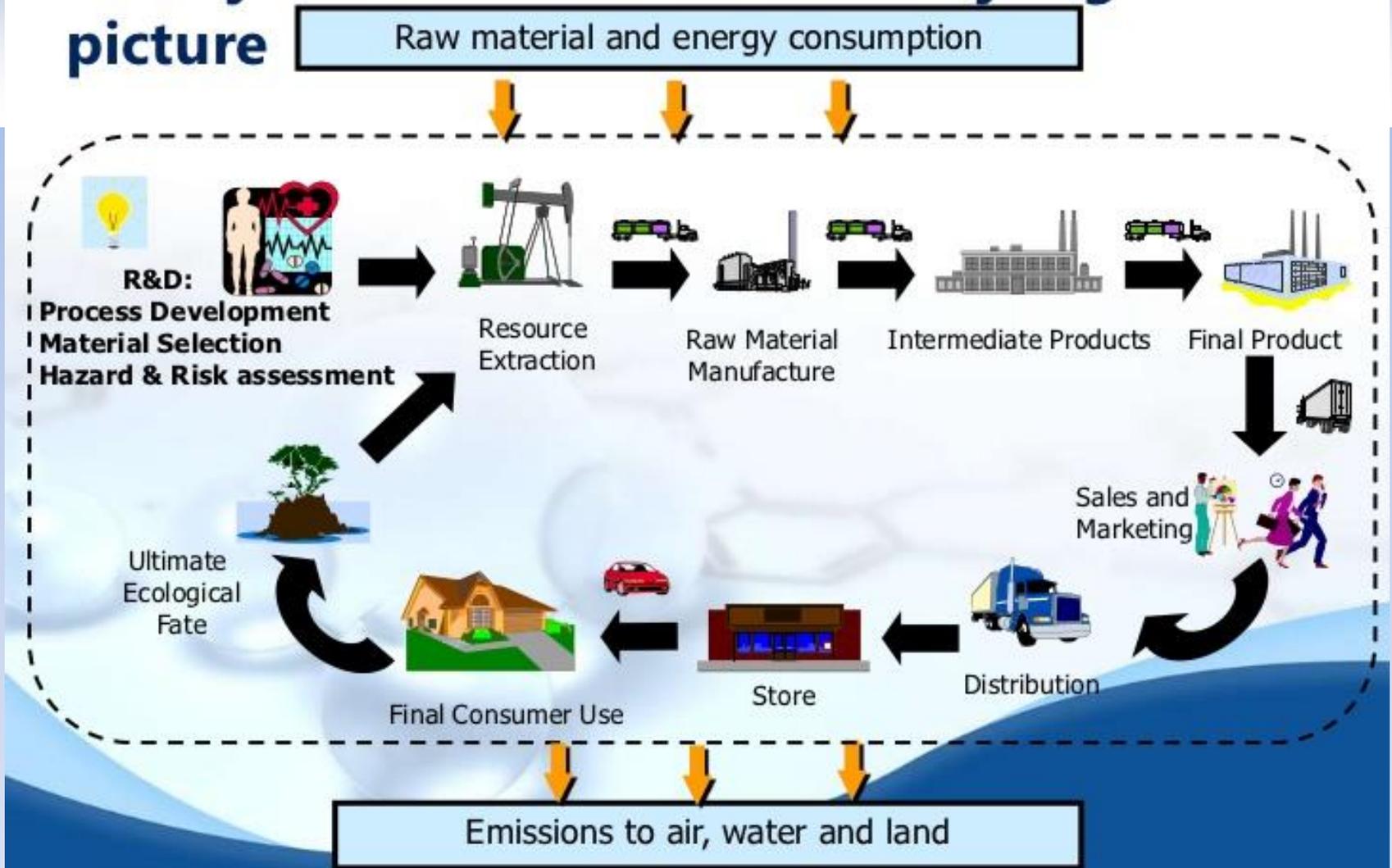
17 全球夥伴



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

※ 此表由CSRone永續報告平台翻譯與製作

Life Cycle Assessment – The very big picture



(1) 永續綠色化學

The Metrics of Green Chemistry

- Why consider sustainability important to the chemical enterprise?
- How can we use the 12 Principles to practice more sustainable chemistry.
- Who cares about Green Chemistry ?



- 依據1998年國際經濟合作及發展組織（OECD）主辦之「永續化學研習會」所下「永續化學」的定義是：「發明、設計和利用化學產品與化學製程，以減少或消除有害物質之使用與生產。」也可說是藉化學之功能，促成人類的永續發展。前此不久，美國環保署（EPA）的Paul T. Anastas博士和波士頓麻州大學的John C. Warner教授也在所著 *Green Chemistry: Theory and Practice* (Oxford University Press, 1998) 中列出「永續化學」的十二個原則，現已為化學界普遍接受。茲列之於下：



永續(綠色)化學十二原則

1. 事先防止產生廢棄物勝於事後清除。
2. 設計合成方法時應盡可能將所有反應物質轉變為生成物。
3. 只要實際可行，製程採用之原料及預期之生成物應盡可能無害於人類健康與環境。
4. 設計毒害性盡量減低但保持有效功能的化學產品。
5. 溶劑、分離試劑等輔助品須盡可能採用無毒害性的，而且最好不用。
6. 利用能量時須考慮對環境及經濟的影響，最好採用常溫常壓下的反應。

永續(綠色)化學十二原則

7. 只要技術可行並符合經濟效益，應使用再生原料。
8. 盡可能避免製造原非必要之衍生物。
9. 優先考慮以觸媒性、且選擇性盡量高的試劑進行反應。
10. 化學產品必須於用完後可以分解成無毒害性物質，而不致永留世間。
11. 發展能在製程中隨時偵測及控制之分析方法以提高產率和減少產生廢棄物。
12. 選用本質安全之化學品為原料（反應物），使化學製程之危險性降至最低。

永續化學十二原則

- P Prevent wastes (防止廢料)
- R Renewable materials (用可再利用物質)
- O Omit the derivatization steps (省去衍生物步驟)
- D Degradable chemical products (化學物可自行分解)
- U Use the safe synthetic methods (採用安全的合成法)
- C Catalytic reagents (利用催化物)
- T Temperature, pressure ambient (在常溫、常壓下合成)
- I In-process monitoring (追蹤合成過程)
- V Very few auxiliary substances (少用輔助物)
- E E-factor, maximize feed in product (常將E-因子瞭然於胸)
- L Low toxicity of chemical products (採用低毒化學物)
- Y Yes, it is safe (對，就是要安全)

Twelve principle of green chemistry written in form of a mnemonic:

PRODUCTIVELY (有成果地)

(S. L. Y. Tang, R. L. Smith, M. Poliakoff, *Green Chem.*, **2005**, 7, 761)



1. Prevent waste: Design chemical syntheses to prevent waste, leaving no waste to treat or clean up.

避免廢料：設計化學合成使之避免廢料，不產生需處理或清理的廢料。

廢棄物的代價

原料成本高

廢棄物處理帶來額外的開支

難以處理的公共關係

不利永續經營

健康的危害

環境的破壞

要點：不生產比事後處理強。



E⁺-Factor (Environmental factor) =
(sum of waste)(severity factor)/(Wt. of product)(1-diluents)

Hazardous Waste to Land Disposal/Containment	10
Hazardous Waste to Incineration	4
Non-Hazardous Waste to Landfill	2
Waste Water (to Treatment Plant)	0.5

E: 0 (ideal), 0.4 (low), 6 (moderate), 50 (large), >200 (maximum)

Roger A. Sheldon, Chem & Ind., 7-Dec-1992, pg. 903
Roger A. Sheldon, Chem. Commun., 2008, 3352-3365



1992年荷蘭Delft技術大學Roger A. Shelton教授

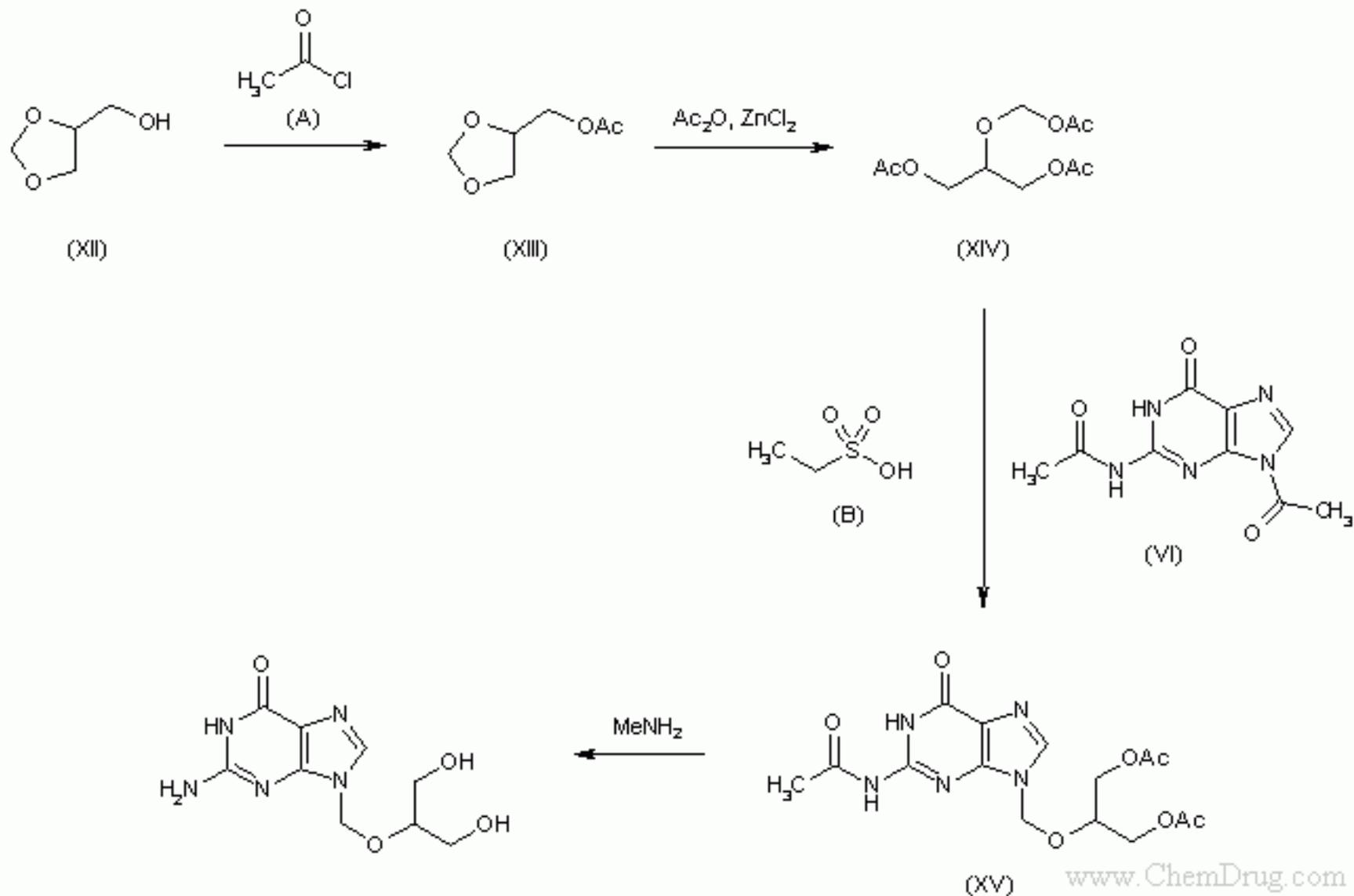
Industry	Production (tons pa)	E-factor	Actual waste tons
原油煉製 Oil refining	$10^6 - 10^8$	0.1	$10^5 - 10^7$
工業化學品Bulk chemicals	$10^4 - 10^6$	1-5	$10^4 - 10^7$
精緻化學品 Fine chemicals	$10^2 - 10^4$	5-50	$10^3 - 10^6$
醫藥化學品 Pharmaceuticals	$10^1 - 10^3$	25-100	$250 - 10^5$

E因數 (E-factor) 表示得到每一公斤主產物時產生包括廢棄物在內的副產物公斤數
($E = \text{kg副產物}/\text{kg主產物}$)



Cytovene

- 2000年得獎者為羅氏科羅拉多公司（Roche Colorado Corporation）。由鳥糞嘌呤經鳥糞嘌呤三酯（guanine triester, GTE）製每年需求量逾50噸，可抑制細胞擴大病毒（CMV）及治療愛滋病的ganciclovir（商品名Cytovene[®]）。使用化學品從舊製法的22種減為11種，排放氣體降低66% 而有毒固體廢棄物也少了89%。五種參與反應但未成為產物一部分的藥品中，有四種可以再生使用。總產率提高25%，產量增加超過一倍。



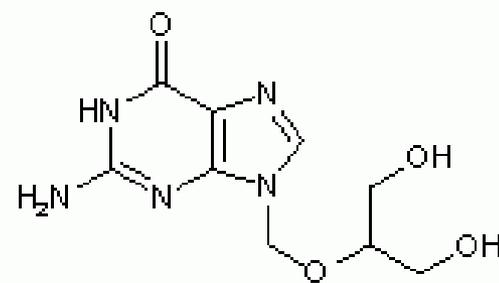
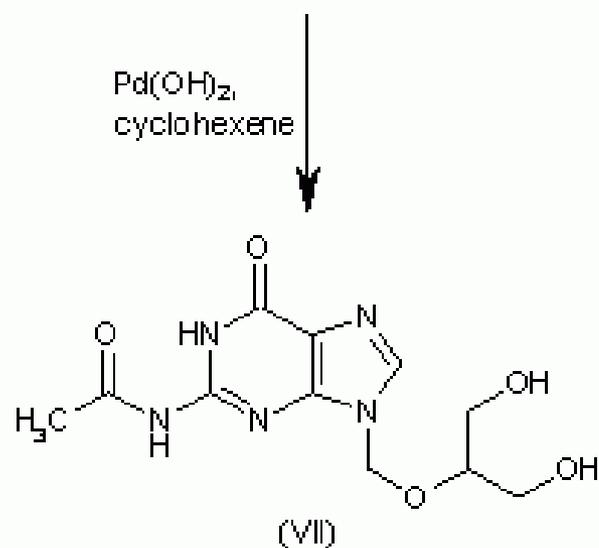
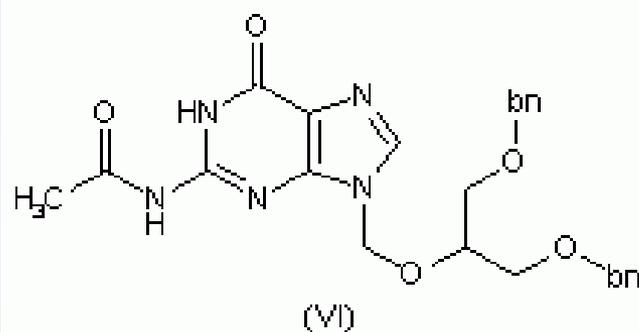
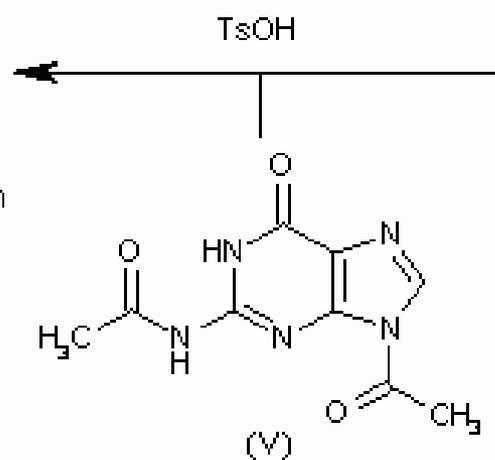
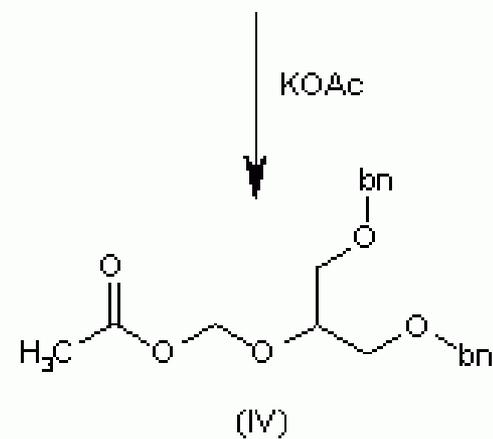
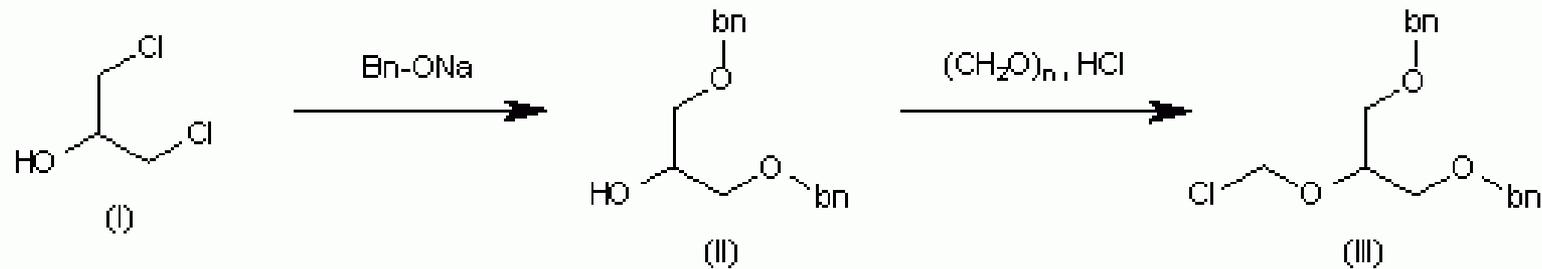
www.ChemDrug.com

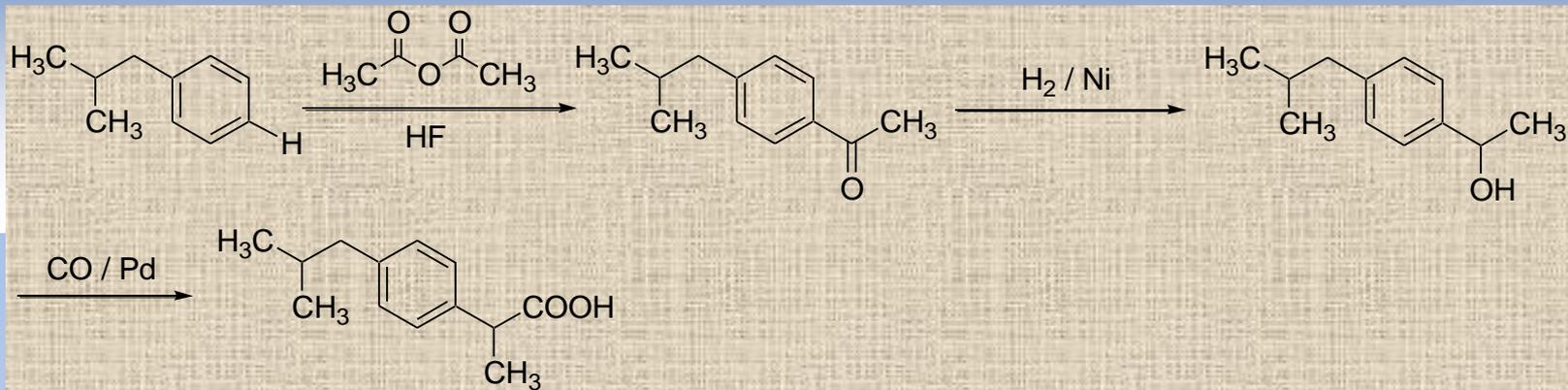


大同大學

TATUNG UNIVERSITY







- 1997年則是頒給巴斯夫(BASF)與赫司特-賽拉尼斯(Hoechst Celanese)合資創辦的BHC公司，獎勵其發明生產消炎藥Ibuprofen的新製法。此法僅有三大步驟，原子效率約80%。比原先的方法含六步驟，原子效率僅約40% 改進很多。自1992年十月正式生產，目前年產約350萬公斤，佔全世界總量約四分之一。

2. Design safer chemicals and products: Design chemical products to be fully effective, yet have little or no toxicity.

設計較安全的化學劑和生成物：設計完全有效而毒性很低或不具毒性的化學產物。

Natular™是Clarke 公司研發出殺蚊蟲幼蟲之長期釋發劑。不溶於水的硫酸鈣和溶於水的PEG (polyethylene glycol) 和 spinosad混合而成。由於作用緩慢，一顆藥丸可支持180天。由於有藥丸的保護，未釋放的藥不易被分解，所以劑量可為一般用藥之一半甚至降低到十分之一，毒性則為一般有機磷殺蟲劑之十五分之一，對野生動植物無害。Natular™ 通過了美國農業部國家有機物的標準以及害蟲管理局最嚴格的檢驗，這些特點表現了此產品在綠色化學方面的革新，因而得到2010 總統綠色化學挑戰獎：更永續之化合物獎。

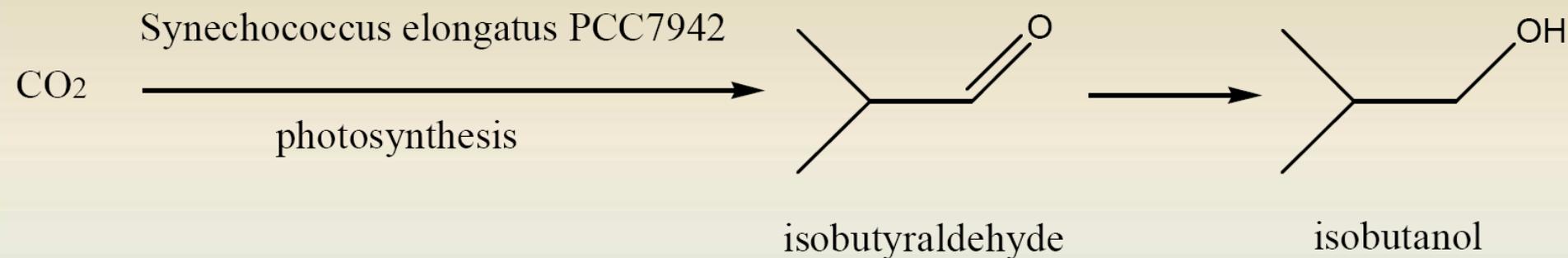
Clarke <http://www.clarke.com/>

綠能與綠色化學第二期(<http://www.bioeng.ttu.edu.tw/issues/issuesindex.html>)

Presidential Green Chemistry Challenge Award:<http://www.epa.gov/gcc/pubs/pgcc/presgcc.htm>



二氧化碳生物合成多碳原子(3-8)的醇化合物 (higher alcohols).



二氧化碳是眾所週知的溫室氣體.吾人正因它的逐漸增加所引起各種自然災害而煩惱.現能反其道而行將二氧化碳轉變為燃料和其他化學原料.而且其過程(光合作用)是非常乾淨.碳數比乙醇高的醇的含能量高、吸水性低、蒸氣壓低(不易污染空氣)等優點.如果每年能生產600億加侖(約佔25%之汽油)就可以去除500百萬噸二氧化碳,這數字約等於全美國一年二氧化碳排放量之8.3%.

2010總統綠色化學挑戰獎(四) —學術獎得主 James C. Liao 教授

Nature Biotechnology 27, 1177 - 1180 (2009)

綠能與綠色化學第五期(<http://www.bioeng.ttu.edu.tw/issues/issuesindex.html>)

Presidential Green Chemistry Challenge Award: <http://www.epa.gov/gcc/pubs/pgcc/presgcc.html>



3. Design less hazardous chemical syntheses: Design syntheses to use and generate substances with little or no toxicity to humans and the environment.

設計危害性低的化學合成：設計的合成是用對人類和環境的毒性都很低或不具毒性的反應物也產生同樣毒性很低或不具毒性的生成物。



1996 Designing Greener Chemicals Award

Rohm and Haas Company

Innovation and Benefits:

Rohm and Haas developed Sea-Nine™, a novel antifoulant (防污物質) to control the growth of plants and animals on the hulls of ships. In 1995, fouling (產生污物) cost the shipping industry approximately \$3 billion a year in increased fuel consumption. Sea-Nine™ replaces environmentally persistent and toxic tin-containing antifoulants.

(貝殼類及其他動植物附著船身外殼生長(產生污物)一直是船使用年限的大敵. 因此在保養上所費不貲, 也曾增加了燃料的消耗, 間接增加二氧化碳的排放.)

舊防污物質: tributyltin oxide

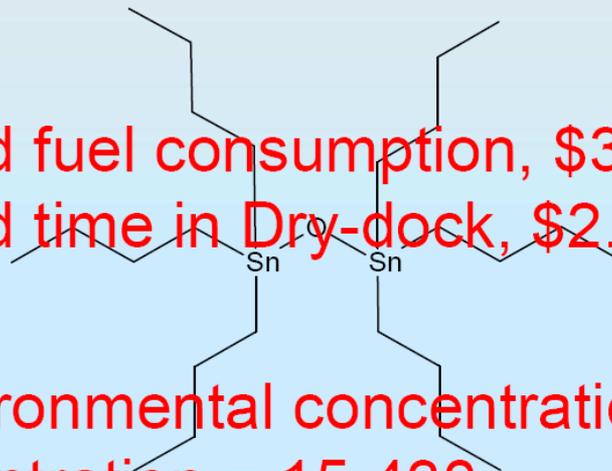
(三丁烷基錫氧化物)

半衰期大於6個月

對多種海洋生物有影響

Increased fuel consumption, \$3 billion/year

Increased time in Dry-dock, \$2.7 billion/year



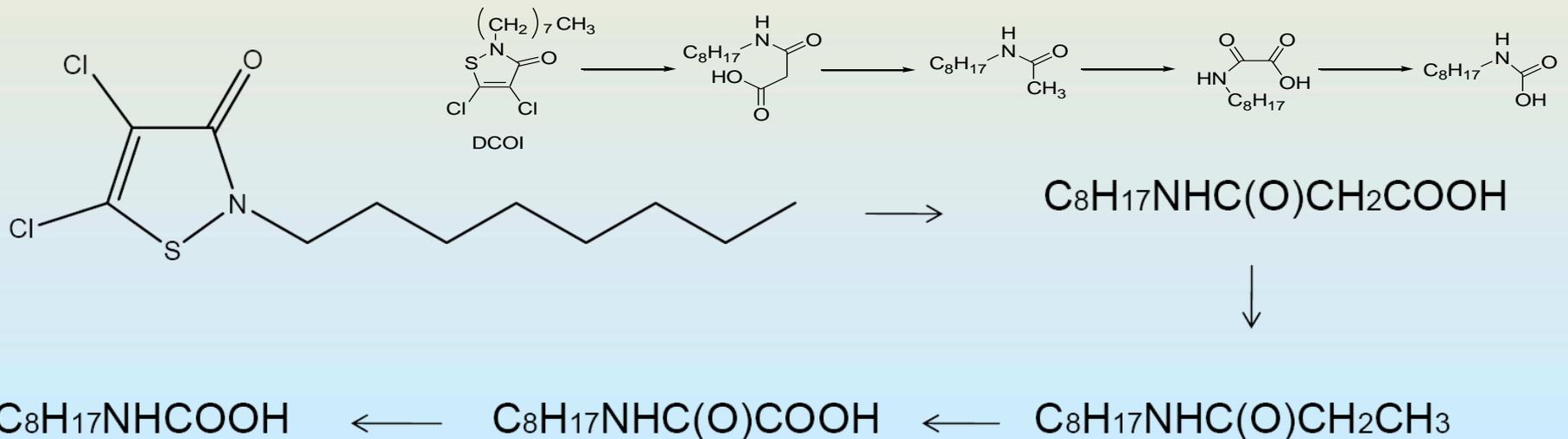
Risk Quotient = predicted environmental concentration / predicted no-effect environmental concentration = 15-430

Rohm and Haas公司篩檢了140多化合物之物, 找到4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one (Sea-Nine™ antifoulant). Sea-Nine和TBTO一樣對海洋的生物有劇毒.



半衰期小於一小時
降解為無毒物質

Sea-Nine 生物降解途徑



Risk Quotient = 0.024-0.36 vs. TBTO 15-430

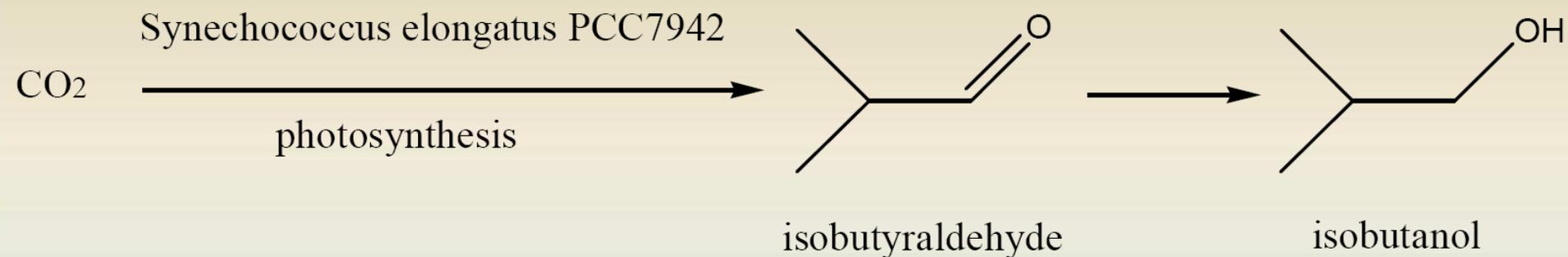
D. K. Larsen, I. Wagner, K. Gustavson, V. E. Forbes, T. Lund, Long-term effect of Sea-Nine on natural coastal phytoplankton communities assessed by pollution induced community tolerance, Aquatic Toxicology 62 (2003) 35/44
 Presidential Green Chemistry Challenge Award: <http://www.epa.gov/gcc/pubs/pgcc/presgcc.html>

4. Use renewable feedstocks: Use raw materials and feedstocks that are renewable rather than depleting. Renewable feedstocks are often made from agricultural products or are the wastes of other processes; depleting feedstocks are made from fossil fuels (petroleum, natural gas, or coal) or are mined.

使用可再生的原料：使用可以再生，而非消耗性，的原始物料和材質。再生性原料通常來自農作物或其它製作過程的廢料。而消耗性原料則來自石化燃料(石油、天然氣或煤)或是由採礦而得。



二氧化碳生物合成多碳原子(3-8)的醇化合物 (higher alcohols).



二氧化碳是眾所週知的溫室氣體.吾人正因它的逐漸增加所引起各種自然災害而煩惱.現能反其道而行將二氧化碳轉變為燃料和其他化學原料.而且其過程(光合作用)是非常乾淨.碳數比乙醇高的醇的含能量高、吸水性低、蒸氣壓低(不易污染空氣)等優點.如果每年能生產600億加侖(約佔25%之汽油)就可以去除500百萬噸二氧化碳,這數字約等於全美國一年二氧化碳排放量之8.3%.

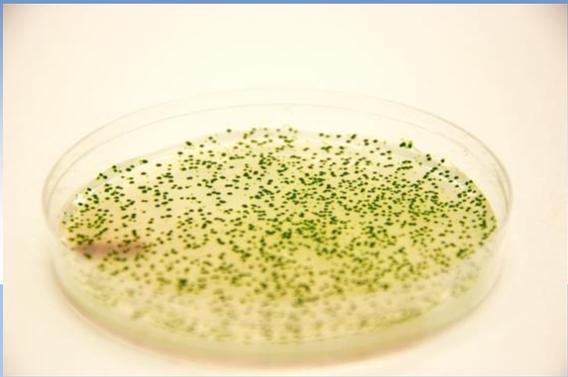
2010總統綠色化學挑戰獎(四) —學術獎得主 James C. Liao 教授

Nature Biotechnology 27, 1177 - 1180 (2009)

綠能與綠色化學第五期(<http://www.bioeng.ttu.edu.tw/issues/issuesindex.html>)

Presidential Green Chemistry Challenge Award: <http://www.epa.gov/gcc/pubs/pgcc/presgcc.html>





教授的發明得到的專利權歸學校，學校將專利授權給公司生產。UCLA允許發明人擔任公司的共同創辦人或董事。於是直接刺激了研究和發展，這一點很值得我們學習。廖教授的研究成果不但得到美國環保署的肯定，也得到美國能源部的青睞，給他三年共4百萬經費研究以電力來再利用二氧化碳產生異丁醇。日本三菱公司的研究機構 KAITEKI Institute Inc. (TKI) 也和廖教授合作來研究再利用二氧化碳來生產工業品如汽車的保險桿、包裝物、尿布和DVD等。再利用二氧化碳產生燃料及其他化學原料的好處還有不需要用糧食來換乙醇，不需要處理廢棄物。用微生物則不需要廣大的土地。希望能引起國人投入這方面的研究。

5. Use catalysts, not stoichiometric reagents: Minimize waste by using catalytic reactions. Catalysts are used in small amounts and can carry out a single reaction many times. They are preferable to stoichiometric reagents, which are used in excess and work only once.

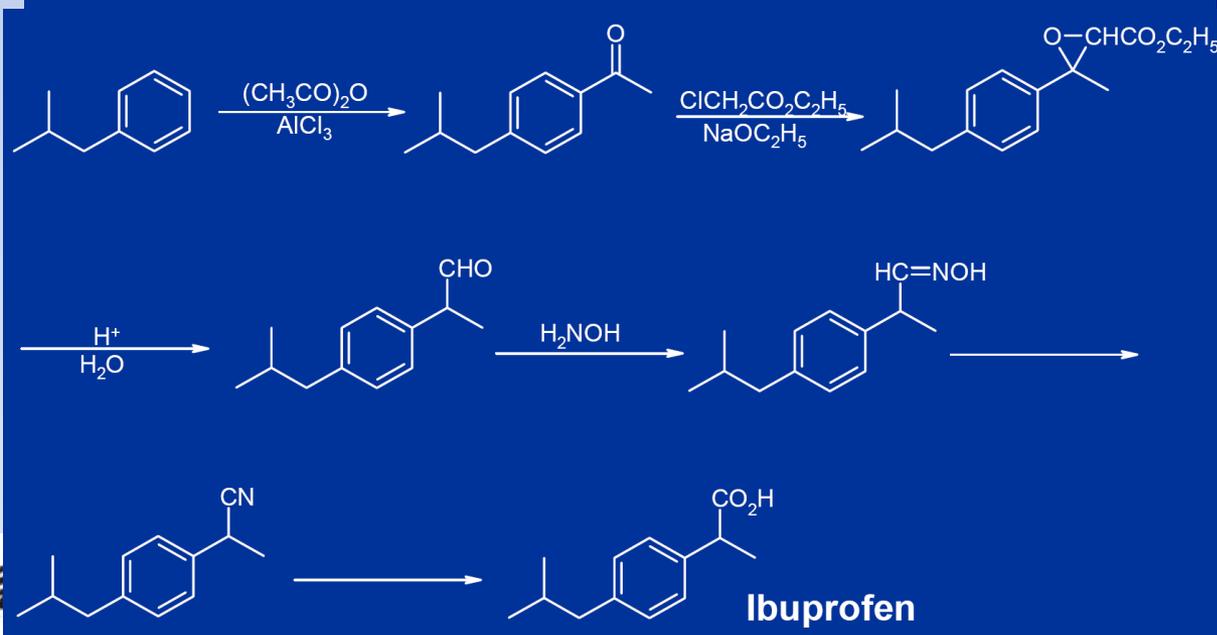
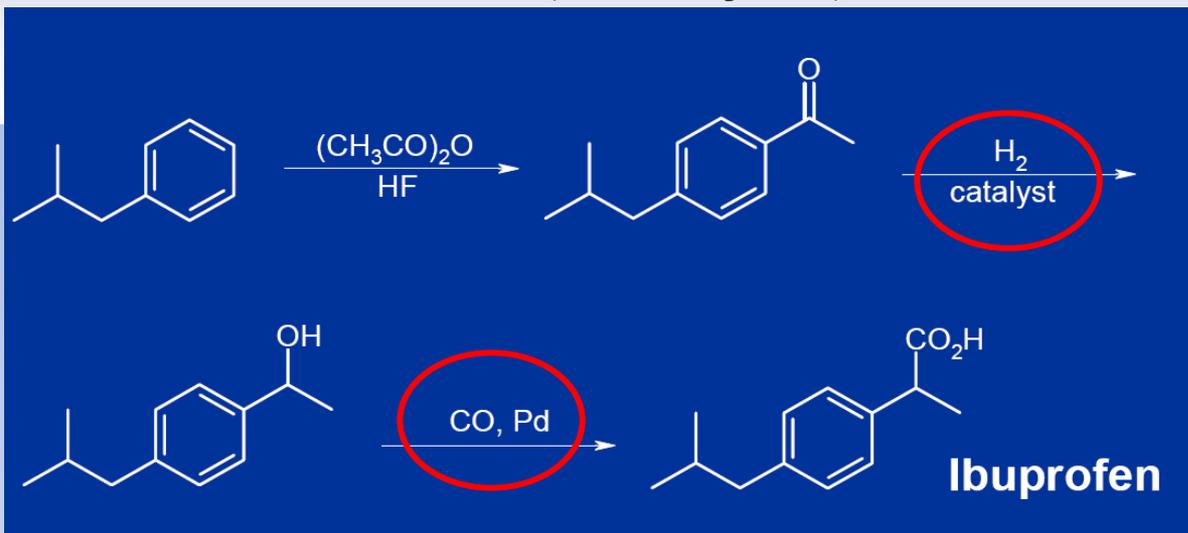
使用觸媒而非化學當量的藥劑：利用觸媒反應將廢料減至最低量。觸媒僅需少量且可重複促成某一反應。觸媒比化學當量藥劑更為優先使用。因為後者常需用過量。且僅能使用一次。
要點：觸媒不但使用量少，而且可降低激發能，節省能量。產品專一，可減少廢物。

Catalyst Mole % = 100 * (moles of catalyst)/(moles of limiting reagent upon which it acts)

C. M.: >0 (minimun), 1 (low), 10 (moderate), 50 (large), 100 (maximum)



優先考慮以觸媒性、且選擇性盡量高的試劑進行反應 (Catalysis)





◆ Polyoxometalate (POM) catalysts

- non-toxic, inorganic cluster compounds
- selectively delignify wood
- utilize only air and water

◆ Converts trees to paper without the use or generation of toxic chemicals

Hill, Emory University; Weinstock, USDA Forest Service



6. Avoid chemical derivatives: Avoid using blocking or protecting groups or any temporary modifications if possible. Derivatives use additional reagents and generate waste.

避免化學衍生物：盡可能避免使用阻擋或保護群組或任何暫時的修飾。衍生物須用更多的藥劑而且產生廢料。

◆ Catalytic synthesis of ULTEM® thermoplastic resin

- 25% less energy required to produce each pound of resin
- volume of organic waste stream for off-site disposal decreased by 90%
- 50% less catalyst used

GE Plastics (General Electric Corporation)

◆ Oxidation of hydrocarbons by photocatalysis

◆ Titanium dioxide catalyst

- active at room temperature
- non-toxic
- stable
- inexpensive

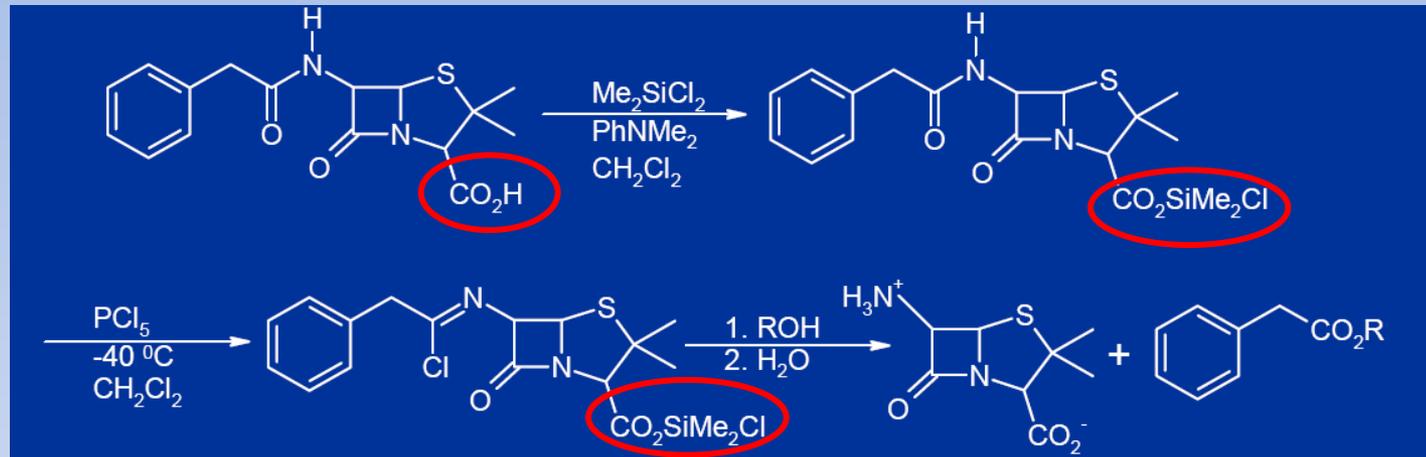


Sahle-Dimessie, U.S. EPA

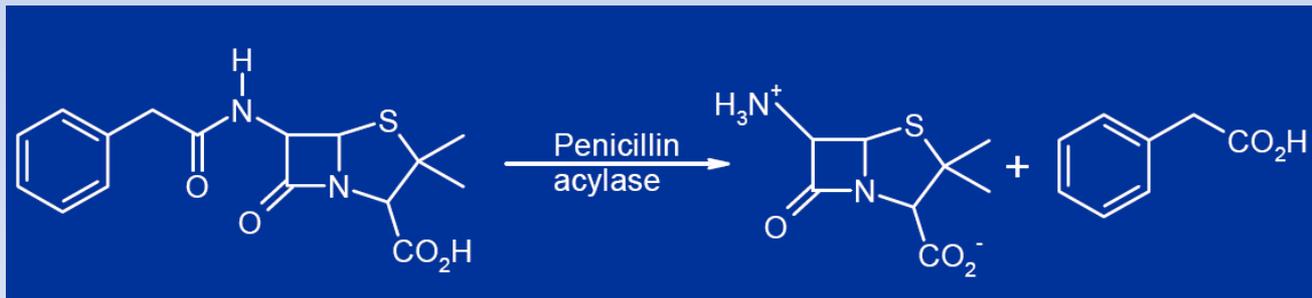
避免製造原非必要之衍生物 (Reduce derivatization)

➤ Enzymatic synthesis of 6-aminopenicillanic acid

◆ Conventional Synthesis



◆ Catalytic Synthesis

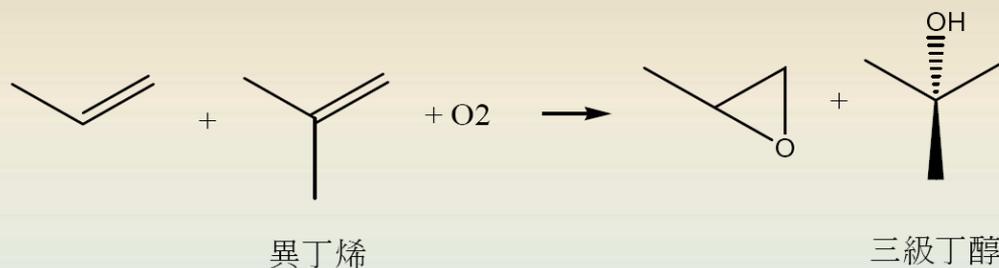


7. Maximize atom economy: Design syntheses so that the final product contains the maximum proportion of the starting materials. There should be few, if any, wasted atoms.

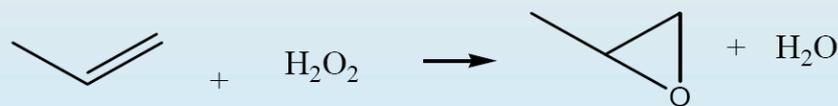
發揮最大的原子經濟：設計合成使得終極產物含有最大部分的原始反應料。而沒有甚麼浪費的原子。即便有也是很少。

Atom Economy (原子經濟指標) =
$$\frac{\text{m.w. of product} \times 100\%}{\sum (\text{m.w. of reagent})}$$

1,2環氧丙烷 (propylene oxide)



$$\text{A.E.} = 58 \times 100\% / (42 + 56 + 32) = 45\%$$



$$\text{A.E.} = 58 \times 100\% / (42 + 34) = 76\%$$



因而得到2010 總統綠色化學挑戰獎:更永續合成途徑獎。

8. Use safer solvents and reaction conditions: Avoid using solvents, separation agents, or other auxiliary chemicals. If these chemicals are necessary, use innocuous chemicals.

使用較安全的溶劑和反應條件：避免使用溶劑、分離劑或其它輔助劑。如果是必須時則使用無害的化學藥品。

選擇溶劑的要件

化學反應之需求：溶解度的大小、反應之快慢、產量之多少。

抽取產物之考量：揮發之難易。

是否對環境及人體健康衝擊：有無毒性？對環境產生長時間影響。

Green Chemistry Metrics, p.22 (Blackwell, 2009)

➤ Environmental Regulation of Solvents

- ◆ Clean Air Act and Clean Air Act Amendments (Hazardous Air Pollutants List)
- ◆ Clean Water Act
- ◆ Toxics Release Inventory
- ◆ Toxic Substances Control Act
- ◆ Montreal Protocol

➤ Green Chemistry Solvents

- ◆ Aqueous Solvents
- ◆ Immobilized/ Derivatized/ Polymeric Solvents
- ◆ Solventless Conditions
- ◆ Supercritical Fluids
- ◆ Ionic Liquids



Pfizer公司在藥物化學溶劑應用的規範

優先考慮

water
acetone
ethanol
2-propanol
1-propanol
ethyl acetate
isopropyl acetate
methanol
methyl ethyl ketone
1-butanol
t-butanol

可用

cyclohexane
heptane
toluene
methylcyclohexane
methyl *t*-butyl ether
iso-octane
2-methyltetrahydrofuran
tetrahydrofuran
xylenes
dimethyl sulfoxide
acetic acid
ethylene glycol

不理想的

pentane
hexane
di-isopropyl ether
diethyl ether
dichloromethane
dichloroethane
chloroform
dimethyl formamide
N-methylpyrrolidinone
pyridine
dimethylacetamide
dioxane
dimethoxyethane
benzene
carbontetrachloride

Searching for benign solvents (尋求無害溶劑)

Volatile organic
and
hazardous
solvents
(揮發和有害溶劑)

Replaced by



Water (水)

Non-volatile solvents (ionic)
(非揮發性溶液) (離子)

Supercritical solvents
(超臨界溶劑)

Other benign solvents
(其他)

Solventless
(無溶劑)

9. Increase energy efficiency: Run chemical reactions at ambient temperature and pressure whenever possible.

增加能源效率：盡可能在常溫常壓下進行化學反應。

要點：用能要考慮對環境及經濟的衝擊，所以能在常溫及常壓下反應最佳。

Temperature Ranges (°C)	Temperature Factor (f_T)
< -20	5
-20 to 0 (technical cooling)	3
0 to 10 (ice cooling)	2
10 to 20 (water cooling)	1
20 to 30 (room temperature)	0
30 to 90 (hot water heating)	1
90 to 160 (steam heating)	2
160 to 280 (hot oil or electrical heating)	3
> 280	5

$$\text{Step EE (Energy Efficiency)} = \frac{(f_T + |1 - \text{Pressure(atm)}|) * \text{time (hrs)} * \text{Weight} * \text{Heat Capacity (J/gm} \cdot \text{°K)}}{\text{Wt Desired Product}}$$

Alternative energy source (其他能源)

- Photochemical reactions (光化學反應)
 - Specific bond targeted
 - Low reaction temperature/higher selectivity
- Microwave-assisted reactions (微波輔助反應)
 - Fast heating rate by rotation friction (10 °C per second)
 - Target molecules with dipole
- Sonochemistry (超音波化學)
 - Generate local high pressure and temperature
- Electrochemical synthesis (電化學合成)
 - Often water-based
 - Usually mild operating conditions
 - Atom efficient – replacement of reagents by electrons

10. Design chemicals and products to degrade after use: Design chemical products to break down to innocuous substances after use so that they do not accumulate in the environment.

設計使用後能分解的化學藥劑和產物：設計使用後能分解為無害物的化學產物。以使它們不會在自然環境裡累積。

Biodegradation Half-Life	Ultimate Biodeg.
Hours	5.0
Hours – Days (% biodegradation > 50% in 28 days)	4.5
Days	4.0
Days - Weeks	3.5
Weeks (% biodegradation ~ 20-30% in 28 days)	3.0
Weeks - Months	2.5
Months (slow to very slow biodegradation)	2.0
Longer (biodegradation issue – toxic, persistent)	1.0

Expected range: 1 (Minimum), 2 (Low), 3.5 (Moderate), 5 (Large & Maximum)

U.S. EPA BIOWIN program Expert Survey Biodegradation model



11. Analyze in real time to prevent pollution: Include in-process real-time monitoring and control during syntheses to minimize or eliminate the formation of byproducts.

瞬時分析已防污染：在合成過程中加入瞬時監管和控制，使副產物降至最低或不產生。

要點：要發展分析方法可監控在毒害物質發生之前

Questions

1. Does the potential exist in this process for the formation of hazardous side-products? (30 pts)
2. Are adequate monitoring and control apparatus in place to quickly detect excursions in reactors and storage vessels? (0 to 50 pts)
3. Is the process common practice and/or in the scale-up or commercialization stages of production? (20 pts)



12. Minimize the potential for accidents: Design chemicals and their forms (solid, liquid, or gas) to minimize the potential for chemical accidents including explosions, fires, and releases to the environment.

使發生意外的可能降到最低：設計化合物及它們的狀態（固態、液態，或氣態）以使發生化學意外的可能降到最低，包括爆炸、起火及波及周遭環境。

什麼是風險評估？ 找出危害 評估甚麼人和如何會受到危害 作紀錄 向有關單位匯報
(**防災止難，人人有責**)

重大的危害

火（不適當化合混合、意外點火、危險動作如燒焊、抽菸、外來的因素如撞擊、閃電、其他地方燒過來） 爆炸（火、撞擊、高壓氣體、不能控制放熱反應）

釋出有毒物質 釋出腐蝕物質

(**作最壞的打算**)

化學作業處理之管理作業指南及安全操作規範

改變及修飾規範

作業人員訓練

日常檢查及審核

緊急應變措施

工作環境之維護

(**大都由人的疏忽而造成，一定要照規章進行**)

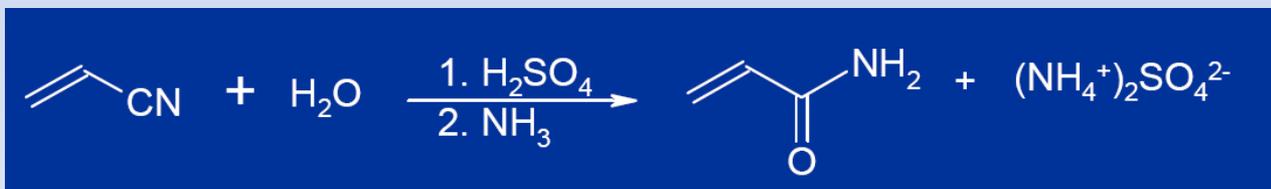
Designing and operating safe chemical reaction processes

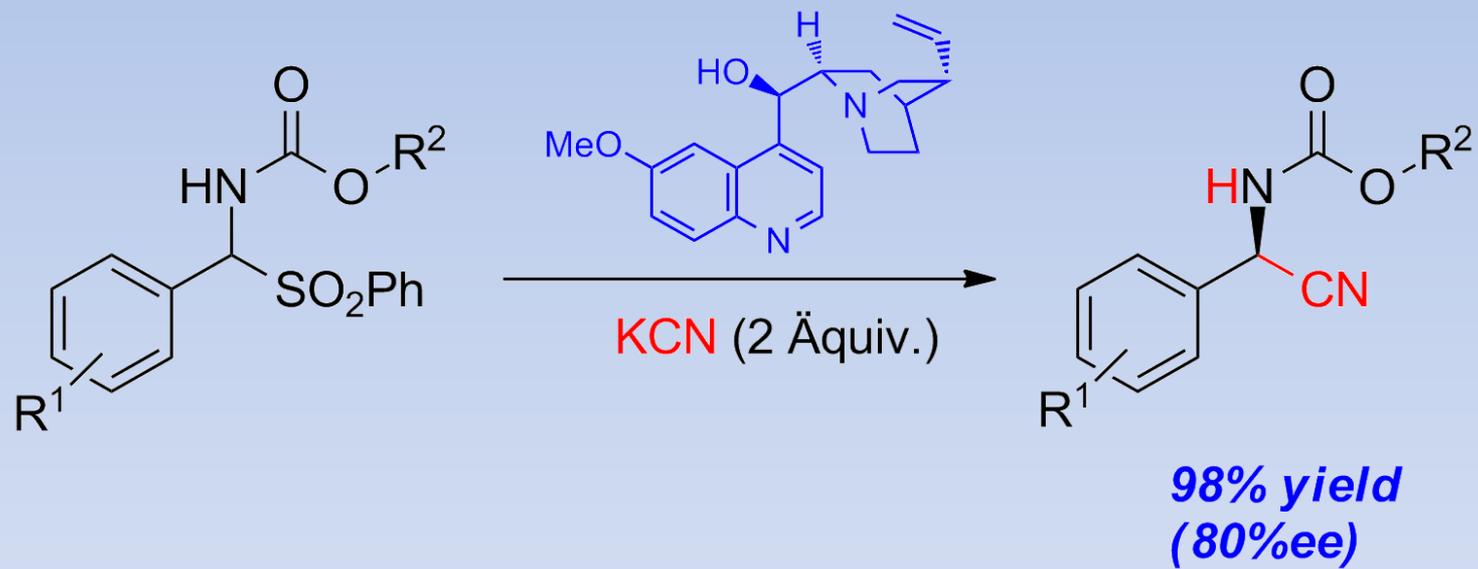
- ◆ At a time when many hazards can be reduced or eliminated, it is no longer a reasonable justification to say, “We know how to handle hazards.”
- ◆ Accidents
- ◆ Security vulnerability

Biocatalysis: Synthesis of Acrylamide



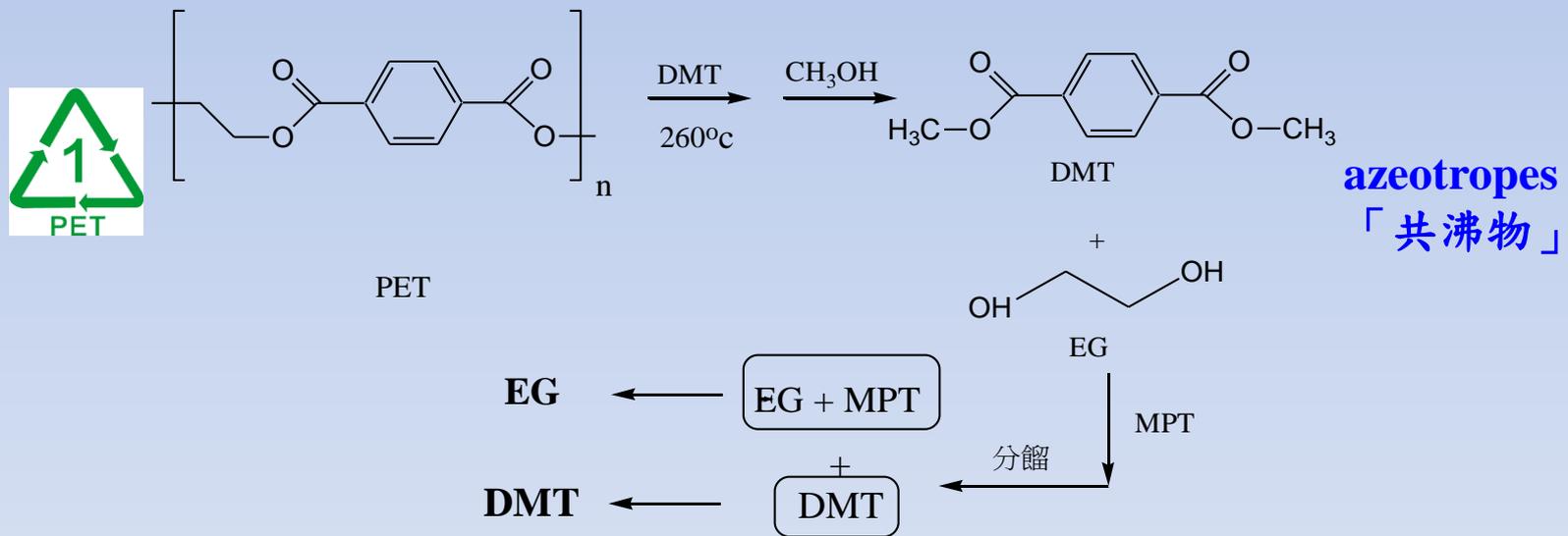
Conventional Synthesis: Utilizes Corrosive Acid and Ammonia





原料再生與廢棄物轉換利用

1997年美國杜邦公司完成從保特瓶回收乙二醇與對苯二甲酸二甲酯的研究，現且已付生產。原理並不艱深，只是在加甲醇分解產生之EG與DMT混合物中另再加入對苯甲酸甲酯（MPT），EG和MPT形成「共沸物」受熱逸出與DMT分開，而冷卻後EG和MPT能完全分離。故可分別得到EG與DMT，再聚合成為聚酯PET。



DMT: dimethyl terephthalate EG: ethylene glycol

- **廢棄物轉換利用方面**，已有不少實例。現介紹兩個和日常生活用品密切關聯的例子。一是美國杜邦公司收集大量原盛裝新鮮牛奶的高密度聚乙烯瓶，將之製成聚乙烯購物袋；然後又能把廢棄的塑膠購物袋再次回收、重新處理，並和廢木材纖維混合製造「塑膠木材（plastic lumber）」。這種塑膠木材相當耐用，尤其適合戶外用途，如公園和路邊之坐椅。另一例是耐吉（Nike）公司將製造運動鞋之廢棄物和回收的舊運動鞋等製成一種「耐吉粉粒（Nike Grind）」，可用以鋪敷運動場和人行道。這家公司已捐贈77噸給北京市，修建了一座為2008年奧運會比賽用的足球場。據了解，該公司亦將捐贈臺灣南部某國中或國小一類似之運動場。

永續十律 (Ten Commandments)

(美國密蘇里大學:S. E. Manahamn 教授)

1. 人類福利非僅擁有物質而必以生活品質為指標。其要求是經濟、政府體系、教義信條和個人生活方式均必須考慮環境與永續性。
2. 因地球的負荷與（人口數）及（每人所需）兩因素相關，故論及地球資源時必須兩者兼顧。
3. 已知人類即使冒全球發生巨大災難之險，仍必將試圖依靠科技以迎合其需求，故須有「人類」為全球環境五個基本圈（大氣圈，人類生命圈，生物圈，地球圈與水圈）之一的認知，且須本着最大永續性及於環境無害之原則來設計。
4. 永續之關鍵在能量，故必發展有效利用來源豐沛，且不傷害環境的能源。



5. 益於地球生命之氣候必予維持，且必找出適切方法以應付必然發生之氣候變化。
6. 地球的生物與生產容量必須維持及增進，且須顧及所有五個環境圈。
7. 物質資源之需求必須大幅減少，並應取續生性、可再用性及能在自然分解者。
8. 必須盡可能少用及少製造危險、有毒與難分解的物質，且絕不可將之釋放到環境中。任何廢棄物必須轉變成無毒害後方可送往棄置場。
9. 不可因不願冒險而不改進缺點。
10. 教育為永續發展之不可缺；必須將其推廣到社會的各年齡層與各行業，藉各種媒體來傳播，也是所有在永續領域具專長者的責任。

永續科技十二原則

(Twelve principles of green science and technology)

- 1.當前人類之所為將使地球未來資源枯竭、環境破壞，以致生存條件嚴重受損，甚至不能承受，而有如以往已發生過因生存環境毀壞使文明衰退及人種消滅之虞。
- 2.地球的負荷之增加及其支持體系之衰減由「人口數」與「每人所需」而定。 $\text{負荷} = (\text{人數}) \times (\text{每人所需})$
- 3.即使冒全球發生巨大災難之險，仍將為迎合人類之需求而發展技術，唯必須本着最大永續性及於環境無害之原則來設計。
- 4.務必將「人類」為全球環境五個基本圈之一的認知。
- 5.永續之關鍵在發展有效利用來源豐沛，且不傷害環境的能量。
- 6.益於地球生命之氣候必須維持。

- 7. 地球的生物與生產容量必須維持及增進，且須顧及五個環境圈間的相互作用。
- 8. 必須大幅減少物質資源之需求，並應取續生性、可再用性及能在環境中自然分解者。
- 9. 盡可能少用及少製造危險、有毒與難分解的物質，且絕不可將之釋放到環境中。
- 10. 人類福利非僅擁有物質而應以生活品質為指標。經濟、政府體系、教義信條和個人生活方式均須考慮環境與永續性。
- 11. 必須知道因不願冒險而仍有險。(There are risks in taking no risks)
- 12. 為達到永續這一目標，必須教育學生及一般民眾。雖因而社會體系需有大變化，但須由科學家、工程師及具教化能力者來引導；已沒時間等政客與不懂科學的人去做決定。



(From: Manaham, *Environmental Science and Technology*, 2nd Ed. 2007)

永續工程十二原則

(Anastas and Zimmerman, Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 94A-101A)

1. 設計者須力求所輸入及釋出之物料和能量盡可能為本質無害者。
2. 預防產生廢棄物勝於事後處理或清除。(防患未然)
3. 設計分離及純化時須盡可能少用能源及物料。
4. 設計產品、程序及系統時須使能源、物料、空間和時間之效率為最高。
5. 設計產品、程序與系統時應採能源及物料之「釋出拔擢(output pulled)」而非「輸入推動(input-pushed)」來促成
6. 設計選擇再生(recycle)，重新使用或效益處置時須含考慮整體之混亂度與複雜性(embedded entropy and complexity)
7. 以耐用(durability)而非不壞(immortality)為設計之準則。
8. 功能超過需要，則屬瑕疵設計。
9. 多成份產品應盡量減少元件的多樣性以保持重組與再利用價值
10. 設計產品、程序與系統時應包括和現有能源、物料的流通及交互利用。
11. 設計產品、程序與系統時應考慮商業之來生(after-life)利用。
12. 使用「續生性」(renewable)而非日趨枯竭的能源及物料。



(2) 綠色科技

省電的LED

Color	Wavelength (nm)	Voltage (V)	Semiconductor Material
Infrared	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.9$	Gallium arsenide (GaAs) Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
Red	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
Orange	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
Yellow	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
Green	$500 < \lambda < 570$	$1.9 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium(III) nitride (GaN) Gallium(III) phosphide (GaP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Aluminium gallium phosphide (AlGaP)
Blue	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Zinc selenide (ZnSe) Indium gallium nitride (InGaN) Silicon carbide (SiC) as substrate Silicon (Si) as substrate — (under development)
Violet	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN)
Purple	multiple types	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Dual blue/red LED PANEL LIGHT LEDs, blue with red phosphor, or white with purple plastic



LED之應用



充電電池-鋰電池

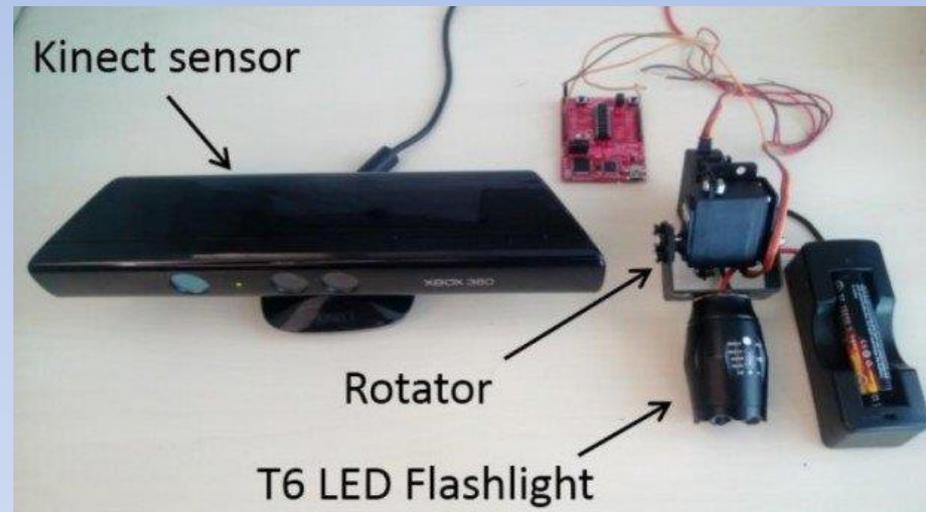


從上世紀 70 年代第一塊鋰離子電池製成，到 20 年之後 Sony 將這種技術正式商用投產，再到現在日趨成熟，鋰離子電池技術已經度過了快 50 年的時間

快充技術



無線充電 / 遠距離 / 定向無線充電



鋰電池用於電動腳踏車、機車與汽車



【科研突破】美研究團隊意外發現可持續使用400年的電池，即是以後都不用換電池了

美國加州大學爾灣分校（University of California, Irvine）的研究團隊意外發現了能夠支援 20 萬個充電週期的電池，即是大家以後或許都不用更換電池了！研究人員表示，手提電腦的蓄電量普遍在 300 至 500 個充電週期左右，而他們發明的電池則是在 **20 萬個充電週期**。（編註：1 年 = 500 個充電週期，400 年 = 20 萬個充電週期）按照正常情況來說，電池的蓄電量會隨著時間和充電頻率而降低，但他們的永恆電池在持續使用 3 個月之後，電量顯示竟然還剩下 **94 至 96%**



。 (圖左為 Mya Le Thai 博士) 帶領研究的 Mya Le Thai 博士表示，她是在實驗室玩樂時不小心發現永恆電池的。當時她在二氧化錳 (Manganese Dioxide) 上塗了金納米線 (Gold Nanowires)，然後再應用了「有機玻璃狀」的電解質凝膠。在正常情況下，納米線擁有極高的導電性，但由於它比人類的頭髮還要細幾千倍，導致它最多只有 8000 個充電週期的使用壽命。但研究人員發現，在 3 個月的實驗結束後，當時製作的電池仍完好無缺；因此，他們懷疑凝膠增塑了電池內的金屬氧化物，繼而大幅增加了電池的使用壽命。他們的發現可說是帶給了電子產業一個巨大衝擊，相信未來或會引起一場業界改革。然而，這種電池技術仍然處於研發階段，估計在成為商業化產品前依然有一段距離。

<http://techstart.presslogic.com/2016/09/16/article/11260/>

氫燃料電池車

0 CO₂二氧化碳排放



在氧氣及氫氣的作用下，氫燃料電池車款即可生成動能，而排放出來的只有水蒸氣。在充滿燃料的前提下，Mirai的巡航里程可達到約**500**公里，而燃料用罄時補滿的時間也僅需約**3**分鐘

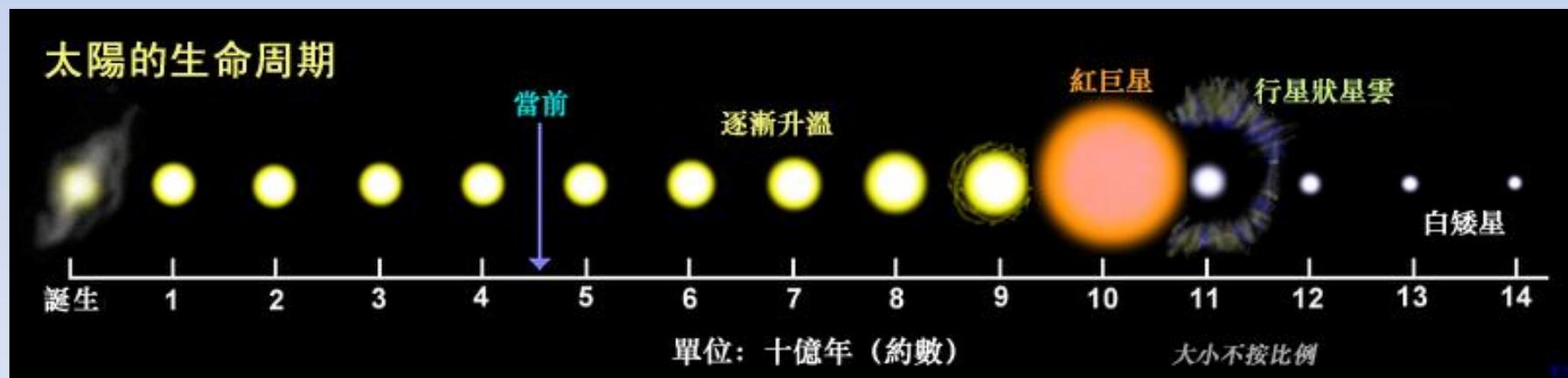
太陽能

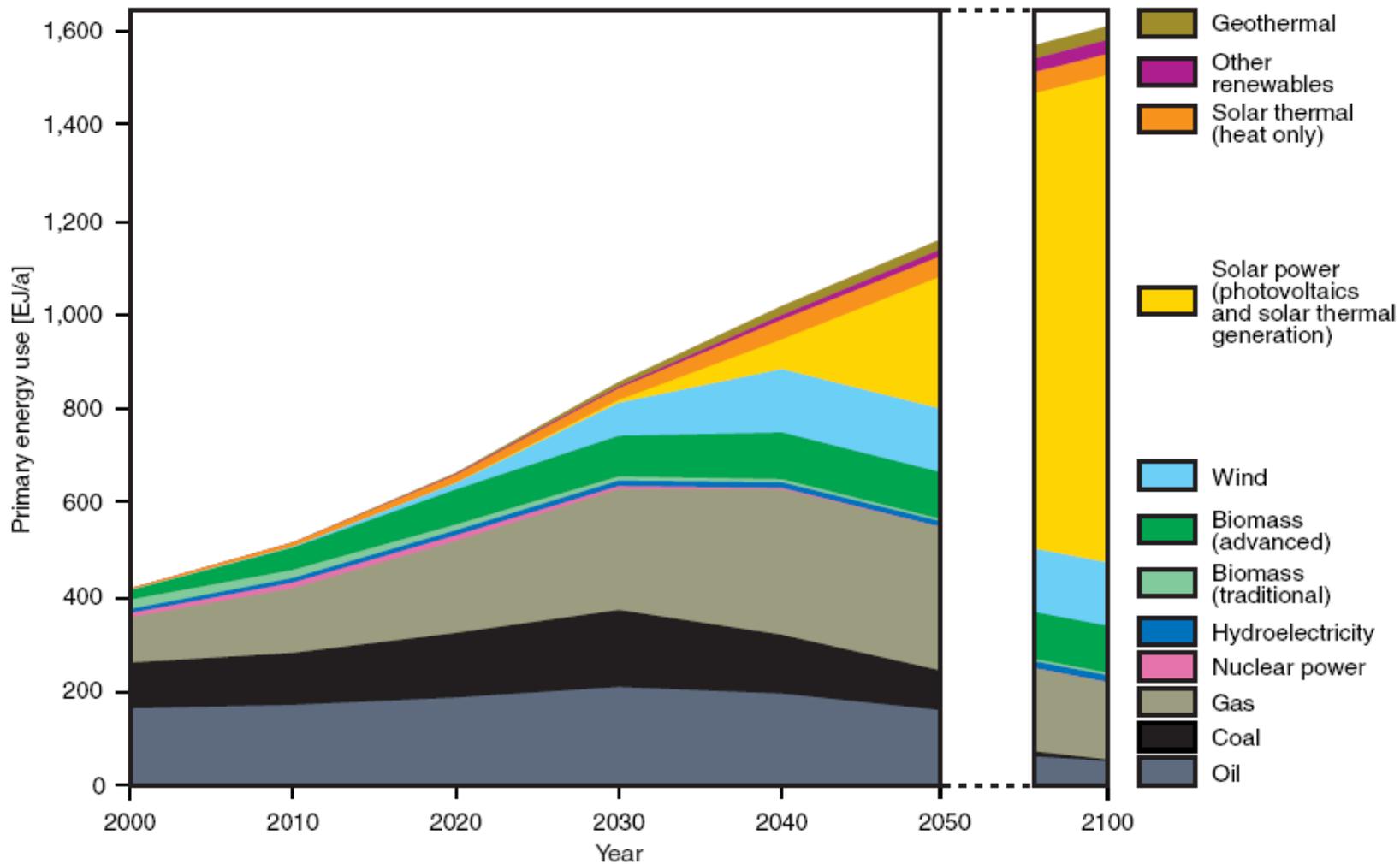
太陽是能源之母

- 太陽是地球上所有能源的源頭，目前已知的能源幾乎都直接或間接來自太陽(如：石油、煤、天然氣、水力等)。
- 太陽光照射整個地球表面1小時內的能量約可供全人類使用1年($\sim 5 \times 10^{20}$ J)。

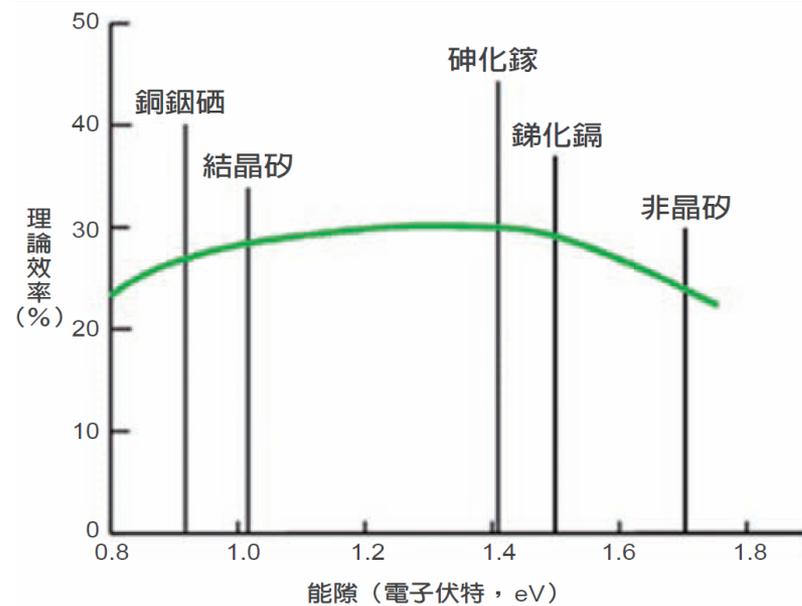
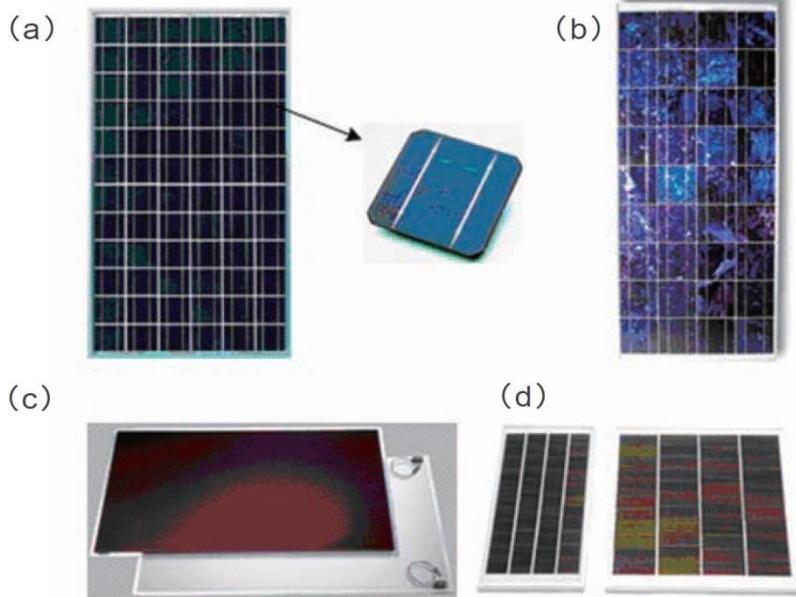
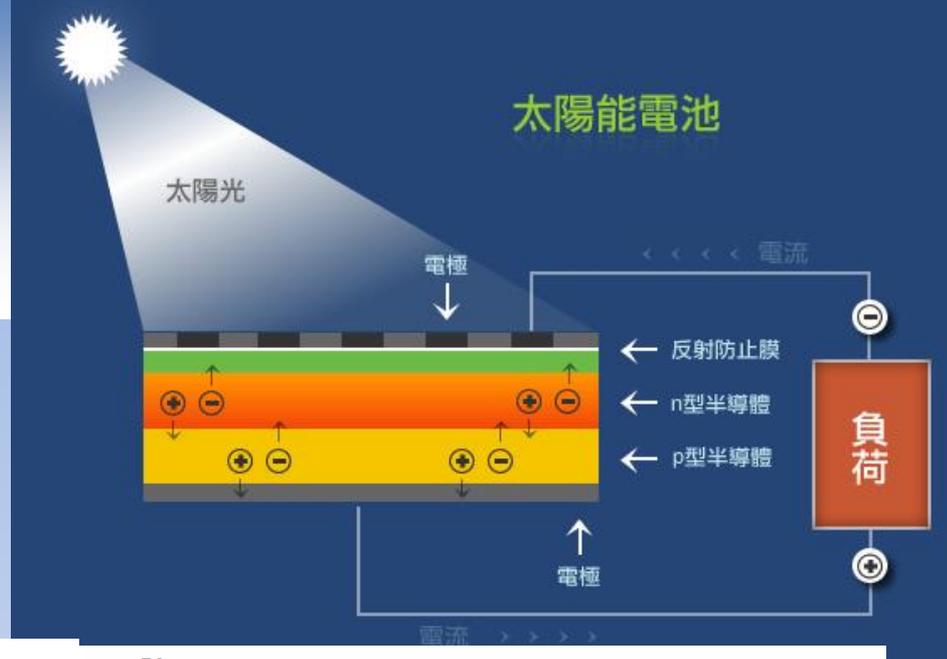


- 太陽還可以繼續發光至少50億年以上。
太陽能是免費、取之不盡、用之不竭之潔淨能源(無溫室氣體排放)
- 但必須找到有效的使用法。





太陽能電池



各種不同半導體材質的能隙及理論效率

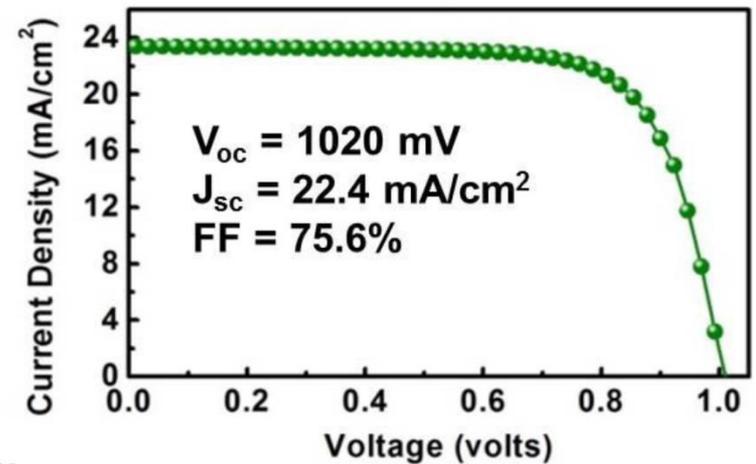
(a) 單晶矽太陽能電池；(b) 多晶矽太陽能電池；(c) 非晶矽薄膜太陽能電池；(d) 銅銦鎵硒薄膜太陽能電池。

太陽光電產業的新星 ——鈣鈦礦(Perovskite)太陽能電池

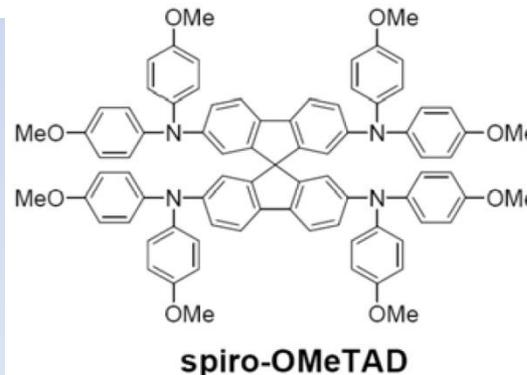
化學式(CH₃NH₃)PbX₃



Efficiency : 17.3 %



固態電洞傳輸材料



地熱之島

台灣是地熱島，地底下可開發熱能估計30GW，相當於11個核四廠的發電量。台灣做過全島的地熱探勘，甚至設立全世界第14座地熱發電廠...

當世界各國紛紛發展地熱發電，這個最穩定、最永續的再生能源，台灣是否有機會，急起直追？

民國70年，工研院與中油在台東知本溫泉區，總共鑽鑿了7口井，其中知本一號井深達1460公尺，溫度高達140多度。

地熱發電不需要燃料，佔地面積非常小，結合了傳統能源與再生能源的優點。

清水地熱發電廠，新的增強型地熱發電有兩口井，一邊取水、另一邊將發完電的尾水回注地下，保持地下水進出的平衡。



全臺首座地熱發電運轉

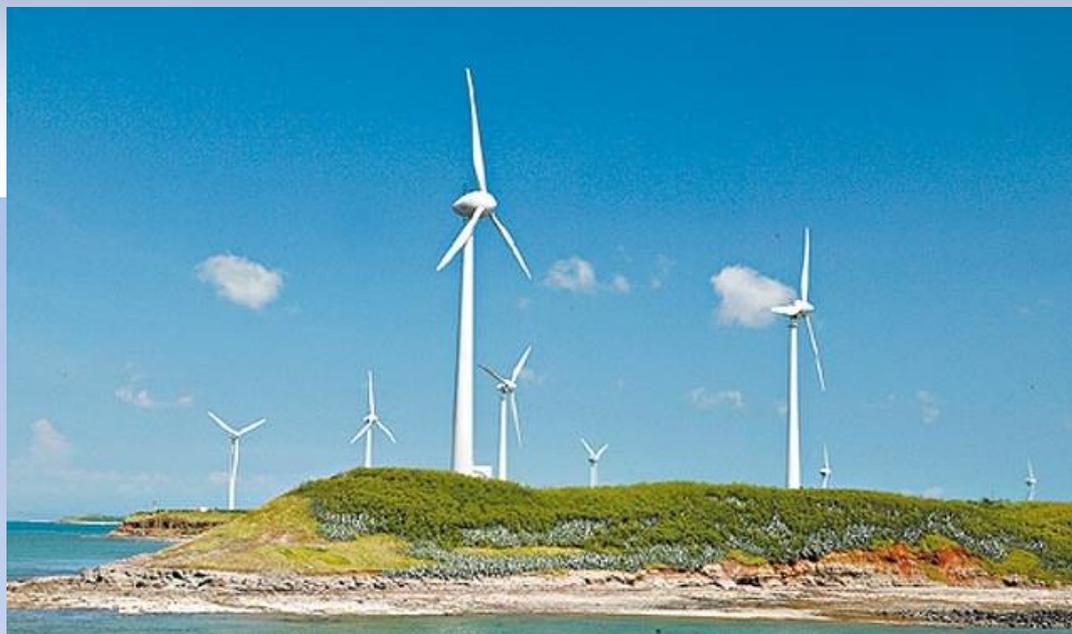
摘錄自2013年12月11日NOWnews宜蘭報導

臺灣最具地熱開發潛能的**宜蘭清水地熱**，在經濟部能源局補助下，由工研院打造100%國產自製的50kW雙循環地熱發電機組，並開始運轉供應地熱園區的用電。

預估清水地熱的可發電量，約可供應1萬戶家庭的用電。能源局5年前補助宜蘭縣政府，進行清水地熱田的探勘與地熱資源開發，並以清水為重點發展區，委由工研院執行地熱發電潛能評估、地熱井修復，以及地熱儲集層生產管理技術研發、發電廠設置的整體開發規劃。

2013年10月底完成不停機長時運轉，供電至宜蘭清水地熱綠能園區，累積運轉時數已達900小時、累積發電量達42000度。





世界第一等：離岸風力發電

海上風場

平均風速 3-6 m/s, 才具經濟效益

澎湖平均風速 7 m/s, 世界第一等



環保塑膠

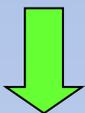
替代品發展沿革：

傳統塑膠

傳統塑膠添加光敏劑、崩解劑－經陽光照射脆裂成小細片

1970-1990

傳統塑膠添加碳酸鈣－減少石油的使用量

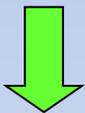


生質塑膠

傳統塑膠添加天然生質材料－減少石油的使用量，較易崩解

1990-2000

為部分生物分解性質



生物分解塑膠

石油合成類生分解塑膠－由石油類高分子化學合成

2001-

澱粉合成類生分解塑膠－以澱粉分解之醣類經發酵、聚合、

酯化而化學合成

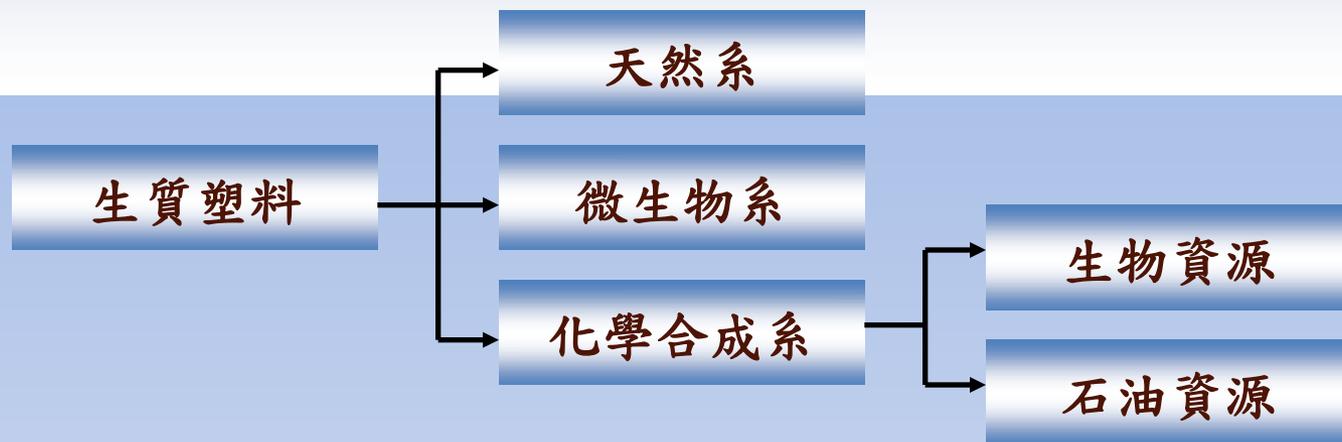
微生物類生分解塑膠－以生物菌株經發酵技術合成聚酯類

天然物類生分解塑膠－以天然高分子和生物可分解高分子合成



感謝生工系 陳志成 教授提供

生質塑膠原料來源種類



天然系：

澱粉類及其化學修飾物。

纖維素、木質素、木聚醣及其化學修飾物，可來自樹木、草、葉與各種植物之廢棄物。

微生物系：

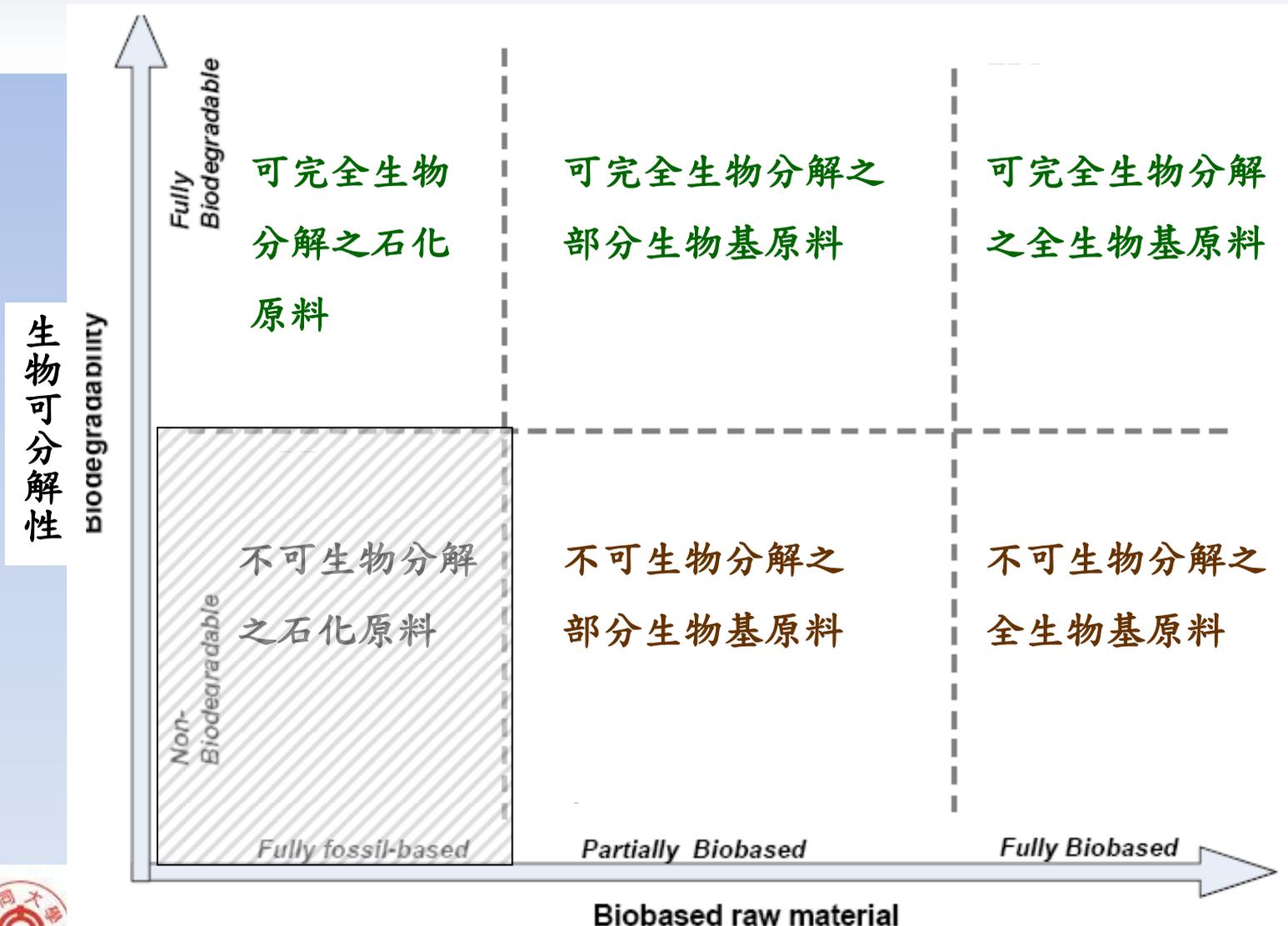
微生物高分子，如PHA（生產中）。可利用糖類、澱粉、農業副產品做為原料。

化學合成系：

(1) 生物資源：如聚乳酸(PLA)，可利用農業副產品或乳酪業廢棄物做為原料生產乳酸，再進行聚合。

(2) 石油資源：石油提煉之原料，如Polycaprolactone (PCL)、Polybutylene succinate (PBS)、Copolyester (共聚酯，如PBTCL申請專利中)、Polyvinylalcohol (PVA)

塑膠分類



何謂生物可分解塑膠？

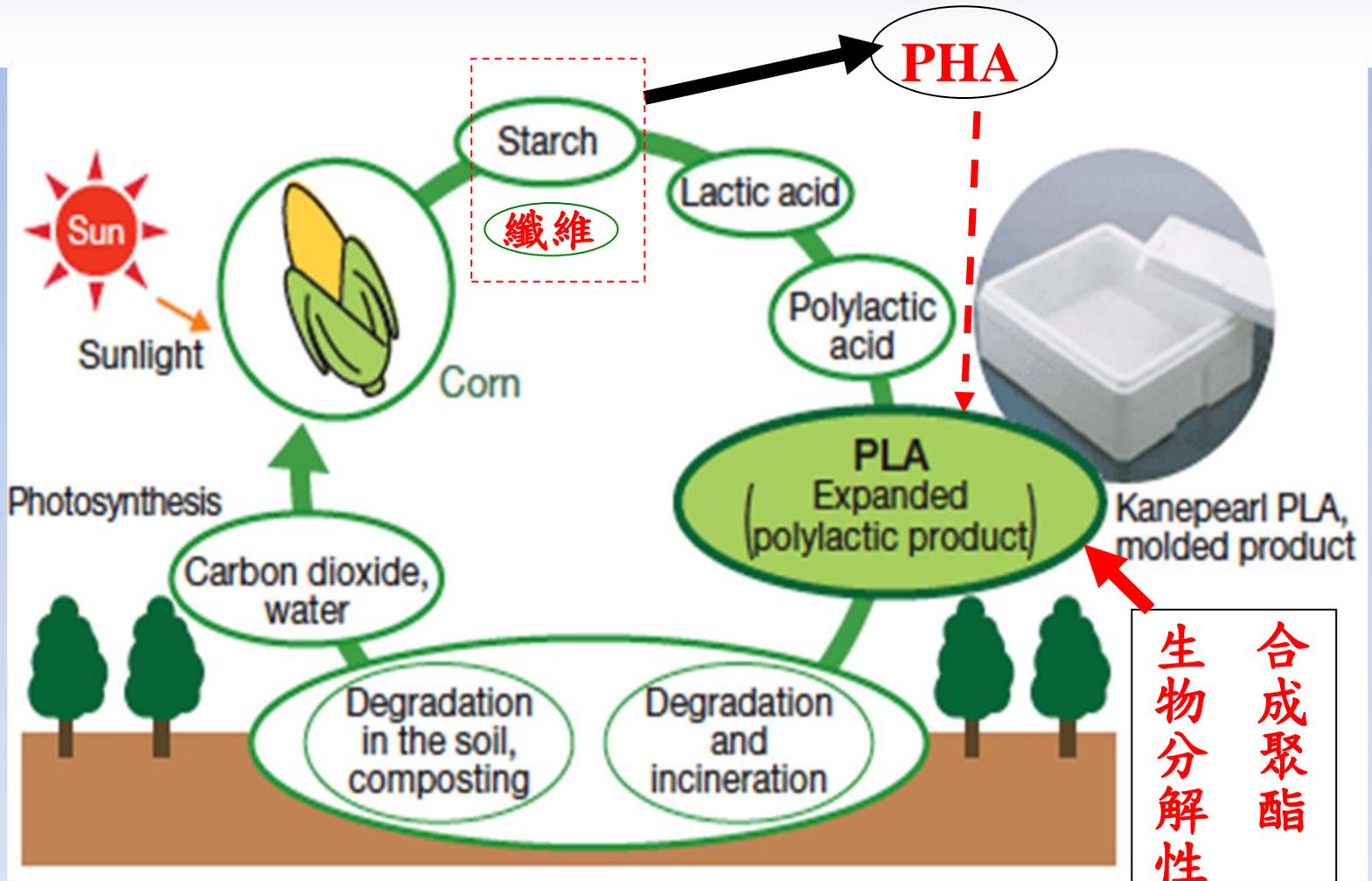
定義：

1. 高分子鍵結可以被酵素分解，如酯鍵 ester bonds， 胜肽鍵 peptide bond， 糖分子鍵 glycosidic bond 等。

2. 材料之單元分子 (monomers) 必須可以被生物代謝途徑所分解，而最終形成 CO_2 ，水與生物質分子，回歸大自然。



環保生物分解性塑膠之綠色機制



纖維素的再利用

- 每年，全球生物質產量約為200億噸，其中90%是木質纖維素。木質生物質指的是植物通過光合作用生成的有機資源，主要由纖維素(40%~50%)、半纖維素(25%~35%)和木質素(15%~20%) 3種高分子物質構成。
- 國內每年約235餘萬公噸稻稈廢棄物，除了部份為農民利用作為堆肥外，多數以焚化方式處理，非但造成空氣與環境污染亦是非常可惜的資源浪費。



稻稈



木屑

蔗渣

稻桿裁切

將原料(稻稈)粗切
為8~10公分不等，
以便混酸擠壓加工
使用。



雙軸擠壓機混酸擠壓

目的在於破壞原料並混酸降解半纖維素(hemicellulose)而得固態擠壓物。



高溫高壓溶洗槽

破壞固態擠壓物之纖維和木質素並增加水解時反應之面積。過程中所產生之溶出液體主要為木糖(五碳糖)



發酵生產纖維素分解酵素

將前處理過之纖維素以木黴菌發酵生產纖維水解酵素。此酵素將用以分解纖維素而生產葡萄糖（六碳糖）。



感謝生工系 陳志成 教授提供



大型醱酵設備-生產酵素

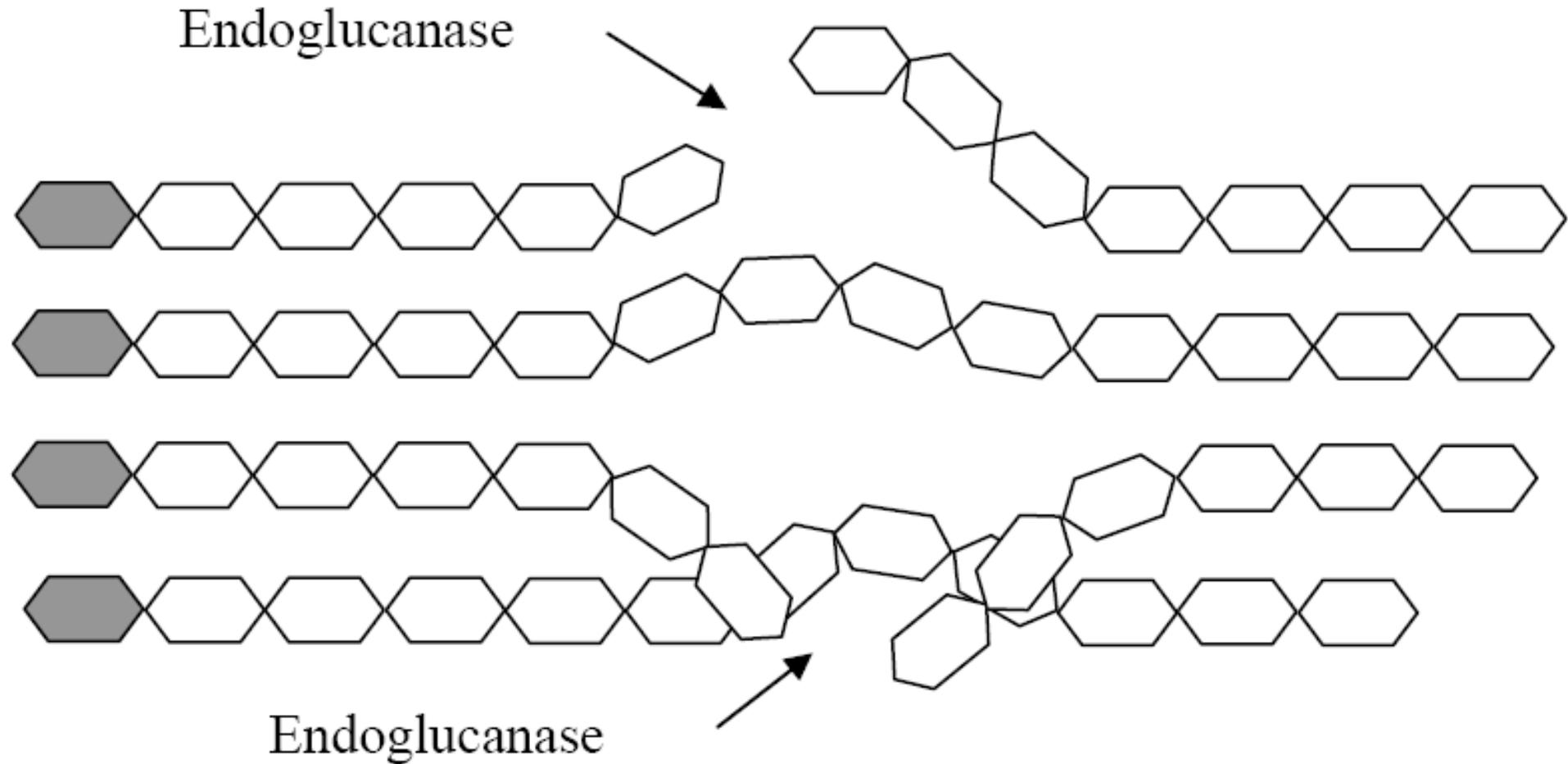
9000L 醱酵槽

1000L 醱酵槽

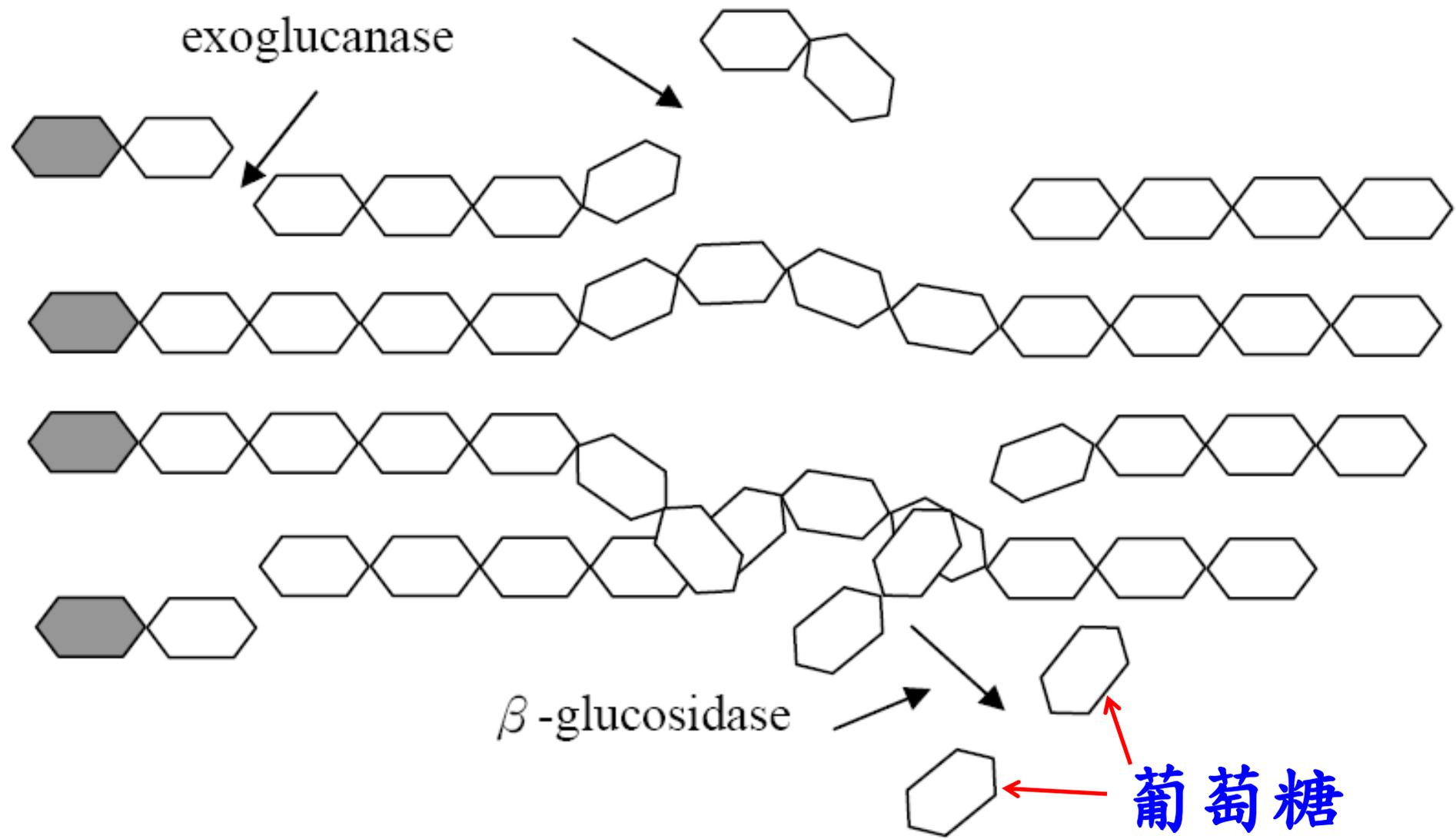
100L 醱酵槽



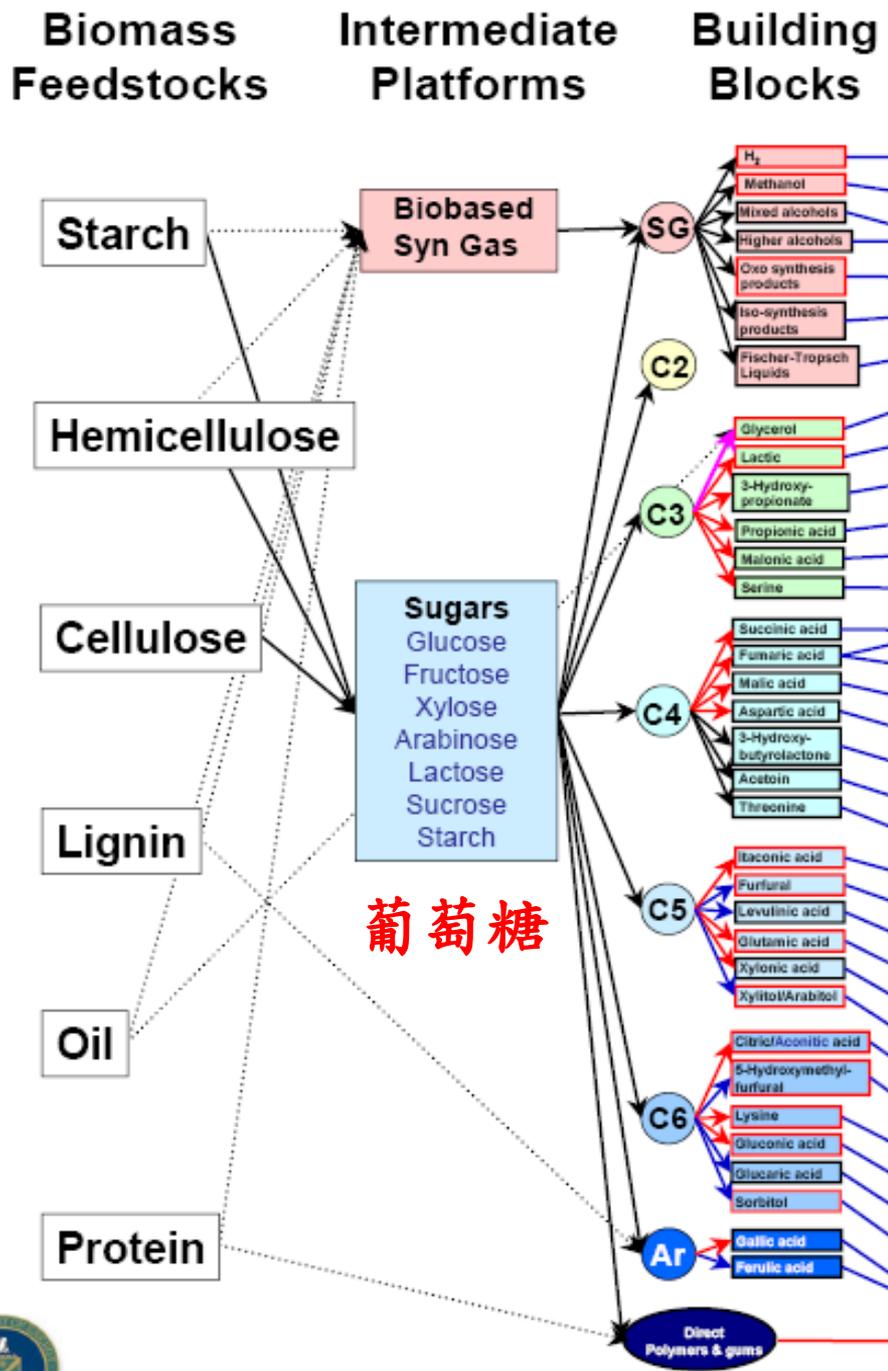
纖維素結構被酵素分解過程



纖維素被酵素糖化過程



可再生的生物質轉化成糖份，再轉化成各種化合物來取代石油來源之原料與化學品



葡萄糖

感謝生工系 陳志成 教授提供



生物分解性塑膠產品應用實例





100% COMPOSTABLE BIODEGRADABLE BIOPLASTIC

An innovative bioplastic,
created from renewable resource,
bringing sustainable development to life.

GB100

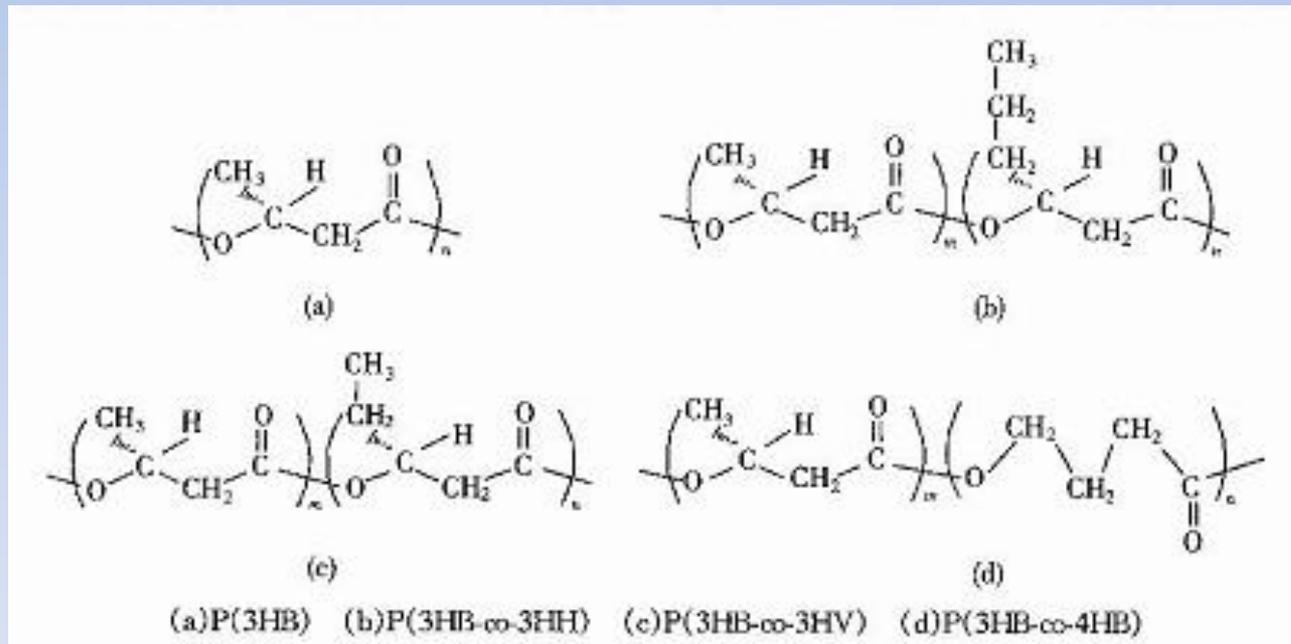


大同大學
TATUNG UNIVERSITY

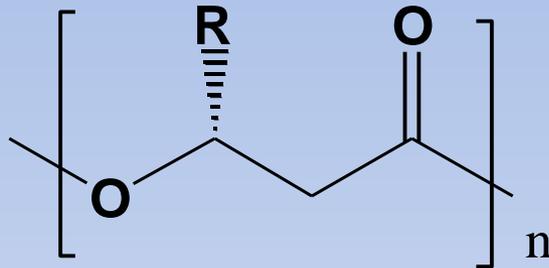


PHA

PHA具有良好的生物相容性、生物分解性和塑膠的熱加工性能，因此可將其同時作為生物醫用材料和生物可降解包裝材料，已經成為生物材料領域最為活躍的熱門研究。如圖是4種PHA的結構式。



PHA之結構



The short-chain-length (SCL) PHA: C3~C5

The medium-chain-length (MCL) PHA: C6~C14

The long-chain-length (LCL) PHA: >C14

R = *n*-alkyl pendant group of variable chain length

HB, β-hydroxybutyrate, R = methyl

HV, β-hydroxyvalerate, R = ethyl

HC, β-hydroxycaproate, R = *n*-propyl

HH, β-hydroxyheptanoate, R = *n*-butyl

HO, β-hydroxyoctanoate, R = *n*-pentyl

HN, β-hydroxynonanoate, R = *n*-hexyl

HD, β-hydroxydecanoate, R = *n*-heptyl

HUD, β-hydroxyundecanoate, R = *n*-octyl

HDD, β-hydroxydodecanoate, R = *n*-nonyl

PHA(聚羥基烷酯) 生產流程



原料

玉米，澱粉

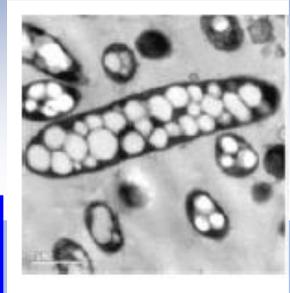
水解

+酵素，水

其它營養物

發酵

+微生物
ex. 耐鹽菌



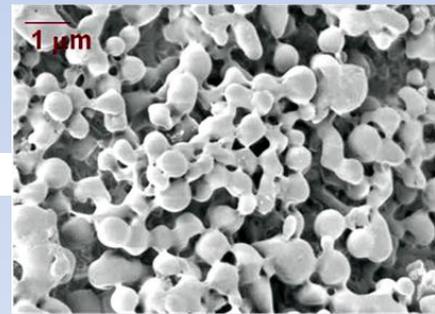
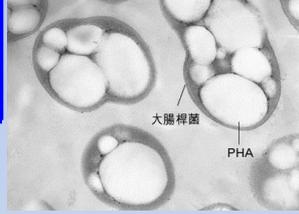
微生物菌體
自行合成PHA



PHA

純化

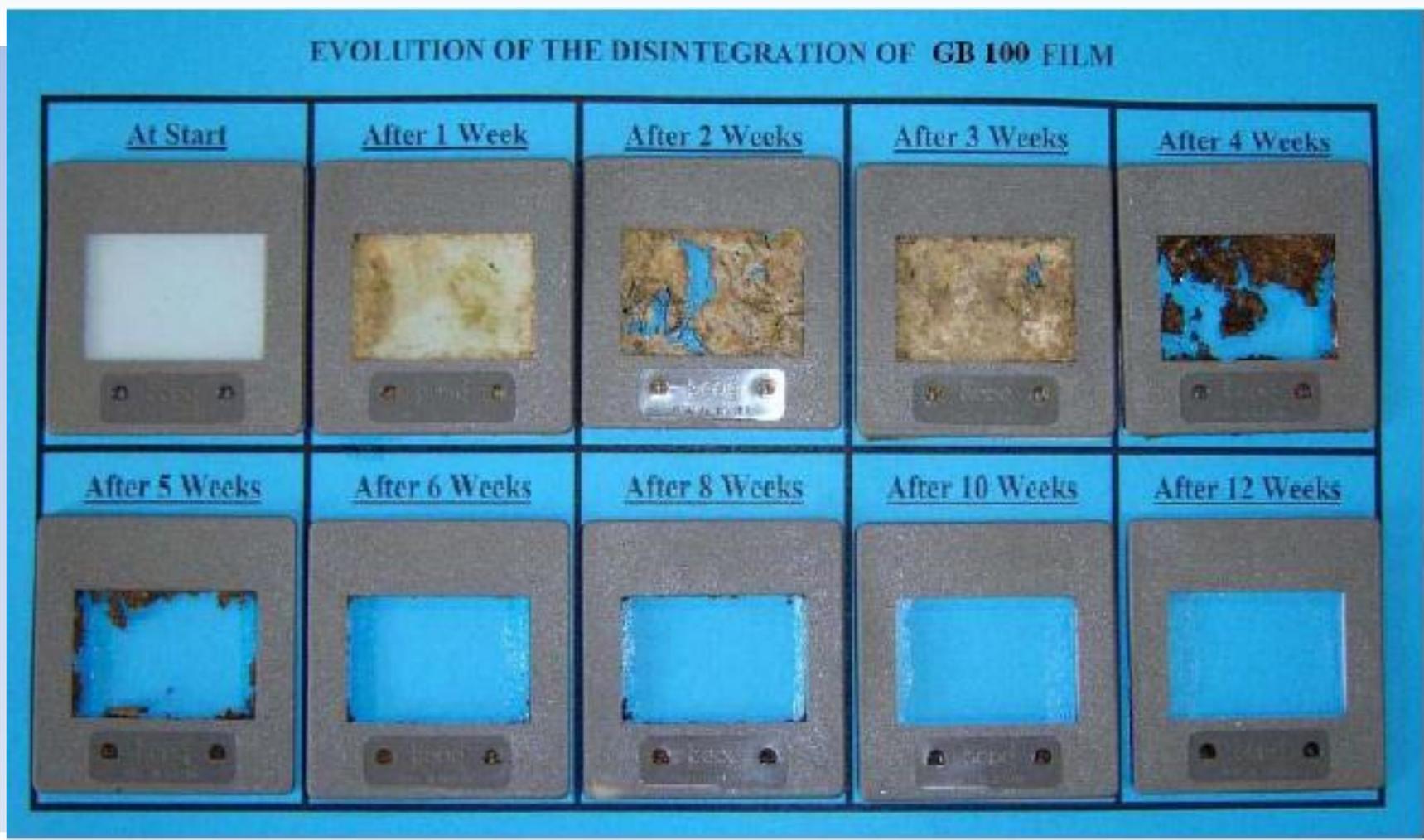
萃取



GB100與一般市售LDPE塑膠膜之物理性質比較：

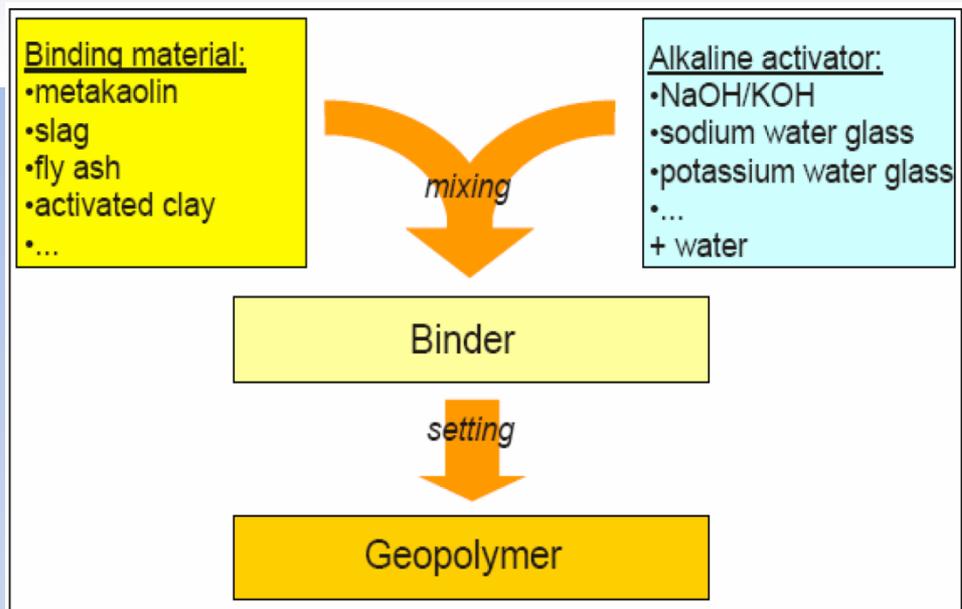
	拉力強度(Mpa)	延伸率(%)
市售LDPE五斤袋	22	>200%
GB100 五斤袋	21	>200%

生物可分解塑膠薄膜堆肥裂解測試



高性能-環保建材

Geopolymer(無機聚合樹脂)



- 主要原材料-天然礦物或工業固體廢棄物，含矽鋁酸鹽成分者(如：高嶺土、燃煤飛灰、爐渣等)。鹼性溶液-鹼金屬矽酸鹽溶液(矽酸鈉、矽酸鉀)、鹼金屬氫氧化物水溶液(NaOH、KOH)、鹼金屬碳酸鹽、鹼土金屬氯化物、 Na_2SiF_6 、 $(\text{Na}、\text{K})_3\text{AlF}_6$ 等。次要原材料砂石、骨材、粒料、纖維等。

Geopolymer(無機聚合樹脂)

建材的優勢

性能 建材	環保性	舒適健康/安全性	經濟性
Geopolymer 建材	<ul style="list-style-type: none"> ◎CO₂排放低：產製程序之排放為~0.5 kgCO₂/kg建材 ◎再循環高：強度足(為水泥之3倍)，可直接作為骨材應用 	<ul style="list-style-type: none"> ◎不會產生壁癌 ◎具備調濕機能 ◎吸音效果佳 ◎易於添加功能性材料增進健康效能 ◎耐火效能>1000°C 	<ul style="list-style-type: none"> ◎原料燒成溫度低~700°C，製程耗能小，大量生產後價格<2,000元/噸 ◎低熱導0.3~0.4W/m·K，建物耗能低
水泥建材	<ul style="list-style-type: none"> ◎CO₂排放中：產製程序之排放為1.0 kgCO₂/kg建材 ◎再循環低：強度不足，無法作為骨材應用 	<ul style="list-style-type: none"> ◎容易龜裂產生壁癌 ◎耐火效能~800°C 	<ul style="list-style-type: none"> ◎高燒成溫度>1000°C，耗能大，價格1,800~2,000元/噸 ◎高熱導1.5~2.0W/m·K，建物耗能高

綠色時尚(Eco chic)

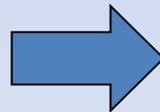


Timberland® 
Earthkeepers®



What is news?

您相信麵包蟲會吃塑膠袋嗎？



一、認識麵包蟲

- 1.麵包蟲的學名為黃粉蟲(*Tenebrio molitor*)原產於南美洲，是傳統的活餌，含有百分之三十一的脂肪和百分之五十六的蛋白質，人們用它來飼養小鳥、青蛙、和魚...是鳥類、爬蟲類、魚類、兩棲類等的麵包，同時他也喜歡吃麵包所以被稱為麵包蟲。
- 2.麵包蟲怕光，喜歡生活在陰暗的環境中，生長最適溫度為25~30度C。
- 3.麵包蟲是一種中小型的甲蟲，甲蟲約3.5公分，身體褐色或黑色，外型酷似叩頭蟲，幼蟲約2.5公分，幼蟲頭較圓尾較尖顏色淡褐色，身體一節一節的。是完全變態的昆蟲，生活史由卵→幼蟲→蛹→成蟲(生育週期約70天)
- 4.幼蟲忍耐饑餓可達3個月以上(資料顯示耐飢可達6個月以上)。
- 5.麵包蟲飼養設備簡單，不亂跑、不亂飛可做為觀察昆蟲的好教材，飼養容易，只要一點麵包或麵粉就可長期飼養，並可培養細心觀察及記錄的能力。
- 6.觀察幼蟲在蛹化前會經過5次的蛻皮。脫皮時，幼蟲會像脫外衣一樣脫下硬硬的皮，剛脫皮的幼蟲是白白的，之後會變成金黃再變回咖啡色。
- 7.幼蟲和成蟲都有相互殘殺的習性。剛脫皮的幼蟲或與化的蛹又白又嫩，很容易成為同伴的食物。

二、您相信麵包蟲會吃塑膠袋嗎？

(一)實驗方法：

- 1.準備玻璃水族箱一個長30公分寬16公分高24公分的玻璃缸。
- 2.玻璃鋼內放入2兩的麵包蟲幼蟲
- 3.放入塑膠袋
- 4.用放大鏡觀察。

(二)觀察結果：發現麵包蟲正在啃食塑膠袋和塑膠湯匙。

資料來源 [小小科學家](#)

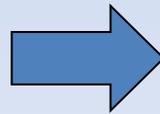
<http://elearn.dres.tc.edu.tw/lifetype/post/77/219>



這款「塑膠袋」不只放在水裡1天
就能分解，它還可以拿來食用！



圖片擷取：[springwise](#))



毛蟲竟成為環保救星！研究發現蠟蟲會進食及分解塑膠

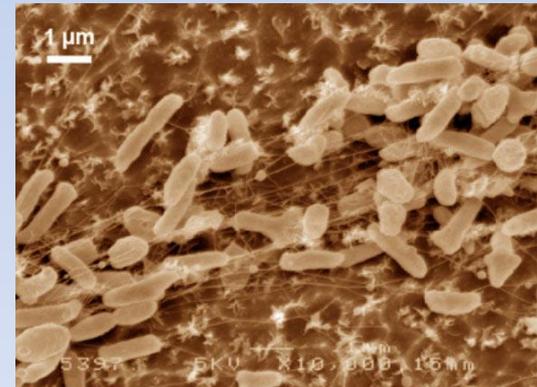
塑膠可說是一種令人又愛又恨的物料，雖然它們成本低及耐用可應用在包裝行業，為人類帶來方便，然而難以分解亦一直帶來環保問題，大量使用會製造出不少垃圾。不過最近有科學家發現一種名為「蠟蟲」(wax worm)的毛蟲或會成為救星，皆因牠們竟然會將膠袋常用聚乙烯當作食物，如此一來塑膠造成的污染或有望解決。蠟蟲這種獨特的進食特性是由西班牙研究員 Federica Bertocchini 意外發現，據了解她平時有兼職養蜜蜂的習慣，每當清理蜂箱時，都會將箱內的蠟蟲全部清走，然後再將從放入膠袋內準備處置。不過 Bertocchini 卻發現每次將蠟蟲放入膠袋後，膠袋都會出現一個個小孔，於是她便好奇到底蠟蟲只是純粹咬破膠袋，抑或是直接將塑膠吃掉。為了解答案，Bertocchini 便決定與劍橋大學團隊進行研究，其後經過多次實驗後，他們證實蠟蟲的確是將塑膠吃掉並將之分解。至於當中的原因，很有可能是蠟蟲體內的一種獨特酵素，由於平時牠們吃的蜂蠟與塑膠結構成有點相似，因此該種酵素亦適用於分解塑膠。當然單靠飼養大量蠟蟲去分解塑膠效率可能不太理想，因此研究團隊下一步就希望可以找出這種酵素的分解原理，並進而製作出一種人工分解劑，如此一來日後處理塑膠垃圾便變得更容易。



最新發現！科學家找到能分解塑膠的細菌

塑膠製品的發明對人類幫助甚大，至今一年的產量更可突破3億噸，卻也帶來不少的煩惱。使用過後的塑膠雖然可資源回收再利用，回收的速度卻依然比不上使用的速度，日積月累之下，累積的塑膠垃圾數量相當可觀，更無意間成為地球上許多生物的殺手。為了解決如此的生態浩劫，科學家一直以來致力於找出最自然的瓦解塑膠方式，更在最近有了重大突破，他們發現了會吃塑膠的細菌。

聚對苯二甲酸乙二酯，也是俗稱的 PET 塑膠，常被用來製作市售飲料瓶和、寶特瓶、與膠帶等物品，但因其難以生物分解的特性，也讓它非常的難以對付。而一群來自日本的研究團隊在近日找到一種新細菌 *Ideonella sakaiensis* 201-F6，並將它放置在 PET 塑膠上，希望試試這個細菌是否能吃塑膠，成為地球環境的救星。



最新發現！科學家找到能分解塑膠的細菌

一名未參予此研究的生物化學家 Uwe T. Bornscheuer 在了解了這份研究後表示：「當我們了解了這底下蘊藏的原則後，我們就能試圖改善此細菌的基因組，讓它變得更好、更強壯。」他並接著強調，經過基因改造的細菌應該要好好的控制，千萬不要讓它有侵害到外在環境的任何機會。

而 *I. sakaiensis* 細菌也不是大自然中唯一能瓦解塑膠的生物，像是之前科學家也曾發現某種特定的菌類、深海微生物、和一種粉蟲能消耗塑膠，但其結果卻沒有 *I. sakaiensis* 瓦解來的徹底。

雖然此消息讓人感到相當振奮，*I. sakaiensis* 細菌卻只是研究學者目前能找到的唯一一種能瓦解 PET 塑膠的細菌，世界上還有相當多種類的塑膠，卻都還沒找到能真正消滅它的方式，對於保護生態環境來說，真正做好資源回收再利用才是王道。

最新發現！科學家找到能分解塑膠的細菌

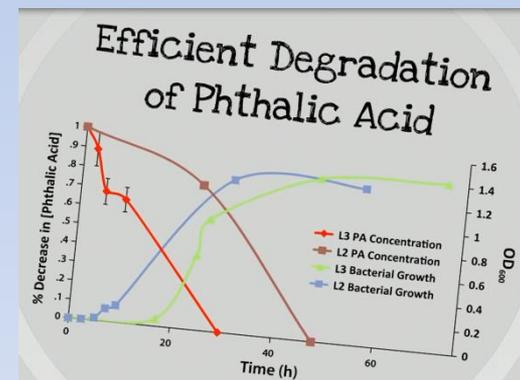
結果出乎意料，當 *I. sakaiensis* 這個細菌著附在 PET 上時，它開始將 PET 退化成一種名為 MHET (mono terephthalic acid, 單對苯二甲酸) 的中間物質。當分解成 MHET 後，科學家只要再加入一種酶，就能將它在分解為當初形成 PET 塑膠的兩種基本構件。這個過程聽起來雖然相當難了解，但基本上的意思就是利用 *I. sakaiensis*，不僅能分解 PET 塑膠，還能在利用它所分解後的兩種構件重組新的 PET。

然而，*I. sakaiensis* 細菌雖厲害，其分解過程卻相當耗時，當研究學者在實驗室裡做這項實驗時，他們花了**六個禮拜**的時間才分解了**一片由 PET 製成的薄膜**。對於要分解**一瓶寶特瓶**來說，可能就要花上**超過一年的時間才能完全分解**。研究學者也不因此氣餒，目前正朝能重新編輯此細菌基因組的方向走，希望未來能讓它能更加強壯，分解速度更加快，在未來為人類助上一臂之力。

革命性發現！華裔高三學生用細菌分解塑膠

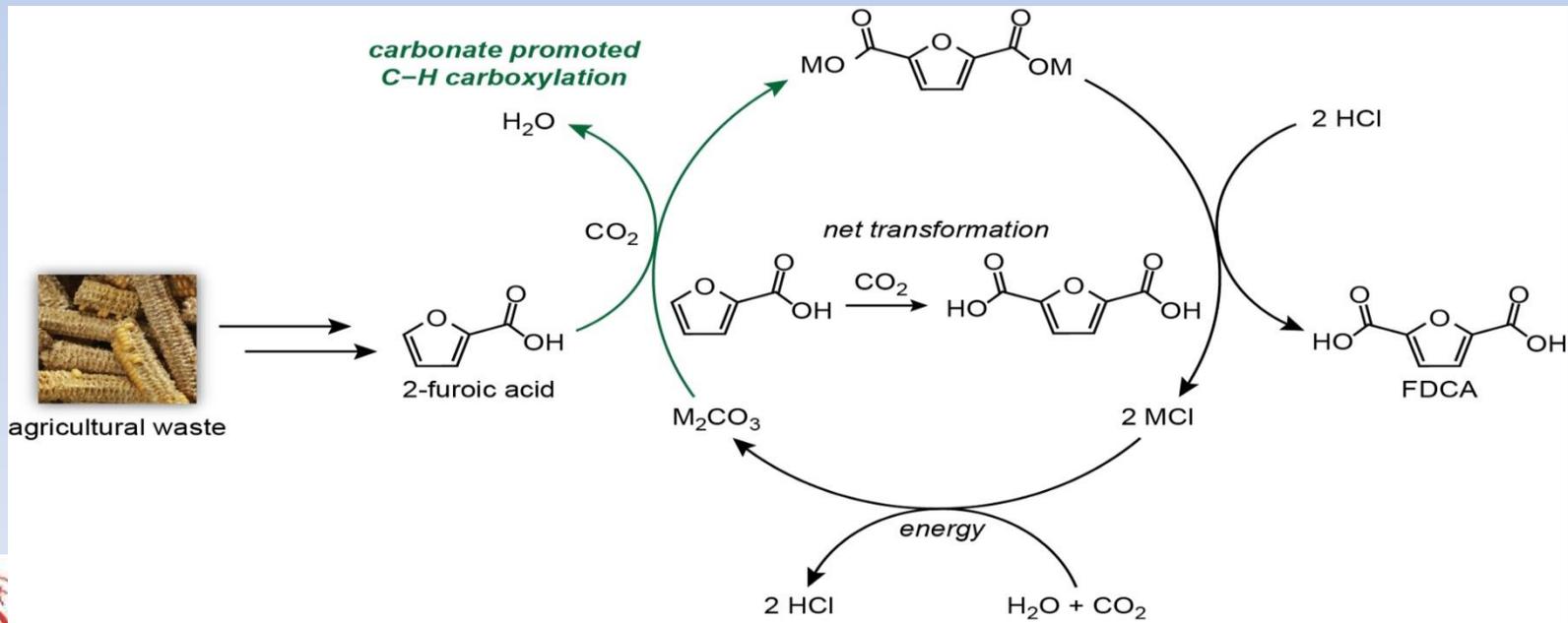
根據環境資訊中心調查，全世界海洋中約有五兆件塑膠垃圾，總重達27萬噸，讓海洋生態面臨重大威脅！而號稱萬年垃圾的塑膠終於出現剋星了，兩位19歲的華裔高中生發現用細菌可以天然分解塑膠。加拿大資深科評委員會評估這項新發現市價超過1,000萬加元，此成就也讓這2位華裔高中生被加拿大非營利組織Plan Canada評選為「20歲以下傑出青少年 (Top 20 Under 20)」。

兩人先前受邀到TED TALK分享實驗經過，連微軟創辦人比爾蓋茲 (Bill Gates) 及Google創始人賴利佩吉 (Larry Page) 都是座上賓。



用CO₂和廢稻稈 美科學家做出可分解塑膠

- 今年1月的世界經濟論壇，揭露出塑膠產業的五大醜陋真相。美國史丹佛大學科學家如今藉由創新的研發技術，從二氧化碳和非食用性植物（例如農業廢棄物和草）製成可分解塑膠，或可大幅度降低塑膠產業的碳足跡。
- 史丹佛大學化學系助理教授卡南（Matthew Kanan）說：「我們的目標是用二氧化碳產製的塑膠取代石化產品，如果製作過程能夠減少不可再生能源的使用，更可以大幅度降低塑膠工業的碳足跡。」該研究團隊的成果刊登在3月9日的線上版《自然》期刊。



「史上最大淨化海洋計畫」將於明年啟航， 清潔速度快上7千多倍 成本只要3%

「史上最大淨海行動」由年僅20歲的Boyan Slat發起，將於2016年從日韓間對馬群島開始執行，透過飄浮在海平面的The Ocean Cleanup設施，攔截與打撈海洋中的塑膠垃圾，比既有方法快上7900倍，而成本僅需以往的3%。

來自荷蘭的Boyan被喻為世界20大年輕企業家，16歲那年在希臘潛水後，心中就開始浮現淨化海洋的計畫。2012年，他將淨海計畫雛型公諸於世，並於2013年全力投入此計畫，召集100名科學家與工程學家，研究出這項可實踐又成本低廉的方法。2014年公開募資時，共募得將近220萬美元的資金，足以讓Boyan的淨海夢想成真。

作為史上最長的漂浮設施，The Ocean Cleanup長度超過2000公尺，在2年的期間內會在水面不斷攔截漂浮垃圾，直到抵達對馬群島岸邊。截至目前為止，已有超過3萬立方公尺的海洋垃圾被攔截、沖刷到對馬群島岸邊，當地也已經開始考量將這些垃圾轉化為能源的新提案。

Boyan表示，「海洋汙染已是今日最大環保議題之一，透過這項設施，不僅能夠清潔地區海域與海岸，更為淨化太平洋踏出重要的一步。同時，我們也將持續觀察設施的堪用度及有效性。」

這項計畫將會持續進行5年，除了淨化海洋之外，相關團隊將會持續測試這項設施的可行性。預計5年計畫後，將於夏威夷與加州中間架設長達100公里的The Ocean Cleanup設施，並放置長達10年，初步估計可成功攔截太平洋垃圾帶（the Great Pacific Garbage Patch）將近一半的垃圾。根據環境學家推測，海洋中存在的漂浮垃圾，足以填滿600台波音747飛機

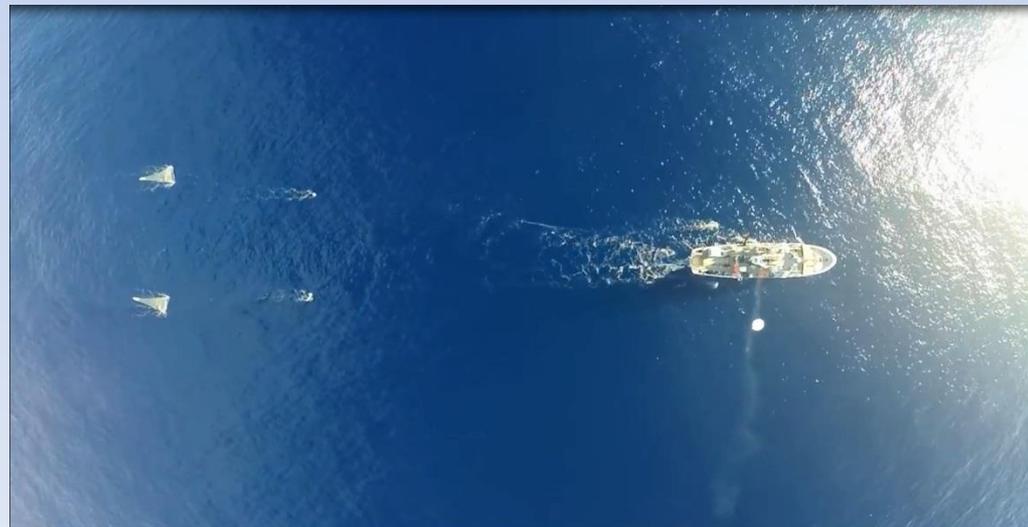
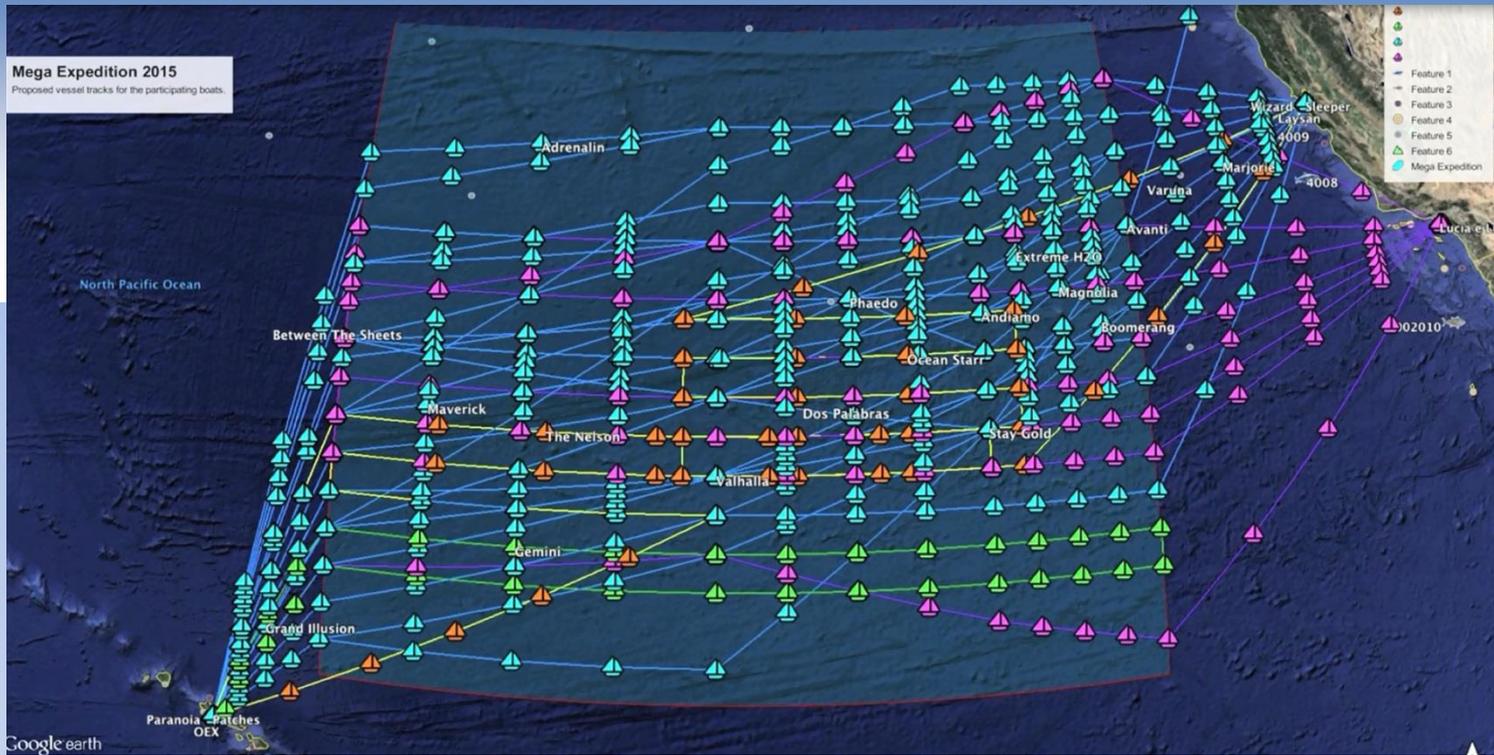


（圖片來源：The Ocean Cleanup）



Mega Expedition 2015

Proposed vessel tracks for the participating boats.



彰化驚現太陽能板廢棄風景 他氣炸狂飆 網友全怒了



有網友發文表示，他經過彰化時，看到漁塢旁的太陽能板廢棄物風景。翻攝《爆料公社》

電子垃圾



何塞·穆希卡總統

- 烏拉圭前總統（José Mujica）於2012年在里約舉辦的永續發展大會（Rio+20）認為，各國不停探討永續發展和如何消弭貧窮，卻忽略了地球環境與「消彌貧窮」的真正意義，難道要使得開發中國家的生活模式全部向富裕國家的看齊嗎？穆希卡舉例：如印度人人擁有的如同德國人每家每戶的汽車、效法這些國家的奢侈消費，那地球負荷的了嗎？這真的算是消彌貧窮了嗎？
- 真正的永續發展不在於如何維護生態環境，而是約束人類永無止境的貪婪與欲求，「我想讓大家知道的是，問題的來源並非單純是水源危機和環境危機。」他形容這是一個牽扯到全球的政治問題，過度的消費與經濟政策帶動加時生產、超時工作以追逐價格昂貴的商品和生活方，如此惡性循環、需要政治介入控管市場，才可能真正的永續發展。



<http://www.storm.mg/lifestyle/69183>

#一件好事

救地球

#StartWith1Thing 

在100年以內，地球上有一半以上的物種可能會消失。都是因為【人類】！而我們正是能拯救動物的最後一個世代！

改變很難嗎？ No !

消費者才是真正有能力，能用錢包和筷子進行這場環保革命的英雄！Discovery請你和我們一起發揮影響力，參與【救援行動號召】！

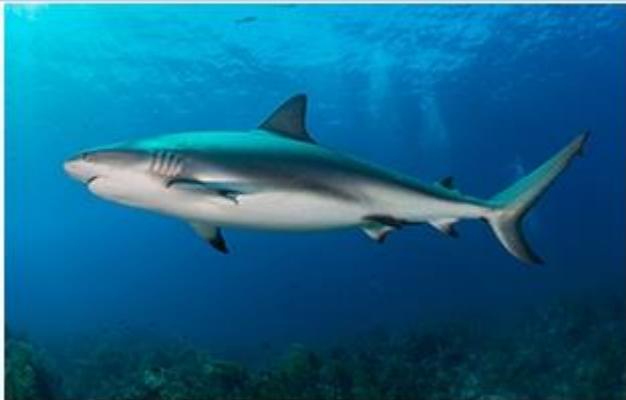
#Startwith1thing #一件好事救地球

每個人都開始，每天學習一件能改善環境的事並持之以恆，所有行動的總合就能幫助地球！請你參考以下行動，即刻展開救援！



永續飲食：

不浪費食材食物，考慮食物旅程，選擇在地與當令食材！拒絕魚翅與犀牛角等瀕危動物製品，您可以試試每週一餐不吃肉，甚至參與週一無肉日，用飲食習慣來減少溫室氣體的排放！此外，選擇多元的動、植物與海鮮，可減少巨量工業農牧對環境的衝擊，並防止慣食的魚蝦被過度捕撈，讓生態永續。



消費意識：

拒絕盜獵動物製品！問清楚店家並選擇有保護棲地、生態永續、友善環境的綠色標章的商品。有機的清潔劑、保養品、化妝品和有機食物不但能讓你更健康，也可徹底解決化學汙染，降低環境賀爾蒙對生態的衝擊！選擇美妝產品時，請以橄欖烯(SQUALENE FROM OLIVE OIL)來替代角鯊烯(SQUALENE)成分，因為動物性的角鯊烯就是從鯊魚肝油中提煉出來的！最後，只要出門就請隨身自備購物袋！



聰明生活：

降低自己的碳足跡來阻止溫室效應和海洋酸化，一起保護地球生態！您可以為插座加裝開關 (有75%的家用電力是在家電產品「關機狀態」被偷偷消耗掉的><)，更換省電家電與燈泡，並隨手關閉電源！愛用二手家具或修理它們不要輕易丟棄，外出時盡量騎腳踏車或搭乘大眾交通工具，自備水壺來裝水、茶或咖啡，減少寶特瓶或塑膠製品的使用。在家裡和公司都要落實資源回收、種植綠色植物，並加裝水龍頭/馬桶省水裝置都能幫助地球！

立即行動：

當面告知朋友或用社群媒體宣傳環保知識及重要性！您可選擇收看並分享有環境保育概念的影片、電視節目或網路視頻！或是挽起袖子參與淨灘、淨山或環境教育相關的活動，並支持有環境意識的市議員及立法委員，連署相關文件一起推動環保法案！



台灣人均碳排放量亞洲第一，其中吃肉、吹冷氣、開車佔最大宗約55%。

全球每年有40%的食物被丟棄！而台灣一年浪費的食物，可讓弱勢人口吃上20年。

台灣每人每天平均使用2.7個塑膠袋，是歐盟國家的3.9倍。

如果你和10個朋友18個月不用塑膠瓶，你們就一起省下了一整桶石油。

總結

- 地球的環境如何永續下去？
 - ✓ 綠色化學
 - ✓ 綠色科技
 - ✓ 教育---科學(化學化工)、人文、道德…

致謝

- 台大化學系榮譽教授劉廣定教授
- 大同大學
- 中原大學環工系王玉純主任

感謝大家的聆聽~

