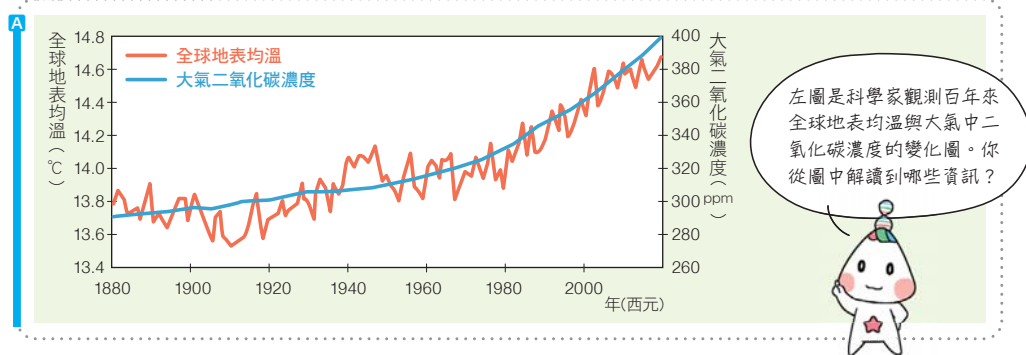


教材編注

本跨科主題第一部分遵照國教院審查意見，依照課綱跨科學習內容說明 INg-IV-4-1「結合日常生活議題，例如：碳足跡」及地科學習內容說明 Nb-IV-2-1「介紹溫室效應及其與全球暖化的關係」，帶學生認識溫室效應與氣候變遷的嚴重性，以及如何在生活中實踐減少碳足跡。

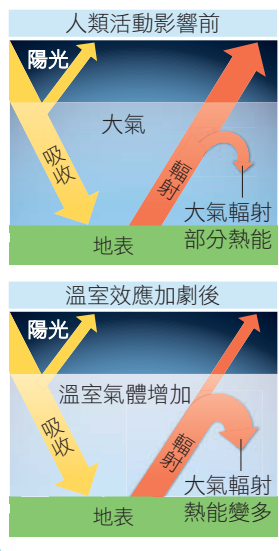
跨科主題

低碳減塑護地球



知識快遞

人類活動排放溫室氣體，大氣中溫室氣體濃度上升，造成地球均溫上升。



人類大量使用化石燃料及以石油為原料的塑膠製品，工廠、汽車與處理廢棄物時會排放二氧化碳及其他溫室氣體到大氣。這些氣體就像溫室的玻璃，把陽光的熱能困於地表¹。自西元1880年以後，全球地表均溫已經上升了近攝氏1度。近年溫度上升的速度有越來越快²的趨勢，地球氣候的穩定性可能受到破壞，各種氣候變遷相關的災難會越來越嚴重（圖5-27）。



140

給老師

【提問A】你從圖中解讀到哪些資訊？

教師可提醒學生區分整體趨勢和個別年度差異的不同。圖中的大氣二氧化碳濃度為年度平均，不含季節變化影響。

【技巧B】圖5-27之參考資料為《改變世界的6°C》（2010，天下出版），可引導學生查找其他資料來源，發表全球暖化對氣候變遷的預估影響。

給學生

1 溫室氣體

溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）是指容易吸收紅外線的氣體，將來自太陽的熱能保留在地球表面，此現象稱為溫室效應。如果溫室氣體過多，則會造成全球暖化。地球大氣中重要的溫室氣體包括：水蒸氣（ H_2O ）、臭氧（ O_3 ）、二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）等，這些溫室氣體有些是環境中自然生成，有些則是人為活動所產生。

2 氣候變遷

聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）將氣候變遷定義為「在一段可比較的時距內，所觀測的自然氣候變化以外的氣候特徵，且直接或間接歸因於人類活動所導致的大氣成分改變，而引起之氣候變化」，例如人為排放大量溫室氣體至大氣，溫室效應加劇造成氣溫上升、降雨量改變等，即為氣候變遷的實例。

教材編注

跨科主題碳足跡使用實作式的編寫，期待達成下列核心素養及學習表現：

自-J-C1

自-J-C2

自-J-C3

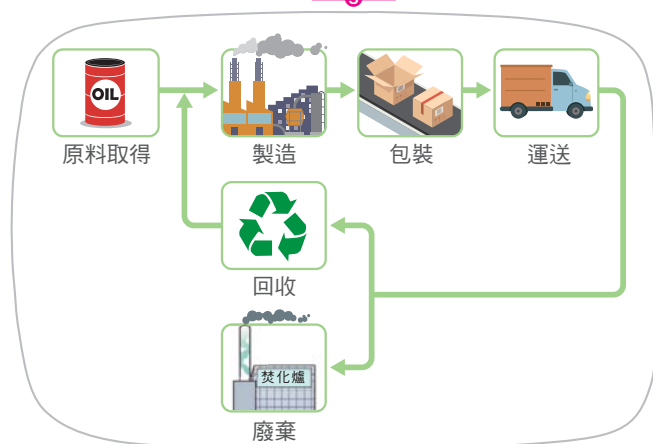
tc-IV-1

tm-IV-1

氣候變遷已是正在發生的事實，補救措施是目前應積極投入的工作，就讓我們從關注碳足跡並節約能源開始，從日常落實減碳行動。

1 認識碳足跡

- 5 我們所食用、使用的任何商品都會旅行，一整個生命週期過程，從原料取得、製造、包裝、運送、廢棄回收（圖5-28），直接或間接的溫室氣體排放，換算成二氧化碳含量，稱為產品的碳足跡。



▲圖5-28 產品的生命週期



以超市買到的盒裝雞肉為例，試著寫下其生命週期過程：

（答案僅供參考）

原料取得	製造	包裝	運送	廢棄回收
雞的養殖	雞宰殺處理	雞肉的包裝	雞肉的運送 (汽車、飛機、船...)	雞排廚餘、包裝的回收再利用

給老師

【提問C】超市裡販賣的盒裝雞肉，包含哪些產品生命週期過程？

依序給學生提問引導：

原料取得：要有雞肉必須先養雞，養雞時需要什麼？

製造：雞長大了要變成雞肉，製作過程需要什麼？

包裝：要送到消費者手上，需要包裝嗎？用什麼包裝？

運送：要經由什麼交通工具運送原料、把產品送到消費者手上？

廢棄回收：在生命週期過程中，會有哪些廢棄物？

給學生

③ 碳足跡

各種產品在其生命週期排放的溫室氣體組合都不同，須先統計各種溫室氣體的量，再依據個別溫室氣體的性質，統一換算成與溫室效應相等的二氧化碳含量，以方便比較不同產品對溫室效應的影響。

參考資料

P.IV-18 日常生活的
碳足跡



探索活動 碳足跡的計算

- 1.以385公克雞排為例，會產生695公克碳足跡（圖5-29）。分組腦力激盪，從雞排的生命週期思考，要如何計算雞排碳足跡產生的過程？把想法畫下來：

385 g雞排
↓
碳足跡695 g



► 圖5-29 雞排的碳足跡



原料取得、製造、包裝、運送、廢棄回收需要耗費哪些資源？我們需要如何設計、查詢哪些資料、做哪些事，才能計算出碳足跡呢？

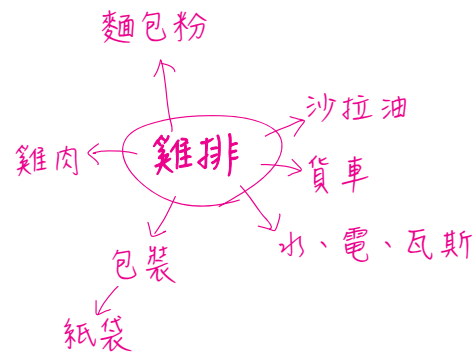


雞排有哪些原料？製造雞排時需要哪些資源？雞排的主要原料之一是雞肉，要如何知道使用雞肉的碳足跡？要如何知道它是哪裡運送過來的？

A

雞排的碳足跡產生過程：

（答案僅供參考）



B

2.承上題，還有哪一項資源的耗費是我們沒想到的？
廚餘。

（答案僅供參考）

3.進行了這個活動，你的感想？
一個雞排背後，竟然需要這麼多資源，竟然會消耗掉這麼多碳足跡。

（答案僅供參考）

4.如何減少雞排的碳足跡？
雞肉：購買新鮮直送的，不買冷凍的；麵包粉：少裹一點；包裝：鼓勵自備餐具；廚餘：將廢油做成肥皂。

（答案僅供參考）

142



給老師


【技巧A】建議教師不急著給答案，先讓學生自由發揮激盪，教師視情況給鷹架及提示。至少留一項學生不容易想到的，先不揭露以利後續進行。

【技巧B】引導學生發現即使只是生活中常見的產品或行為，仍會產生相當可觀的碳足跡。為了避免全球暖化、氣候變遷惡化所帶來的危害，我們都應該在生活中實際落實減碳。

由**探索活動**，我們了解並思考如何減少雞排的碳足跡。而在生活中，為了減少碳足跡，我們還可以怎麼做？

1. 尋找並選擇低碳足跡商品

- 環保署宣導「一人一天減少一公斤碳足跡」，積極建構臺灣產品「碳足跡標籤」（圖5-30），希望促使國人減碳愛地球及落實綠色消費，以邁向低碳社會。

C  選擇某一商品，例如泡麵或清潔劑等，比較同類商品的碳足跡並記錄：

（答案僅供參考）


某一類物品	碳足跡標籤 以拍照、畫圖方式記錄	必要消費時我會	
		選擇哪一個商品	我的理由
礦泉水	A牌130公克 B牌140公克	A牌	因為碳足跡比較小




▲圖5-30 臺灣產品碳足跡標籤由綠色心形及綠葉組成腳印、搭配CO₂化學式，數字表示碳足跡數值，例如圖中為135公克。

2. 檢視自己的食衣住行碳足跡，計算減碳成果

幾乎所有的人類活動，都可以換算成碳足跡。

D  使用環保署「減量成果計算器」，並記錄結果。填寫後仔細省思，還有哪些行為可以更低碳？



計算	低碳行為	替代方案 —日常生活	替代方案 —交通方式	總共減量
		kgCO ₂	kgCO ₂	kgCO ₂

我的省思：（由學生自行作答）



我的減碳計畫：

（答案僅供參考）

1. 購買物品前，比較碳足跡。
2. 一餐改吃素食。
3. 重複利用環保杯、環保筷、塑膠袋。
4. 少添購衣服。
5. 爬樓梯替代搭電梯。
6. 步行、騎腳踏車或搭大眾交通工具代替汽車。
7. 減少冷氣使用時間、調高設定溫度。
8. 隨手關閉不使用的電器。
9. 更換高效率節能設備。

藉由碳足跡一系列的探究課程，我了解碳足跡，未來打算在哪些地方有具體的改變，試著列出3點，並努力實踐它，低碳做環保，讓地球不再嘆息！



給老師

【技巧C】建議教師先不給環保署的答案，讓學生實際去商店找，達成生活體驗。環保署網頁有通過碳足跡標籤廠商及其商品的碳足跡資料可供查詢：

<https://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLLabelProduct/FLFirmInfo.aspx>

【技巧D】教師可選擇使用教室電腦及單槍投影機，帶領全班學生一起操作。

教材編注

本跨科主題第二部分依照學習內容Na-IV-4「資源使用的5R：減量、拒絕、重複使用、回收及再生。」及其附註「建議以資料蒐集、議題討論、論證式教學等方式進行。」，以論證式教學帶學生認識塑膠污染的嚴重性，以及如何在生活中實踐5R。本教材所指的5R以學習內容Na-IV-4為準。

2 環保5R

塑膠垃圾危害大 海洋生物悲歌

A 美國攝影師喬登（Chris Jordan）西元2013年拍攝中途島紀錄片，在烈日下腐化的信天翁屍體被成片垃圾包圍著，而在無數死去幼鳥的肚子裡有各種塑膠碎片（圖5-31）。

西元2015年研究人員到哥斯大黎加出海考察，發現一隻欖蠟龜的鼻孔中竟然有一根吸管，花了近10分鐘，欖蠟龜痛得不斷掙扎，才把10公分吸管取出。



▲ 圖5-31 信天翁親鳥誤將海上的塑膠垃圾當成食物餵食幼鳥，造成幼鳥死亡。

生活中常使用塑膠製品便利生活，但使用後的塑膠製品如果沒有妥善處理，會長期汙染環境，並造成生物的傷害。在臺灣，每年均會產生極大量的塑膠袋和塑膠吸管等塑膠製品，都有可能造成環境汙染。我們該如何減少塑膠危害？

面對塑膠廢棄物造成的環境問題，我們能有什麼具體作為？齊心做環保，就從5R開始（表5-2）！

表5-2 環保5R的內涵

Refuse	Reduce	Reuse	Recycle	Regenerate
拒絕	減量	重複使用	回收	再生

給老師

【提問A】你從報導解讀到哪些資訊？

信天翁肚子的塑膠碎片、欖蠟龜鼻孔的吸管，從何而來？是誰製造的？是誰使用的？我們該如何做，才能避免這些生物的悲歌？

給學生

① 臺灣的塑膠袋使用量

根據環保署統計，臺灣在實施限塑政策前，每年使用約34.3億個購物用塑膠袋，約等於3萬公噸；在實施限塑政策後，每年使用約14.3億個購物用塑膠袋，約等於9600公噸，降幅達六成，但考量塑膠廢棄物對環境的危害，我們仍應進一步減少使用塑膠製品。

② 環保5R的意涵

除了表5-2所介紹的環保5R以外，還有「環保6R」的說法，是將「修理Repair」加入5R；部分報導所指的環保5R有包含修理，但不含再生；早期還有稱為「3R」的垃圾減量三原則，指的是減量、重複使用和回收。

B 拒絕 | Refuse

拒絕使用不符合環保原則的產品，例如拋棄式用品與一次用產品、不易回收材質製成的產品與過度包裝的產品等（圖5-32）。



A 塑膠袋、免洗餐具、飲料杯、塑膠吸管等，都屬於拋棄式用品與一次用產品。



B 有些玩具混用不同塑膠材質卻沒有標示成分，最後只能焚化處理。



C 包裝所占的體積過大或層數過多稱為過度包裝，造成資源的浪費。

▲ 圖5-32 拒絕使用不符合環保原則的產品種類。

減量 | Reduce

減少使用產品，以減少資源的消耗及廢棄物的產生。

重複使用 | Reuse

重複利用容器、袋子等（圖5-33），而不是用一次就丟棄。對於自己已經不再使用的物品，則可以捐贈或出售，也屬於重複使用。

▶ 圖5-33 紙袋應重複使用



💡 動腦時間

臺灣禁止商家免費提供塑膠袋後，便利商店改提供不織布提袋（圖5-34），其成分含有塑膠，但組成複雜不利回收，且常用一次就丟棄。依照環保5R，我們應該要怎麼做？

▶ 圖5-34 不織布提袋



拒絕做得好，廢棄物就會減量，如果能將無法拒絕的塑膠製品重複使用，還可以再進一步減少廢棄物。齊心做環保，就從日常生活習慣與消費模式開始。

給老師

【技巧B】進入5R課程前，可先帶學生快速瀏覽P.145～149的小標，初步建立環保5R概念。

給學生

③ 過度包裝

根據環保署、限制產品過度包裝公告，產品包裝之體積比值不得超過1，規範業者於生產或銷售產品禮盒時，不使用過多的包裝材料。消費者在選購禮品時，應掌握「一多三少」原則，即「產品份量多、包裝材料少、包裝種類少、包裝印刷少」，以減少包裝資源的浪費。

Ans 動腦時間

應該要拒絕使用不織布提袋，並自備可重複使用的提袋，以減少資源的浪費。

教材編注

本探索活動設計的教學時數為1節課，課程目標為初步認識 Toulmin Argumentation Pattern (TAP) 的論證架構，讓學生養成在思考事情時，能嘗試實際運用論證架構，對應學習表現tr-IV-1「能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性」。

回收 | Recycle

動腦時間

有看過這臺機器（圖5-35）嗎？瑞典、德國、臺灣的臺南及高雄等地，都有這樣的機器，你知道它的名字嗎？它是做什麼用的？



▲圖5-35 促進5R的機器

回收是指收集廢棄物中可再利用的資源。隨著時代進步，回收平臺也越來越多元且科技化，包含各縣市村里資源回收站、便利商店、自動回收機和地方清潔隊等（圖5-36）。



A 村里資源回收站，養成隨手資源回收的習慣。



B 便利商店可回收光碟、電池、手機、筆電，並兌換購物金。

▲圖5-36 我們身邊的回收平臺



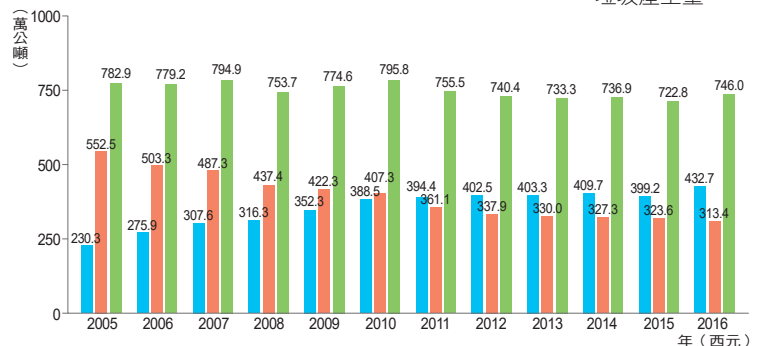
探索活動 回收物去哪裡了呢？

科學工具箱 批判思辨
P.I-6

- A1. 環保署推廣垃圾費隨袋徵收及垃圾源頭減量，臺灣垃圾清運量逐年下降，垃圾回收量則逐年增加。請根據圖5-37計算臺灣歷年垃圾回收率畫出折線圖，你發現臺灣的垃圾回收率有什麼變化趨勢？（垃圾回收率： $\frac{\text{垃圾回收量}}{\text{垃圾產生量}}$ ）

►圖5-37 臺灣歷年垃圾處理情形（參考資料：環保署環保統計資料庫）

■ 垃圾回收量：垃圾中回收的總量
■ 垃圾清運量：垃圾中未回收的總量
■ 垃圾產生量：垃圾的總量



146

給老師

【提問A】以你在教室的活動為例，有哪些物品會計入垃圾回收量？有哪些會計入垃圾清運量？

以學生的實際經驗提問，引導學生區分垃圾回收量和垃圾清運量的不同，再進一步認識垃圾產生量和垃圾回收率。

給學生

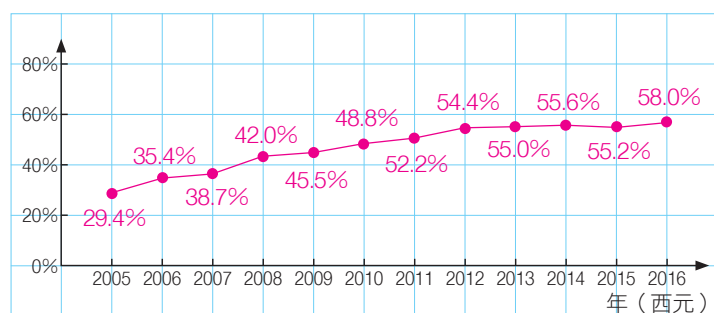
Ans 動腦時間

瑞典、德國、臺南及高雄等縣市引入自動回收機 (Automatic Recycle Machine)，投入指定種類的資源回收物，即可獲得回饋，因此可以促進回收。

1 垃圾費隨袋徵收

目前實施垃圾費隨袋徵收的有臺北市與新北市等地，垃圾處理費包含於專用垃圾袋的售價當中；其他縣市的垃圾費則是隨水費徵收，用水量越大，則需繳交越多的垃圾處理費，與垃圾量無直接關係。

臺灣的垃圾回收率變化：逐年上升。



2.請觀察圖5-38，你發現了什麼？



圖5-38 回收物的去向

部分資源回收物可能進了垃圾焚化廠，沒有再生。

B3.如圖5-38，部分資源回收物可能進了焚化廠，我們推論原因是垃圾回收率雖然逐年提升，但分類不夠確實，影響了後續的再生。試著找出生活中有哪些分類不確實的事實？

資料 (事實) (答案僅供參考)

- (1)資源回收中，紙類與塑膠等混雜。
- (2)手搖飲料杯回收時，吸管還插著、未撕除塑膠封膜。
- (3)乳酸飲料杯回收時，未撕除金屬封膜。

結論 (主張)

垃圾回收率雖然逐年提升，但分類不夠確實，影響了後續的再生。

●參考資料：環境資訊中心<https://e-info.org.tw/node/211681>

給老師

【技巧B】經由論證引導學生：

- 1.找出分類不夠確實的具體事實，可從教室資源回收區著手觀察。
- 2.學會結論主張是根據具體資料 (事實)，如果授課時間允許，教師可進一步說明論證架構模式。
- 3.發現平時回收分類不確實的地方，省思並實踐平常該怎麼做回收，才有利於後端的再生。

在論證架構中，找出事實是重要的，就像擔任律師，為了證明其主張，需積極找出有利於己方主張的事實。本探索活動希望能藉由此論證課程設計，培養學生找出事實的能力。

教材編注

本探索活動的宗旨是引導學生注意到臺灣塑膠垃圾問題的嚴重性，並反思平時能於生活中實踐的改善方法，因此不需要為了執行活動，額外消費不需要的寶特瓶。若平時校內已養成不消費寶特瓶的習慣，教師可提前另外準備寶特瓶供解說使用。

現在就開始動手正確回收教室中的寶特瓶，讓塑膠資源能夠妥善再利用、減少焚化浪費。



148

A 4. 觀察回收寶特瓶的組成，參考表5-3找出各部分的塑膠種類並記錄下來。

寶特瓶的組成	回收塑膠的種類（回收標誌編號）
寶特瓶瓶身	聚乙烯對苯二甲酸酯（1號）
寶特瓶外膜	聚氯乙烯（3號）
寶特瓶瓶蓋	聚丙烯（5號）

回收標誌	種類名稱	常見產品	注意事項
	聚乙烯對苯二甲酸酯（PET）	寶特瓶、透明塑膠罐	通常不耐熱，應避免盛裝熱食
	高密度聚乙烯（HDPE）	厚塑膠袋、清潔劑容器	使用後較不易澈底清潔
	聚氯乙烯（PVC）	水管、雨衣、塑膠杯	不耐熱，應避免盛裝熱食
	低密度聚乙烯（LDPE）	薄塑膠袋、塑膠膜、保鮮膜	不耐熱，應避免盛裝熱食
	聚丙烯（PP）	可微波容器、水桶、垃圾桶	較耐熱，且可用於微波加熱
	聚苯乙烯（PS）	保麗龍、乳酸飲料瓶	不耐熱，應避免盛裝熱食
	其他	托盤、牙刷、奶瓶、手機外殼	應依材質個別查詢使用注意事項

5. 一個寶特瓶竟然有三種不同的回收塑膠，我們平常該怎麼做，才可以節省回收後端的人力成本，並提升資源再生的機會呢？

回收寶特瓶時應先洗乾淨，將瓶蓋分開，並撕掉外膜、壓扁瓶身。

給老師

【技巧A】請學生事先收集教室中資源回收的寶特瓶，並依序指導學生：

1. 發現寶特瓶沒有做好正確的分類。
2. 找出在瓶身、外膜、瓶蓋的分類標誌。
3. 瓶身及外膜上通常有回收標誌，瓶蓋上則不一定有回收標誌，可讓學生上網搜尋或由教師補充。
4. 發現有3類不同的回收塑膠，進一步帶學生將之正確分類。可補充目前環保署推動寶特瓶外膜上加易撕線，所以可以輕易撕下外膜。

給學生

1 寶特瓶的組成

1. 寶特瓶瓶身：通常採用回收率高的聚乙烯對苯二甲酸酯（PET），有透明、不透氣、耐酸鹼、硬度及韌性均佳等性質，故廣泛用於飲料包裝。
2. 寶特瓶外膜：寶特瓶容器上常有一層外膜，材料通常為聚氯乙烯（PVC），在處理過程中容易有氯乙烯單體釋出，有危害人體健康之虞，應避免加熱。
3. 寶特瓶瓶蓋：寶特瓶蓋為寶特瓶最硬的材質，材料通常為聚丙烯（PP），具有熔點高、耐熱特性，故常用於製作瓶蓋或是硬度需求較大的塑膠製品。

教師可利用本章章末的科普閱讀，進一步說明循環經濟的實例與重要性。

再生 | Regenerate



資源回收物更妥善處理，要怎麼做呢？

1. 不只回收更要分類

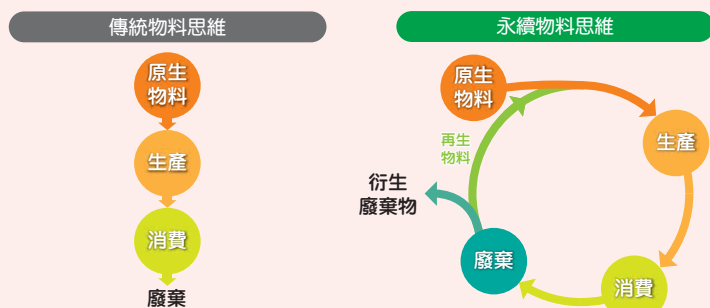
村里資源回收站要求民眾確實將塑膠分類，地方清潔隊用每天回收不同類別的方式，讓分類更正確。

2. 生產者延伸責任制

政府可要求製造業者繳交回收清除處理費，用於補貼回收處理業者。還可要求業者進行逆向回收，由業者主動回收商品包裝，經處理後重複利用。

B 3. 提倡再生

再生是指以資源回收物為原料，製造新產品。再生可以減少消耗地球資源，積極做到資源永續（圖5-39）。



▲圖5-39 環保署提出將線性經濟轉換為循環經濟，透過再生讓回收物有去處，並減少廢棄物。

💡 動腦時間

世界盃足球賽選用的球衣、球鞋（圖5-40）是臺灣製造，請查一查資料，這些球衣、球鞋和一般的衣料有什麼不一樣？有什麼特別之處？



▲圖5-40 臺灣製造的球衣

C 自然暖身操 解答

大氣中的二氧化碳濃度越高，全球地表均溫也越高。

給老師

【技巧B】環保5R中最後的「再生Regenerate」很重要，指導學生建立「再生」概念，有永續物料思維，才能真正減少消耗地球資源、做到地球資源永續。

【提問C】最後反思，為什麼在跨科主題中我們要學習碳足跡、環保5R？

有機化合物與生活息息相關，我們應善用有機化合物，一起關心地球。帶學生回顧塑膠製品雖然方便，卻也造成環境汙染問題。如果沒有回收與再生，直接焚化處理，又會產生碳足跡，讓全球暖化與氣候變遷更加惡化。所以我們要在生活中實踐5R，低碳減塑護地球！

給學生

② 線性經濟與循環經濟

線性經濟的廢棄物容易造成環境汙染，而且獲取原料的過程也會破壞環境並消耗較多的能源；循環經濟的目標則是以廢棄物當做再生物料，同時減少廢棄物產生和原料的使用量，所以可以減少環境汙染，並且節約能源。

Ans 動腦時間

這些球衣、球鞋的原料包含回收的寶特瓶，是再生的實例，可以幫助解決塑膠廢棄物的問題，減少塑膠垃圾的汙染。另外還採用創新的紡織技術，成品重量輕，而且吸溼排汗的功能優於一般產品。

教材編注

本章科普閱讀題材是以聯合國永續發展目標當中「負責任的消費與生產」為主題，其中概念與本章跨科主題相互驗證，學生在閱讀過程中，可強化對低碳、環保5R的體認，進一步提升學習成效。

負責任的消費與生產

我們平常使用的塑膠製品若沒有經過妥善處理會汙染環境。美國攝影師喬登長期致力以影像記錄塑膠垃圾對環境造成的傷害，他在太平洋中央的中途島（圖1）拍下腹中滿是塑膠垃圾的信天翁屍體，震撼了全世界。由於中途島與最近的都市檀香山間有2,100公里的距離，更可顯示塑膠垃圾對大自然的影響有多深遠（圖2）。



▲圖1 中途島位於夏威夷群島西北方，由珊瑚礁與沙灘構成，島上只有數百居民，是信天翁與海龜等野生動物的重要棲息地。

而在臺灣，垃圾問題有多嚴重呢？研究海洋廢棄物的美國學者詹姆貝克（Jenna Jambeck）團隊在西元2015年發表了調查全世界沿海國家垃圾量的報告，指出臺灣的垃圾總產量超越許多大國。因此行政院環境保護署提出了臺灣海洋廢棄物治理行動方案希望能有效降低海洋廢棄物，目前已收到部分成效。



▲圖2 因塑膠垃圾無法覓食而死亡的鳥類。

「沒有一個國家比臺灣更迫切需要採行循環再生的經濟發展思維。」資源循環台灣基金會董事長黃育徵在循環經濟一書中指出，臺灣有九成以上的能源、肥料、飼料，及六成以上的食物仰賴進口，且本地缺乏具經濟規模的消費市場支撐，使臺灣的製造業以出口代工為主，數十年來常以降低成本來提升利潤，過程中無可避免的產生大量廢棄物，對臺灣的環境造成劇烈的衝擊。



給老師

【提問A】便利商店帶給我們便利的生活，但是每次在便利商店購買商品帶回家使用後，所剩下的包裝袋等對環境有沒有影響？

每一項產品都有碳足跡，會對氣候變遷產生影響；如果產品廢棄不當，還會產生垃圾汙染，因此我們應該實踐5R，減低產品對環境的衝擊。

給學生

①循環經濟的目標

循環臺灣基金會曾提出循環經濟的幾個重要概念，歸納其重點，可從幾個面向來討論。其一在於，產品必須從設計端就將耐用、易維修、可再生、可回收與生物分解、減少廢棄物等目標置入；其二是「將擁有權回歸生產者」，將生產者的責任從產品售出的那一刻，延伸到產品的保存與處理。此概念在消費端，即是以「使用」取代「擁有」，在產業端則鼓勵業者以提供「服務」取代無止盡的產品「製造」。

聯合國永續發展目標



▲圖3 聯合國永續發展目標共有17點，希望能在西元2030年以前，解決地球環境與人類社會所面臨的許多難題，提升全球人類與其他生物的福祉。負責任的消費與生產列為第12點。

為了改善全球環境問題，聯合國於西元2015年提出的永續發展目標之一，即是「負責任的消費與生產」（圖3），強調生產者與消費者共同負起責任，成為循環經濟中重要的一分子。為了解決垃圾過多的問題，生產者在設計產品時，就必須符合耐用、易維修、可回收、可再生與生物分解等目標，以減少廢棄物；並應強化生產者對產品的責任，從產品售出延伸到產品的保存與最終處理，鼓勵生產者以提供「服務」取代無止盡的產品「製造」。對消費者而言，則是以「使用」取代「擁有」，以減少不必要的浪費。

生產者也應將製造過程產生的廢棄物物盡其用，例如丹麥的卡倫堡工業區，將多餘的水用於發電廠冷卻降溫；發電廠產生的飛灰則經由管線送出，從空氣汙染源搖身變成水泥廠的原料，替水泥廠省下採購原料的成本；藥廠與酵素工廠的反應副產物，則成為園區內農業及養殖業的天然養分，循環再利用。收集副產物回到生產鏈中成為「再生原料」，

不但能減少廢棄物，也能減少「原生物料」的消耗。這種「你家的廢棄物是我家的資源」的循環經濟觀念，最終目標是達到「零廢棄物」，讓天然資源免於耗竭，也讓大自然的生物不再受到汙染所苦。



▲圖4 自動資源回收機

>>> 閱讀思考

① 根據上文，身為消費者，我們可以如何減少不必要的浪費？

② 最近在部分商店或路邊出現類似圖4的「自動資源回收機」，請問這些機台的設立最符合聯合國17項永續發展目標中的哪一項？

給老師

【提問B】請搜尋網路資料，如何了解企業是否遵守負責任的消費與生產呢？

企業除了追求利潤以外，也應善盡社會責任，此概念稱為企業社會責任，其中包含環境責任，即企業應在日常運作中，落實永續發展，包含負責任的消費與生產。

給學生

② 循環經濟的實踐

瑞士的食品公司與當地農民合作開辦了全國最大的農業沼氣工廠，利用牛糞來產生綠色能源，為其瓶裝水工廠生產及瑞士電網提供電力。這樣一來，食品公司不僅讓農民獲得更多環保肥料，還對保護當地環境做出了貢獻。

Ans 閱讀思考

1. 以使用取代擁有，以減少不必要的浪費。（答案僅供參考）
2. 第12項「負責任的消費與生產」。

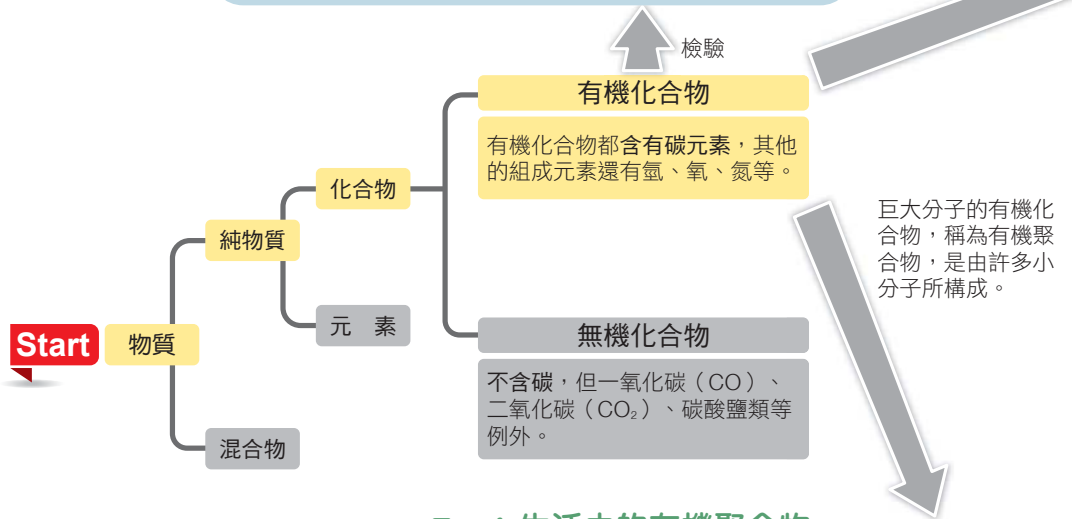


5·1 認識有機化合物

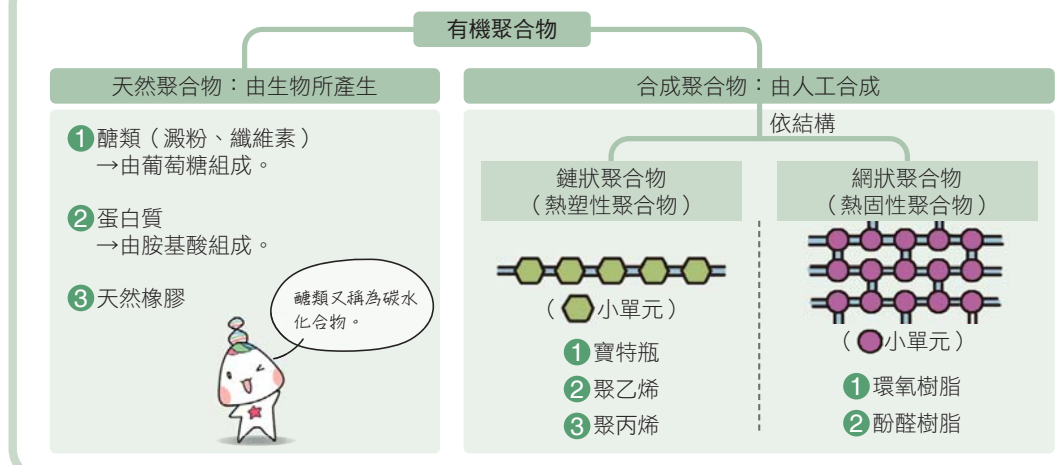
加熱各種物質，並比較加熱前後的變化。

物質	白砂糖	麵粉	食鹽
加熱前	白色	白色	白色
加熱後	黑色	黑色	白色
分類	有機化合物		無機化合物

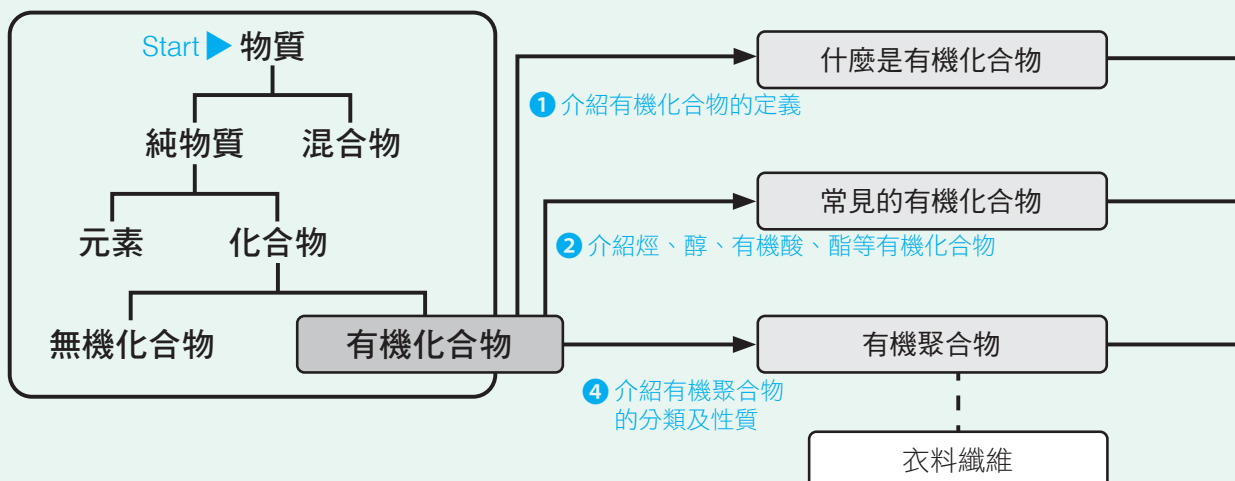
常見的有機化合物



5·4 生活中的有機聚合物



教學指引



5·2 常見的有機化合物

常見的有機化合物有：**烴類**、**醇類**、**有機酸類**、**酯類**等。

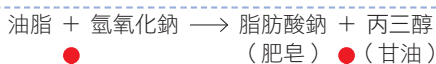
類別	烴類 (碳氫化合物)	醇類	有機酸
結構	只由碳和氫組成	皆與—OH 連接	皆與—COOH 連接
特性	1. 難溶於水 2. 完全燃燒產生二氧化碳和水	甲醇、乙醇易溶於水	溶於水產生氫離子
舉例	甲烷 (CH ₄)：天然氣的主要成分 丙烷 (C ₃ H ₈)：液化石油氣的主要成分	甲醇 (CH ₃ OH) 乙醇 (C ₂ H ₅ OH，酒精)	甲酸 (HCOOH) 乙酸 (CH ₃ COOH，醋酸)

5·3 肥皂與清潔劑

油脂是酯的一種，由脂肪酸與丙三醇化合而成。

實驗 5·3

皂化反應



加入酒精
使兩者能均勻混合

加入飽和食鹽水
使兩者分離

肥皂特性

酸鹼性	鹼性
去汙能力	使油水分均勻混合

酯化反應



類別	酯類	
特性	1. 具香味 3. 密度比水小	2. 中性 4. 不溶於水
舉例	乙酸乙酯 (CH ₃ COOC ₂ H ₅)	

跨科主題 低碳減塑護地球

碳足跡

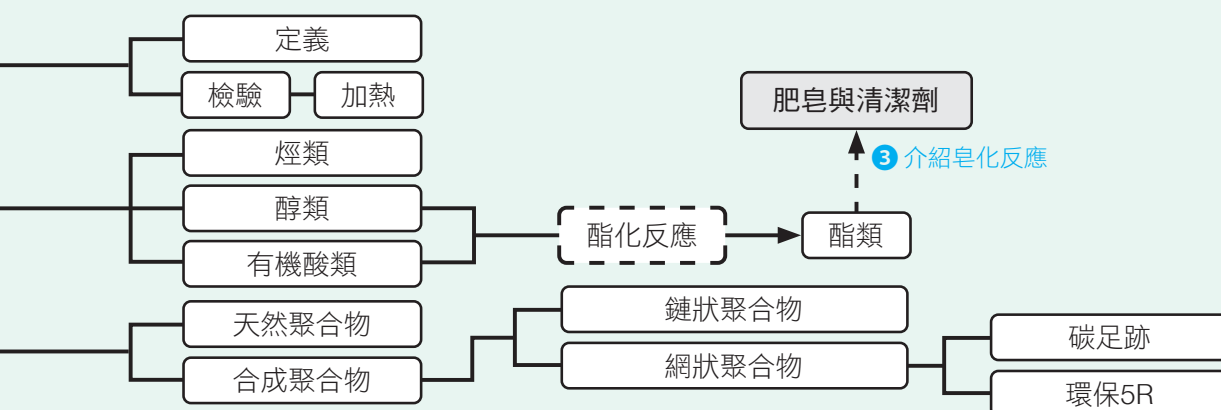
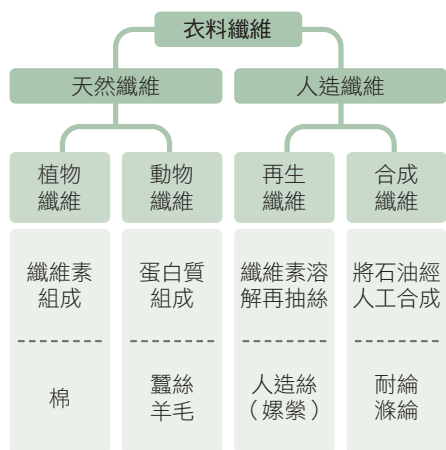
碳足跡是產品生命週期的溫室氣體排放，換算成二氧化碳含量。

回收不能解決塑膠廢棄物問題，還要確實做到後端的再生。



環保5R

1. 拒絕 (Refuse) 使用不環保產品
2. 減量 (Reduce) 使用產品
3. 重複使用 (Reuse) 產品，非一次就丟棄
4. 回收 (Recycle) 廢棄物中可再利用資源
5. 再生 (Regenerate) 資源回收物再製造



教材編注

市面上有很多標榜柑橘氣味的清潔用品，使用後還能散發出清新的氣味。但其實以我們吃剩的果皮為原料，也可以做出類似效果的清潔劑，在動手做的過程更能了解清潔劑的去汙原理，是值得探究又環保的好議題。

探究科學 大小事



果皮清潔劑

中秋節吃烤肉時，來點充滿清香的柚子，真是解膩又清爽。吃完的柚子皮別急著丟，妙用可多了！除了可以煮成柚子茶、曬乾做成柚子蚊香，還可以拿來做柚子清潔劑。接下來就讓我們試著用柚子皮製作果皮清潔劑吧！

DIY 果皮清潔劑

- A 1 萃取柚子精油**
取柚子外皮切碎後浸泡入500毫升的75%酒精中，靜置二週，過濾後可得柚子精油。
- B 2 製作果皮清潔劑**
將食鹽、甘油、椰子油起泡劑和蒸餾水與柚子精油均勻混合，即完成。



材料

- 柚子皮
- 75%酒精500 mL
- 食鹽1茶匙
- 甘油50 mL
- 椰子油起泡劑200 mL
- 蒸餾水1000 mL

柚子皮也可用其他柑橘類果皮替代喔！



來探索

- 1.查詢資料，柚子皮中的何種成分具有去油汙的功能呢？[蒐集資料](#)
- 2.在第5章學過，甘油是皂化反應的產物之一，查查看，在果皮清潔劑中加入甘油的用途又是什麼？[蒐集資料](#)

給老師

【技巧A】利用物質在不同溶劑中的溶解度不同，將溶質由溶液中轉移至另一個溶劑，若無法一次完成，可分成數次萃取，以達到最大萃取量。

【提問B】橘皮精油明明是「油」，為什麼具有去油汙的功能呢？

當溶質和溶劑具有相似的特性時，彼此的互溶性也會較好，稱為「同性互溶」。由於精油和油汙兩者極性皆較低，基於同性互溶原理，精油可將油汙溶解，再藉由後續的步驟將油汙帶走。

給學生

1 清潔劑

清潔劑又稱為界面活性劑，界面活性劑分子的兩端分別為親油性端和親水性端，利用親油性端包覆油滴後，再由親水性端帶入水中，可以消除油水之間明顯的交界，因此可以用於清潔。

2 起泡劑

起泡劑也是一種界面活性劑，市售高濃度的起泡劑加水稀釋後即可作為清潔劑使用，或根據其用途再加入其他添加劑。

Ans 來探索

- 1.柚子皮中含檸檬烯，能夠幫助溶解油脂，具有清潔效果。
- 2.甘油可以作為保溼劑保護雙手，避免使用果皮清潔劑後手部乾澀。

怎麼做更好？

我認為果皮清潔劑成份中含 _____ 量越多，去汙效果越好。**建立假設**
適當調整配製果皮清潔劑的比例，並以 _____ 來測量去汙效果。

C 1 變因設定

根據你的假設，設定變因。

操縱變因	
控制變因	
應變變因	去汙效果



2 設計實驗

根據你的變因設定，設計並進行實驗。

實驗編號 材料	1	2	3	4	5
柚子精油					
食鹽					
甘油					
椰子油起泡劑					
蒸餾水					

3 觀察並記錄結果

想一想

- 發表你的實驗設計與結果，並與班上同學進行交流分享，比較看看，大家的實驗有什麼不同？ **討論傳達**
- 查查看，家中常使用的清潔用品，例如：肥皂、洗碗精，其組成和功能有何異同？ **分類與比較**

給老師

【技巧C】 在製作過程中有多種不同的變因，但此實驗萃取的時間長達兩週，若無法準確控制變因，可能會浪費時間，故正式操作前教師需仔細檢查學生的實驗是否有誤，再進行操作。

【提問D】 在配製清潔劑時，總體積是什麼變因？

溶液的總體積是控制變因，故每次實驗時可加入適量的蒸餾水，使溶液的總體積皆相同。

給學生

Ans 怎麼做更好

柚子精油；清潔後殘留的油汙量。

①變因設定：

操縱變因：柚子精油的量

控制變因：甘油的量、食鹽的量、椰子油起泡劑的量、清潔劑總體積等。

②③請學生自行作答。

Ans 想一想

1. 甘油、食鹽和椰子油起泡劑的量、清潔劑總體積等。

2. 肥皂是脂肪酸的金屬鹽類，洗碗精則是石化合成清潔劑。兩者結構上都具有親油性端和親水性端，但肥皂在含高濃度礦物質的水中會產生沉澱而失去去汙能力，洗碗精則不受影響。