

1. 在2015年於法國巴黎召開的聯合國氣候變遷大會中制定了《巴黎協定》取代了《京都議定書》，請簡述《巴黎協定》的主要內容及目標。
2. 近年受氣候變遷威脅，世界各國紛紛承諾淨零排放（Net Zero Emissions）目標，許多國際企業也公開宣示將以再生能源、提高設備的能源效率等方式達成碳中和（Carbon Neutral）。碳中和與淨零排放有何不同？
3. 解釋何謂碳匯和碳足跡？

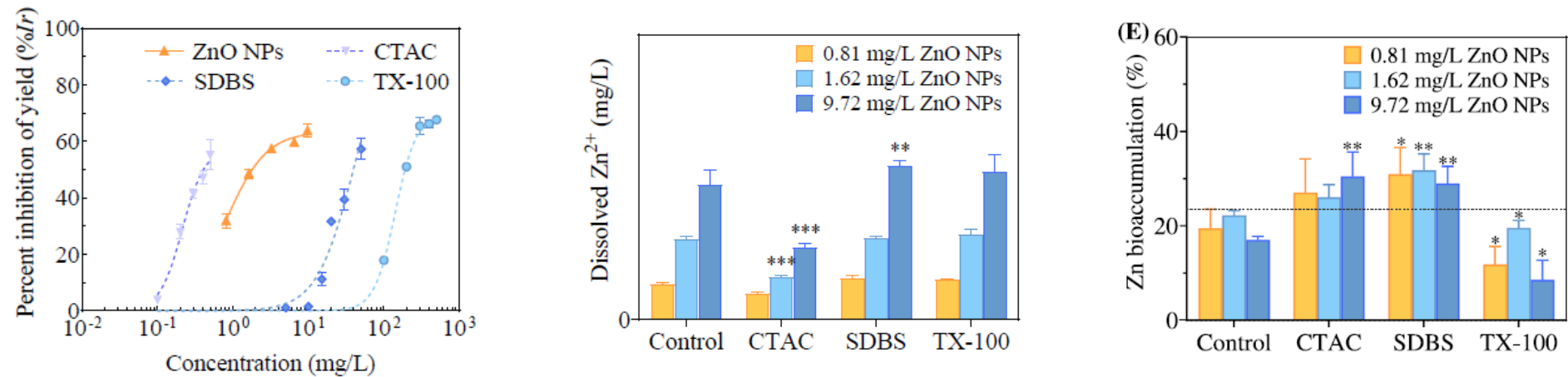


International Energy Agency



學者想要瞭解奈米顆粒(NP)對於微生物的影響,又在真實的水體中，顆粒表面多吸附有有機物，而非單獨存在。所以對水中若有界面活性劑，SDBS、CTAC，以及TX-100時，ZnO奈米顆粒可能對某微藻(*C. vulgaris*)之影響進行實驗。

- (A) 請說明圖(a)的結果
- (B) 看到圖a的結果, 研究團隊就想瞭解可能的原因, 於是分析了(1)水中Zn的濃度(圖b), (2) *c. vulgaris* 細胞內的Zn累積量(圖c), 跟(3) ZnO NP與(*C. vulgaris*)聚集後的顆粒大小 (見表格). 請就這些結果推論(a)可能的原因。



	Control	CTAC	SDBS	TX-100
平均粒徑 (nm)	133.9	180.9	68.7	133.8



Water is the main constituent of Earth's hydrosphere and the fluids of all known living organisms. It is vital for all known forms of life, despite providing neither food, energy, nor organic micronutrients.

1. Please describe a typical drinking water treatment process.
2. Disinfection is always applied at the end of drinking water treatment to destroy or inhibit microorganisms that cause diseases. The most commonly used disinfectant in drinking water is sodium hypochlorite ( $\text{NaOCl}$ ，次氯酸鈉)，please briefly describe the chemical reactions of  $\text{NaOCl}$  in water and what are the species that can inhibit microorganisms.
3. Disinfection of drinking water can protect us from waterborne diseases, but there is also a concern of disinfection process, which is disinfection by-products (DBPs). Please describe what DBPs are.



請以環境與永續工程(environmental and sustainable engineering)觀點，說明下圖中有關水(water)、能源(energy)與食物(food)間的相互關係、面臨的環境問題、以及可行的環境技術與解決對策。



*Sustainable Engineering Solutions for Environmental Systems*

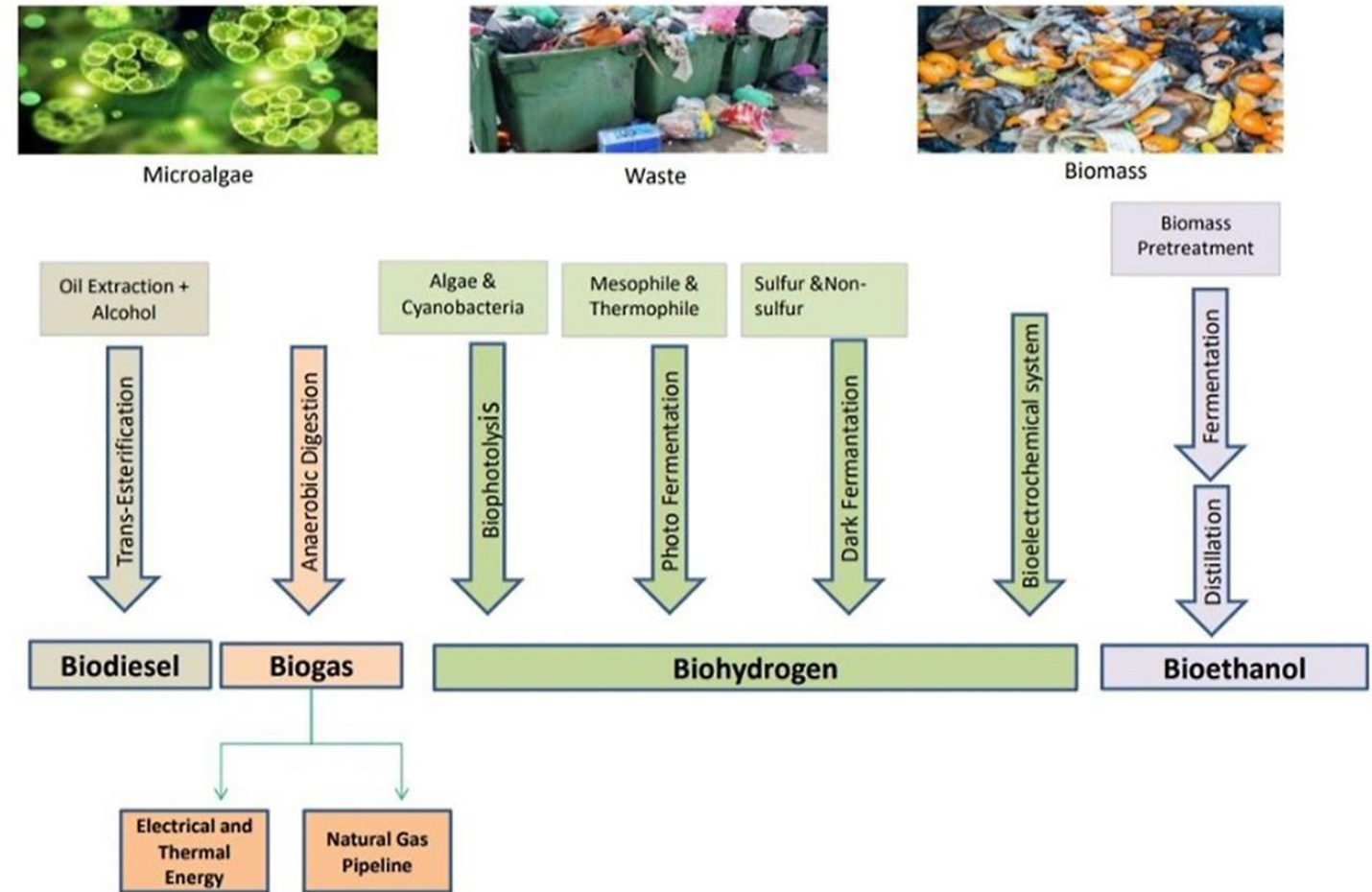




To mitigate the growing threat of climate change and develop novel technologies that can eliminate carbon dioxide, the most abundant greenhouse gas derived from the flue gas stream of the fossil fuel-fired power stations, is momentous. The development of carbon capture and sequestration-based technologies may play a significant role in this regard.

(A) Please describe the technologies using for CO<sub>2</sub> capture in this figure.

(B) Please describe the main chemical and biochemical reactions of CO<sub>2</sub> capture and utilization.



- Surface area is increasingly being emphasized as more representative of the particle dose–response relationship in toxicity studies.

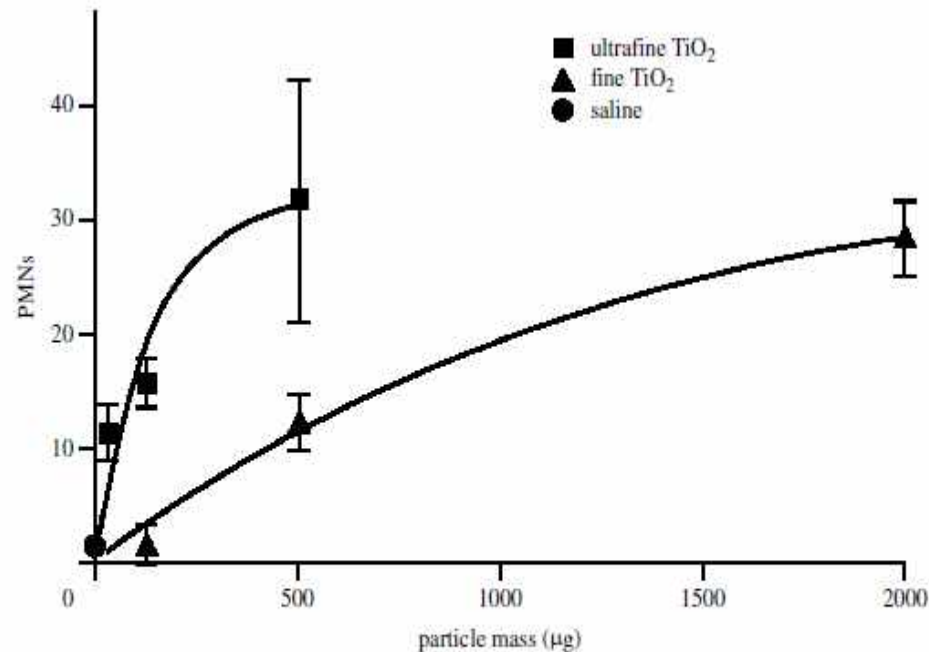


Figure 7. Inflammatory response 24 h after instillation of different doses of ultrafine and fine  $\text{TiO}_2$  in rats, expressed as percentage neutrophils in lung lavage as a function of instilled particle mass. Ultrafine  $\text{TiO}_2$ , ca. 20 nm; fine  $\text{TiO}_2$ , ca. 250 nm.

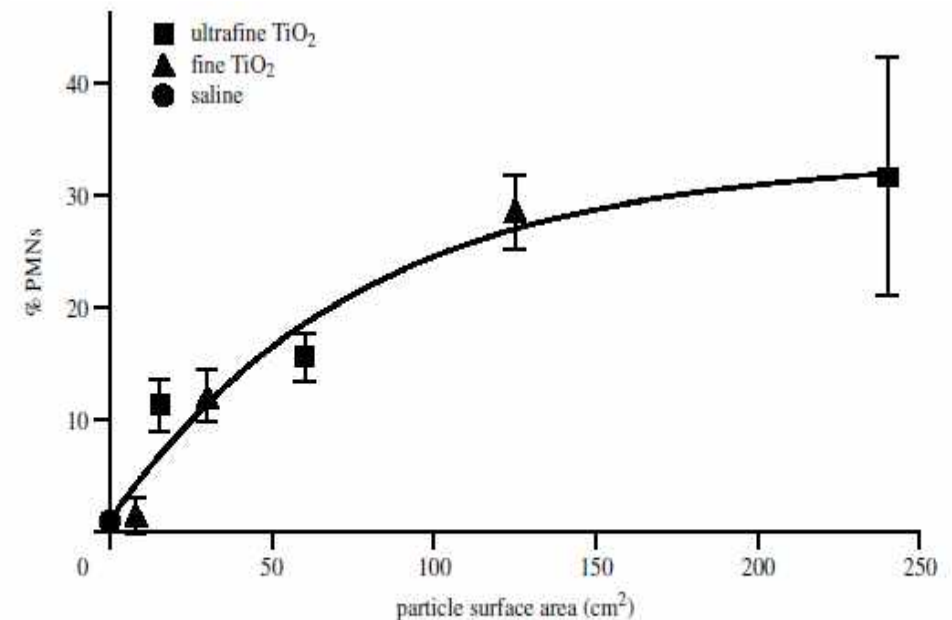


Figure 8. Same data as shown in figure 7 with particle dose expressed as particle surface area in the lung.



## 2-1

## 問題一

- 蔡總統就職文告中提及「對各種污染的控制，我們會嚴格把關，更要讓台灣走向循環經濟的時代-----」

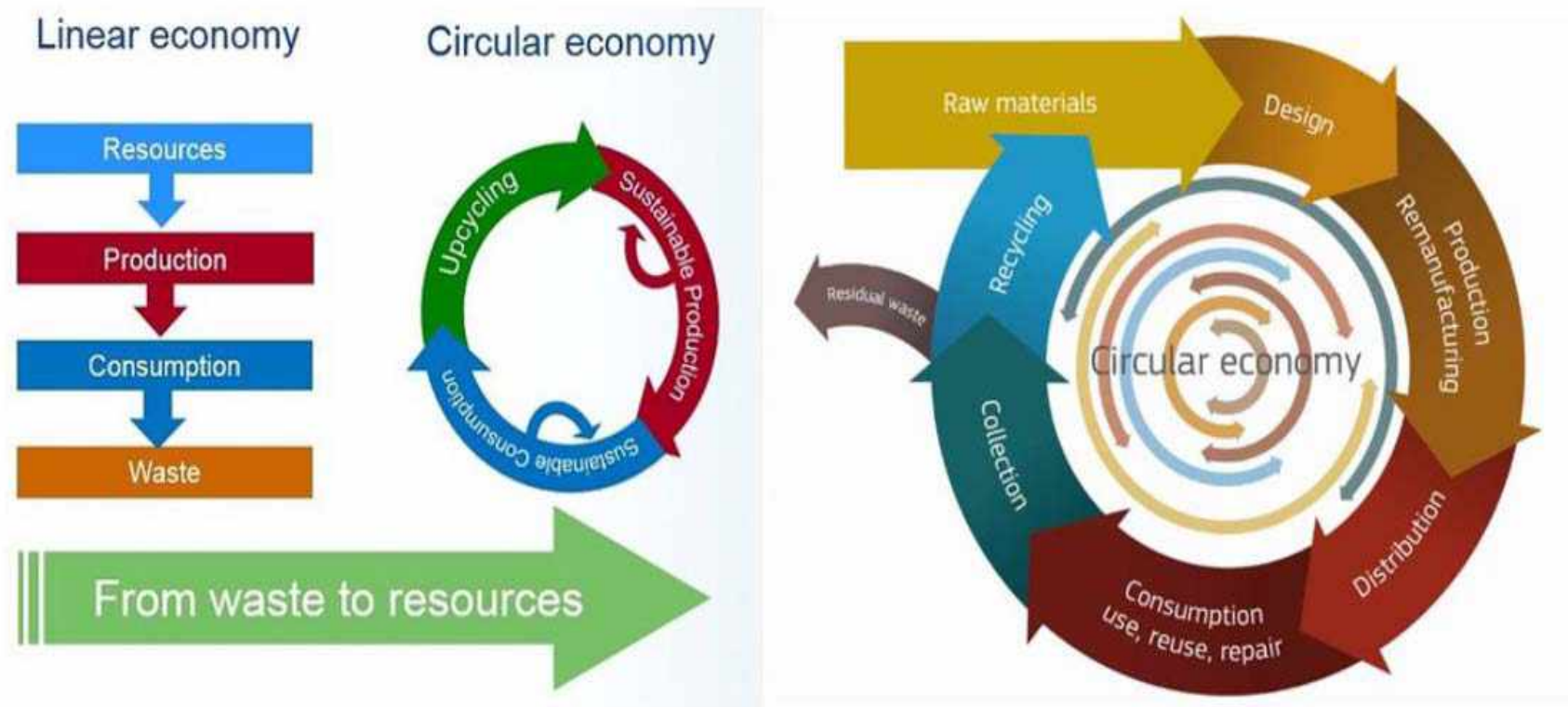
請說明何謂循環經濟(circular economy)?



2-2

## 問題二

依據下圖說明(1)線性經濟(linear economy)  
與循環經濟(circular economy)的差異？  
以及(2)循環經濟的特色為何？



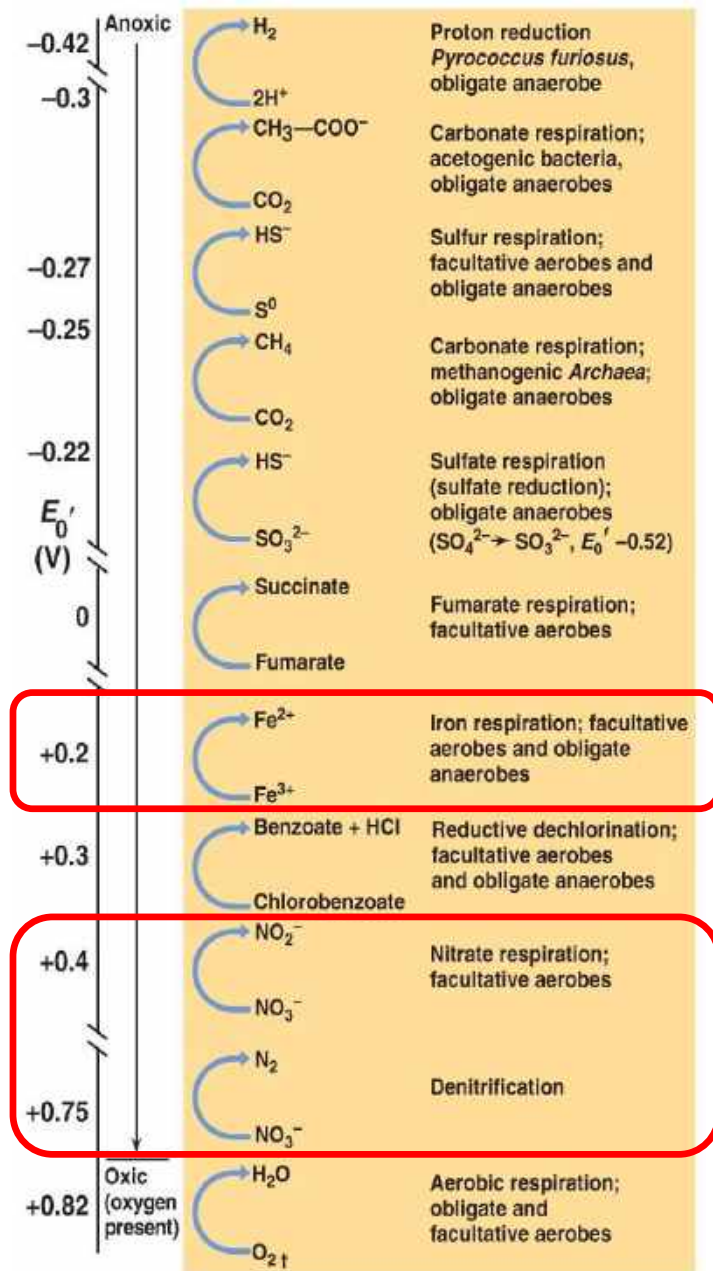
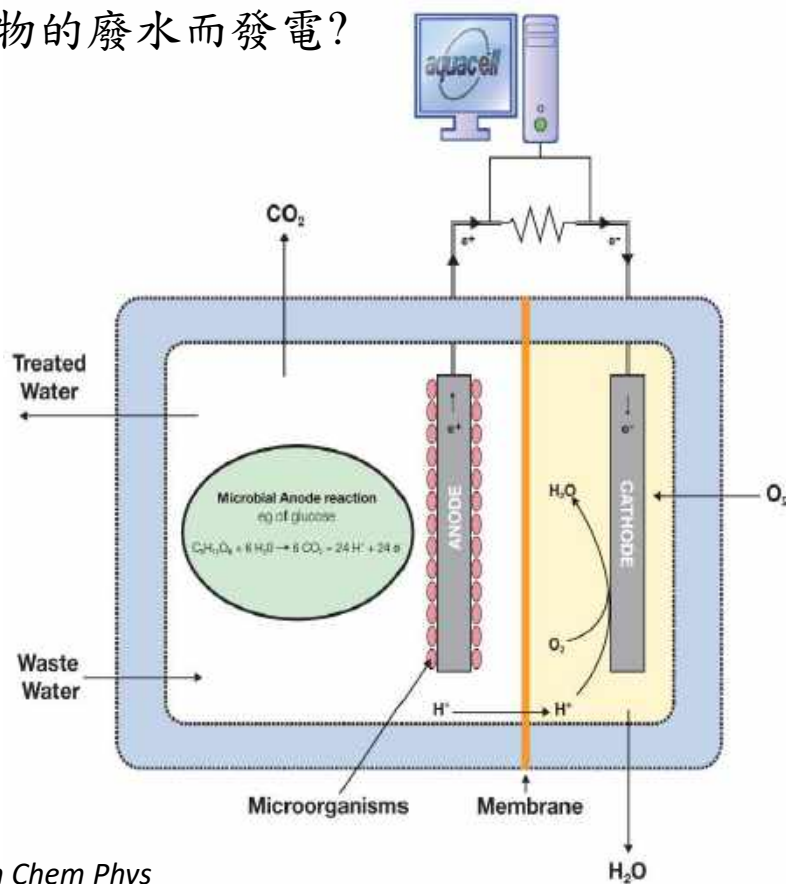
資料來源：(European Commission, 2014)。



「微生物燃料電池系統」是近年來備受關注的一種**厭氧**廢水處理工法，其原理乃是讓微生物以陽極槽中的**電極做為其生長代謝所需的電子接受者**，藉此將廢水中的有機物礦化，也可因此而產電(如下圖)。試問：

- 相較於「傳統活性污泥法」，此系統可能的優點有哪些？
- 如果電極的標準還原電位在pH 7時可視為接近三價鐵礦的還原電位(如右圖)，此系統是否仍可藉由處理富含硝酸鹽/亞硝酸鹽等氮氧化物的廢水而發電？

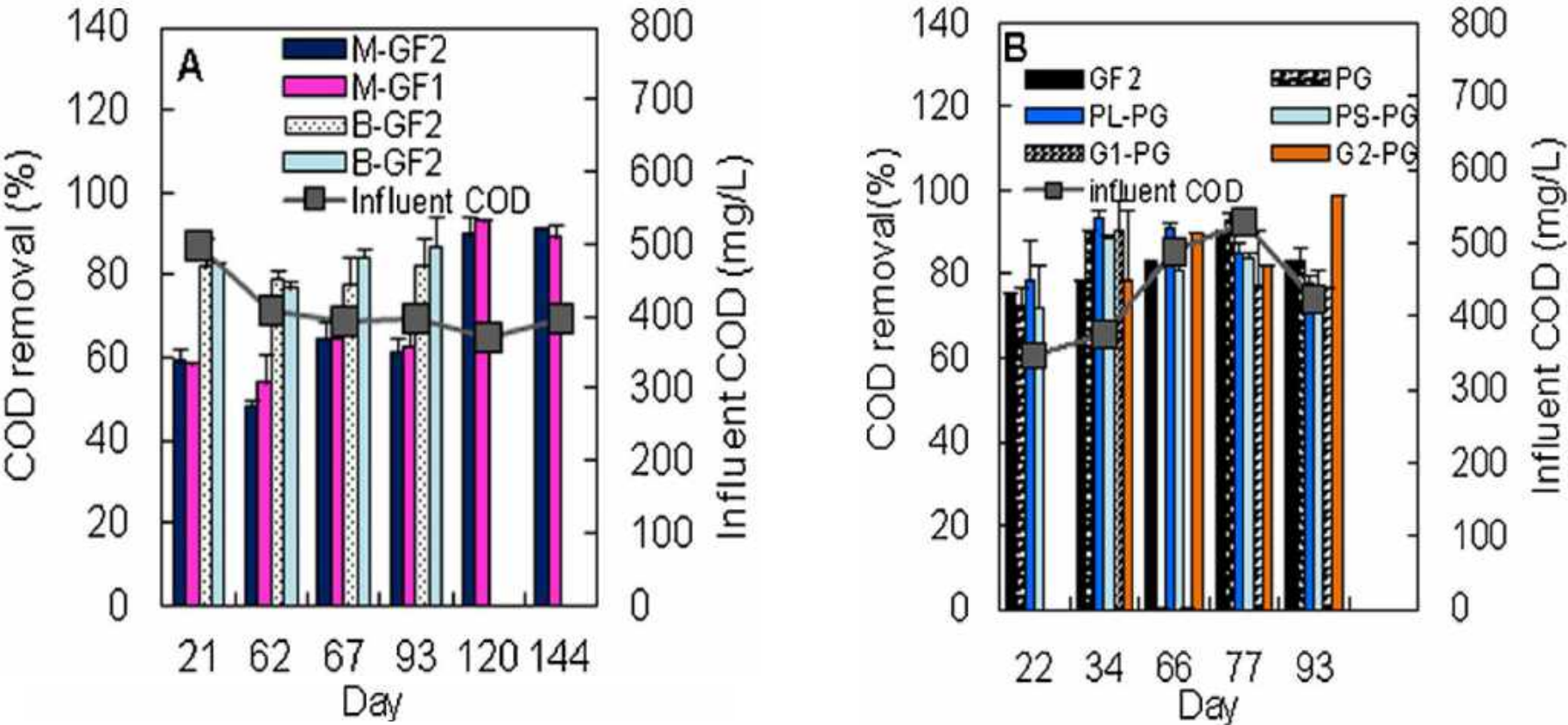
3-1



然而，「微生物燃料電池系統」已被證實在實際應用上除了有發電產能上的效率需克服外，若是單獨用在廢水處理時也有疑慮，即使對於一般生活污水其COD的去除率可達80-90%。試問：

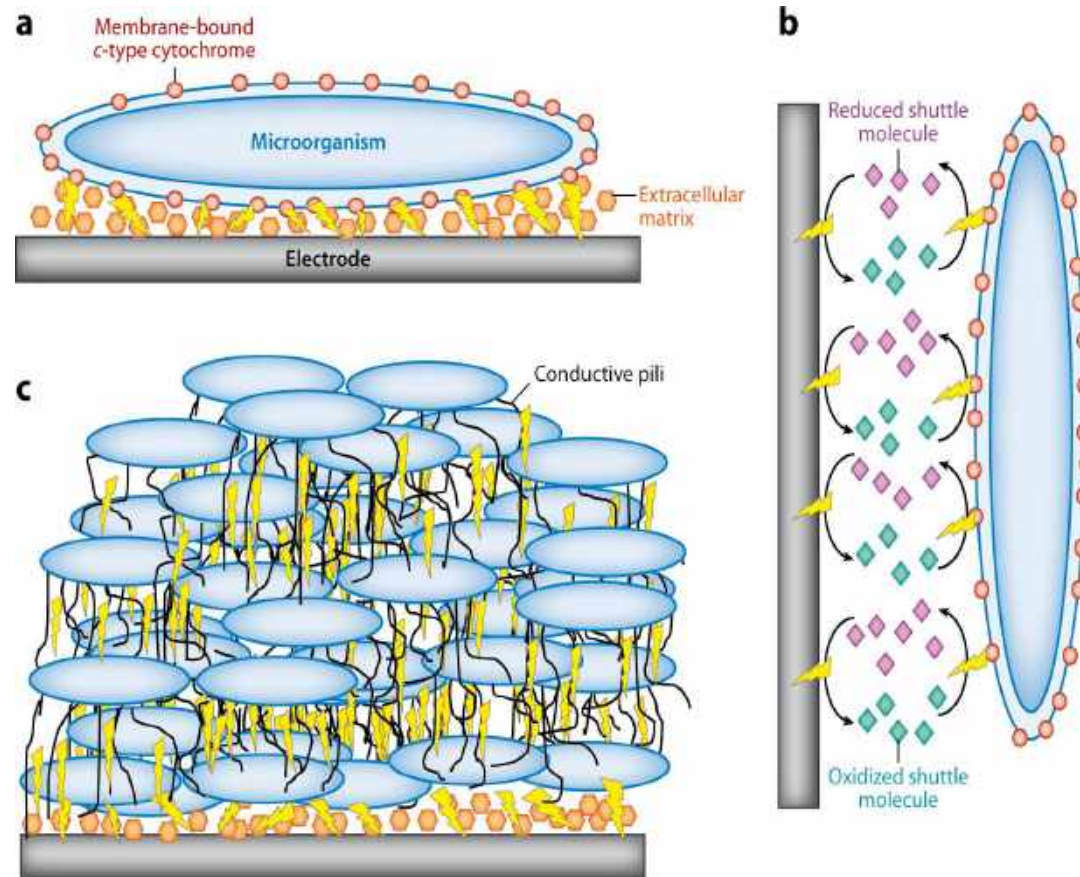
- 何謂COD? 為何COD可用來做為水質指標? 其與BOD的差異在哪?
- 下圖為利用不同電極材料/型態以及系統配置下處理生活污水所得的數據，請說明為何在有如此高去除率的情況下，微生物燃料電池系統仍被視為不甚完善的廢水處理系統?

3-2



在「微生物燃料電池系統」中，微生物與電極間的電子傳遞機制也是近幾年環境微生物學的研究重點。幾種可能的機制包括：微生物可自行分泌一種氧化還原活躍、俗稱「電子梭」的溶解態小分子，使其在即使無法將電極攝入細胞，仍可由藉電子梭的幫助，將呼吸作用所產生的電子轉移到電極表面(如圖b所示)。請利用基礎微生物培養的方式，設計簡單的實驗以驗證此假說。

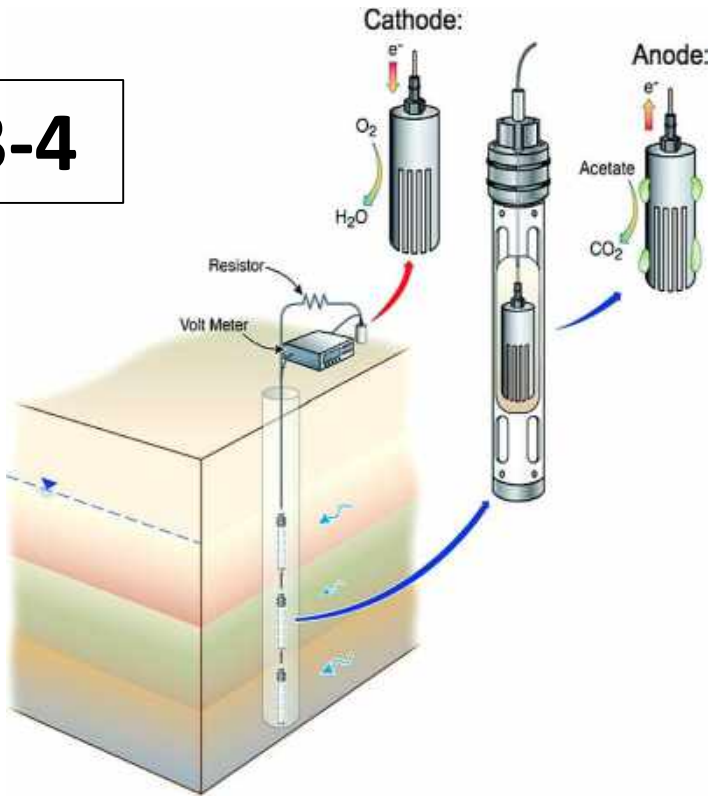
### 3-3



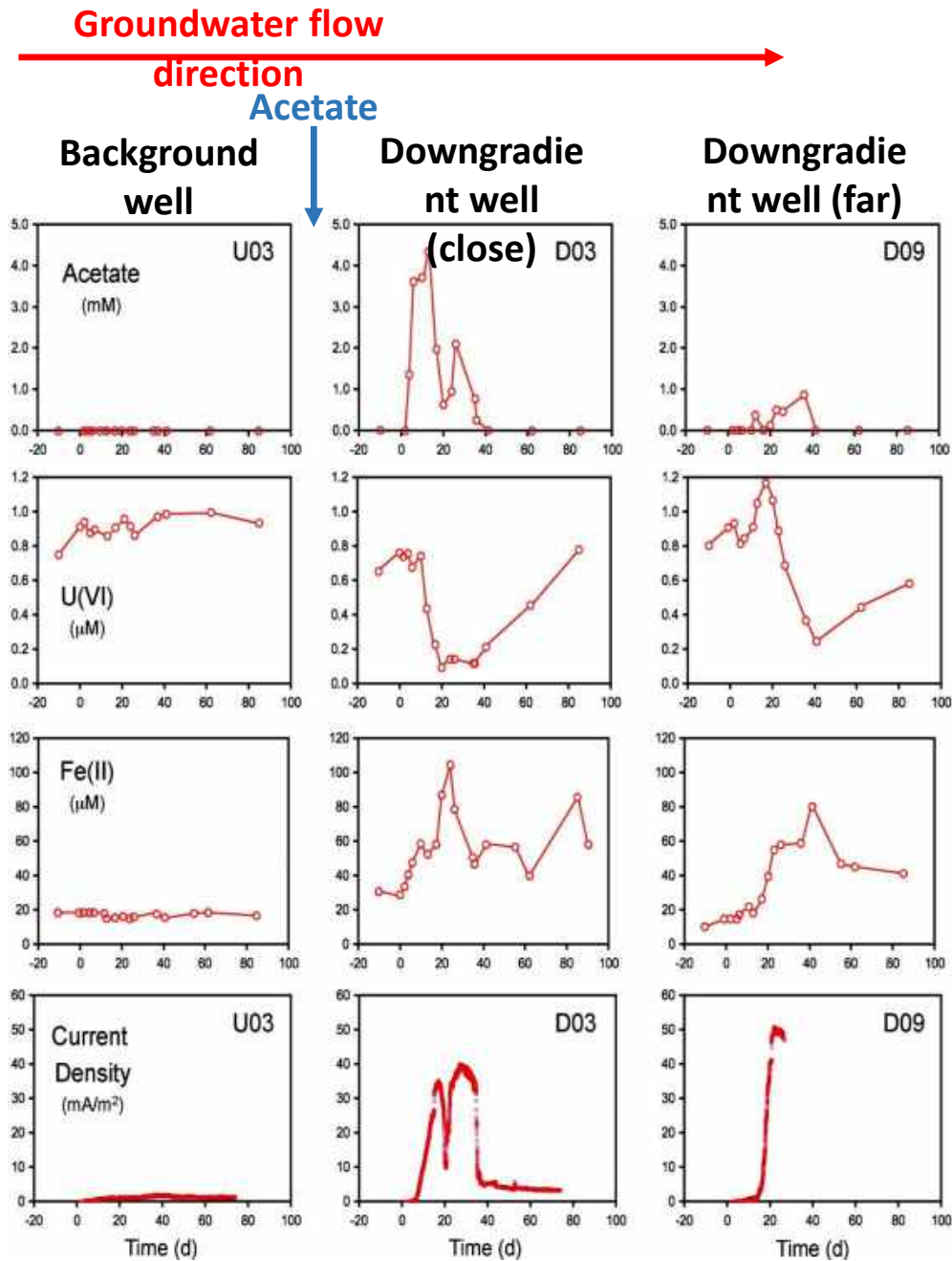


除廢水處理外，微生物燃料電池系統也可應用在地下水的污染整治及監測。下圖為此系統應用於地下水**六價鉍污染**整治的示意圖；左圖則是從注入井打入醋酸鹽後，位於注入井上游處(U03)、以及位於注入井下游處順著地下水流所設的監測井(D03與D09)，除了電流數據外，採樣分析所得到的結果。請試著解釋數據，並說明微生物燃料電池系統在此應用上的優勢。

3-4



Williams et al. (2010) ES&T



美國工程學會曾票選出20項20世紀最偉大的科技，下表為其中一部份。請你選擇一項科技討論其對環境的影響。

<b>Electrification</b>	<b>Automobile</b>
<b>Electronics</b>	<b>airplane</b>
<b>Computers and internet</b>	<b>Water supply and Distribution</b>
<b>Mechanised agriculture</b>	<b>Air conditioning and refrigeration</b>
<b>Petroleum technologies</b>	<b>Highways</b>





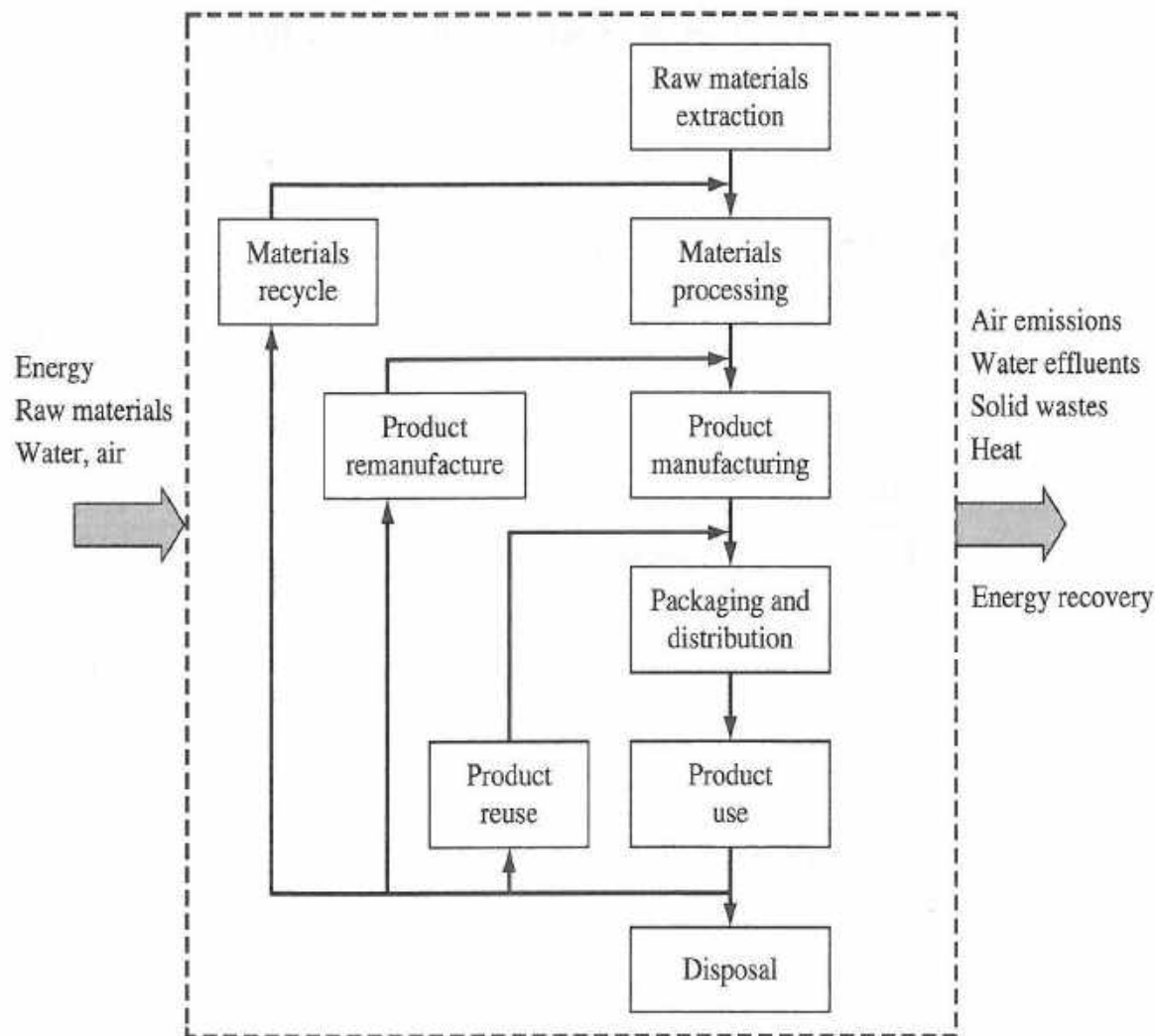
## 問題

請根據右圖說明：

(1)何謂產品的生命週期評估(life cycle assessment, LCA)?

(2)LCA評估的範疇與項目應包括哪些?

(3)與廢棄物減量、回收及管理的應用意義?

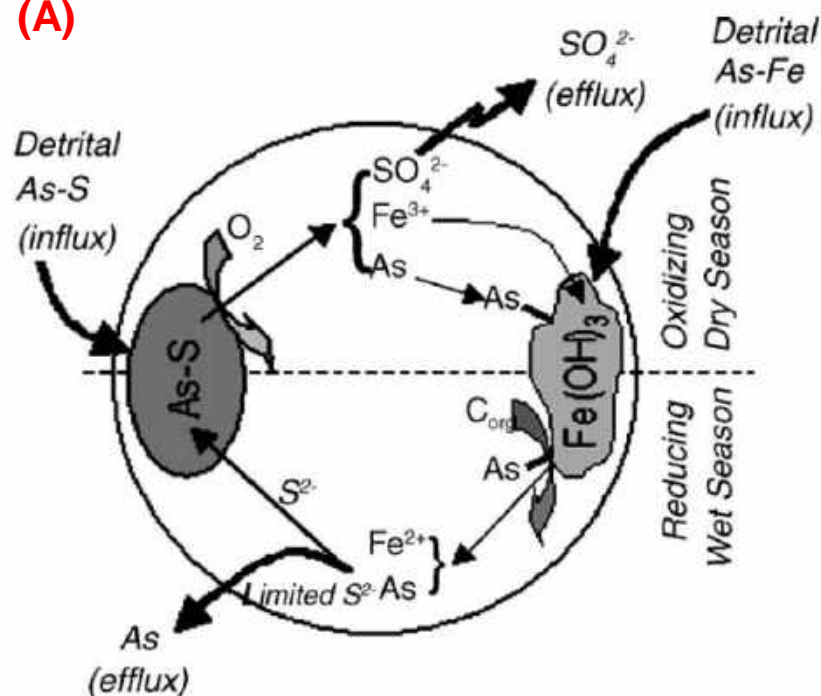


**FIGURE 8** The lifecycle of a product, including clarification of the terms reuse, remanufacturing, and recycling.

- 環境中的砷常與鐵/錳礦物共存，因此鐵/錳礦型態的改變常顯著影響砷在環境中的行為(圖A)。而在地下含水層中，鐵/錳化學主要受控於現地異營性鐵/錳還原菌(即所呼吸的是鐵/錳礦物而非分子氧)的生長代謝，也因此這類菌群常被認為是主導地下水砷污染的元兇之一。
- 全世界地下水受砷污染最嚴重的國家是孟加拉，該國也是全球最貧窮的國家之一，工業活動與發展落後，其境內主要的生活與農業用水皆來自於地下水。但弔詭的是，即使孟加拉地下水砷濃度嚴重超標(常在30米深處達高峰，而此淺層位置卻恰好是地下水井取水處)，其含水層中的底泥砷濃度卻與一般的環境背景值相當(圖B)。
- 水文地質調查顯示孟加拉的地下水受補注時，常會引入流經稻田與池塘的DOC至含水層中(圖C)。

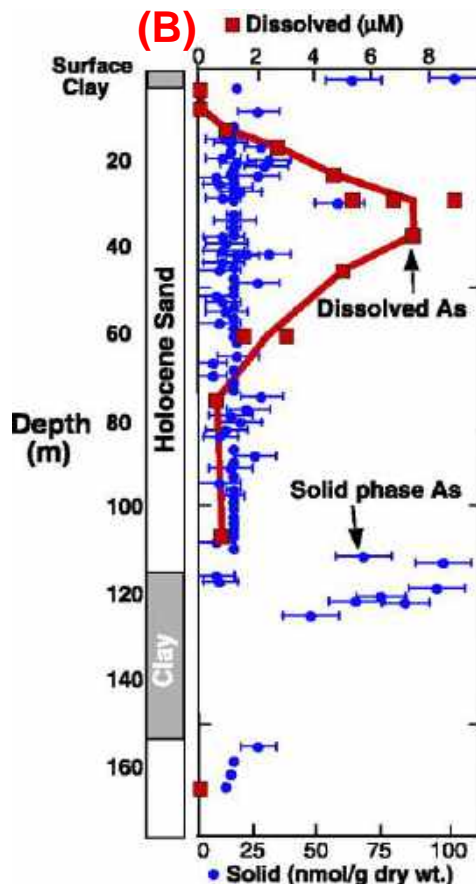
### 請試著回答下頁問題

(A)



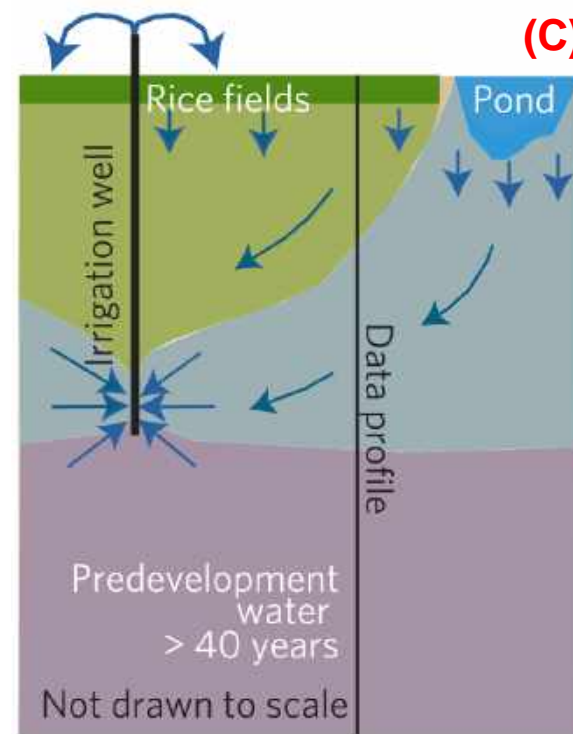
(Polizzotto et al., Chem Geol 2006)

(B)



(Charles et al., Science 2002)

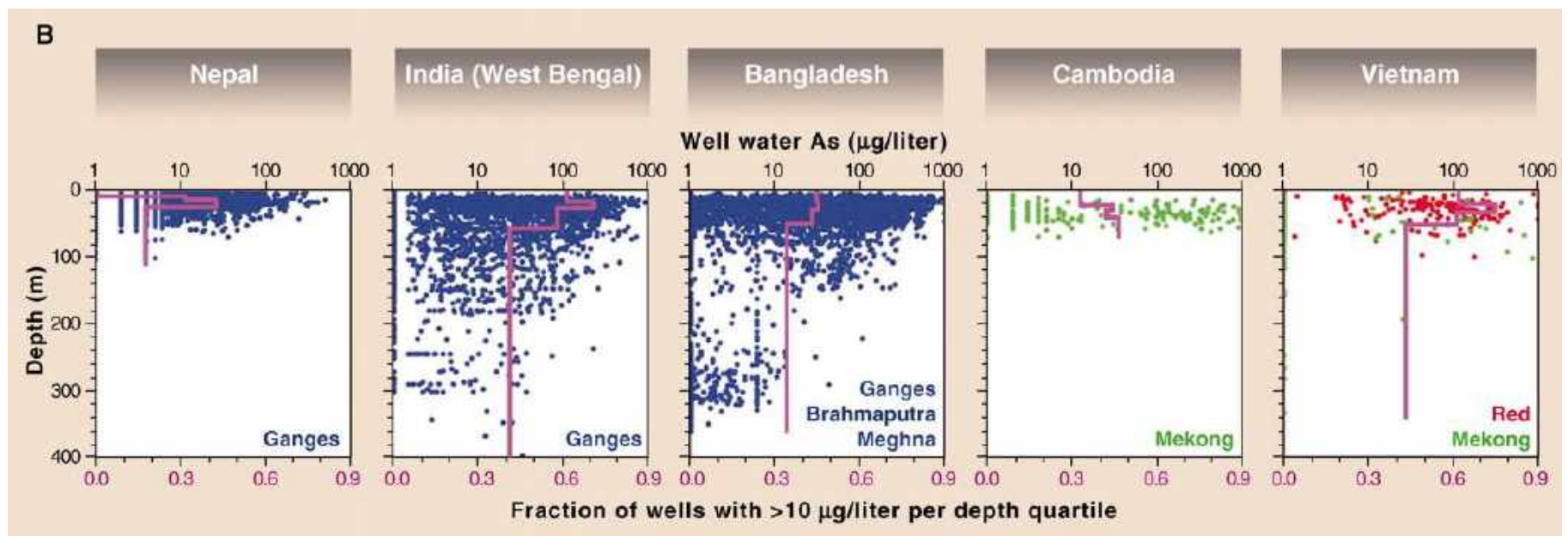
(C)



Physical explanation  
of layering

(Neumann et al., Nat Geosci 2010)

1. 請問要如何確定來自稻田或池塘地區所補注的DOC，何者才是最容易被異營性鐵/錳還原菌利用的食物，並進而造成砷污染? [Hint: 可從一般的水質檢測方法思考]
2. 請試著推論為何孟加拉含水層底泥的砷濃度一般，但地下水的砷濃度卻嚴重超標? [Hint: 可根據前頁所提供的線索加以整合]
3. 事實上，台灣過去西部沿海地區的居民也曾嚴重遭受砷的毒害，但此問題現已解決：請問當年有效解決之道為何? [Hint: 可從台灣的水資源管理思考]
4. 然而，並非所有地區皆如同台灣這般幸運，全世界仍有許多受地下水砷污染問題纏身的國家/區域皆是十分貧窮落後(下圖)。如果你/妳是「工程師無國界」(Engineers without Borders)組織的成員，在資源極為匱乏/有限的情況下，妳/你會對此問題提出何種恰當的解決之道? [Hint: 可先說明一般用在飲用水/廢水砷處理的工法有哪些，再試著評估這些方法的適用性，或合理的自由發揮/提出其他的解決之道]

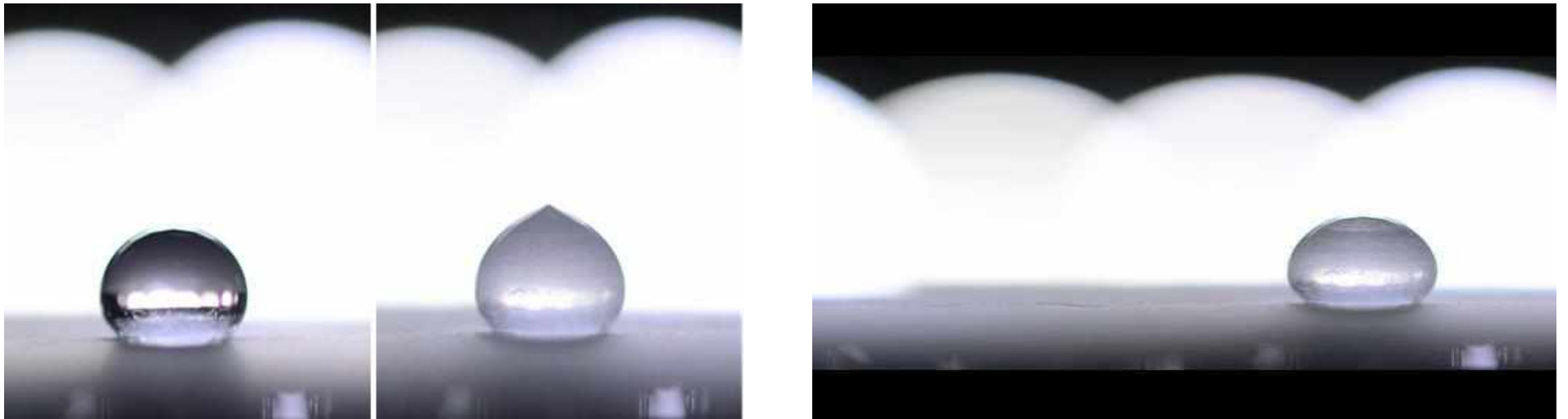


(Fendorf et al., Science 2010)



# Freezing singularities in water drops

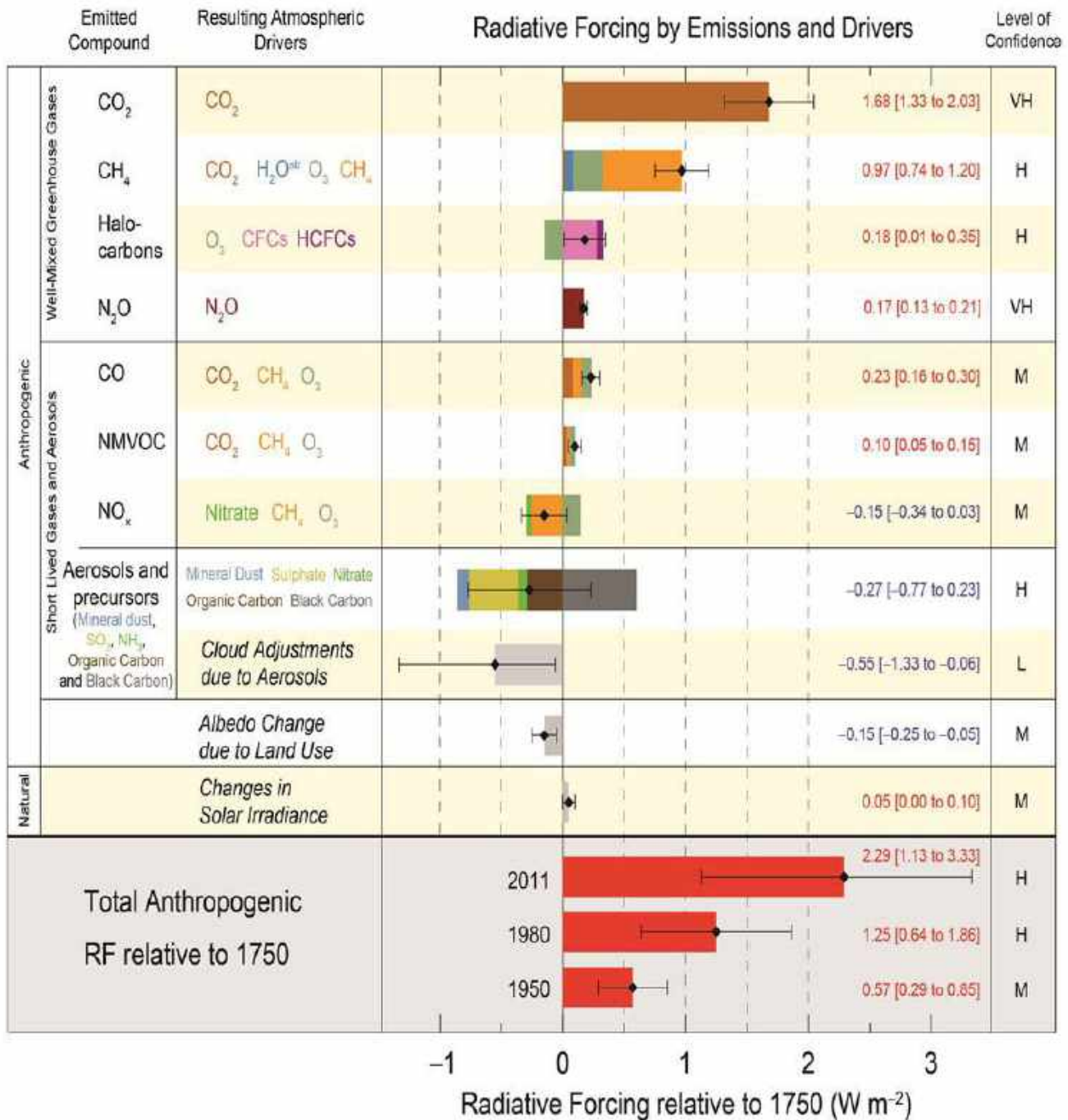
- <http://pansci.asia/archives/90806>
- 讀完本篇文章後，請簡要說明文章內容與其探討的現象及成因。
- 你是否同意其所提出的解釋或假說？請說明你的看法與意見。



[Question]

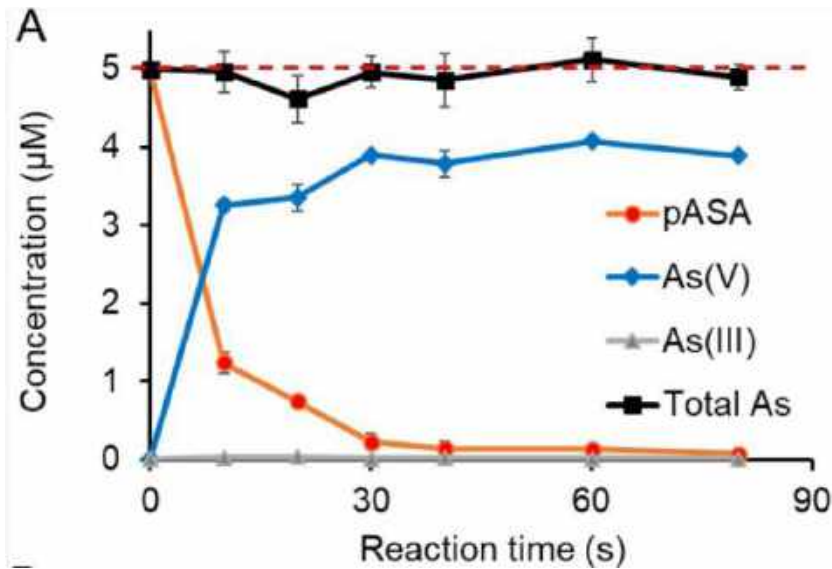
Radiative forcing of atmospheric species estimated by IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) is summarized below.

- (1) Why do atmospheric aerosols have both positive and negative radiative forcings?
- (2) Why “*Cloud Adjustments due to Aerosols*” is specifically considered in radiative forcing of atmospheric aerosols?



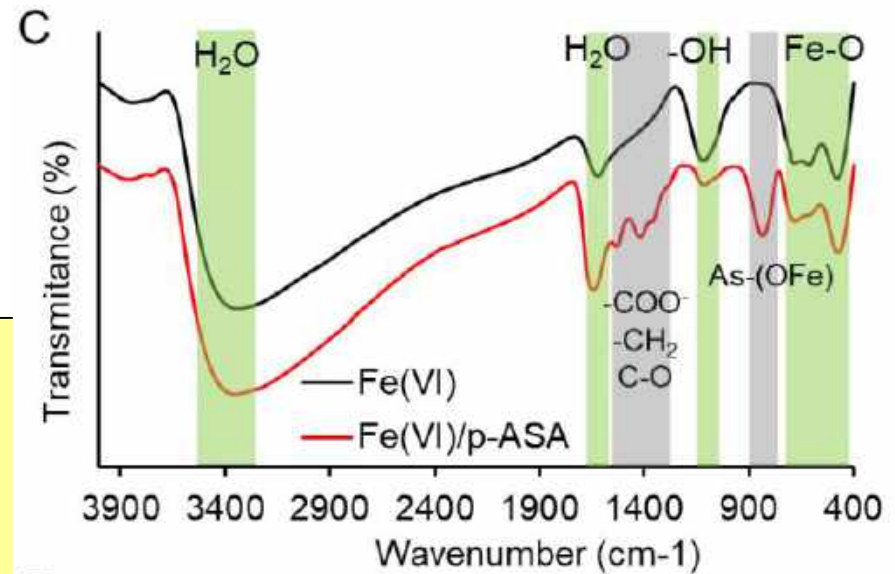


Yang et al (ES&T, 2018)探討高鐵酸鹽( $K_2FeO_4$ )對有機砷(p-ASA)的去除機制，研究中討論了吸附與氧化的反應。

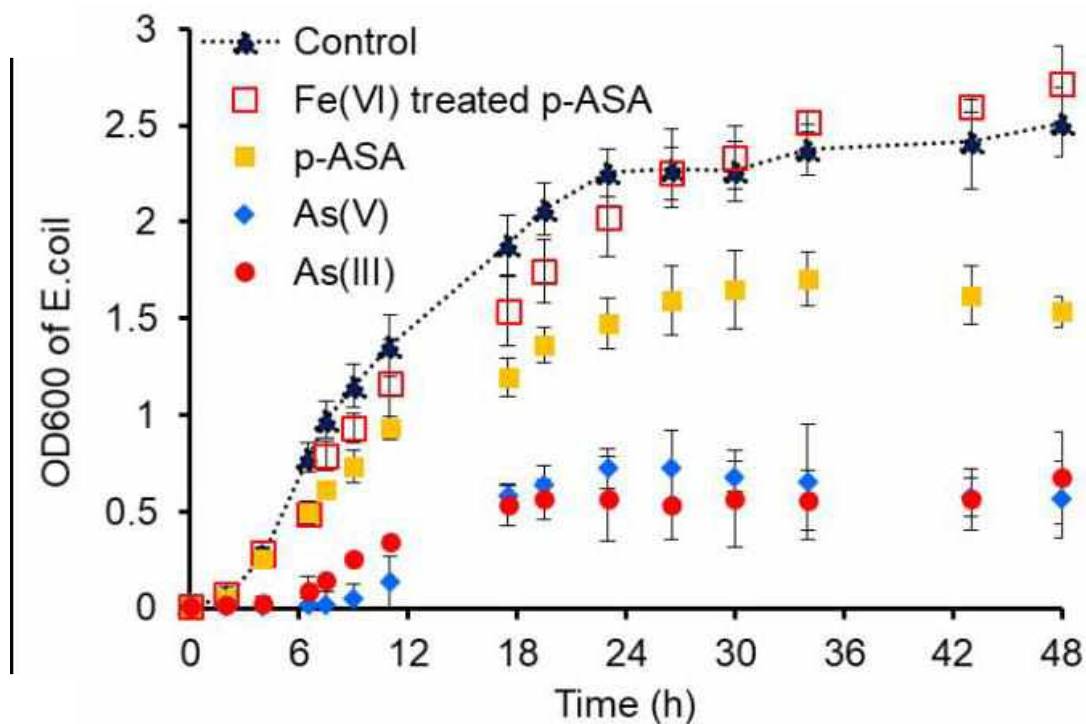


請先說明A圖裡發生什麼事？

C圖是FT-IR圖譜，FT-IR可以分析材料表面的官能基或鍵結。  
Fe(VI)與Fe(VI)/p-ASA分別指與p-ASA反應前後的Fe奈米顆粒。  
請試著說明C圖，並且用來解釋A圖。



作者最後去瞭解E. Coli. 在不同的砷的環境下的生長, 如下圖.  
請解釋下圖並試著說明這個研究對於環境問題的意義  
(OD600是分析E.Coli. 濃度的方法)



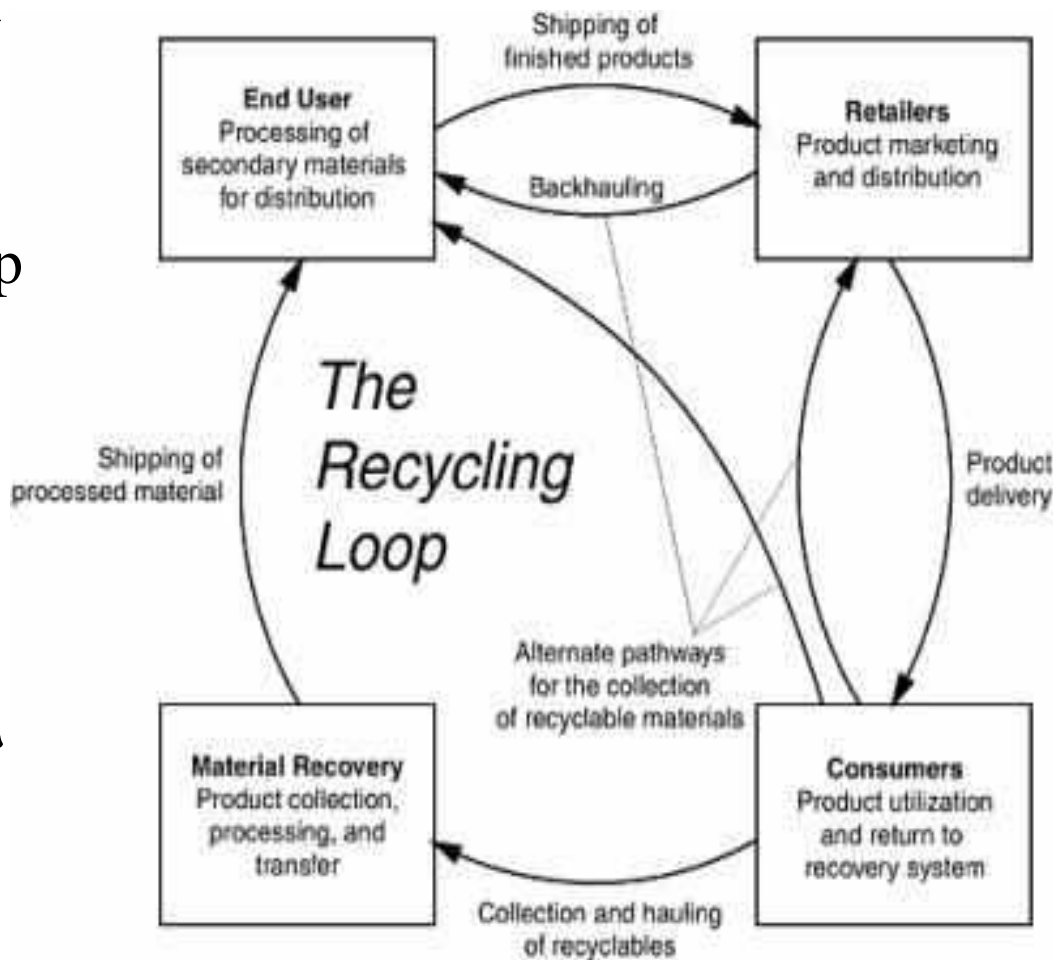


# 問題

循環回收是現階段推動廢棄物減量與資源再利用的重要工作，請根據右圖說明以下問題：

(1)為維持良好的Recycling loop，請說明Retailers, Consumers, Material recovery plants, End user間之關聯性為何？

(2)你(妳)覺得循環回收體系可能面臨的瓶頸或問題，可能包括那些？

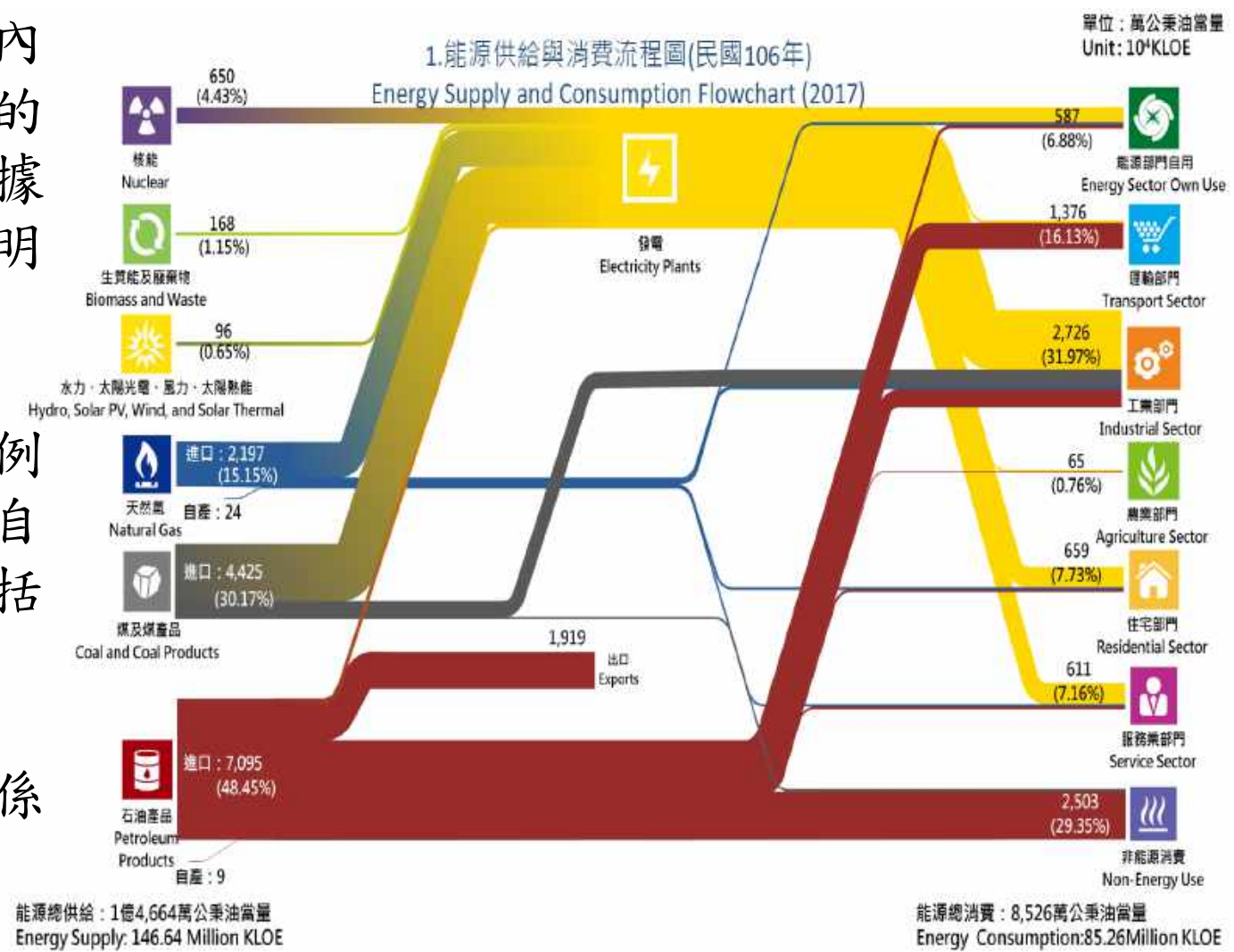




# 問題1

右圖是2017年國內能源供給與消費的統計結果，請根據此分析結果，說明以下問題：

- (1)非自主性能源佔能源供給的比例非常高，請問非自主性能源主要包括那些？
- (2)能源穩定供給與經濟發展的關係為何？

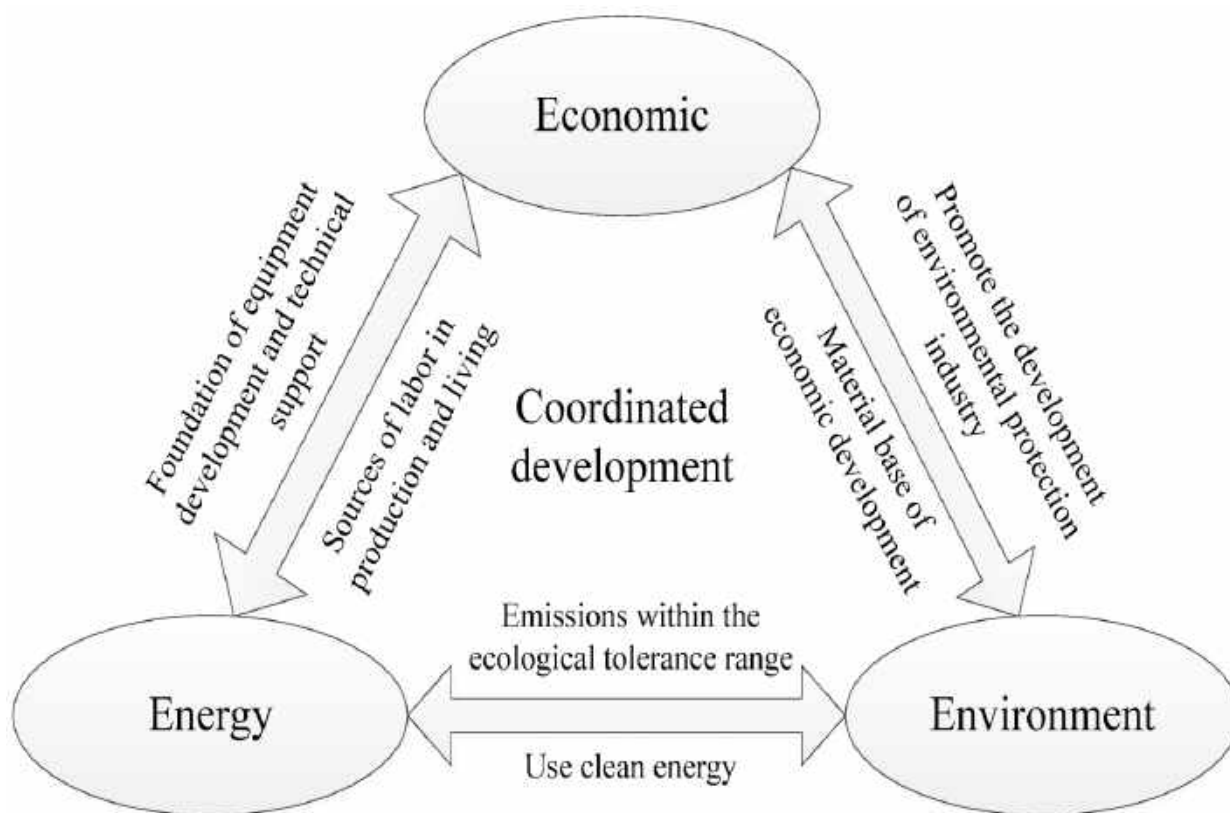






## 問題2

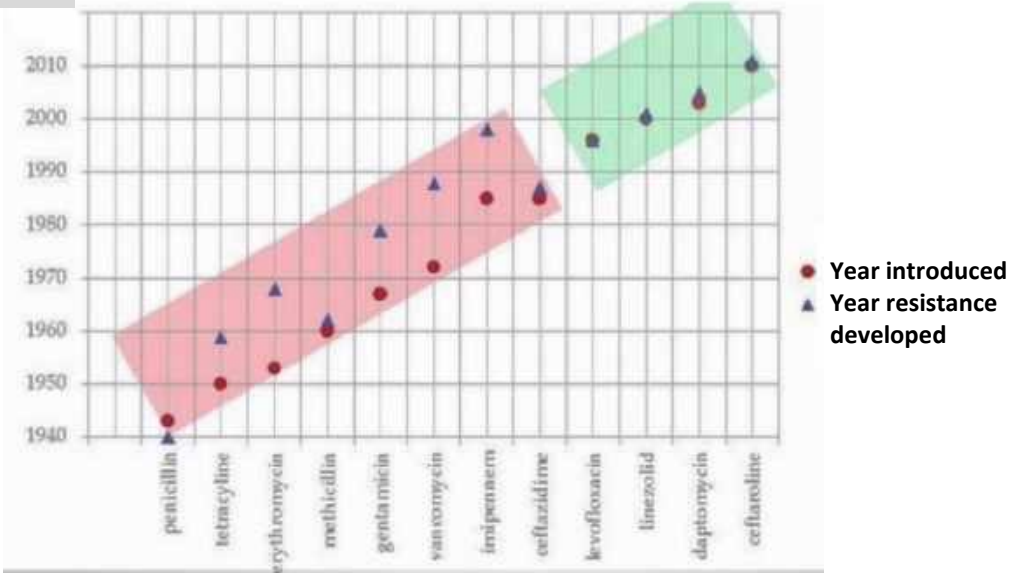
能源、環境與經濟發展間的衝突，已是現階段相當重要的討論議題。今年國內亦接連發生許多能源開發與環境保護間爭議的事件，請參考下圖，發表你(妳)對3E(能源、環境與經濟)發展間可行的平衡作法。



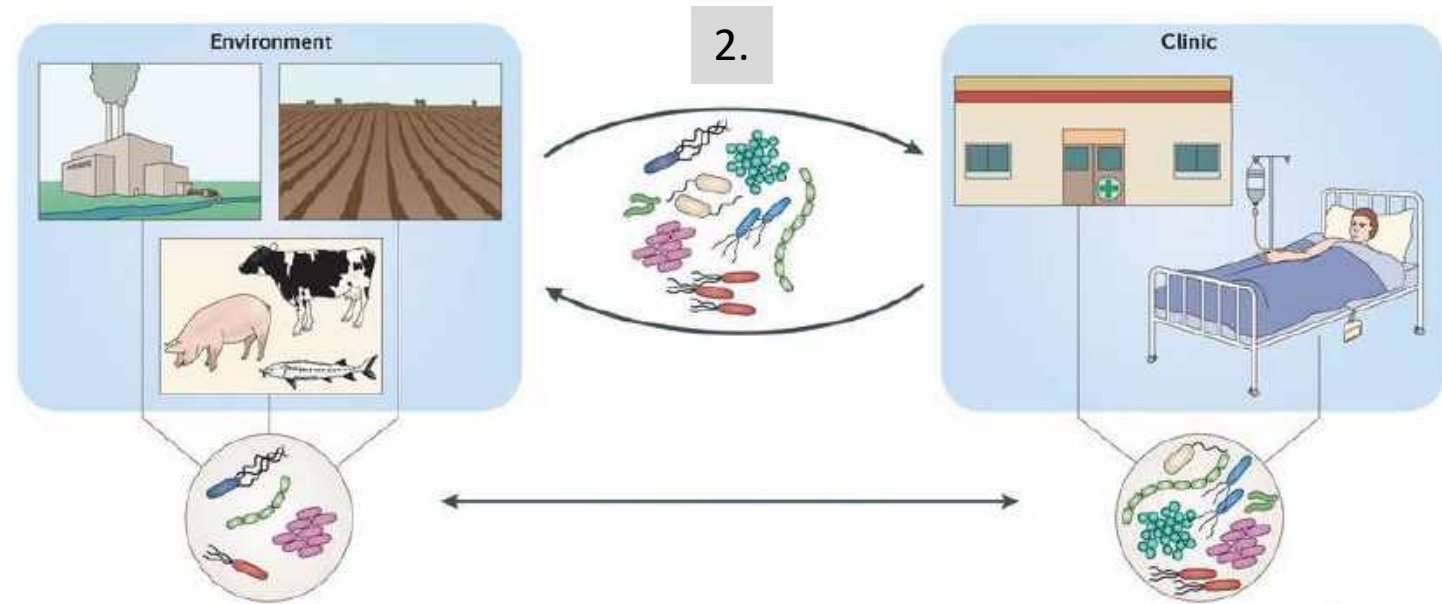


- 抗生素自1928年由Alexander Fleming發現後，由於可以只攻擊病原菌而不傷害人體細胞，幾乎讓所有因細菌所引起的感染病在抗生素開發的黃金時期(40-70年代)得以治癒甚至革除。
- 然而，後續抗生素的濫用及不當使用，已使得抗生素問世後到病菌對其產生抗藥性的緩衝期從十年縮短為一年(圖1)；更令人擔憂的是，由於藥廠基於利潤微薄而不願對抗生素再有任何新藥開發的舉動，使得抗藥性對公共衛生所造成的衝擊將因此而更為嚴重(亦即使得未來更常碰到感染病最後無藥可醫的情況)。
- 目前已知抗生素在生物體內的吸收率僅有20-30%，根據圖2所示的抗生素施用對象，請說明因為抗生素而受到抗藥性衝擊的高風險族群有哪些？

1. Average:  $\geq 10$  years Average: 1 year



Antibiotic Resistance Threats in the United States, 2013 (US CDC)



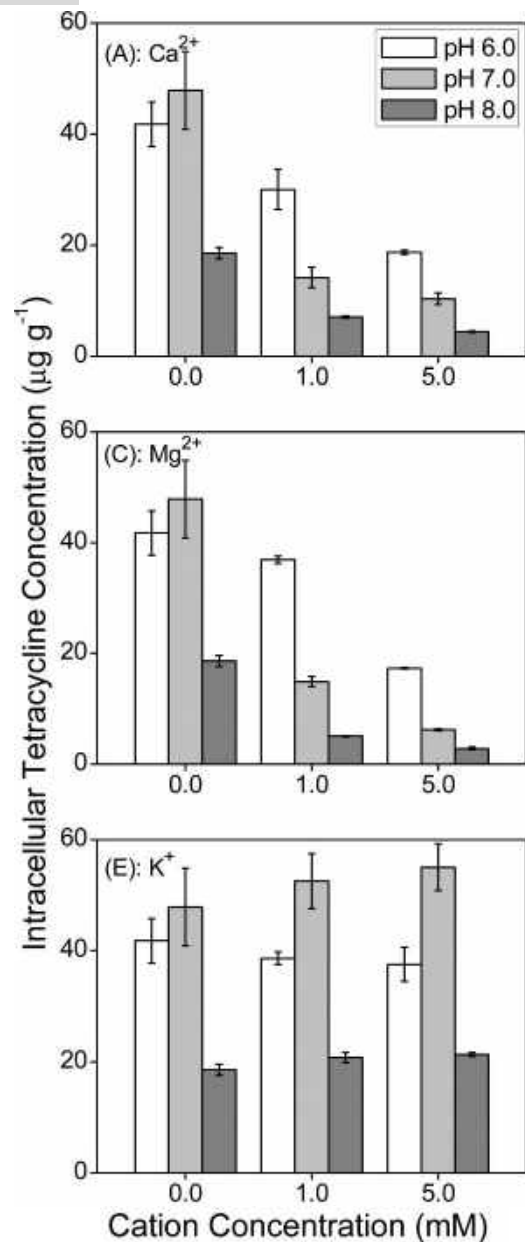
Berendonk et al. (2015) Nat Rev Microbiol

- 目前廣用的廢水二級生物處理法由於當初設計時並未將抗生素與抗性基因納入考量而造成這些有機分子的去除效率不佳，因此廢水處理廠已被視為是抗生素與抗性基因流入環境的主要源頭之一，特別是藥廠與醫院的高劑量廢水。[如要提高這些高劑量的去除率，請問有何改善方法的建議？](#)
- 現今全球氣候變遷使得水資源的利用更為嚴峻，開拓多元的水源管道已被視為是可能的解決之道，這包括廢水的回收與再生，以用在灌溉水甚或是飲用水。[請問如果廢水中抗性基因去除不佳的問題無法妥善解決，受到超級細菌衝擊的範圍將拓展到哪些族群？](#)
- 由於微生物對於金屬的抗性被發現與對抗生素的抗性雷同([表1](#))，因此抗藥性在環境中的維持極有可能反倒是與金屬所帶來的壓力有關。[請問台灣的灌溉水資源政策對於抗性基因在環境的持續有何影響？](#)

**Table 1. Well-characterized examples of shared structural and functional characteristics of prokaryotic antibiotic- and metal-resistance systems<sup>a</sup>**

Resistance mechanism	Metal ions	Antibiotics	Refs
Reduction in permeability <sup>b</sup>	As, Cu, Zn, Mn, Co, Ag	Cip, Tet, Chlor, $\beta$ -lactams	[68,69]
Drug and metal alteration <sup>c</sup>	As, Hg	$\beta$ -lactams, Chlor	[70,71]
Drug and metal efflux <sup>d</sup>	Cu, Co, Zn, Cd, Ni, As	Tet, Chlor, $\beta$ -lactams	[72,73]
Alteration of cellular target(s) <sup>e</sup>	Hg, Zn, Cu	Cip, $\beta$ -lactams, Trim, Rif	[74,75]
Drug and metal sequestration <sup>f</sup>	Zn, Cd, Cu	CouA	[76,77]

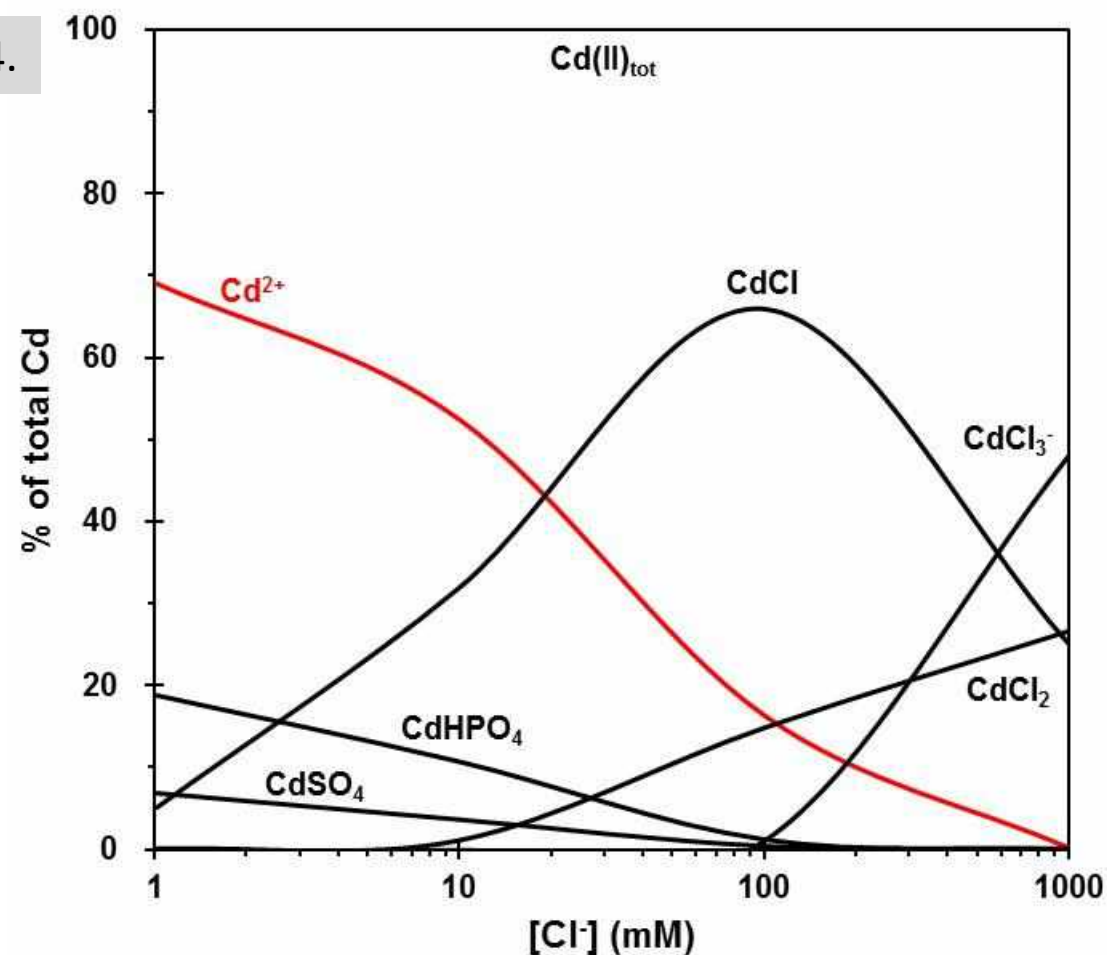
3.



Zhang et al. (2014) ES&amp;T

- 不管是抗生素還是金屬對於細菌所帶來的衝擊皆與其生物有效性有關(圖3)，而目前所知金屬的生物有效性主要與未被錯合或螯合的自由離子有關。請問以此觀念來看，在淡水還是鹽水環境較容易因鎘而產生抗藥性(圖4)？
- 對於細菌有可能帶來的「完美風暴」，如把這些資訊整合起來，從環境管理面思考，請問您有何想法與建議？

4.



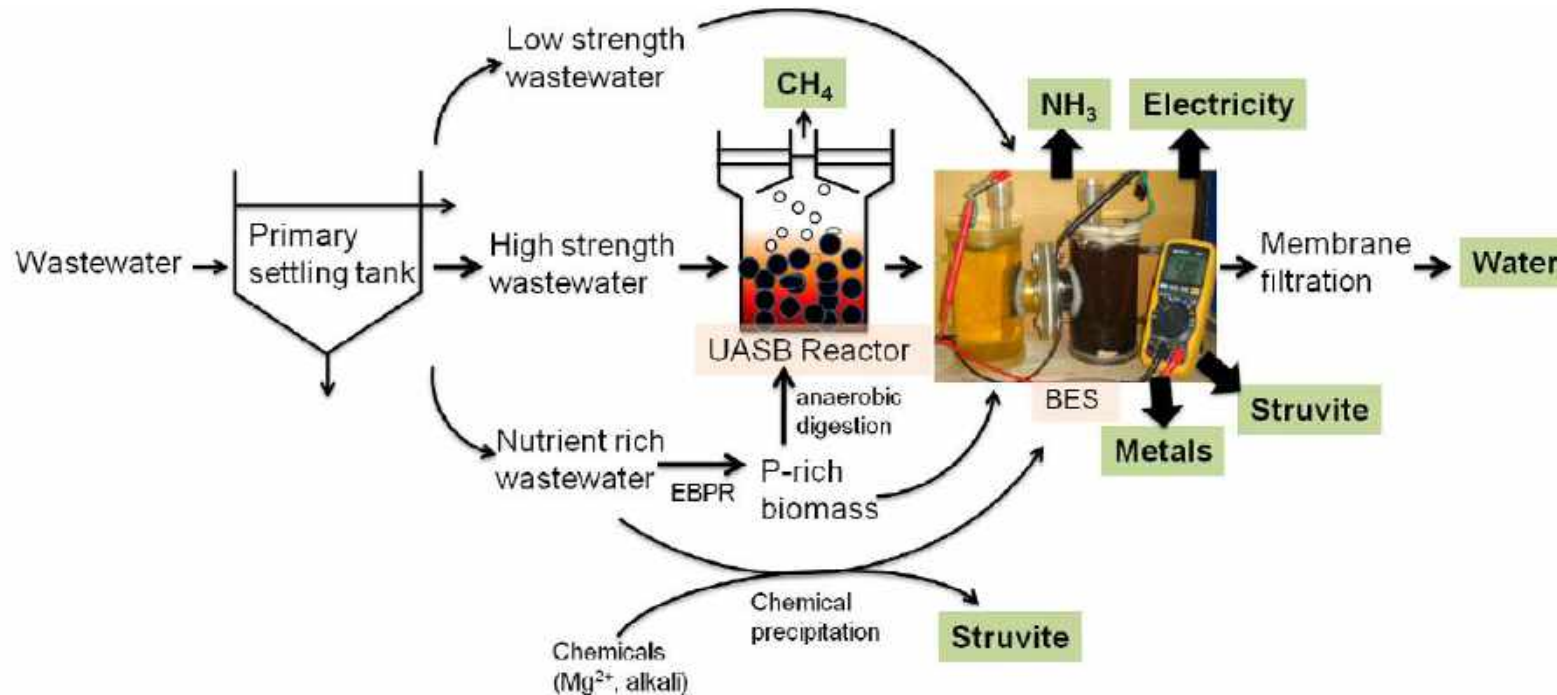
## 問題1

促進環境永續發展已成為全球之共識，因此，環境污染控制技術之發展除效率提升之外，更強調處理技術需融入資源化與能源化特性。下圖為以生物處理技術為核心之廢水處理流程構想圖，請回答以下問題。

(1)此構想圖之技術資源化特性為何？

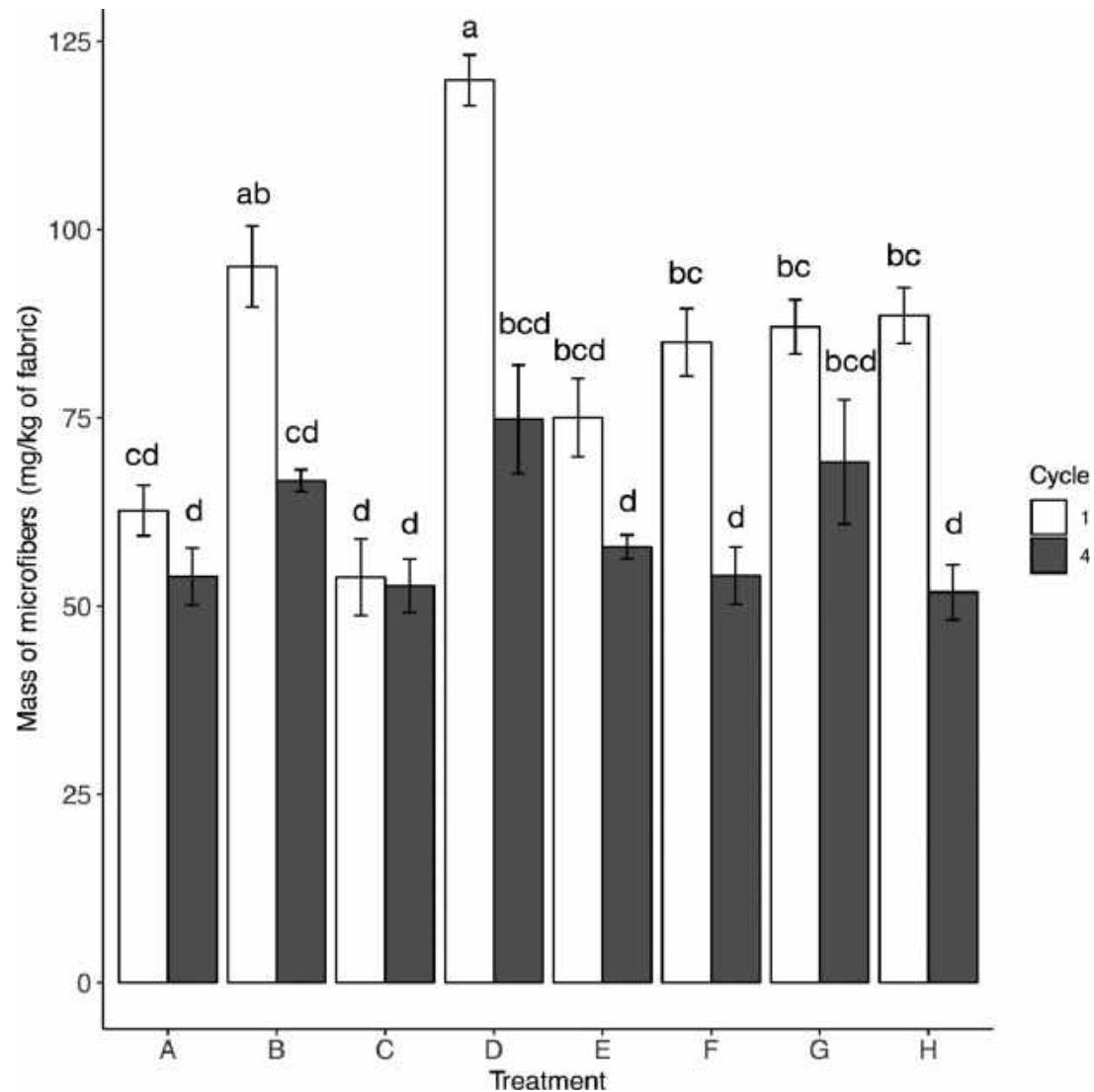
(2)此構想圖之技術能源化特性為何？

(3)請說明圖中所列UASB (upflow anaerobic sludge blanket)、EBPR (enhance biological phosphorus removal)、BES (bioelectrochemical systems) 等技術之原理與應用特性。





下圖是個有關洗衣服會釋放微纖維(MF)的實驗結果, 實驗條件如右表, 請你依實驗條件說明實驗結果可能的原因.(請忽略圖上的a,b,c,d...)

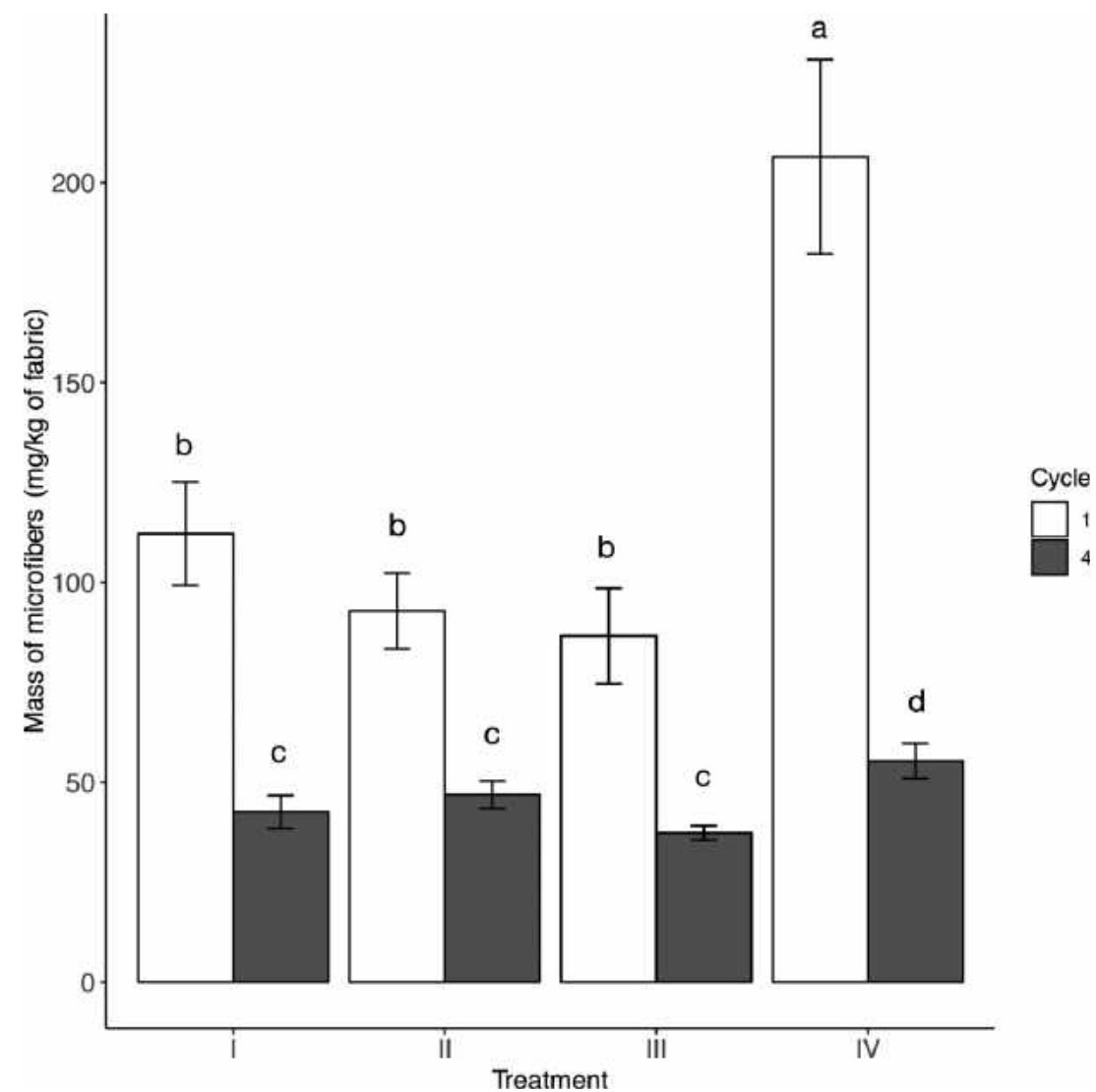


組別	清洗條件
	以下均為 30°C, 60 min, 0.5 mL 洗衣精
A	200 rpm, 300 mL
B	200 rpm, 600 mL
C	100 rpm, 300 mL
D	100 rpm, 600 mL
	以下均為 200 rpm, 300 mL, 0.5 mL 洗衣精
E	30°C, 60 min
F	30°C,15min
G	15°C, 60 min
H	15°C, 15 min

Cycle: 1 就是洗一次; 4, 就是洗四次

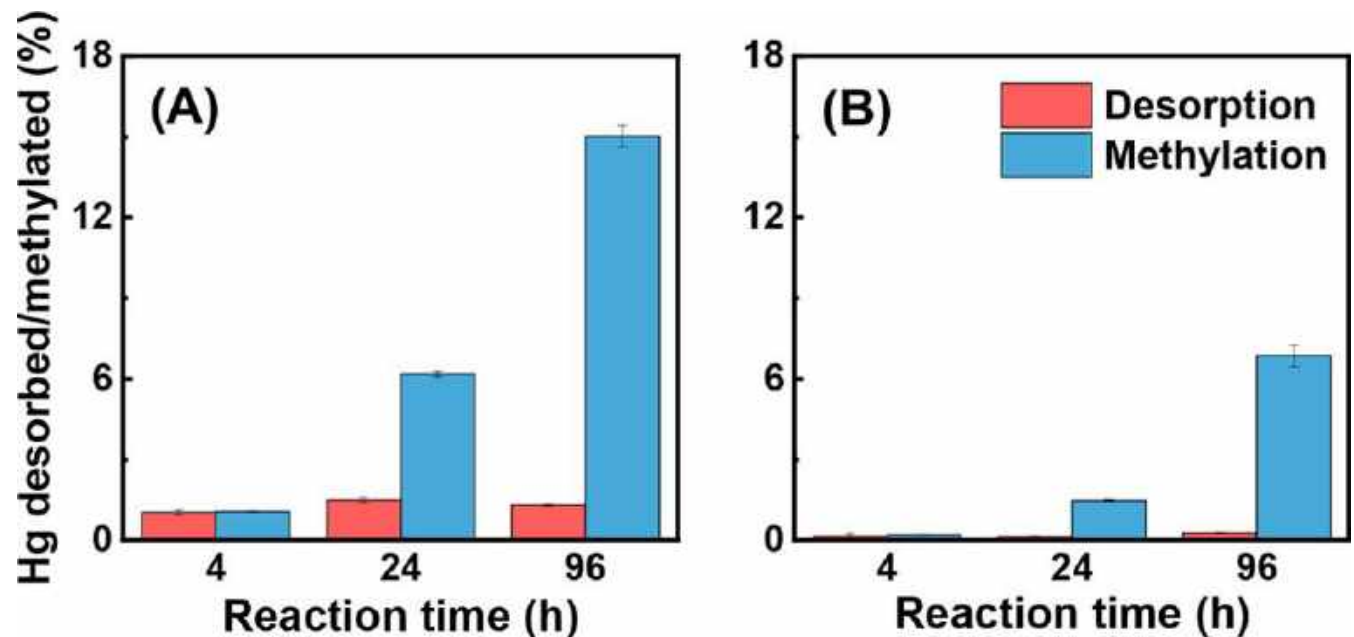


下圖是真的用洗衣機去進行試驗的結果, 也請試著根據實驗條件討論實驗結果

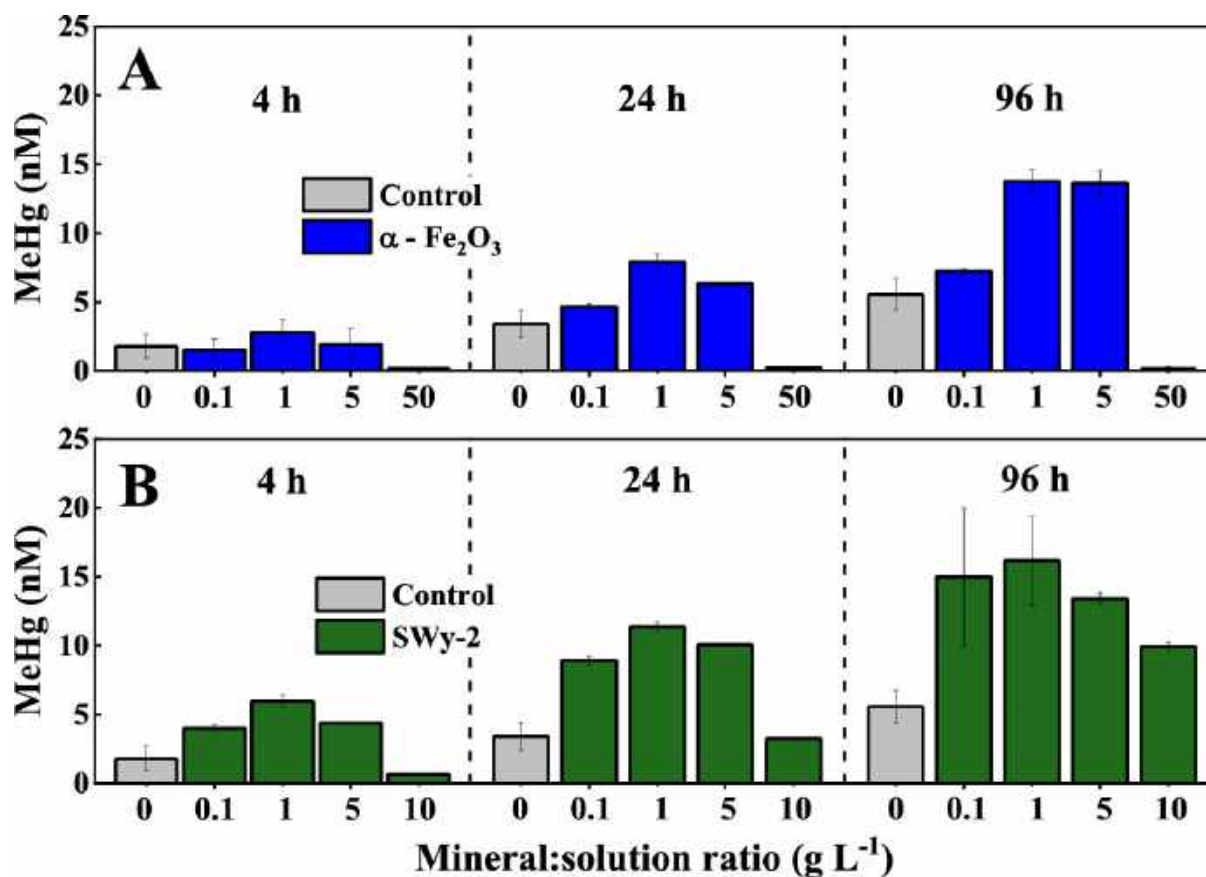


組別	有無洗衣精	清洗條件參數
I	X	85 min, 1600 rpm, 36 L, 30 °C
II	O	85 min, 1600 rpm, 36 L, 30 °C
III	O	30 min, 1600 rpm, 30 L, 15 °C
IV	O	59 min, 600 rpm, 69 L, 30 °C

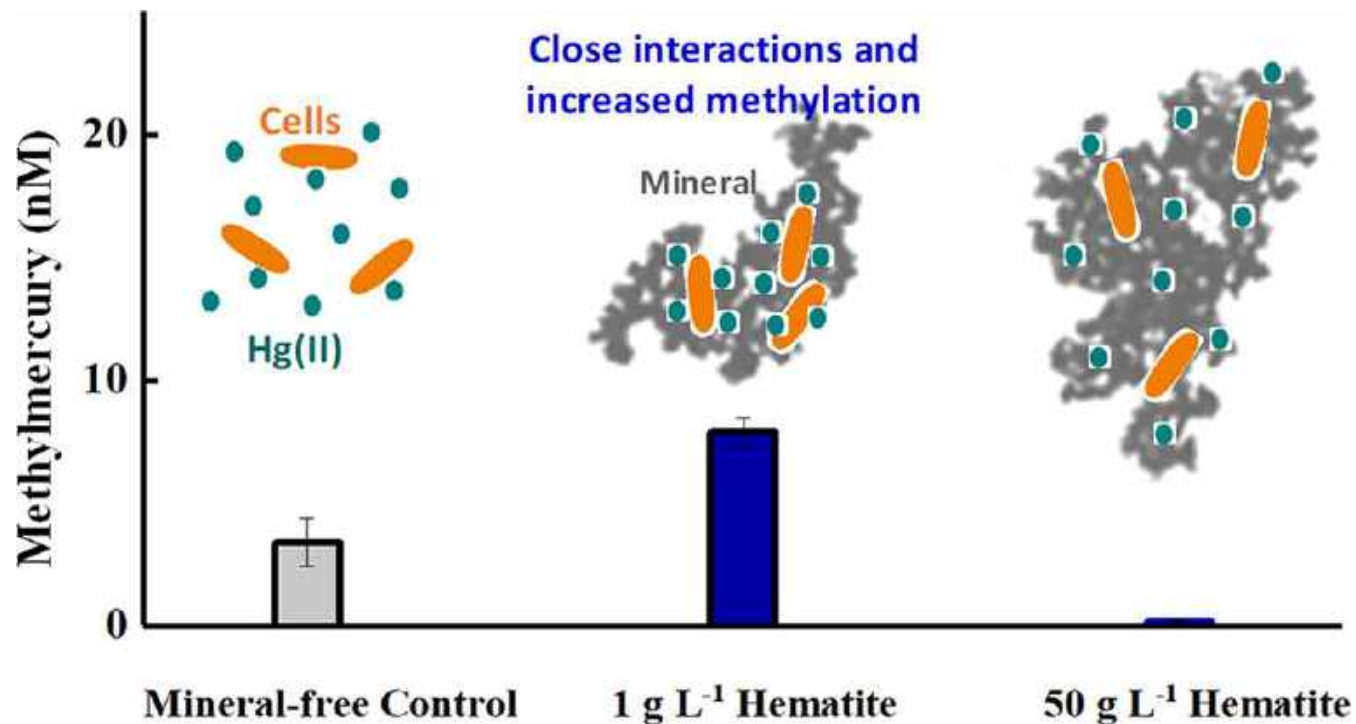
- 表面化學主導著許多污染物在環境的行為與毒性。在以往的認知裡，當污染物緊密附著於固相介質(如礦物)時，其生物有效性(即被攝取進入生物細胞的程度)將喪失，污染物可能造成的生態毒性衝擊也因此而顯著降低。
- 下圖是將已吸附無機汞的赤鐵礦(A)、及汞污染場址的底泥(B)分別置於成份極為單純的某厭氧菌的培養液後，隨時間在上澄液中所測得的「無機汞脫附量」與「甲基汞生成量」的數據。
- 環境中的甲基汞已知是由無機汞轉化而來，且此轉化作用必須在厭氧菌的細胞內進行。請問此實驗所測得的甲基汞有可能主要源自於脫附/溶解在水中的無機汞(再經此菌轉化而得)嗎？此結果是否有呼應上述第一點？請解釋。



- 當進一步的讓相同濃度的無機汞分別與不同濃度的赤鐵礦(A)及矽酸鹽礦(B)先行接觸，同樣達吸附平衡後再植入同數量的厭氧菌，接著隨時間所測得甲基汞濃度如下圖所示。
- 請先根據所得的數據描述此實驗的觀察結果，然後說明此結果與前頁實驗結果合併討論時，可具有何種環境意義上的論述。



- 最後，如果將前兩頁所觀察到的無機汞吸附與甲基汞生成的過程以下圖所示時，請問該如何藉此說明整個程序的機制？



Zhao et al. (2019) *ACS Earth Space Chem.*



## It's Raining Plastic

(Wetherbee, G., Baldwin, A., Ranville, J., 2019, It is raining plastic.: U.S. Geological Survey Open-File Report 2019–1048)

Unfortunately for those seeking the perfect boyfriend in Colorado, it's not [raining men](#) along the mountains — it's raining plastic. In a recent report by the U.S. Geological Service (USGS) called "[It Is Raining Plastic](#)," researchers studied rainwater samples from eight sites along Colorado's mountain range. They found that more than 90 percent of the rainwater samples contained [microplastics](#), meaning plastic is literally falling from the sky.

The researchers collected atmospheric wet deposition samples from six sites along the Denver-Boulder Urban Corridor, and two sites along the Colorado Front Range, from late winter through the summer of 2017. The rainwater was filtered as it was collected, and more than 90 percent of the filters were discovered to have microplastics on them. Microplastics are pieces of plastic measuring five millimeters in length or less, and they typically come from larger pieces of plastic (or synthetic fabrics) that have broken down into tiny pieces.

1. 請說明上述文章的內容。
2. 什麼是塑膠微粒(microplastics)?
3. 目前分析塑膠微粒的方法中，顯微傅立葉轉換紅外線光譜(Micro-FTIR spectroscopy)為其中一種常用的分析方法，請說明FTIR的分析原理。
4. 請解釋塑膠微粒出現在雨中的可能原因。