

Diatom

Coccolithophorids

毒的金針板藻

海洋科普實驗室

看漫畫學海洋

Learning Oceanography by cartoons

中研院環境變遷研究中心海洋科普實驗室

作者：何東垣 繪者：黃雅玲

Flagellated

Diatom

Tetrahymena

Diatom

Hello!!

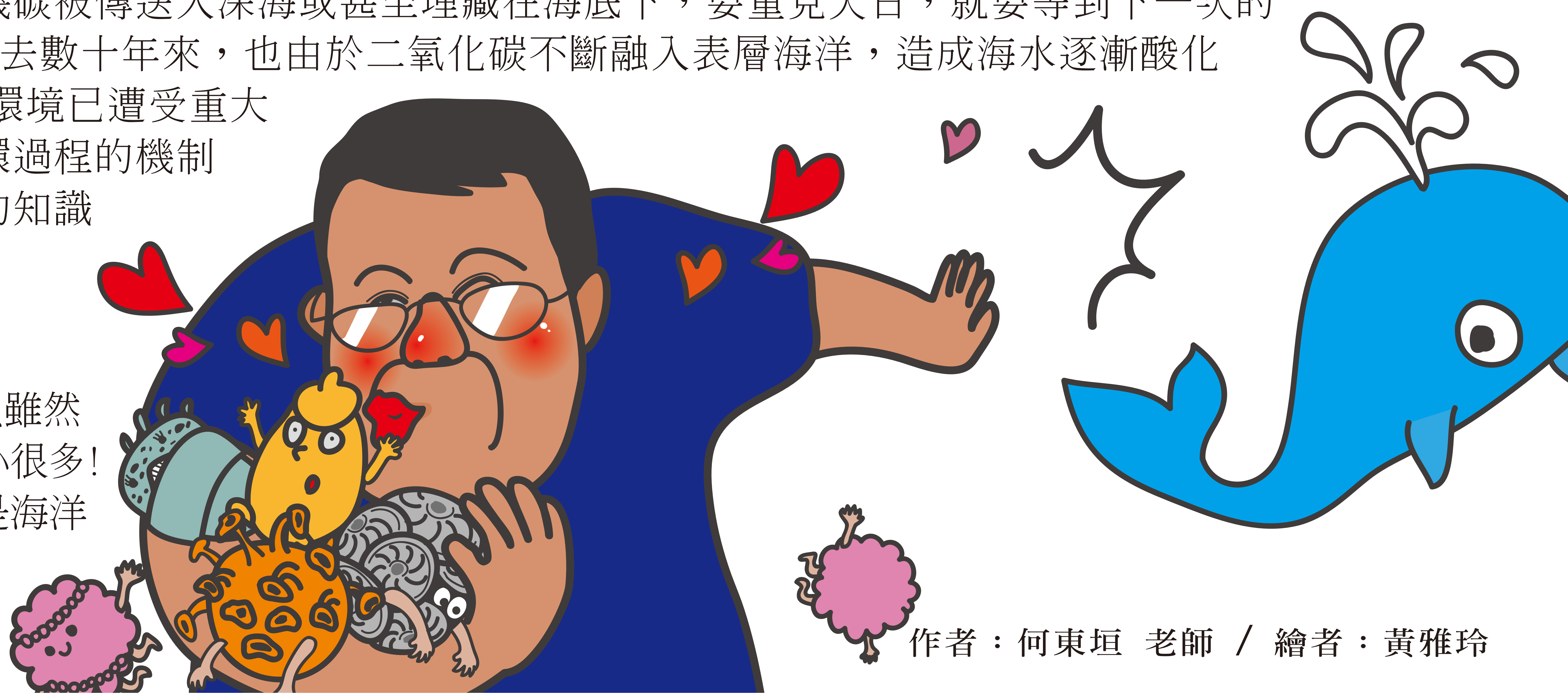
Diatom

海洋科學的內涵

各位親愛的同學及老師們, 鯨魚及海豚雖然很有趣, 可是海洋學不是在研究魚。物質及能量的循環過程及機制才是海洋科學研究的核心問題! 在此, 我們以碳的循環為例來說明物質循環過程及海洋科學所具有獨特的多學科本質。

目前地球最嚴重的環境問題之一是由二氧化碳濃度增加所造成的全球增溫問題, 大氣二氧化碳濃度的逐年增加是由於人類過度燃燒(化學)石油及煤所造成, 二氧化碳由於分子光譜吸收的特性(物理), 是控制地表溫度最重要的因子之一; 而調節大氣二氧化碳循環最重要因素之一就是光合作用(生物), 海洋中的浮游植物(生物)所占有的光合作用量約為全球的一半, 更重要的是, 浮游植物生長及其變動十分快速(生物), 控制其變動的最重要因素之一為其限制性營養鹽(化學)的供應速率(地科), 而影響這些限制性營養鹽的供應速率的因素卻又與氣候(地科)、海水及洋流的變動(物理)息息相關。另一個主要的驅動力量則是物理因子, 物理因子對物質循環的影響可先從地球自轉及公轉說起(地科), 自轉及公轉帶來光照及溫度的日夜及季節性的規律變化(物理), 這周而復始的規律變化同時也控制了海洋水溫及光照強度的時間變化, 加上地球的球形形狀及其偏轉角度影響, 不同海域表面溫度及光照強度在同一天或同一季的變化自然十分巨大, 表水溫度的變化進一步決定了水的密度(物理), 由於密度的差異, 如上層水的密度高於或低於下層水的密度, 形成水的垂直移動或分層現象, 水的垂直移動便成為驅動溫鹽環流 (Thermalhaline circulation) 的主要因素。此外, 由日照及表水溫度變化所引起的風吹流(Wind-driven circulation), 也是大氣循環及表層海水循環的主要驅動力, 例如: 季風、冬季暴風及颱風(物理)。流動(如黑潮)及水體中物質的混合, 如黑潮深水的營養物質可因物理混合作用或地形變化而被傳送或湧升至表層水中, 這一表水與深水的混合正是造成營養物質輸入表層海水的主要途徑(物理), 也是生物地球化學反應的重大起因之一(生物)。由上可知, 物質在海洋中的循環和生物地球化學及物理作用緊密相關。大氣中的二氧化碳亦可經由光合作用及有機物質的沉降被轉移至海底下。藻類將二氧化碳轉化成有機碳及無機碳殼體輸入沉積物中, 當有機碳及無機碳被傳送入深海或甚至埋藏在海底下, 要重見天日, 就要等到下一次的造山運動或是火山爆發了(地科)。此外, 過去數十年來, 也由於二氧化碳不斷融入表層海洋, 造成海水逐漸酸化(化學), 珊瑚及其他海洋生物(生物)的生長環境已遭受重大影響。由以上的舉例可知, 海洋中物質循環過程的機制與生物、化學、物理、地球科學中各領域的知識環環相扣, 也深深影響全球環境變動及氣候變化。

因此, 海洋學是在探索全球尺度的問題! 鯨魚雖然大, 對於全球物質循環的影響卻比浮游生物小很多! 浮游生物雖然小, 卻生養眾多、變動快速, 是海洋生物地球化學家的最愛!



海洋生物地球化學(Marine Biogeochemistry): 與生物組成相關的物質在海洋中的循環，主要是透過生物的生長及分解作用、地球化學作用、地質活動等等反應的連結而在海洋中、海洋與大氣及沉積物的介面中循環進行，研究物質透過這些反應及作用在海洋中的循環，正是海洋生物地球化學的研究主題。

海洋生物地球化學的兩大主角分別是浮游生物及其所需的營養物質(請分辨圖中各種角色)，浮游生物需要這些營養物質才得以生長，營養物質卻又源自於浮游生物體的分解作用，他們相互依賴的關係不僅支持了生命的永續並且讓物質得以生生不息的在地球及海洋中循環。浮游植物透過光合作用將二氧化碳轉換成有機物，所有在食物鏈的生物才能利用這暗藏在有機碳中的能量生存。



二氧化碳相對於其他生物所必要的主要營養物質多很多，很少成為浮游植物生長的限制因子，氮(硝酸根為主)及磷(磷酸根為主)，不僅是浮游植物體內的主要元素，同時也是限制浮游植物生長最主要的營養物質。

作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲



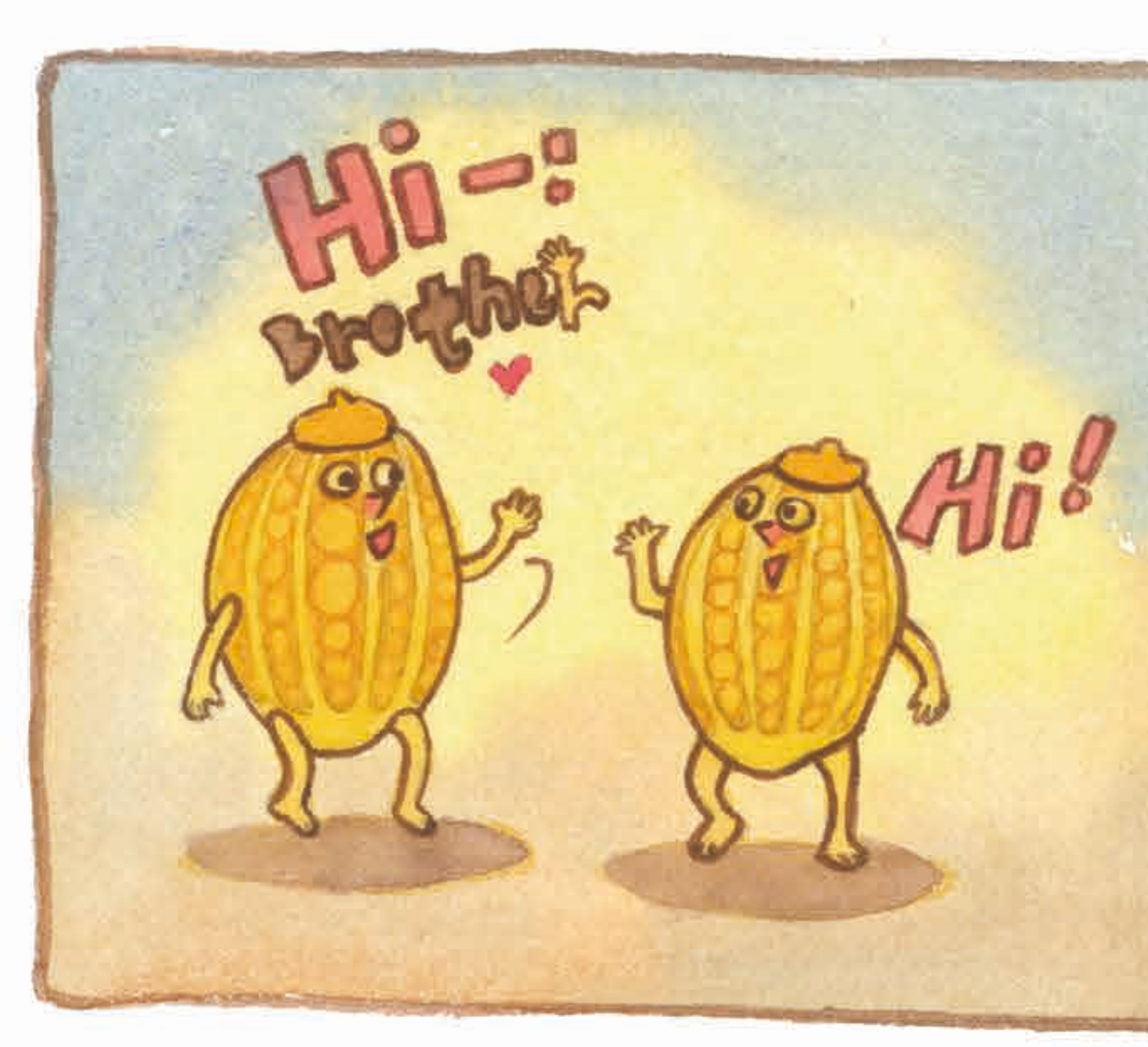
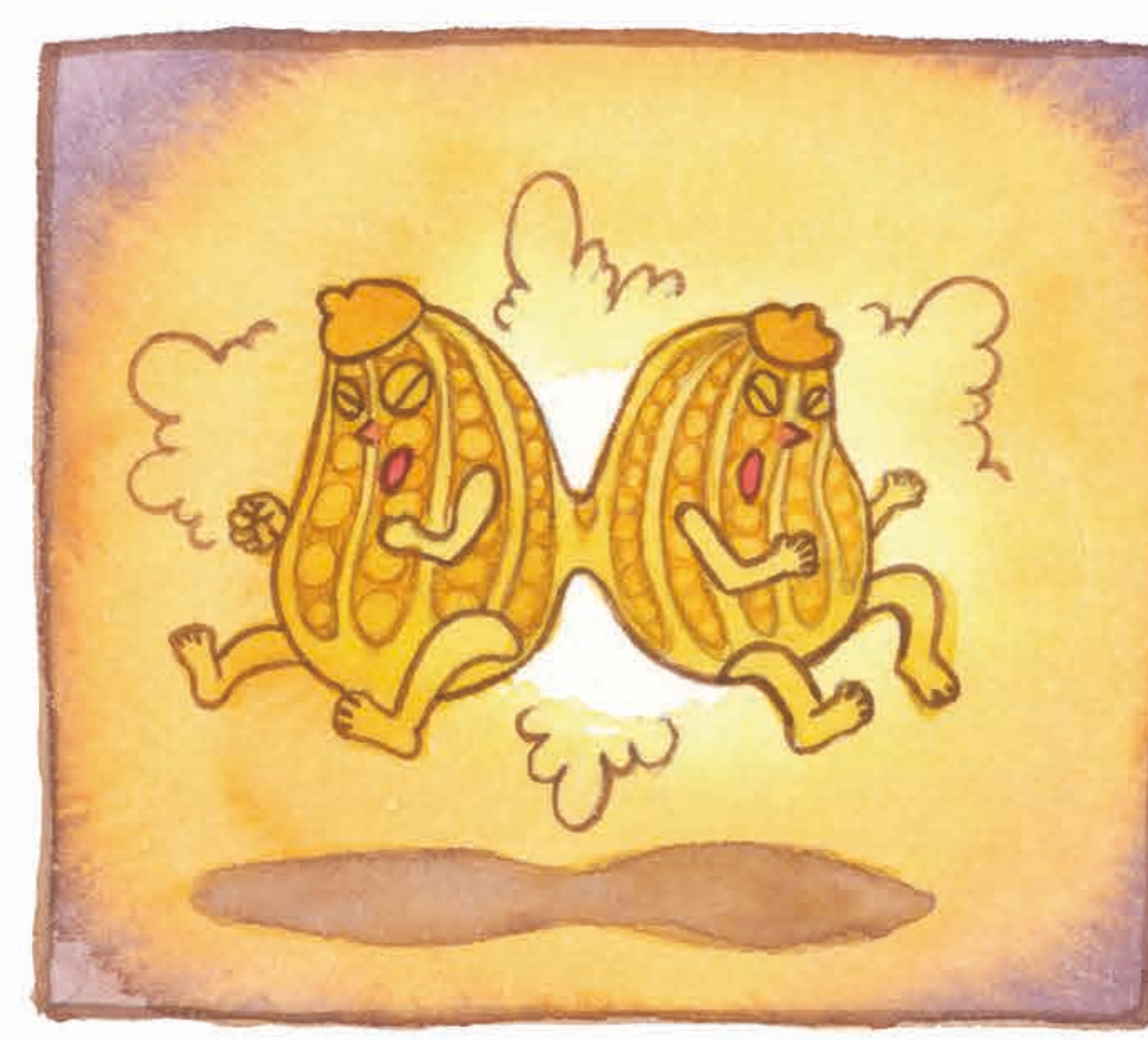
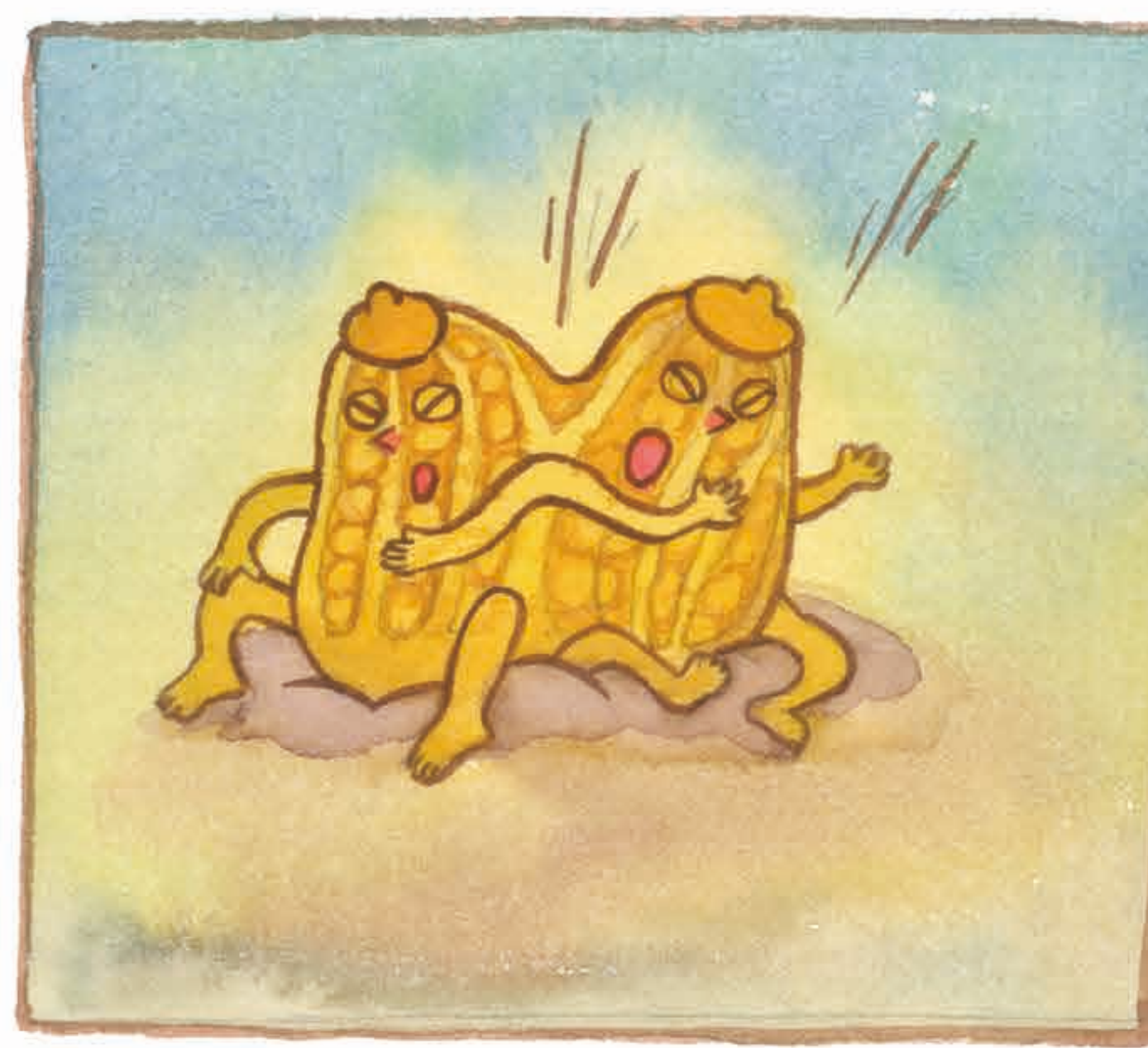
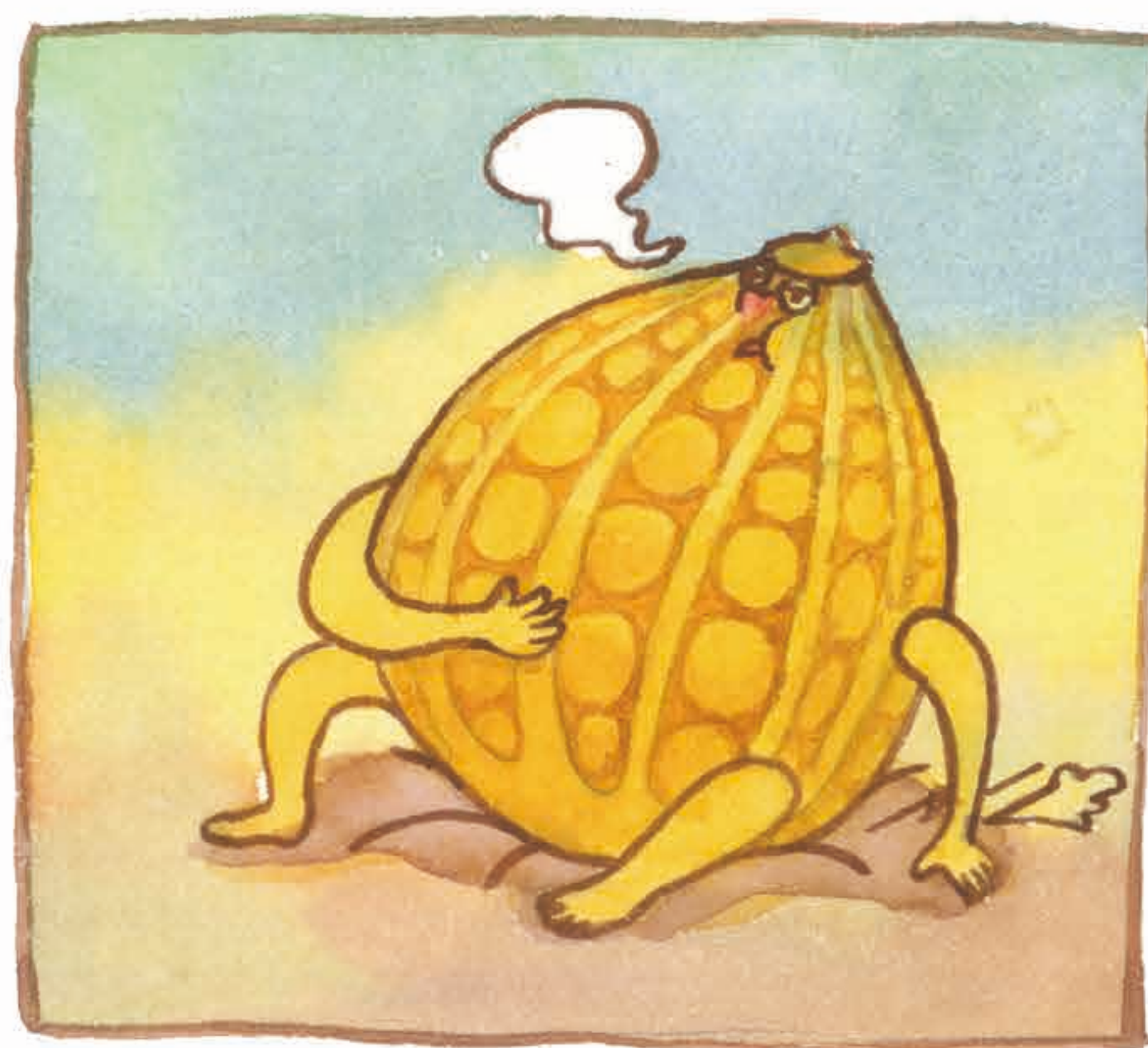
浮游植物的生長

海洋中的浮游植物(單細胞藻類)，透過光合作用將二氧化碳轉換成有機碳，並利用產生的有機物進行呼吸作用取得能量。

浮游植物無法單靠光合作用來生長及繁殖，還需要種種維持生命、進行繁殖或各種新陳代謝反應所需的各種養分來源，例如形成蛋白質需要氮的吸收，複製DNA或RNA需要磷的吸收，諸多酵素還需要各種微量金屬元素的吸收，例如鐵。當所有必要的營養元素供應充足時，其繁殖速度可高達每日2-3倍。

換句話說，當這些必要的營養物質供應有限時，浮游植物的生長及繁殖便受到限制。限制浮游植物生長及繁殖的因子，主要包含化學營養物質或生長相關的物理因子(溫度、光強度)，便稱為限制因子(Limiting factor)。

就化學性的限制因子而言，目前所知海洋的前三大限制性營養物質為，氮、磷、鐵。如果你把這三種生物可利用的元素倒入海裡，藻類就會長得滿山滿谷。



我是紅場小子
(RedField Kid)!

生物必要營養元素 (Biologically essential elements):

如果你坐船去外海用比較細的網子在表層海水中用手撈東西，你大概撈不到魚，而是撈起一堆浮游植物(藻類)，如果你帶這些

藻類回學校實驗室，把藻類體

內的水去除，然後分析這些除去水份的藻類體

內的元素組成，排名前三名的元素將會是碳氮磷

(C, N, P)。有趣的是，

這三大元素之間有一個大致一定的莫耳

數或原子數比值，

106:16:1，海洋

學家稱為

Redfield

Ratio。哈佛大

學教授Redfield

發現除了藻類體內有此比值之外，

世界各地深層的海水中的生物可利用的溶解態氮(硝酸根為主)磷(磷酸根為主)也竟然有類似的比值15:1到16:1。

由於硝酸根及磷酸根是海洋浮游植物生長主要的限制因子，這個比值在估算物質在海洋中的循環大有用處。





誰是生長限制因子?

環境中生物所需的必要營養物質相對量最低的便是限制因子。如果你在家裡的水族箱或公園裡的池塘中餵太多魚飼料，水很快就綠了，表示藻類長得又快又多。大水庫也是，周圍如果種果樹並且常施肥，一陣大雨、一個颱風，就提供水庫中藻類生長所需但卻十分缺乏的營養物質來生長，這藻類所需但平時最缺乏的必要營養物質，就是藻類生長的限制因子。

養分過度充足導致生物量過多，對於環境生態不是一件好事，大量有機物同時將促進大量異營細菌的生長並快速消耗氧氣，高溶氧消耗速率將造成水體缺氧。

開放性海洋又大又深，開放性海洋表層海水中的營養鹽濃度很低、供應速度也相對較低，所以浮游植物量也相對當低；相對於開放性海洋，營養鹽相對供應量比較高的地方是邊緣海

(Marginal Sea)，營養鹽透過河流、地下水交換等傳輸過程將營養鹽輸入海洋，營養鹽的高供應速率便大大地提高了邊緣海的初級生產力。海洋中最主要的營養鹽就是氮(N)及磷(P)，除了主要營養鹽之外，微量元素也會限制藻類的生長，例如在南大洋及赤道太平洋，硝酸根及磷酸根的濃度很高，但鐵的供應卻十分的低，鐵便是在南大洋及赤道太平洋限制藻類生長的主要因素。



作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲



海洋的食物鍊-微生物迴圈(Microbial loop):

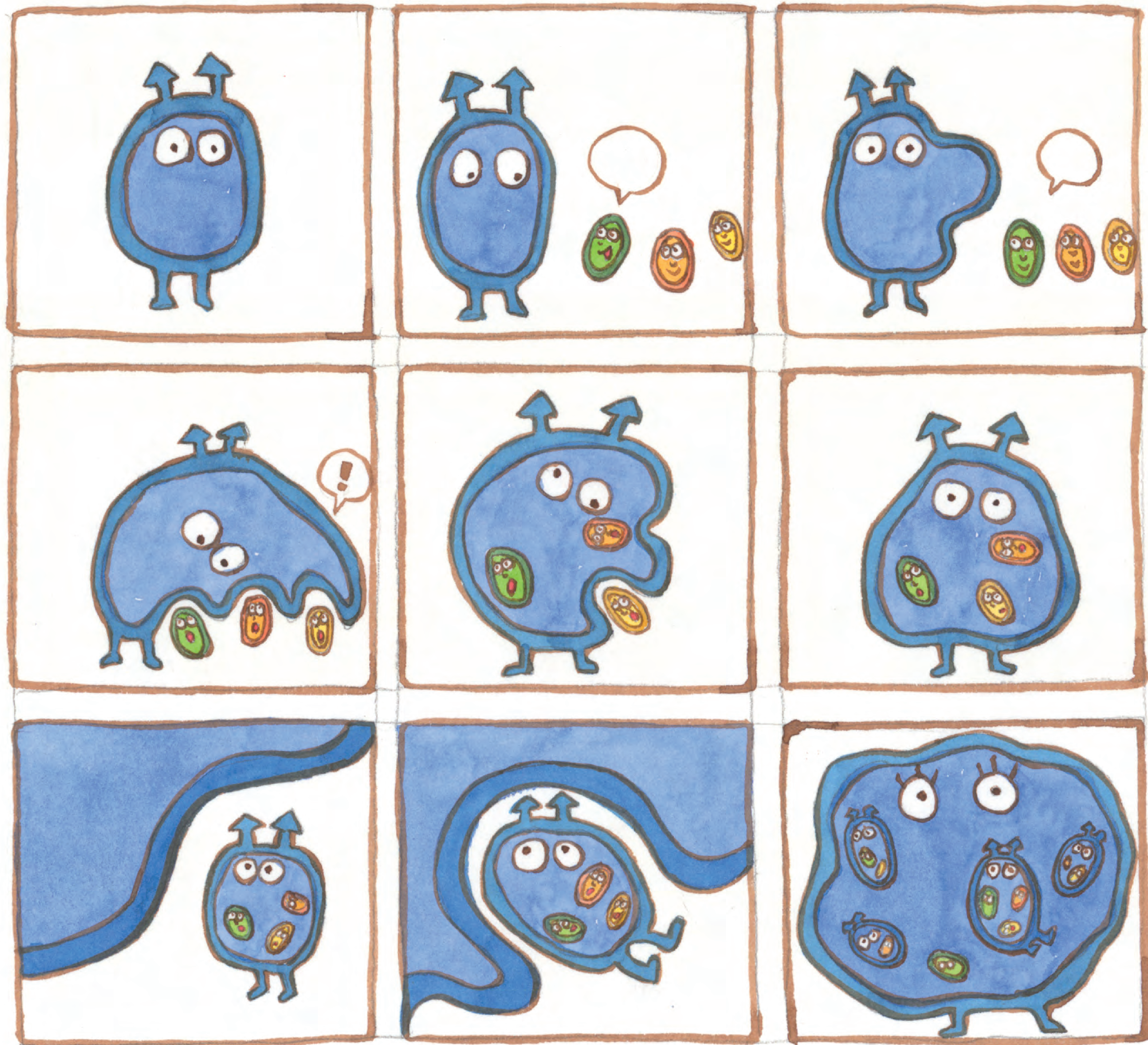
海洋食物鍊中的鐵三角是浮游植物、浮游動物及異營細菌，因為大家都很小，且彼此的關係將連結成一個圈圈，簡稱微生物迴圈(microbial loop)。

浮游動物，是專吃浮游植物的小怪獸，說它小，因為它只有螞蟻般的大小，甚至更小；說它是怪獸，因為牠不僅長相奇怪，並且生吞活剝浮游植物或是其他較小的浮游動物。要說到和魚的食階關係，浮游動物和魚大有關係，許多仔稚魚以及一些超大型海洋生物(如鯨鯊或鯨)便是以浮游動物為主要的食物來源。異營細菌，是靠吃有機物為生。在你家裡，食物掉在地上，會引來螞蟻；海中可沒有螞蟻，卻有這無數的超小分解者，吃別人掉出來的有機物來生長，可以是藻類的身體、浮游動物的排泄物，並且將這些有機物分解成無機的营养物質，如二氧化碳、硝酸鹽、磷酸鹽及微量金屬，這些無機的营养物質將再被浮游植物再度循環利用來行光合作用來生長。浮游植物行光合作用生成有機食物、浮游動物吃浮游植物並將能量及有機碳往食物鍊的高階生物傳遞，異營細菌則分解生物碎屑及屍體，重新放出浮游植物生長所需的營養物質，各式生命因此得以生生不息。


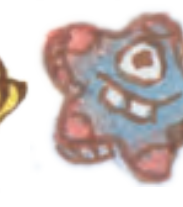






浮游植物的種類與演化：

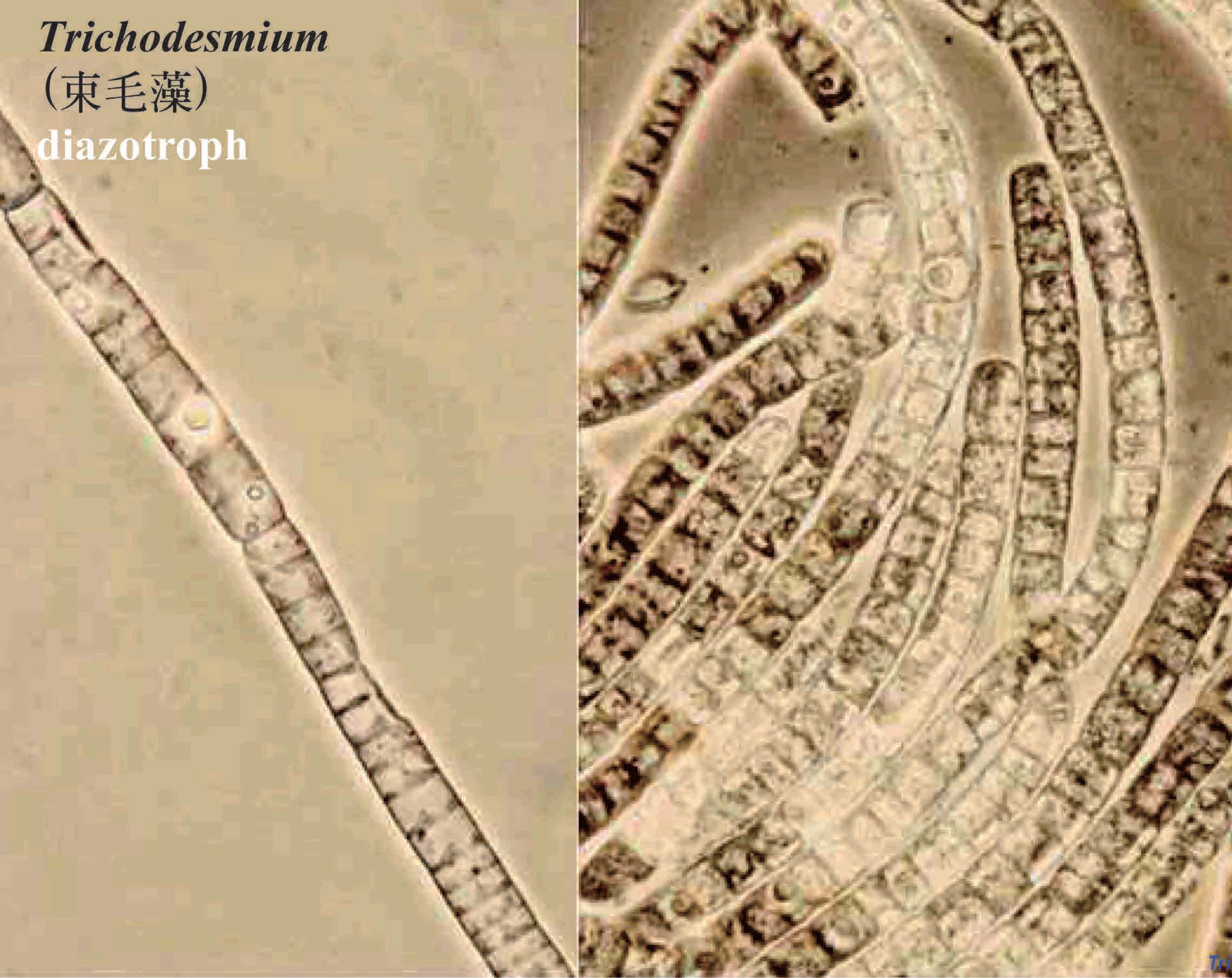
浮游植物可簡單分成兩類，原核浮游植物 (Prokaryotic phytoplankton) 及真核浮游植物 (Eukaryotic phytoplankton)，核就是細胞核的意思。原核浮游植物起源最早體型較小；真核浮游植物起源較晚體型相對較大。簡單的說，一老一少；一小一大，小的比較老，大的比較年輕。原核就是沒細胞核，真核就是有細胞核。原核生物以細菌為主，是沒有細胞核的。可見某些細菌就是浮游植物，某些浮游植物就是細菌。原核浮游植物，在地球上的起源很早，是地球起源最早的生命之一，如藍綠藻或藍綠菌 (Cyanobacteria)，大約在三十億年前就出現，當時大氣中還沒有氧氣，就是透過藍綠藻的光合作用才逐步將海洋及大氣轉化成有氧狀態，之後才逐步產生各式的真核浮游植物，陸生植物，動物，甚至是人。科學家認為原核生物是經過內共生過程 (Endosymbiosis) 才形成真核的浮游植物，例如：真核浮游植物中的胞器，線粒體和葉綠體，起源於原核浮游植物，線粒體起源於好氧性細菌，而葉綠體源於內共生的光合自營性原核藍綠藻。換句話說，真核浮游植物乃是起源於原核浮游植物。那是為什麼在之前我說原核浮游植物很老的意思，並不是它們歲數很大，而是它們在很久以前就存在，並且數量眾多，但是個子蠻小的，直徑僅有0.5-2 μm ， μm 是10的-6次方的意思。



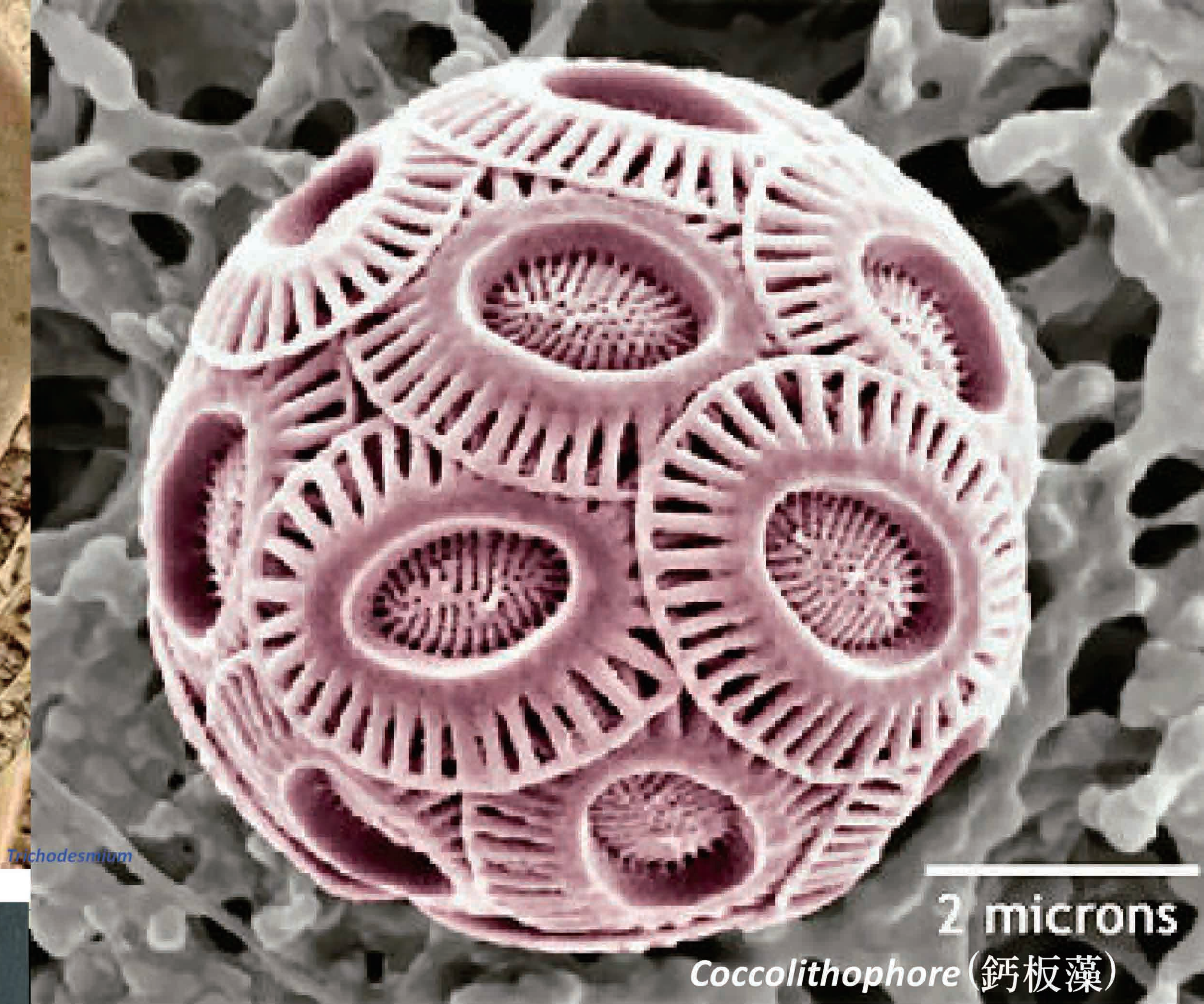
作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲

人類的頭髮直徑範圍約在17-180 μm ，可見原核浮游植物真是又老又小。可別小看它們，浮游植物所固定的二氧化碳，有三分之二是受原核浮游植物所進行的；在地球上能存活如此之久，總有一身真功夫，在營養鹽十分貧瘠的開放性海洋是生物量最多的浮游植物。相對於原核浮游植物，真核浮游植物一般體型較大。最主要的有矽藻    (Diatom)、鈣板藻  (coccolithophores)，雙鞭毛藻   (dinoflagellates)。

Trichodesmium
(束毛藻)
diazotroph



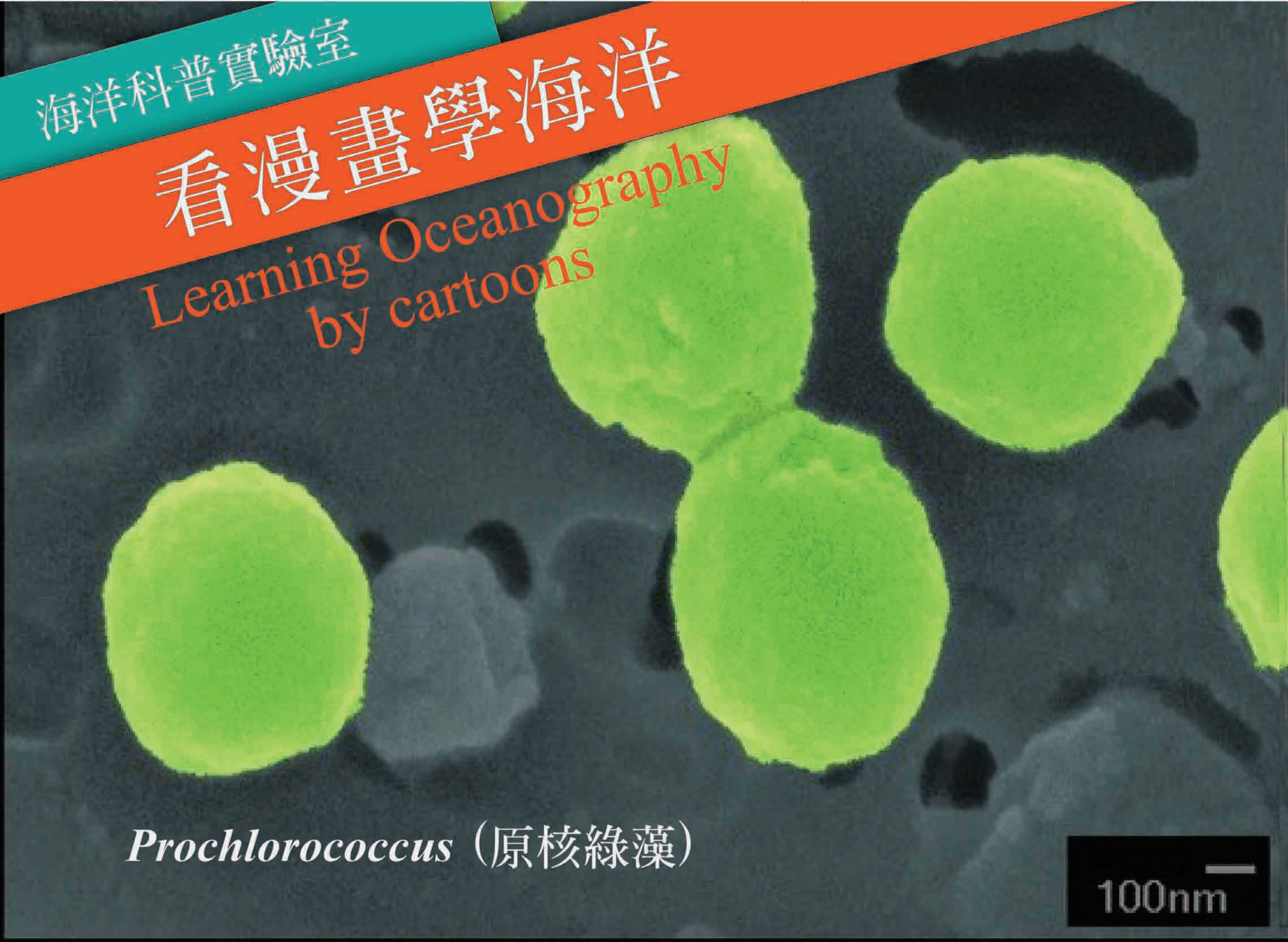
© J. Patchett & M. Schneegurt, see Cyanosite, see <http://www-cyanosite.bio.purdue.edu>



Trichodesmium

2 microns

Coccolithophore (鈣板藻)

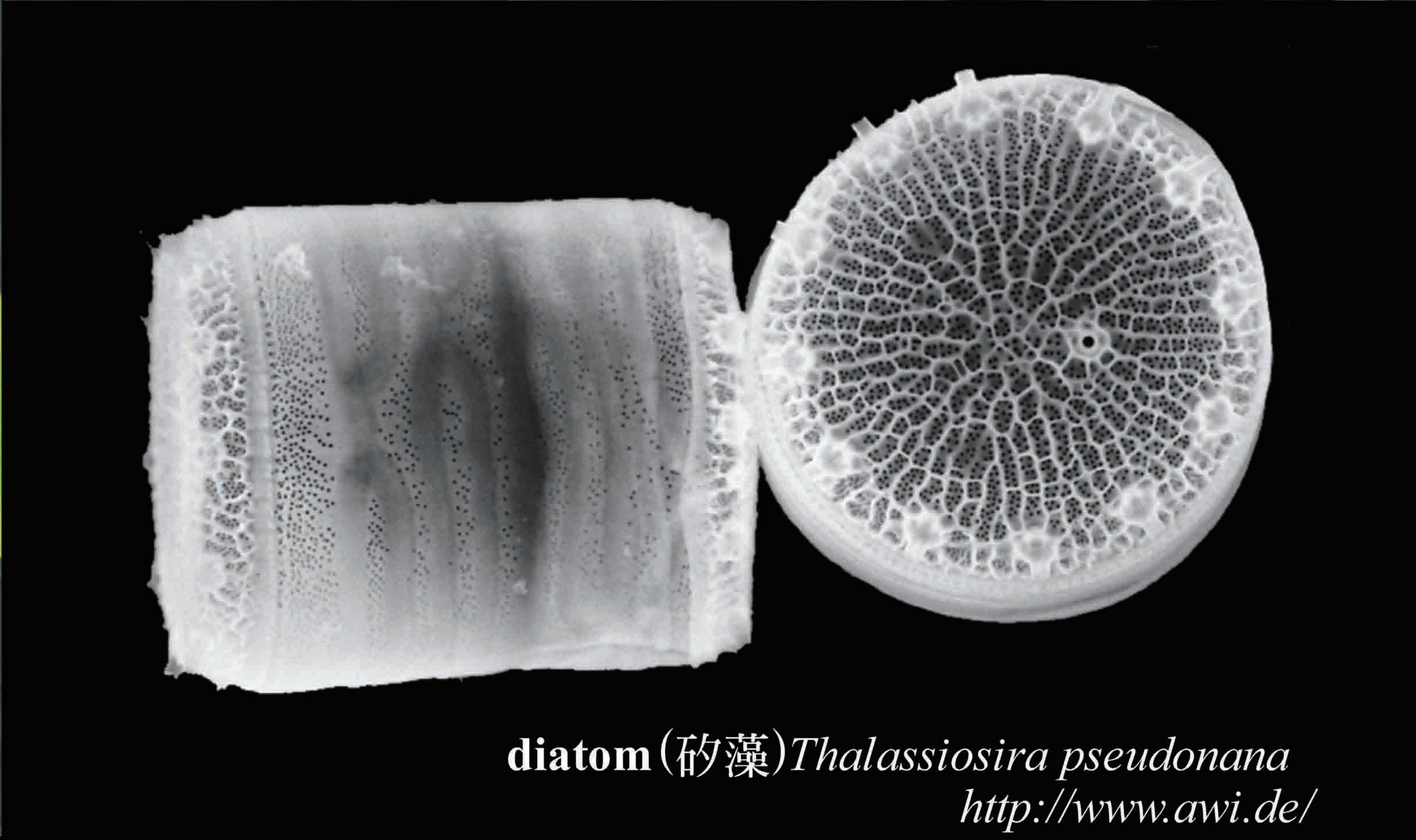


海洋科普實驗室
看漫畫學海洋

Learning Oceanography
by cartoons



Prochlorococcus (原核綠藻)

100nm





diatom (矽藻) *Thalassiosira pseudonana*
<http://www.awi.de/>

浮游植物的生態區位 (Ecological niches):

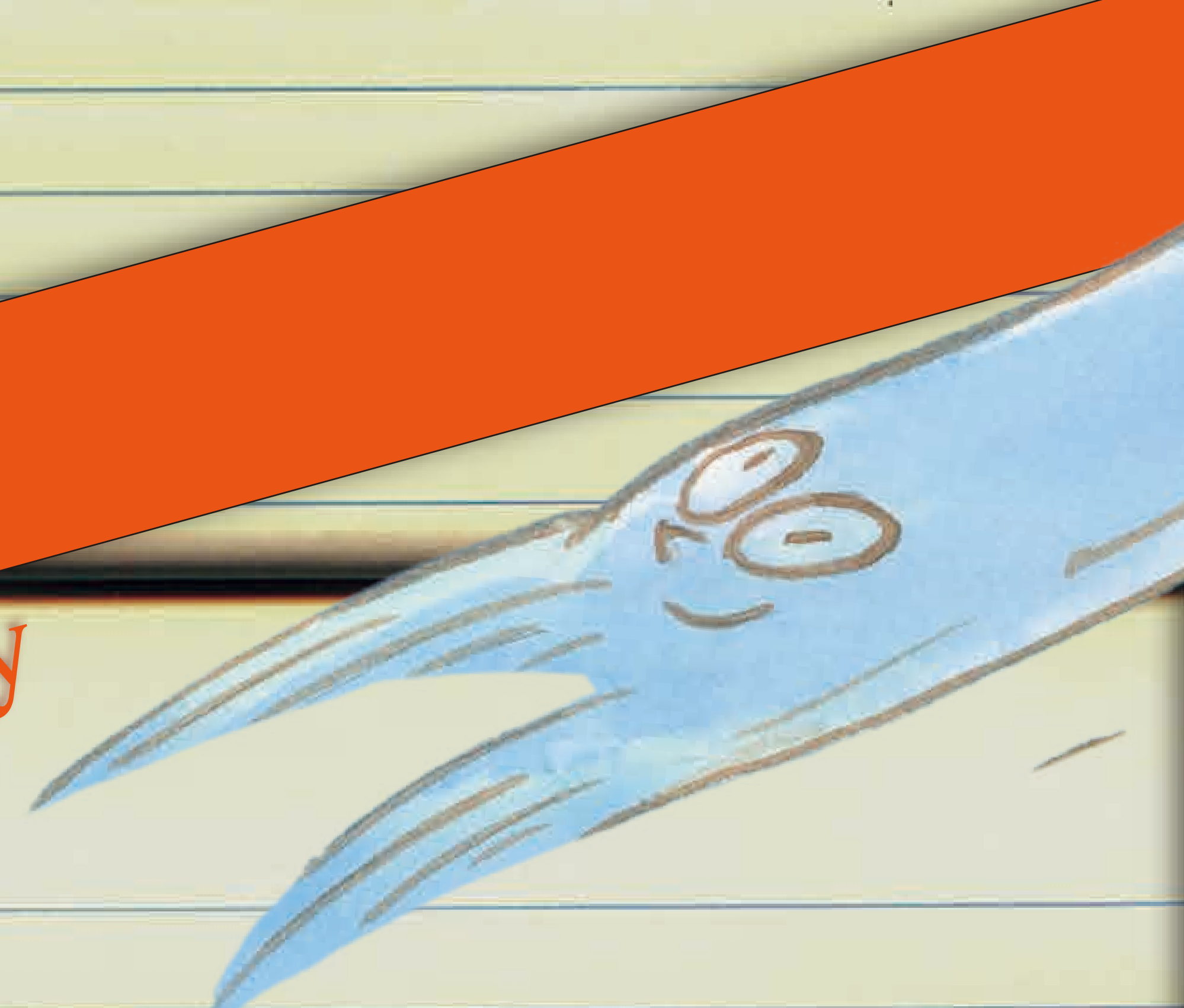
了解不同浮游植物的分佈及其背後的控制因素，對於物質在海洋及地球上的循環十分重要。相對較大較重的浮游植物，例如矽藻，死亡之後或者受到動物性浮游生物攝食產生較大的糞粒之後將形成較大的沉降顆粒，因而可以比較快沉降至較深的海水中，受細菌分解後的營養物質便有較高比例會存在於較深的海中；較小的原核浮游植物則可能恰好相反，小顆粒的浮游植物除非膠結再一起，否則將傾向懸浮在表水中而重複進行分解及再生的循環。環境中的物理及化學條件是控制生物生長及數量的主要因子。在海洋環境的物理條件中，有兩大關鍵因素，一是溫度、一是光線。一般而言，溫度或光線愈高，浮游植物長得愈快。因此，在高緯度區如

南北極區，物理性的因素，溫度及光照，便可能成為浮游植物生長有季節性的限制因子。物理性限制因子具有時間上的規律性，周而復始，相對於化學因素，較易預測。然而，在熱帶及亞熱帶開放性大洋中，海水溫度高，陽光普照，但是基礎生產力卻相對較低，主要是由於有光層中營養鹽的供應在開放性海洋中相當低，浮游植物一般出現在相對較深的水中，以鄰近台灣的西菲律賓海為例，浮游植物主要出現在100-120公尺的深度，你可以想見那個深度的光量有多少嗎？雖然光量有限，但是營養鹽的供應更有限，因為必須要到那個深度才勉強有營養鹽從深水處擴散傳遞上來。化學因素中最重要的是營養物質(或食物)的供應量或供應速度，此外，不同的浮游植物對於各式必要營養鹽的需求不完全相同，對於取得這些營養物質的能力也不盡相同。

例如：原核浮游植物中的原球綠藻 *Prochlorococcus*  可以在極低的光照量下生長，*Synechococcus*  須要很多鐵，並且具有在含鐵量極低的海水中獲取鐵的特異功能。各式浮游植物在不同物理、化學條件下有各自獨特的生存條件，稱作生態區位 (Ecological Niches)。Niches 原意是牆壁上神龕，放神像的位置，神像有大有小，各得其所。以溫度為例，不僅每種動物適合的溫度不同，甚至每個人適合的溫度也不同，天冷時穿衣服的量當然可以不同。這是生物的本質。如果父母和老師不清楚個體有差異的本質，期待或規定所有的孩子及學生都要一樣、都要走同一方向，實在強人所難，有需要好好了解孩子的“生態區位”。孩子各有其所也希望能各得其所。隨著生態及環境因子不斷在變動，浮游植物為適應環境變動來生存，同時也能改變自身的適應能力及環境條件。由於環境因子和浮游植物的生態區位是互動而且是動態的，自然環境條件無法長時間維持有利於單一物種的穩定平衡狀態。優勢物種隨時間的演替或改變將是必然的。



作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲



洋流、地形與營養鹽供應：

請嘗試猜測台灣周邊三個海域的水深？水深和物質循環關係密切。

以黑潮為例，黑潮是西北太平洋的主要風吹流，是由太平洋北赤道洋流流至菲律賓東部往北再流經台灣東邊所形成，平均厚度約有

700-800m深，開放性海洋在透光層(上層**150-200m**)下水中含有相

對高量的營養鹽，當黑潮水流經台灣東北角時，因海底地形變淺，含有相對高量的營養鹽的海水因而湧升，提供給表層海水中的浮游植物

豐富的營養鹽，進而在台灣東北海域形成漁場，相對於較淺的東海海域，

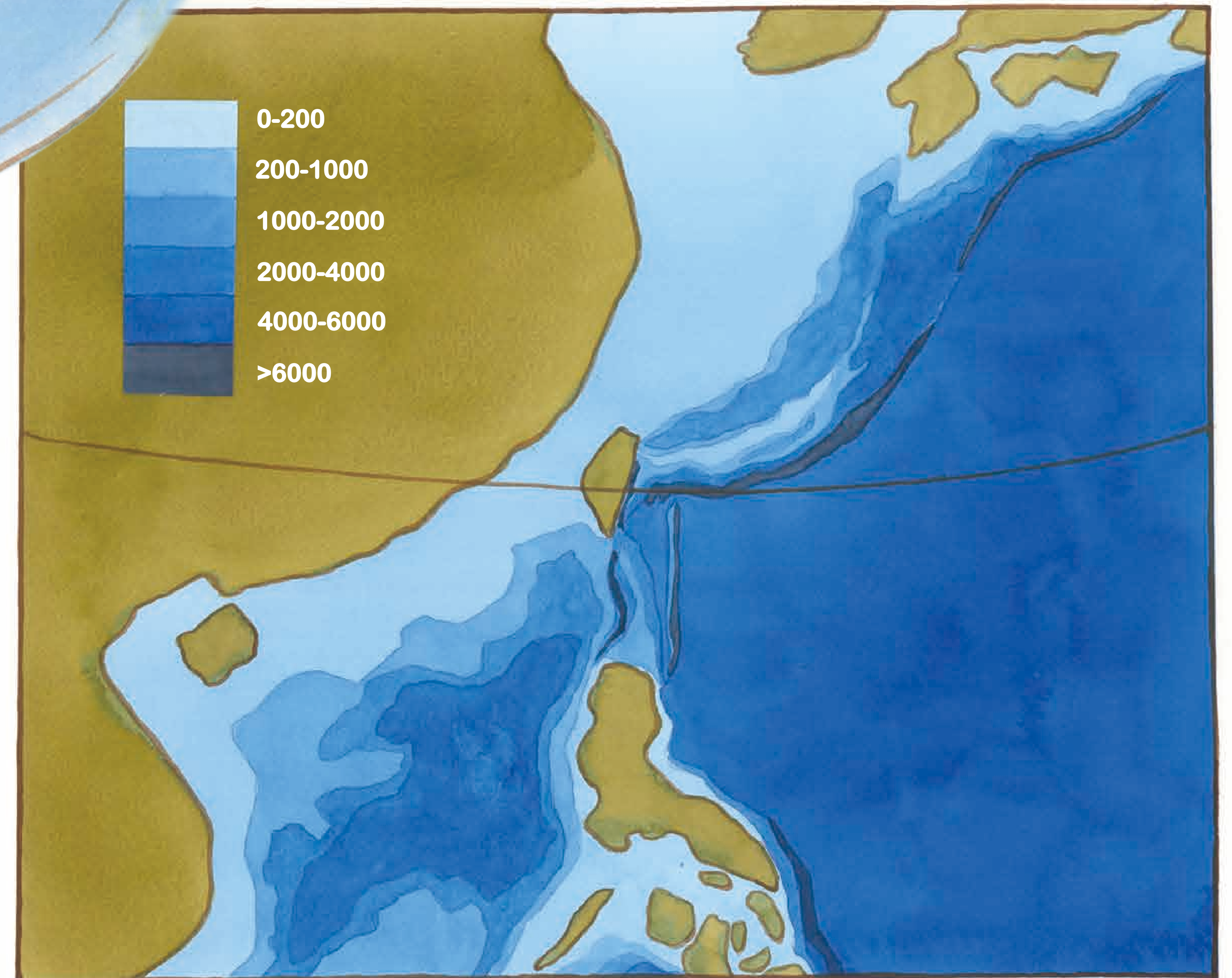
富含營養鹽的黑潮水也可以湧升至東海陸棚，成為營養鹽的一大

來源。此外，河口區域也是營養鹽供應較高的海域，河水流量也將

影響營養物質的輸入及相關的生地化循環；東海長江的流量也可影響

黑潮水湧升東海的相對量，長江水及黑潮下表層水對東海輸入的相對

變化如何影響其生物地球化學循環是一個值得研究的課題。



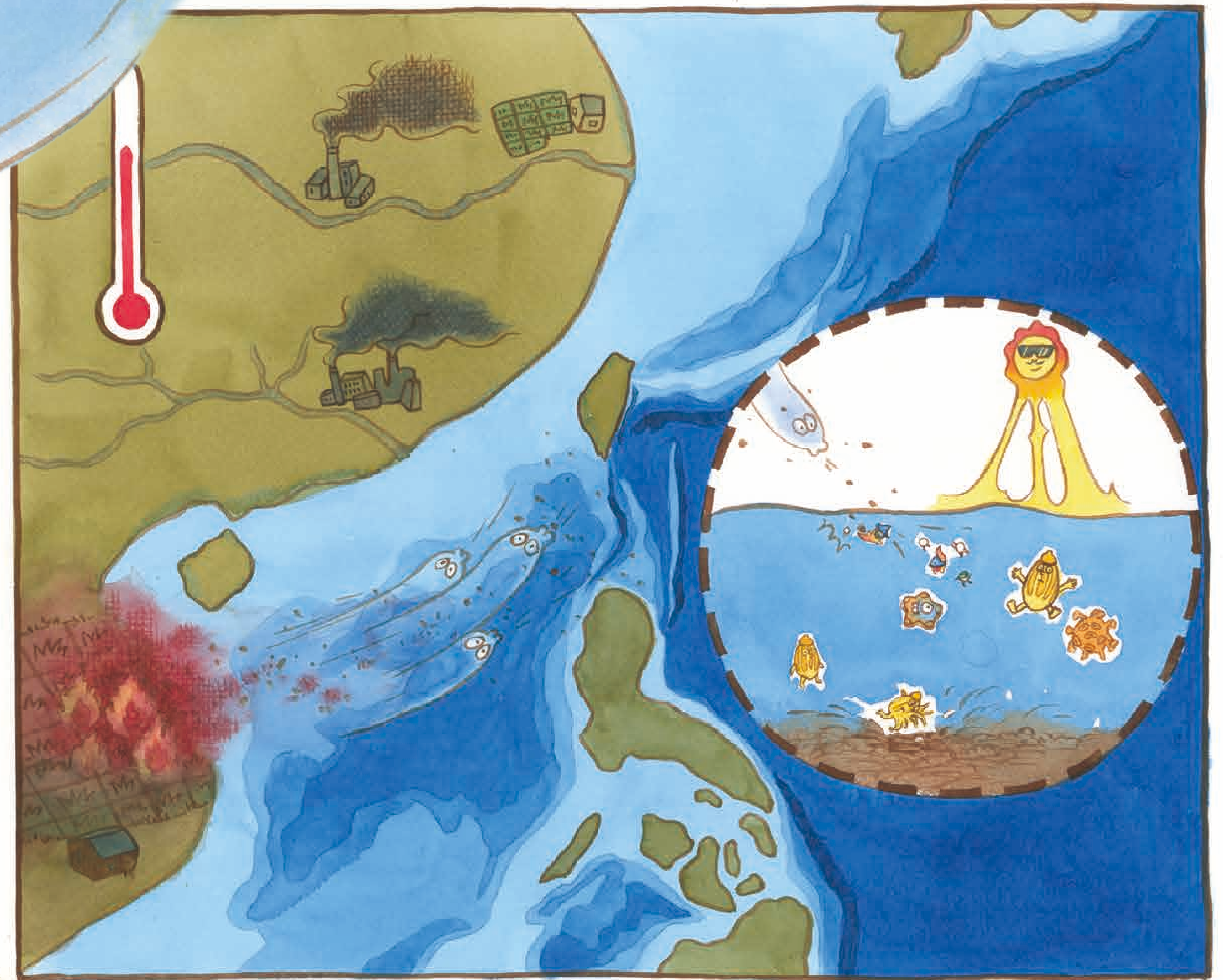
季風與營養鹽供應 (Monsoon and Nutrient Supply):

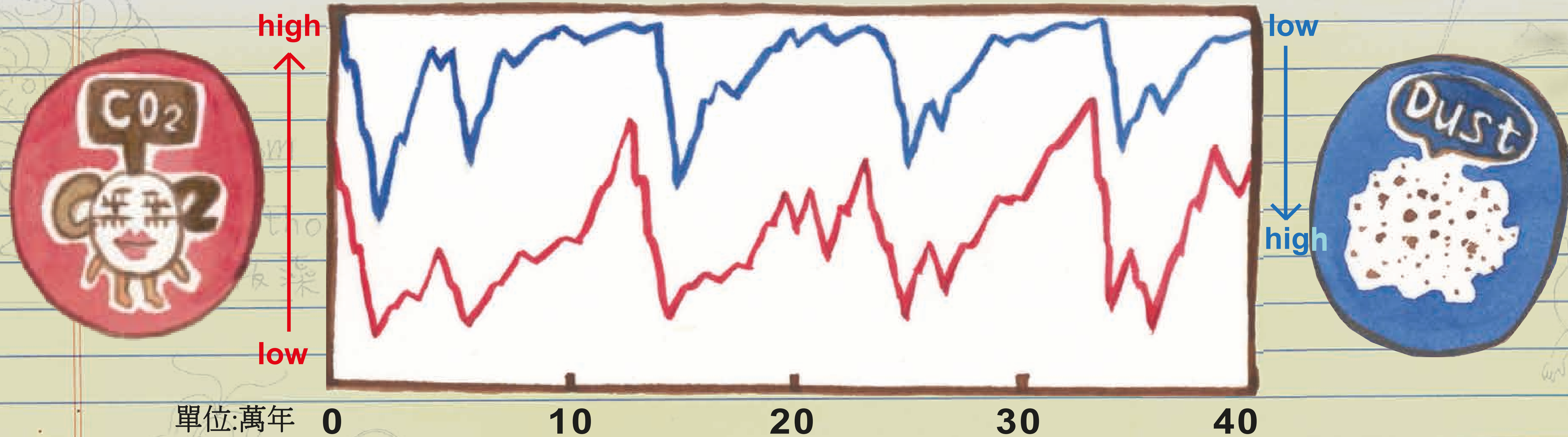
夏天吹徐徐西南風，冬天吹強勁東北風；季風不僅帶來陸源的營養物質或是汙染物質，同時也是攪動混合表層海水的主要力量。

混合層(Mixed layer)代表的是受風的力量所形成表層海水充分混合的深度，南海夏天的混合層深度約在20-30m，冬天的混合層則深達70-80m，換句話說，冬天的時候，有較多的營養鹽被攪拌到透光層。

因為南海在冬天的時候，溫度仍然相當高，浮游藻類因而能相對大量生長。在高緯度海域，由於冬季的暴風十分強烈，

外加海水溫度相對低，混合層深度可深達200-300m，但是也因為冬天的溫度過低，浮游植物生長緩慢，要等到初春回暖時，浮游植物便能利用混合層海水中相對高量的營養鹽大量生長，我們稱為春天的藻華(Spring bloom)。

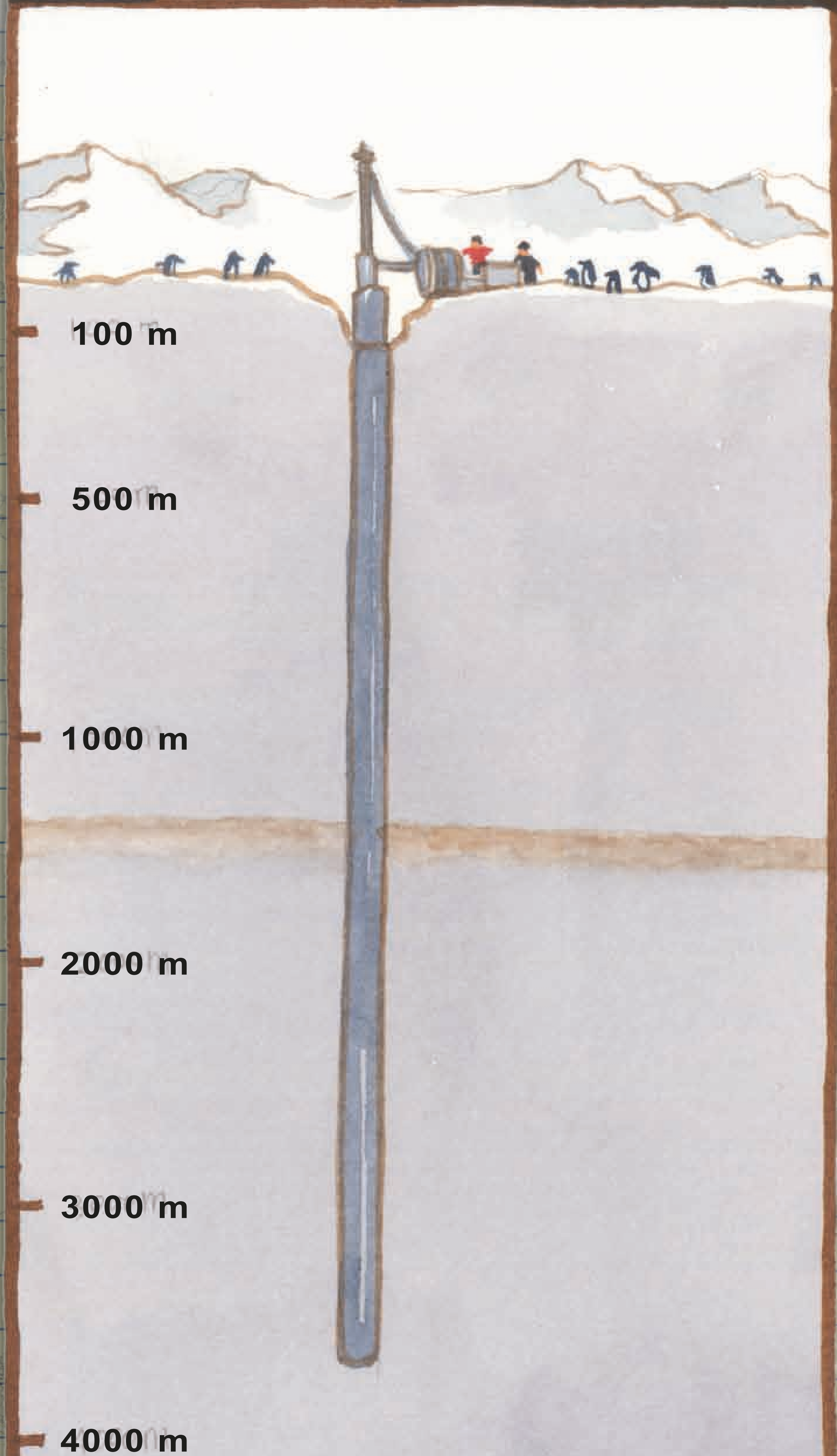
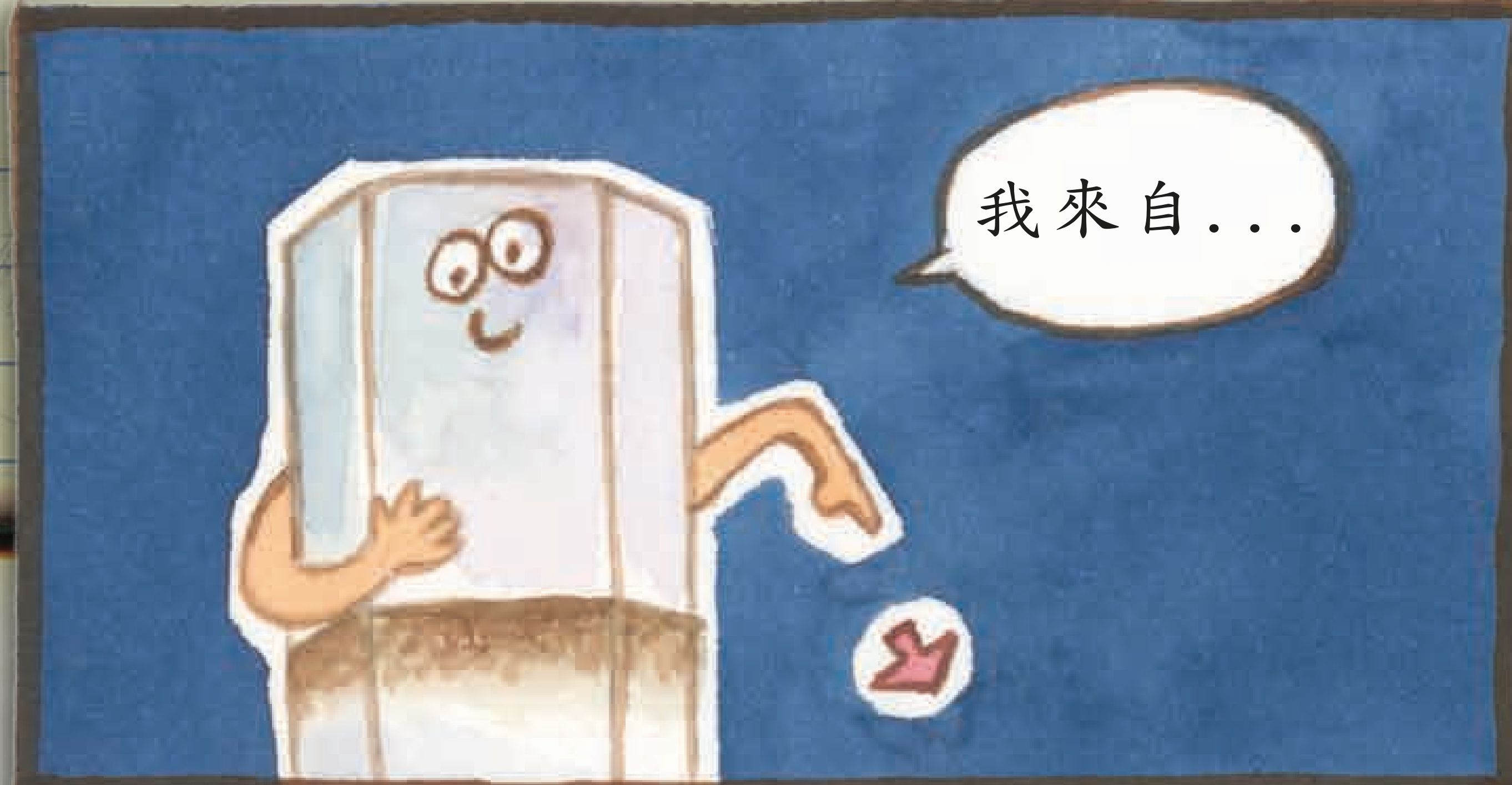




古海洋學(Paleoceanography):

承先啟後，繼往開來。如果你不了解你的過往，你如何能夠知道你隨時間的變化。認識現在的自己要先認識自己的成長歷程，環境變遷 (Environmental Changes)也是；有關於研究古代海洋學的特徵及其控制機制，稱為古海洋學(Paleoceanography)。

要了解過去海洋及地球的變化，先要找尋能夠紀錄環境變化的樣品，你們想想看有哪些好材料可以入選? 南極的永凍冰層如何? 深海海底的沉積物，大陸的黃土高原，深海珊瑚，海底的鐵錳核等等都是可用的好材料，其中的化學組成都記錄了古代地球及海洋中的環境條件。例如: 我們現在對於過去數十萬年大氣中的二氧化碳濃度及溫度的了解及其與鐵輸入海洋的通量的關係就是透過南極冰層中的氣泡紀錄及冰柱中的鐵濃度及



鐵假說(Iron hypothesis)與冰河及間冰時期(Glacial-interglacial period):

全世界的海洋中有約三分之一的海域浮游植物的生長主要是受到鐵的限制，這些海域中的主要營養鹽的濃度相當高，但是藻類卻長得不是非常多。美國的海洋學家John Martin發現把鐵加在這些高營養鹽低葉綠素的海域中(HNLC: High nutrient low chlorophyll)，藻類則長得滿山滿谷。



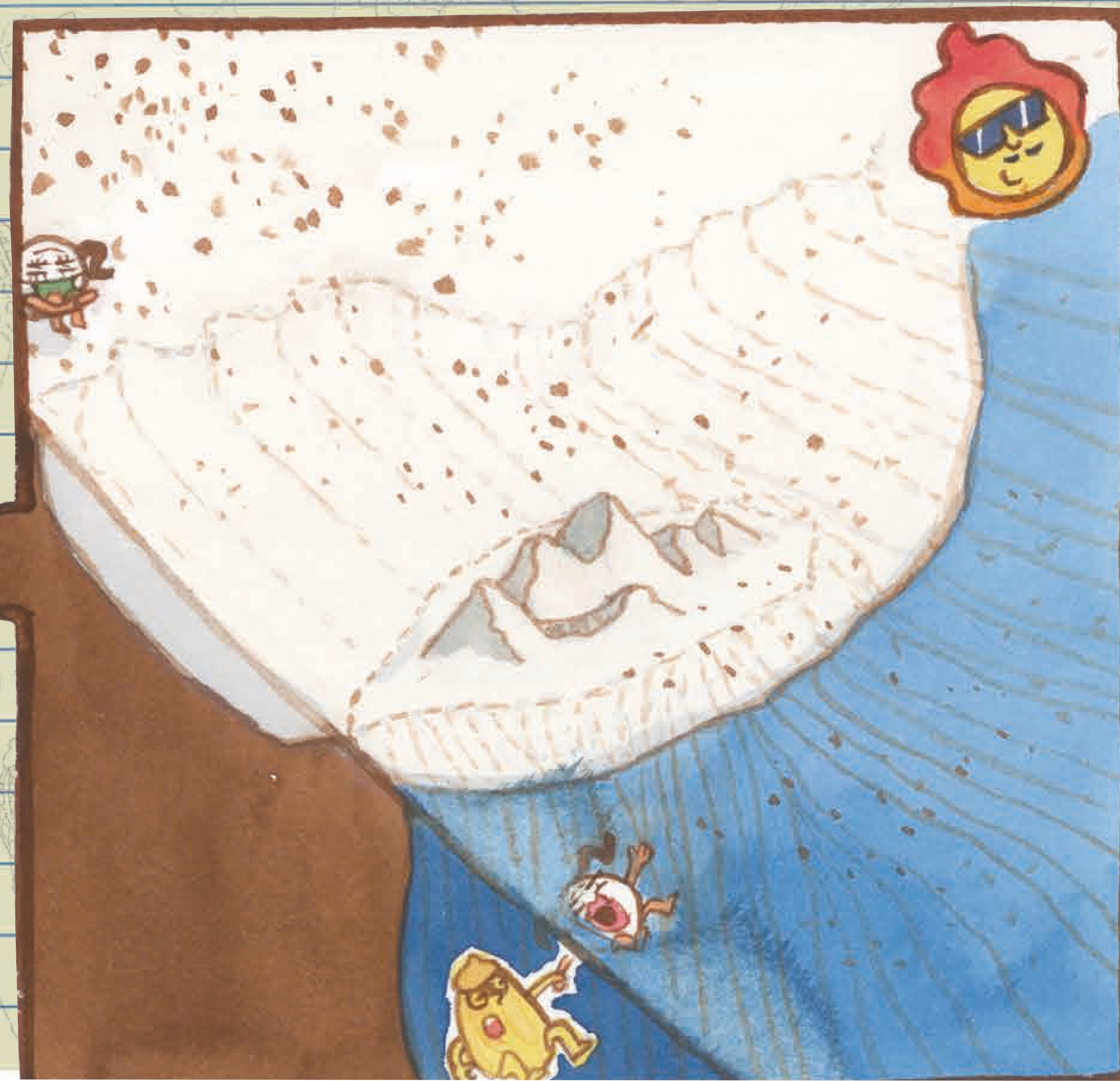
根據藻類體內的元素組成，提供一個原子的鐵至HNLC區域，浮游植物便可以固定100個原子的磷或10000個原子的碳，南極洋的HNLC海域極為廣大，主要營養鹽濃度高達幾十個uM，並且有湧升流源源不絕的供應，John Martin據此計算，把相當量的鐵加入這南極洋HNLC海域，這些充足的氮磷鐵將促進藻類的光合作用，將大氣中的二氧化碳轉化成有機碳並存留至海洋或海底之中，大氣中的二氧化碳的含量將可以因此下降至冰河時期時的濃度，約200ppm，解決了全球增溫的問題! 這就是所謂鼎鼎有名的鐵假說。

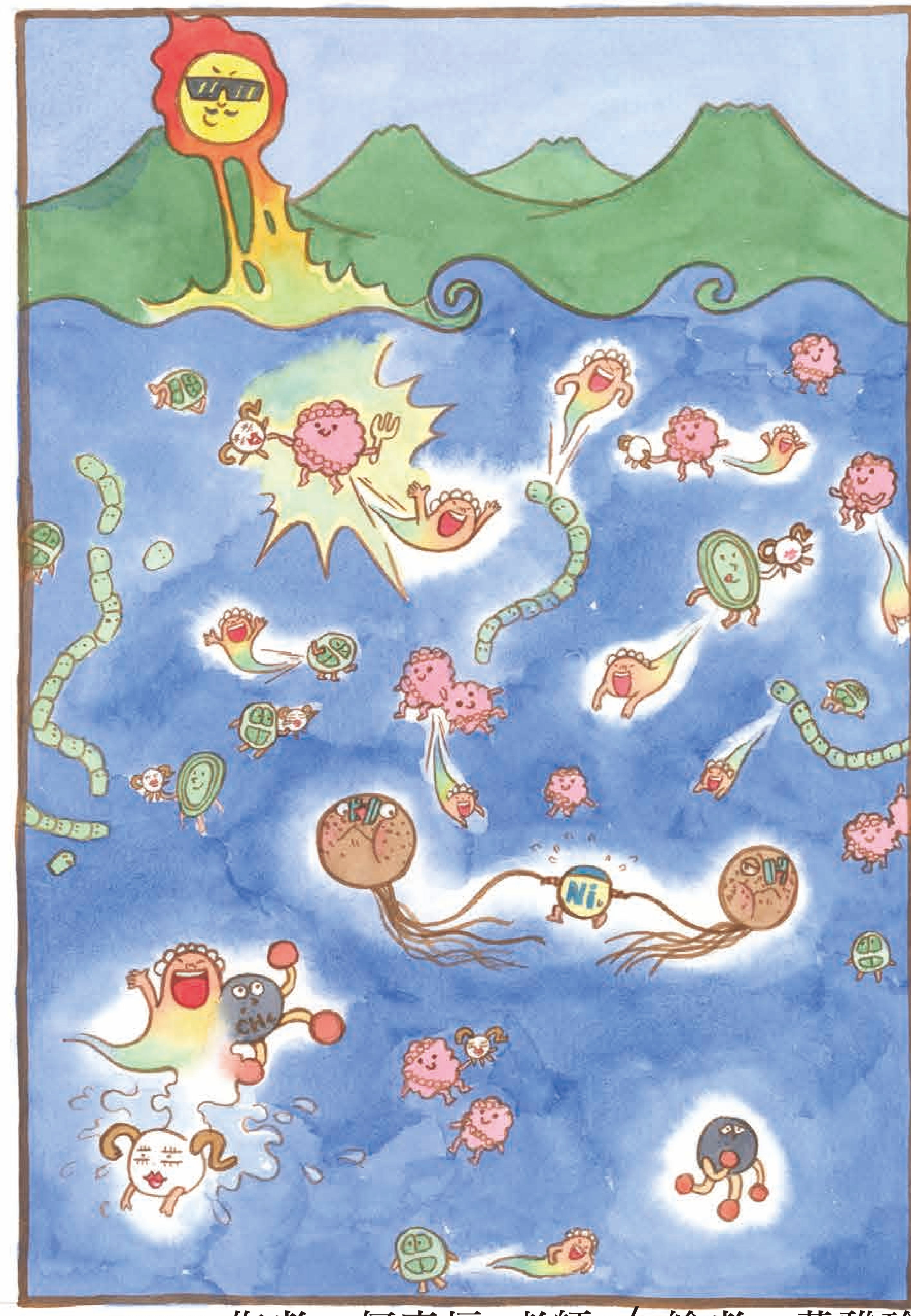
這個假說背後的概念是合理的，但是海洋生物地球化學的循環可沒那麼簡單，例如:光合作用所形成的有機碳有多少可沉降至深海或得以埋藏於海底? 但無論如何，鐵假說顯示了研究海洋生物地球化學對於了解物質在地球上循環的重要性。此外，從南極或是格陵蘭的冰柱記錄發現，冰河時期時的沙塵、或鐵對海洋的供應量相對遠高於間冰期的濃度及供應量，已知冰河時期的大氣二氧化碳濃度相對較低，這二氧化碳與鐵供應量在古海洋的因果關係(cause & effect)，是鐵假說的另一重要概念。

是大氣二氧化碳下降→氣溫下降→空氣比較乾燥→風吹所造成的沙塵輸入海洋較多→藻類生長→大氣二氧化碳降。到底誰是因誰是果，還不清楚。圖中顯示，若冰河時期海平面下降達到120-130m，台灣海峽將變成陸地。









作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲





作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲

鎳假說 (Ni hypothesis)

From A to Z是善存維他命的廣告，Z就是Zinc(鋅) 。生物所需的重金屬吃太多會中毒，吃太少對健康將有危害。例如生物體中移除自由基的重要酵素，超氧化物歧化酶(SOD)，對於人體健康極為關鍵，需要鐵、錳  或銅  /鋅才能使該酵素作用。生物體內許多關鍵必要的生化反應都是由酶或稱為酵素(Enzyme)在催化進行。酶  由許多胺基酸組成，其中最重要的活化區(Active site)，絕大多數是由金屬擔綱，因此，若生物缺乏特定金屬的吸收、或是吸收不足，需要這些金屬的酶就不能作用，生物的生長及繁殖便受到限制。海洋由厭氧條件轉換成有氧環境是地球生物演化的一個重大關鍵，鎳假說 (Ni hypothesis)提出是因為鎳供應不足所造成 (Konhauser et al. 2009)。甲烷菌形成甲烷的過程中必須使用三個關鍵含有鎳的酶；如果古代海洋中鎳的供應量  下降，導致甲烷菌的新陳代謝下降，甲烷的產生也就跟著下降，光合作用的浮游植物便逐步成為海洋中的優勢生物，氧氣才得以在海洋及大氣中累積，帶來生物在海洋及陸地的演進。鎳是鐵族元素，熔點及沸點相當高，在早期海洋中主要透過火山的高溫噴發供應至海洋中。隨著地球逐步冷卻，導致火山活動下降，鎳在海洋的供應量也快速下降。加拿大的科學家Konhauser的團隊  在2009年時根據特定時期岩石中Ni含量的下降變動趨勢，提出以上的鎳假說。


海洋科普實驗室

看漫畫學海洋



Learning Oceanography
by cartoons

浮游植物與大氧化事件:





以非常古老且已定年的沉積物樣品中的浮游植物特有的有機物的出現時間，科學家推估原核浮游植物出現的時間約在35億年前，可是大氣中氧氣出現的時間卻約在24億年前晚了將近十億年。

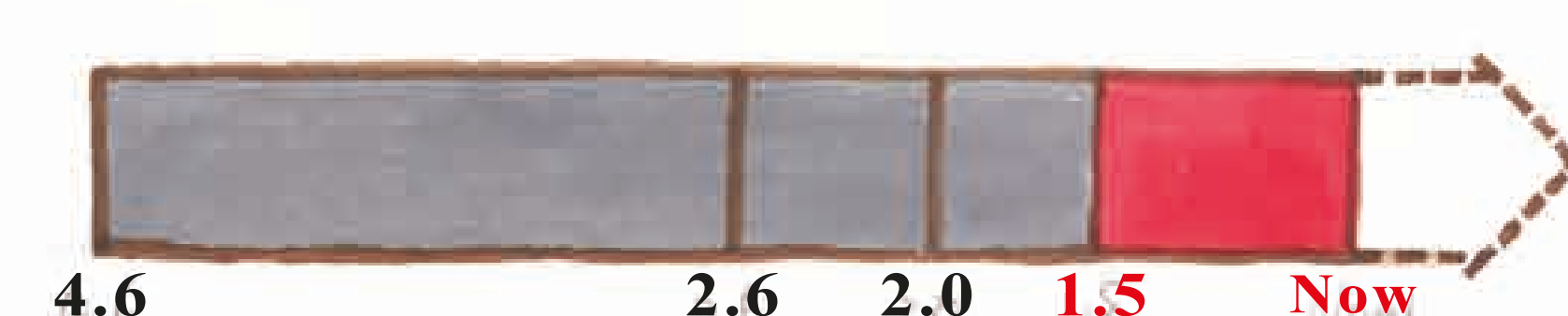
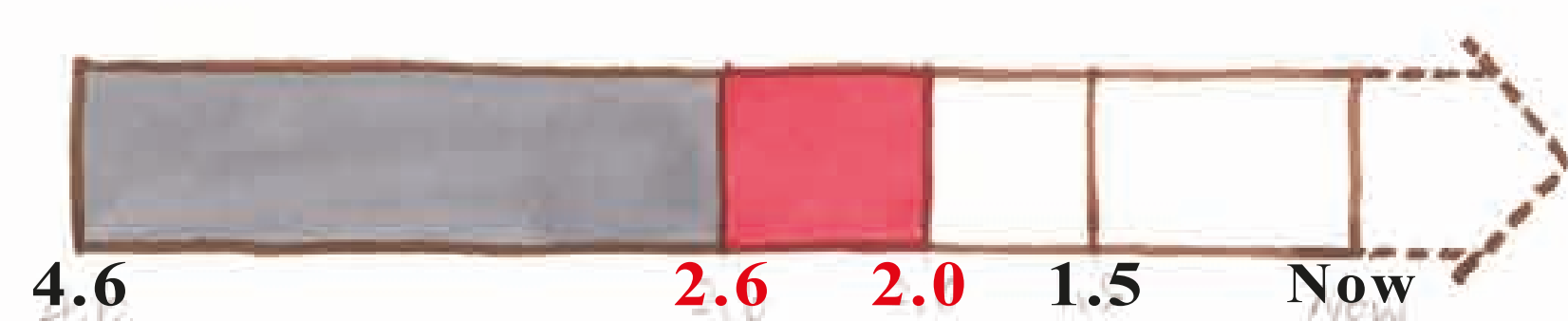
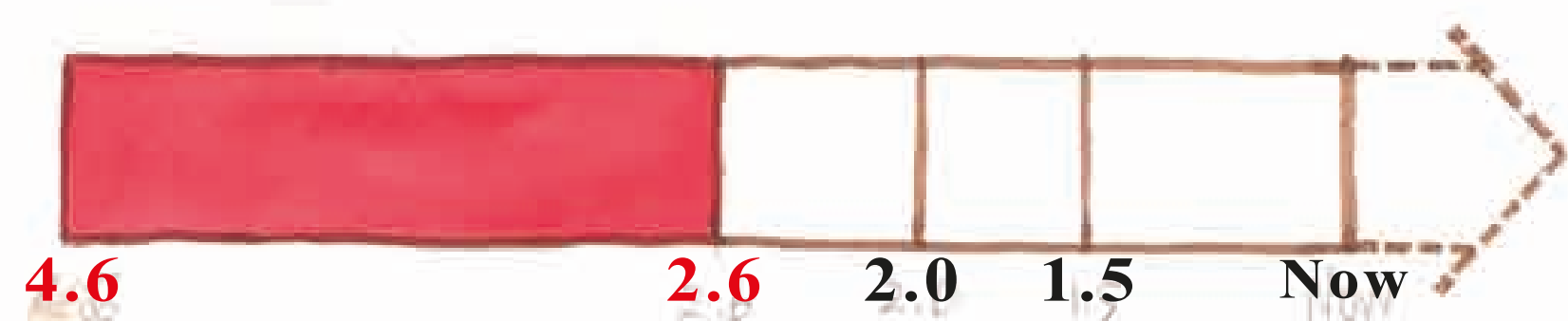
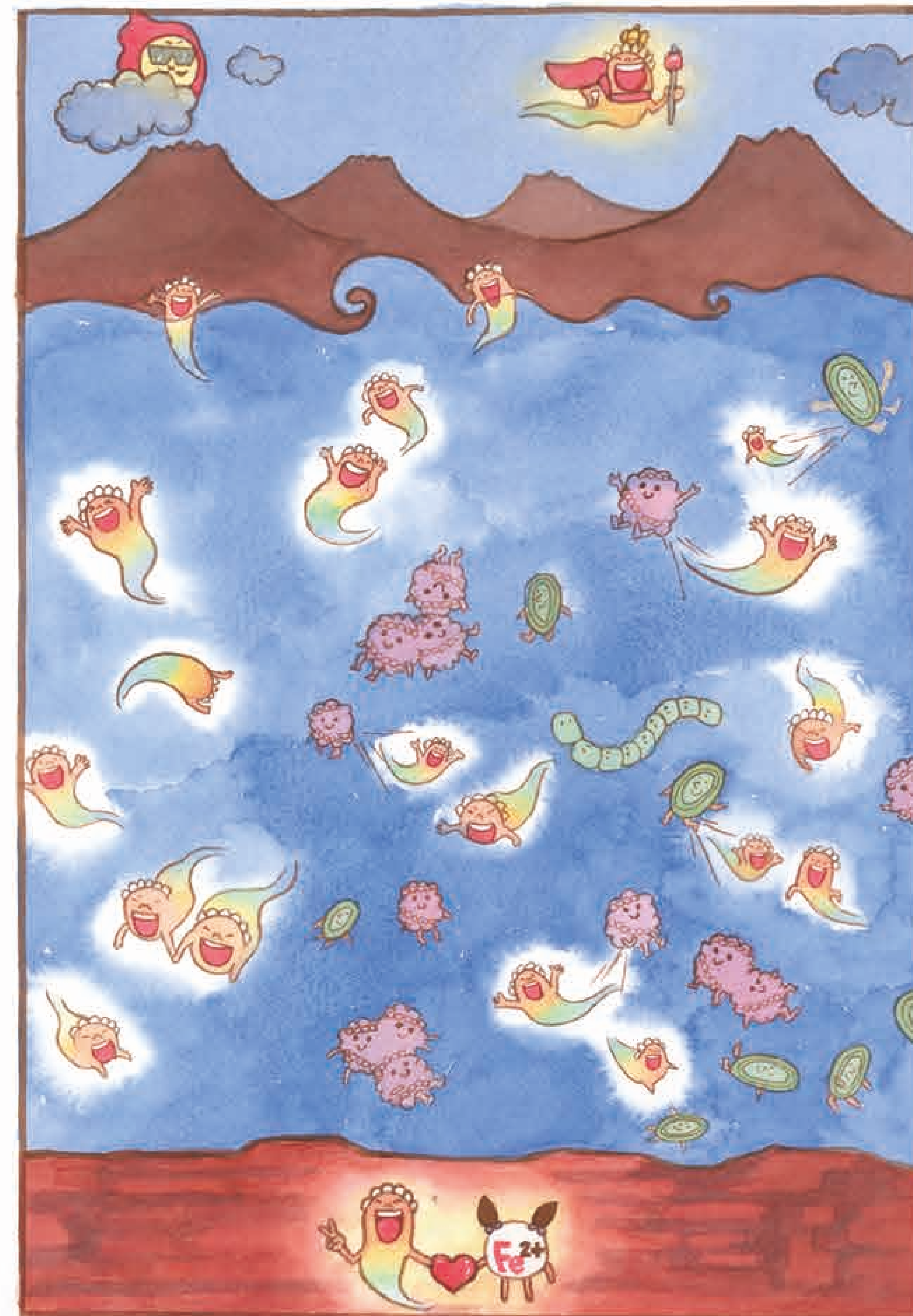
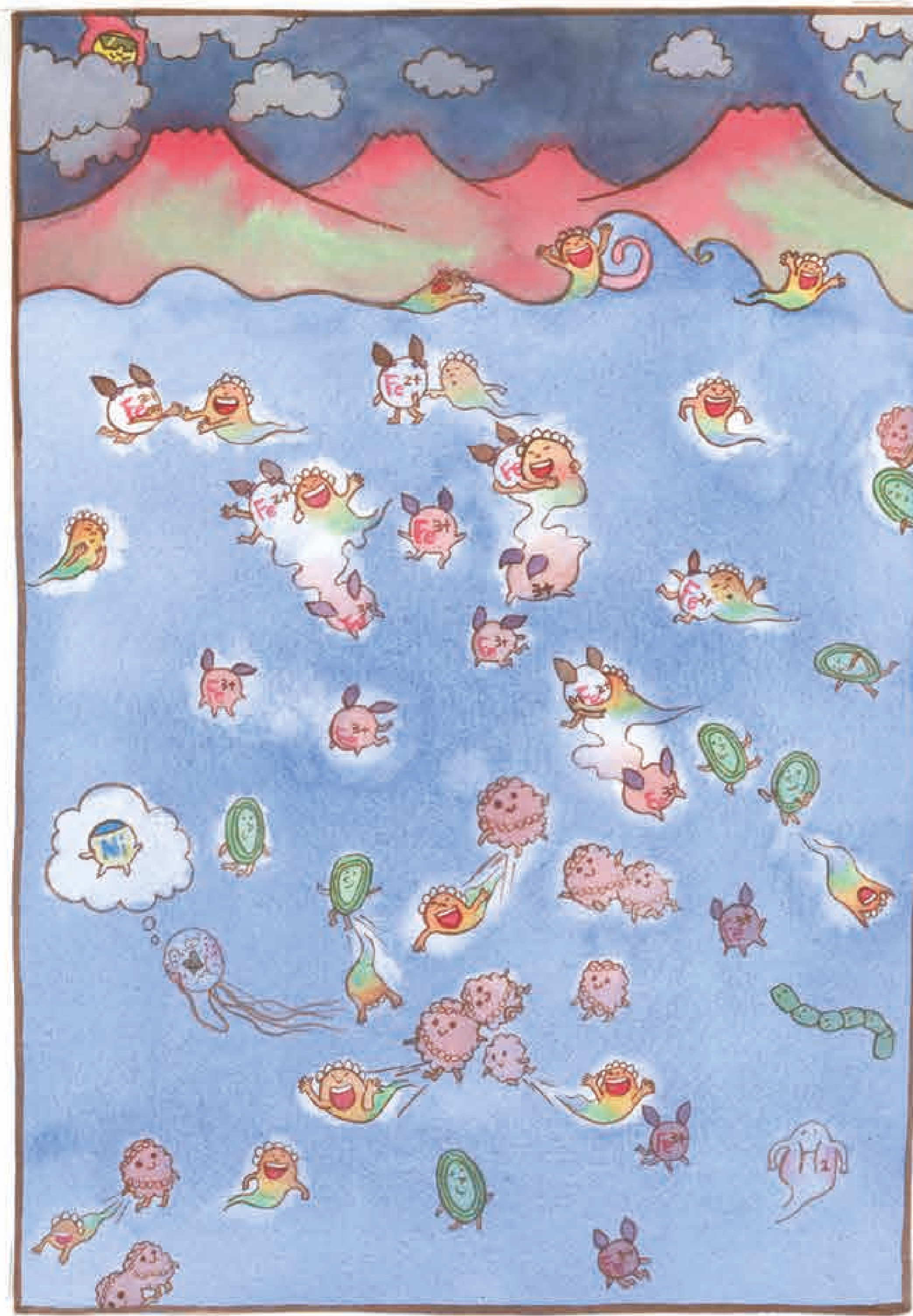
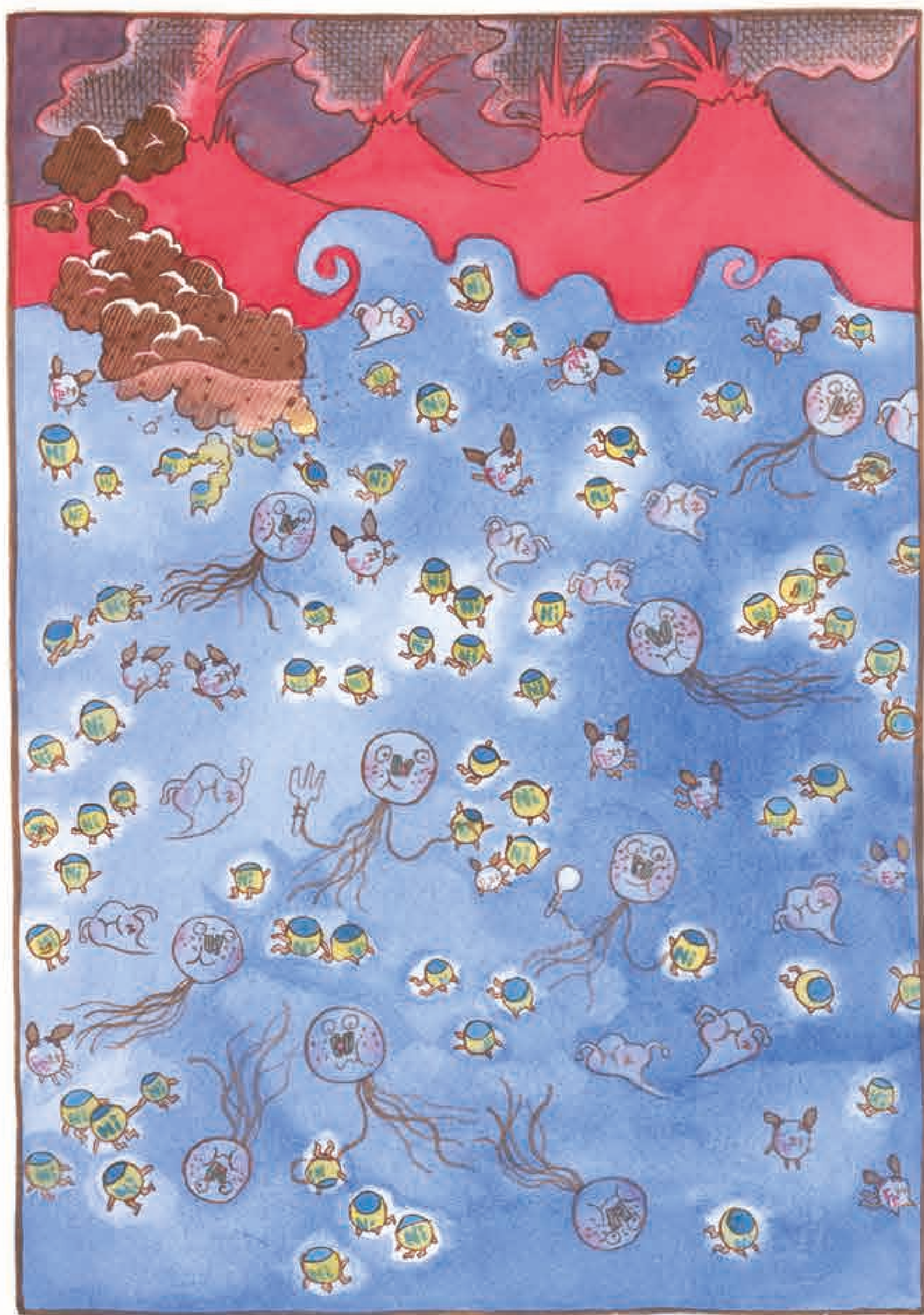
Why? 最可能的原因是早期海洋中含有大量的還原性物質，和浮游植物行光合作用所放出的氧氣產生氧化還原反應，氧氣在海洋中就被清除，沒有機會出現在大氣中。

這些還原物質包含還原態的二價鐵、甲烷等等。產生甲烷的甲烷菌也早在35億年前就生存於海洋中，甲烷在高UV條件下會和氧氣反應；此外，鐵在岩石中的含量高達5%，因此古代還原性海水中可含有高達mM濃度的溶解態二價鐵，浮游植物行光合作用所放出的氧氣會被二價鐵氧化後形成三價的氧化鐵或氫氧化鐵顆粒並沉積至海底。



 BIF的形成(Banded Iron Formation)正是強大的證據，這被用來形成BIF的氧氣可達現今大氣中氧氣的二十倍之多。10億年後，海水中的二價鐵及甲烷被用盡，氧氣開始在海水及大氣中累積，也因而啟動了生物的演化! 水中的甲烷為什麼被用盡呢? 很可能是因為甲烷菌的數量一直下降，為什麼甲烷菌不再古海洋中占有優勢呢? 請看以下鐳假說的海報。

作者：何東垣 老師 / 繪者：黃雅玲



單位：十億年

人類的角色:

人類似乎非常聰明，發現各種科學原理並發展創造各種先進技術、發現石化燃料用以建立現代文明；又似乎後知後覺，人類竟在短短一兩百年內，大量地燃燒石化燃料、剷除森林，將濃度提高到400ppm，原來大氣中的二氧化碳在過去幾十萬年內都在180到280 ppm內相當規律的來回震盪，大氣中快速增加的二氧化碳已經導致全球增溫、海洋酸化、氣候及環境巨變。

我們對地球的運作了解多少？我們連颱風登陸的時間及地點都難以準確預測，又能有多少信心預測未來地球的環境變動！地球環境的運作可以像操控車子一樣，要倒車就倒車嗎？還是如同一條船，要相當長的時間來倒車？或是如同鐵達尼號，必會撞上冰山？再也回不到那個原來的地球？

誰說人類是最高等的生物？這些發酵細菌或許不同意。喝酒的時候，當對發酵細菌心存感激；這樣一來或可有安靜的心靈來聆聽大自然所要訴說的聲音。





很喜歡一個信用卡的電視廣告，一個老阿嬤拿著信用卡說:我要去留學! 說得真好! 很多事情時機有限，當把握機會，努力追求、勇於嘗試! 說得真好! 阿公阿嬤爸爸媽媽要留學要自己去，不要叫別人去。

我的名字是我阿公幫我取的。如果你Google東垣這個名字，不只會找到何東垣，還有個李東垣，是古代名醫。你猜對了，我阿公原本期許我成為名醫；另外，垣的本意是城牆，我苑裡老家屬苑東里，也有保衛家園的含意，名字取得頗有學問。可是，我逐漸發現這個垣字太有學問了，很少有人能知道垣的正確發音及寫法，絕大多數人念桓或是恒，有些人還自做聰明，自以為本人多寫一橫，回信時，竟改寫為何東垣! 有一陣子，我不太諒解台灣的國文老師。

學生時代比較喜歡用的介紹方式是，北斗星垣的垣或是省垣的垣，但是知道我在說什麼的人還是有限；後來，只好自我介紹說是永恆的恆，但是心字旁改為土字旁，發音叫做圓，這樣的介紹真是沒意思。國中的時候，我姐姐想要幫助我，她說垣就是一土旦。有時候，我也採用這個介紹方式。這個東垣當的真是不容易! 高中是念第三類組(醫農)沒錯，雖然也叫做東垣，可是卻沒考上醫學系。當時第三類組，沒考上醫學系的選擇是農漁牧。還記得那是三十年前的暑假，剛考完大學聯考，閒閒沒事，去一個叫做青韻合唱團的團體唱唱歌，傳說那裡有很多漂亮的女生，你也知道18歲的男生在幻想什麼。果真遇見一位很漂亮又有氣質的學姐，當時我也還沒選填志願，就請教她對於選填志願的過來人建議，也告訴她我的難處，真的不知道要選什麼方向? 是農? 是海? 還是牧? 你知道嗎? 她的建議真的影響了我的決定。她說，“海洋很大，很寬闊，會適合你這樣的男生…”就這樣，我就將海洋相關系所放在選填志願的前面了，也因而走向了海洋科學的道路，這可以說是近因。

可是，海洋相關系所的畢業生出路很有限，大學四年級時感到前途茫茫，班上同學，畢業後幾乎全轉行了，留在研究領域的也以生物相關研究為主。事後回想，當時我為何還會繼續留在海洋領域? 我慢慢地發覺有一個更深遠的原因，是我在兒時及生長歷程中對於海有許多美好的經歷! 我生在苑裡，在苑裡住到七歲。苑裡有個小漁港，在離老家僅五十公尺遠的菜市場裡，每天早上都充滿了各式現撈的新鮮魚貨。小時候常常陪阿公或阿媽上市場買菜；直到如今，仍然享受買菜時和賣菜賣魚老板聊天的趣味；此外，姑媽住在隔壁鎮通霄，以前有一個又美又大的海水浴場，小時候常常去那裡玩沙、玩水、抓寄居蟹...；大學四年在美麗的西子灣畔度過；畢業後分發至澎湖服役，深深享受澎湖的奇幻海景。當我回想起這些獨特而又美好的經歷，我才發覺，原來我從小至今一直是如此的親近海、對海充滿了好奇，卻又不自知。

不管她是否具有洞察力，我必須謝謝那位學姐。考完大學聯考，真的不知道該走向哪裡，她的建議竟似乎能貼近內在的聲音。我很幸運，現在，我很享受我的工作。雖然東垣醫師沒當成，卻成了開心的海洋科學研究員! 長大後也發現，騎腳踏車和開汽車各有風景，汽車可以開得快去看遠方的風景，騎腳踏車卻可以看清路兩旁的景致；常吃美食固然令人羨慕，卻也沒有久久吃一次來得開心；在傳統市場聊天的人情趣味，也不是超市的冷氣能夠取代。人生短短，時間不多，機會有限，當用最深最大的力量來認識自己，了解適合自己的區位(niches)，然後盡力追求，因此可以坦然面對結果，全然負責；理當可以成功，倘若沒有成功，也很好，人生沒有遺憾，可以再次重新出發。這樣認真的小孩，阿公阿嬤爸爸媽媽怎能不感動，又怎能不予以全力支持。

-何東垣



繪者與翻譯者介紹:



黃雅玲

海洋科普插畫是我第一次承接長久且需要大量溝通討論的計畫。當何老師告訴我，我是全台灣最了解海洋的插畫家，這些科普插圖在海洋科學的教育上扮演非常重要的角色，顯然那時候我並沒有想過這件事原來對我有著重大的意義。第一次開會自我介紹的時候，我和大多數的人一樣，認為魚就是海洋科學，於是我做了這樣的自我介紹，我說，之前曾經在電視上看到海底搜奇的節目，當時看了各式魚類，奇形怪狀的很有趣，於是對於這個計畫產生了興趣。就如老師所說，魚也是海洋的一部分，但絕對不是海洋，於是我展開海洋的認識之旅。

畫科普插畫的過程中，設計一個藻類角色，使之有生命，是我覺得最有趣的事情之一；不只是把圖畫表現得很有趣，最重要的是要正確的傳達海洋科學的概念，是我覺得最難的；當經過幾次修改，完成一張插圖，是我覺得最開心的；我想像因為這些圖，而使讀者開始對海洋有興趣，那將會是我最興奮驕傲的時候。

我想畫的東西，不是讓人覺得我很厲害的東西，而是讓人看了會感到愉快的作品。就如老師所說，我畫的這些圖，在海洋的教育上扮演很重要的角色，而海洋對於全球環境的重要超乎我原來的想像，我似乎了解到，我應該找到了插畫可以帶給觀者與帶給我的意義非凡，原來渺小的我可以付出這樣的力量，我們身處的地方，就像在大海裡，處於一個物質的循環、生生不息的世界裡，我們是一個龐大系統裡的其中一個環節，卻缺一不可，從今天起，認識海洋以後，或許你也為此著迷。



其他貢獻者: 盧美臻，劉虹君，曾仲寧



陳怡欣



我出生成長於美國加州，此次回台灣，是為了探索海洋科學研究領域，學習中文及了解我的原生故鄉。非常感謝何博士給予我這個機會成為他實驗室的一員，亦感謝海洋生物地球化學實驗室同事耐心的協助與幫忙。在台期間，我喜愛探索台灣那令人嘆為觀止的高山群峰，並在風景秀麗的東北角海邊盡情體現我對攀岩的熱愛。這是我的第一份正式翻譯工作，而海洋科普是我一直深感興趣的科學課題，我很高興有此機會付出我的語言技能翻譯此些海洋科普海報，對此計畫執行有所貢獻，且對海洋科普的推廣有所助益，我的語言技能也因此有所提升。儘管我已知海洋對全球環境氣候變遷上有顯著地影響，但原先的認知是廣泛雜亂無章的，藉由此翻譯工作及在實驗室的學習與研究，現在的我對此議題的了解已有全面化的提升。過去我所接受的科普教育，讓我明瞭妥善地建立一般民眾的科學觀念是件重要且兼具挑戰性的任務，我很榮幸有此工作經歷，讓我在海洋科普教育上能盡到一己之力。

