

主題 1 關於滅絕這件事

—古生代與中生代的滅絕事件 討論



課程說明

先備知識	<ol style="list-style-type: none">1. 地球歷史上有許多滅絕事件2. 滅絕事件的定義是由於化石紀錄
學習目標	<ol style="list-style-type: none">1. 能說明古生代滅絕事件的可能原因2. 能說明中生代滅絕事件的可能原因3. 排除人為影響，能說出若現在有第六次大滅絕，可能的原因4. 能對於生物滅絕與地球歷史有更廣泛的理解與好奇心
時間分配	<ol style="list-style-type: none">1. 引起動機：5 分鐘2. 素材導讀：20 分鐘（建議前一堂課學生閱讀）3. 小組討論（針對學習單上的內容）：20 分鐘4. 小組報告：每組 5 分鐘
評量方式	學生小組報告



素材導讀

生物滅絕事件指某一地質時段中，特定區域地理範圍內，生物數量及種屬數量急劇下降的事件。主要滿足四個條件：

1. 物種消失數量：達到具有實質意義的滅絕量值。
2. 生存範圍廣度：具有全球範圍內的廣度。
3. 物種消失幅度：涉及不同分類單元（科屬種）。
4. 事件發生時間：限於相對短暫的地質時間。

生物滅絕的可能原因包括：隕石撞擊、火山活動、環境變異大（海進或海退、氣候變異、缺氧等等）。適應能力強的物種能夠適應災變後的環境（所謂環境惡劣也可能只是不適合原本的生物），新的環境變化也會給新物種製造新的發展機會並可能會加快生命演化，也可能有新的優勢種取代舊的優勢種。

寒武紀大爆發之前的太古宙與元古宙應該也有大滅絕事件，但缺乏化石記錄無法得知確切狀況。而寒武紀大爆發之後有 5 次重大生物滅絕事件：奧陶紀末期、泥盆紀末期、二疊紀末期（造成古生代結束）、三疊紀末期和白堊紀末期（造成中生代結束）的生物大規模滅絕。以下要來討論古生代與中生代可能的生物滅絕原因。

2.5 億年前發生的古生代（二疊紀—三疊紀）滅絕事件造成大量海洋生物與陸地生物滅亡、並造成大量昆蟲滅絕。曾有學者認為此滅絕事件原因可能與隕石撞擊有關，但也有研究指出極可能源於西伯利亞火山大爆發。

紐約大學地質學研究團隊分析古生代結束時的地層中的稀有元素含量，有異常的高濃度鎳含量。這樣的地層分布由北極至印度，甚至遠至日本都可發現。其他團隊研究也發現在中國、以色列甚至歐洲等同期地層中的鎳含量突然大幅上升。顯示可能有一影響全球的因素發生。紐約大學團隊認為：西伯利亞火山活動可能釋放出大量溫室氣體，令全球溫度上升。且海洋溫度亦上升會降低海水中的溶氧量，這樣的重大環境改變可能引起大量生物滅絕。團隊希望能繼續研究同地層中的其他稀有元素，以利與火山噴發事件做連結或確定原因與影響範圍。



· 圖一 在頁岩中的三葉蟲化石



· 圖二 在二疊紀末滅絕事件後，濾食性固著動物（例如海百合）的數量大幅減少

但有些學者則不認同西伯利亞火山活動造成古生代的滅絕事件。持反對意見的學者認為，西伯利亞火山噴發位置在北極區附近，若西伯利亞火山噴發時間持續 20 萬年，會使大氣中的二氧化碳濃度達目前的兩倍，可能會使全球平均溫度上升 1.5°C 到 4.5°C，但情況並不會嚴重到造成古生代滅絕事件。由於證據的不夠充分，目前我們仍無法確認古生代滅絕的原因。

關於 6,500 萬年前的中生代的滅絕事件，目前科學界認為主要原因是直徑 10 公里長之隕石的撞擊。但有些科學家則認為，此滅絕事件可能還伴隨連續的火山爆發及其他因素（如地震和洪水爆發等）才會如此嚴重。

美國的研究團隊以電腦模擬計算，隕石撞擊的力量會將石粒蒸發飛濺至空中，在高空凝結成小顆粒。當顆粒從高空墜落地表時，受空氣摩擦加熱形成火石並大面積摧毀地表。而這些火石痕跡在全球地質紀錄中可以發現到。顯示這個造成地球上生物大規模的滅絕是可能的。而這樣的災害規模可能使陸上生物大量死亡，但海洋生物或能躲避的小型動物則逃過一劫。但這個模擬只考慮隕石撞擊後的礫石影響。但事實上仍有其他因素需被考慮。例如：灰塵進入大氣層後，阻擋陽光照射地表，白日如夜晚。黑暗可能對浮游植物行光合作用有極大影響，可能會使浮游植物大量死亡，並破壞海洋生態的平衡，使大量海洋生物消失。但此模擬研究的缺點是以地球目前的環境來做模擬，因此到底影響有多大無法得知。另外，若隕石撞擊引起火山爆發，釋放更多能反射陽光的硫酸鹽粒子進入大氣，也可能會造成生態影響。總之，有太多可能的因素仍不確定或未被考慮進模式中，實在很難計算其影響性，能討論的空間實在還很多。



· 圖三 白堊紀—第三紀界線（紅箭頭處），位於美國科羅拉多州的 25 號州際公路附近，因富含鈾而著名。又稱為 K-T boundary。

圖片來源

圖一 shutterstock。

圖二 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agaricocrinus_americanus_Carboniferous_Indiana.jpg。

圖三 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K-T_boundary_Drumheller_Kanada.jpg。



1. 二疊紀—三疊紀滅絕事件

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%8C%E5%8F%A0%E7%BA%AA%EF%BC%8D%E4%B8%89%E5%8F%A0%E7%BA%AA%E7%81%AD%E7%BB%9D%E4%BA%8B%E4%BB%B6>

2. 白堊紀—第三紀滅絕事件

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BD%E5%9E%A9%E7%BA%AA%EF%BC%8D%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%BA%AA%E7%81%AD%E7%BB%9D%E4%BA%8B%E4%BB%B6>

3. 誰殺了恐龍，科學人（第 169 期/2016 年 3 月號）：SM169 p.38 遠流出版社

4. 圖解大氣科學，張泉湧，2017.09，五南出版社

5. 滅絕的定義：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E9%9B%86%E7%BE%A4%E7%81%AD%E7%BB%9D>

6. 2.5 億年前「大規模滅絕之母」：由西伯利亞火山爆發引起

節錄改寫文章來源：2017/10/3 — 13:30

<https://thestandnews.com/cosmos/%E6%96%B0%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%86%8D%E8%A8%BC-2-5-%E5%84%84%E5%B9%B4%E5%89%8D-%E5%A4%A7%E8%A6%8F%E6%A8%A1%E6%BB%85%E7%B5%95%E4%B9%8B%E6%AF%8D-%E7%94%B1%E8%A5%BF%E4%BC%AF%E5%88%A9%E4%BA%9E%E7%81%AB%E5%B1%B1%E7%88%86%E7%99%BC%E5%BC%95%E8%B5%B7/>

7. 隕石揚起灰塵遮陽光 聯同火山爆發滅絕白堊紀恐龍與植物

節錄文章來源：2017/8/23 — 16:10

<https://thestandnews.com/cosmos/%E9%9A%95%E7%9F%B3%E6%8F%9A%E8%B5%B7%E7%81%B0%E5%A1%B5%E9%81%AE%E9%99%BD%E5%85%89-%E8%81%AF%E5%90%8C%E7%81%AB%E5%B1%B1%E7%88%86%E7%99%BC%E6%BB%85%E7%B5%95%E7%99%BD%E5%A0%8A%E7%B4%80%E6%81%90%E9%BE%8D%E8%88%87%E6%A4%8D%E7%89%A9/>

主題 2 遙測衛星最前沿

— JPSS-1 衛星

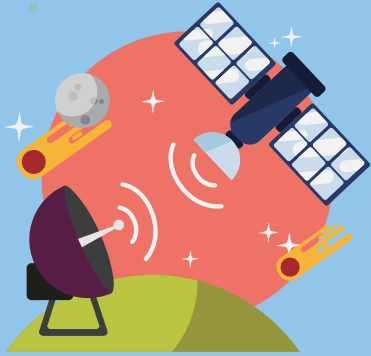
課前短影片



<https://www.youtube.com/watch?v=tLkbdYZyf1c>
JPSS-1 發射前的預報，有發射的細節和動畫(2:32)



<https://www.youtube.com/watch?v=WZITzp2on9w&t=1s>
JPSS-1 發射後的紀錄剪輯精華，為實際拍攝的畫面(1:56)



課程說明

先備知識	<ol style="list-style-type: none">1. 理解遙感探測的定義2. 已知同步衛星與繞極軌道衛星的差異3. 認識福爾摩沙衛星
學習目標	<ol style="list-style-type: none">1. 認識 JPSS-1 繞極軌道衛星系統2. 能大略理解衛星所承載的儀器功能3. 能理解此衛星系統的目的與功用
時間分配	<ol style="list-style-type: none">1. 引起動機：5 分鐘2. 短片觀賞與討論：5 分鐘 + 20 分鐘3. 素材導讀：20 分鐘（建議前一堂課學生閱讀）4. 小組討論（針對學習單上的內容）：20 分鐘5. 小組報告：每組 5 分鐘
評量方式	個人學習單作業 小組短片報告



素材導讀

地球上空約 500 到 1000 公里的高度環繞著許多「遙測衛星」，這些衛星究竟裝備有什麼樣的儀器，能夠取得許多寶貴的資料？就用美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）在 2017 年發射成功的新銳遙測衛星「JPSS-1」來為各位介紹遙測衛星的最新發展吧！

1. 什麼是 JPSS ？

聯合極軌衛星系統（Joint Polar Satellite System，JPSS）是美國海洋暨大氣總署（NOAA）的繞極軌道環境衛星，能以可見光、紅外線、微波、光譜分析等多種方式觀測全世界的海洋、陸地與大氣，提供氣象預報和長期的氣候監測所需的資料。

JPSS 由五顆衛星組成，分別是 Suomi NPP 與 JPSS-1、2、3、4。其中，第一顆衛星 Suomi NPP 已於 2011 年升空，JPSS-1 則在 2017 年發射；剩下的三顆衛星分別預計於 2021、2026、2031 年升空。每顆衛星預計將執行七年的任務。當衛星進入軌道正式開始工作之後，將會被賦予新的編號，如 JPSS-1 現已更名為 NOAA-20，表示它是 NOAA 正在服役中的衛星。

2. JPSS-1 的儀器

JPSS-1 攜帶了五項主要的科學儀器，分別是：

(1)先進微波測深儀 ATMS：

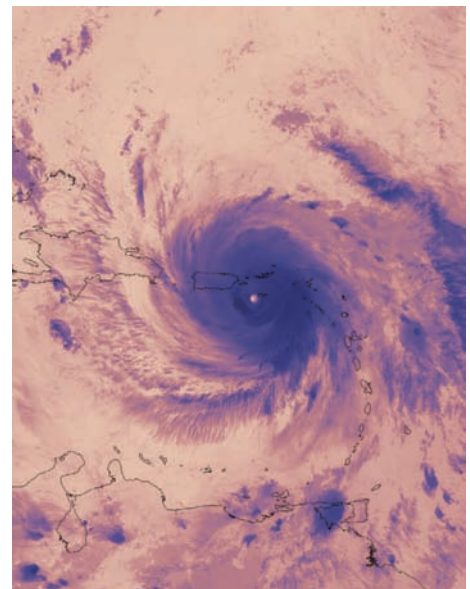
藉由接收地表與大氣所放出的微波訊號，並分析這些訊號，可以回推地表與大氣中溼度、溫度等資訊。ATMS 具有 22 個不同的微波觀測波段，頻率涵蓋 23GHz~183GHz，解析度約為 15.8~74.8 公里。因微波波長較長，ATMS 能夠看到被重重雲層覆蓋的颱風內部結構等，且在白天和晚上都可以提供大量的觀測資料。

(2)交叉追蹤紅外測深儀 CRIS：

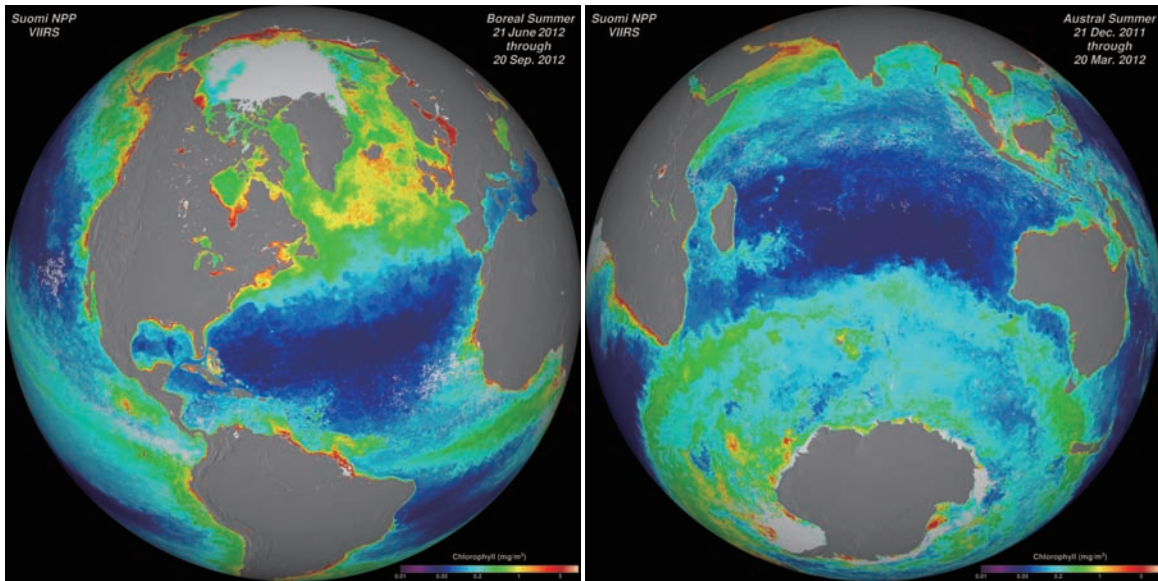
CRIS 的任務與 ATMS 類似，但是是使用紅外線來進行大氣中溫度、溼度、壓力的測量。CRIS 可以進行從 3.92 微米到 15.38 微米之間 1305 種波段的遙測。結合從 ATMS 取得的數據，科學家能夠建立出大氣層中高解析度的立體溫、溼、壓分布圖。對於天氣預報而言，這項資料至關重要，是 JPSS 能夠改善氣象預報最重要的功臣。

(3)可見光與紅外輻射計機組 VIIRS

ATMS 與 CRIS 做的是對大氣中溫度、溼度、壓力等性質的偵測，VIIRS 則是一台標準的「相機」，能以可見光及紅外線的 22 個波段對地球拍照，解析度約為 400 公尺，可用於追蹤沙塵暴、颱風、火山爆發、森林大火、海面葉綠素分布等多種現象。



• 圖一 NASA 的 Suomi NPP 衛星，利用 VIIRS 所拍攝的瑪麗亞颶風。



· 圖二 NASA 的 Suomi NPP 衛星，利用 VIIRS 拍攝的全球海洋葉綠素分布。

(4) 雲層與地球輻射系統 CERES

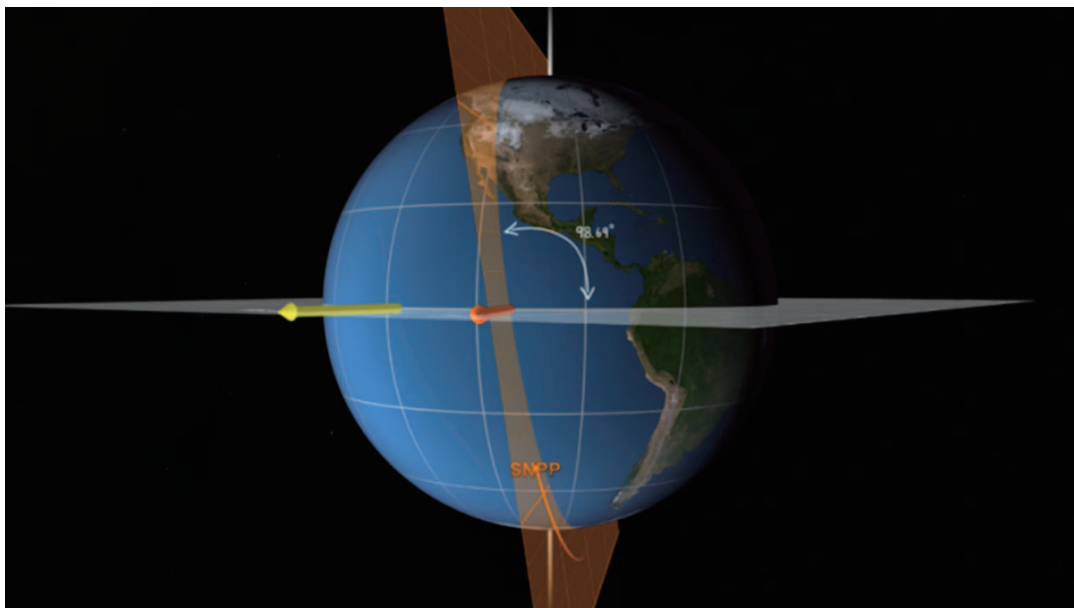
地球所發出的輻射是反射太陽光的短波輻射及地球本身具備的溫度所放出的長波輻射。CERES 利用介於可見光與紅外線的三個不同波段來監測地球輻射變化，幫助人類了解地球的能量收支以及能量收支對大氣與地面的影響。

(5) 臭氧層照相與剖析機組 OMPS

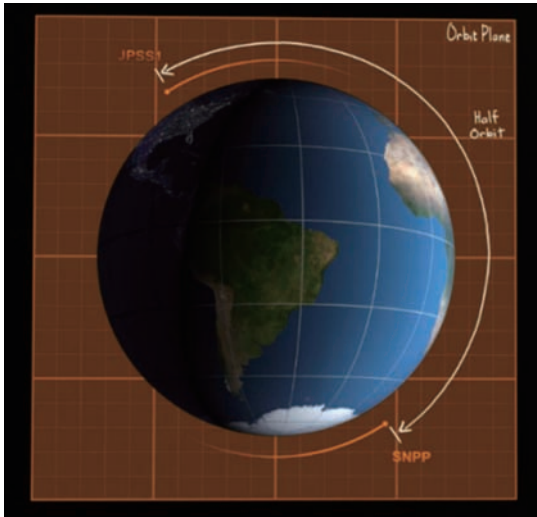
OMPS 以光譜儀分析大氣層中的臭氧含量與分布等資訊。除了提供天氣預報中的紫外線強度預報，它也將接續已維持 40 多年的臭氧層觀測，提供臭氧層狀態的長期資料，並協助科學家回答一個重要的問題：被破壞的臭氧層是否有在恢復。

3. JPSS-1 的軌道

JPSS-1 為繞極軌道衛星，運行高度約為 826 公里，運行在傾角為 98.69° 的太陽同步軌道上。



· 圖三 JPSS-1 的軌道示意圖。橘色的軌道面與淺灰色的地球赤道面有 98.69° 的夾角。圖上的 SNPP 為 Suomi NPP 衛星，JPSS-1 的軌道與其相同，只是位置相差了 180° 。

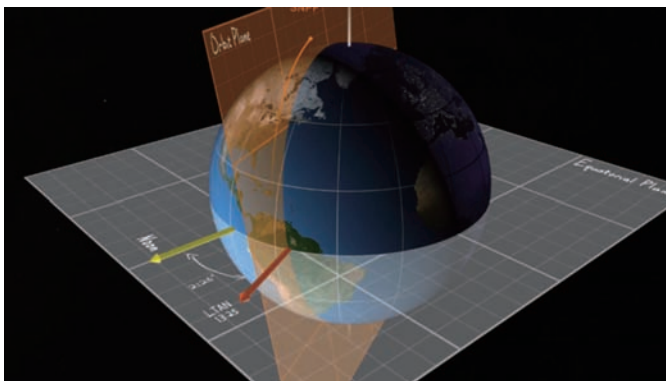


· 圖四 SNPP 為 Suomi NPP 衛星，JPSS-1 的軌道與其相同，只是位置相差了 180° 。

衛星運行的軌道高度，是指衛星運行的軌道與地面的垂直距離。一般來說，軌道依高度可分為近地軌道、中軌道和高軌道三種。JPSS-1 的軌道高約 826 公里，屬於近地軌道，是遙測衛星常用的軌道範圍，如臺灣的福衛二號、福衛五號等遙測衛星都運行在這個範圍內。軌道的高度決定了衛星繞行地球一圈所需的時間，軌道高度 826 公里的 JPSS-1 的週期約為 101.3 分鐘。

那什麼是軌道傾角呢？地球繞行太陽的軌道所畫出的平面成為黃道、月球繞行地球的平面稱為白道、而衛星在太空中環繞地球運行時，它的軌道也會畫出衛星的軌道面。軌道面與赤道的夾角，就稱為軌道的傾角。一般來說，軌道的傾角決定衛星能飛過地球上的哪些區域，傾角越接近 90° ，衛星能夠飛掠的區域就越廣。

最後，我們簡單介紹一下「太陽同步軌道（Sun Synchronous Orbit, SSO）」。遙測衛星，尤其是以拍攝照片為目的的遙測衛星通常會希望在相同的時間通過同一個地點上空，如此一來拍攝的照片中地表物體受到陽光照射的角度才會相同，方便日後影像的處理。為此，藉由精密的計算，科學家設計出太陽同步軌道，讓衛星永遠在同一個時間通過同一個地點。舉例而言，福衛五號永遠都會在早上九點三十五分通過臺灣上空。世界上大部分的遙測衛星都是採用這種軌道，JPSS-1 也不例外。



· 圖五 JPSS-1 的軌道升交點和正午有 21.25° 的夾角，也就是說 JPSS-1 通過升交點的時間永遠是當地時間 13:25。

結論：

JPSS-1 將提供更多、更精準的氣象資料，幫助氣象單位做出更好、更準、預測時間更遠的天氣預報。它也讓科學家監測火山爆發、空氣汙染、森林大火、臭氧層與農業環境等現象。JPSS-1 將會維持超過三十年的全球氣候監測，讓我們更加了解，這顆變化中的地球。

圖片來源

圖一 NASA。

圖二 NASA。

圖三 NASA。

圖四 NASA。

圖五 NASA。



1. 全華版教師手冊 p.284。
2. 英文維基百科 JPSS：https://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Polar_Satellite_System。
3. JPSS 官網：<http://www.jpss.noaa.gov/index.html>。
4. NOAA JPSS 網站：<https://www.nesdis.noaa.gov/content/jpss-1-spacecraft>。
5. NOAA, Inside the World of JPSS-1：<https://www.youtube.com/watch?v=uL2iyRbeULM>。
6. NASA Scientific Visualization Studio, JPSS Multi Mission Concept of Operations：
<https://www.youtube.com/watch?v=MCnByJyuok8>。



學習單

1. **任務** 臺灣的新一代遙測衛星：福衛八號的計畫展開了！根據上級的要求，這顆衛星將被用於國土調查、天然災害追蹤、氣象資料收集等用途。作為國家太空中心主任的你，希望這顆先進的新衛星具備什麼樣的儀器呢？列出你希望衛星裝備的儀器，並描述儀器的功能和你的想法。

答：略（沒有標準答案，但建議可從福衛一號、二號、三號、五號的功能來做歸納分析討論）

2. 你覺得 JPSS 衛星與臺灣的福爾摩沙衛星系列有何不同？若臺灣也想發射一顆 JPSS 衛星，可能會遇到何種困難或是容易達成？

答：略（沒有標準答案，可從學生的邏輯判斷優缺點）