

## 歐西里斯號OSIRIS-Rex 貝努小行星採樣任務

文/ 胡佳伶

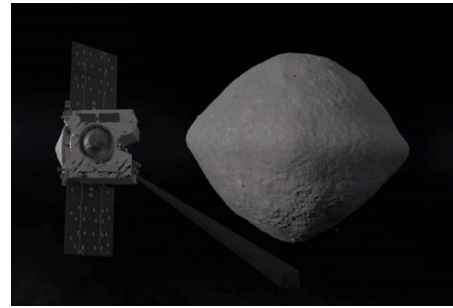
我們從何處來？  
又會往哪裡去？

這 樣的大哉問在人類歷史上未曾消失，在太陽系形成初期所留下的小行星，可能就能回答這些問題，還能告訴我們有關太陽和行星的歷史。

這項耗資8億美元的歐西里斯任務，現在就要帶著我們的疑問，展開一場長達七年的冒險。它將前往101955貝努小行星進行採樣後返回，這些樣本裡或許就藏著關於生命和地球海洋起源的解答。另一個選擇這顆小行星的理由，是因為貝努對我們有相當大的潛在威脅性，在2135年經過地球附近時，距離會比月球更近，這次飛掠有可能使軌道偏移，使小行星在22世紀末有1/2700的機率撞上地球。

歐西里斯號會仔細研究貝努的物理和化學性質，這對避免貝努未來可能的撞擊來說非常重要。另外，像貝努這樣的小行星還可能蘊藏豐富的天然資源，像是水、有機物，以及大家覬覦的貴重金屬，或許未來的太陽系探測任務補給就要靠這些小行星了呢！

歐西里斯號最重要的任務目標是要在貝



努小行星表面採樣並送回地球。在這之前當然要先對小行星進行詳細的測繪，以決定採樣地點。另一項很重要的科學目標，是要測量太陽光對這顆小行星的軌道所產生的影響，也就是所謂的雅科夫斯基效應（Yarkovsky effect），並與地面觀測的結果相比較。

跟著**OSIRIS-Rex**  
展開一場長達七年的冒險！

歐西里斯號在2016年9月8日從佛羅里達州卡拉維爾角（Cape Canaveral）由擎天神五號411火箭發射升空，接下來會先繞行太陽一年，接著靠地球的重力協助前往貝努小行星。發射兩年後，歐西里斯號會在2018年8月接近貝努，以小型火箭推進器減速進行會合。

減速會合後兩個月，歐西里斯號會以一



影片：美國小行星探測器 OSIRIS-Rex

<https://www.youtube.com/watch?v=tuS0SUFvHU>

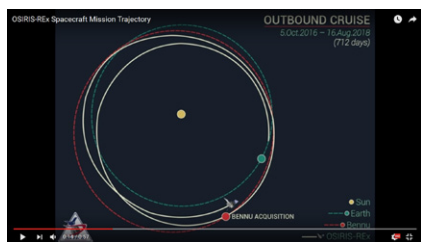


影片：雅科夫斯基效應

<https://goo.gl/wpdnjg>

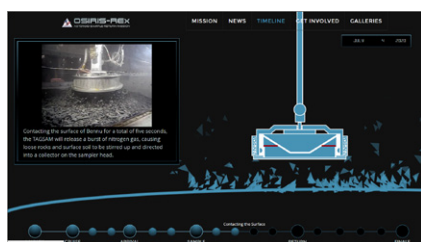
年的時間仔細測繪這顆小行星，並選出幾個可能的採樣地點。2020年7月，歐西里斯號將用一種很特別的方式進行採樣，「一觸即走採樣裝置」（Touch-And-Go Sample Acquisition Mechanism，簡稱TAGSAM）將在短短的五秒鐘內，碰觸小行星表面，噴出氮氣，使得鬆散的岩石和土壤，隨氣流流進採集器內。太空船所攜帶的氮氣能夠進行三次採樣，收集60克至2000克的樣本。

2021年3月，歐西里斯號將動身返回地球，在兩年半後，也就是2023年9月抵達地球。樣本艙將與太空船脫離，重返大氣，降落在猶他州的沙漠。接下來的兩年（2023年底至2025年），科學家將分析這些樣本，美國航太總署（NASA）也會保留75%的樣本供全世界和下一代的科學家進行研究。



影片：歐西里斯號太空船軌道  
<https://youtu.be/zrRMOGrKkyU>

你可以前往歐西里斯號的官方網站，跟著太空船一起旅行！



歐西里斯號的官方網站  
<http://www.asteroidmission.org/mission/>

## 歐西里斯與貝努

OSIRIS-Rex這麼拗口的名字其實和這個任務的概念和目標有關，2004年這個計畫還在發想階段時，天文學家勞瑞塔（Dante

S. Laretta）有天晚上在家草擬此計畫的科學目標時，寫下了幾個詞：起源、光譜學、資源、安全，於是——OSIRIS（歐西里斯）這位埃及神祇就這麼出現了！

### O-起源（Origins）

這個探測器的主要目標就是要從原始的富碳小行星採樣並送回地球，研究礦物和有機物的特性、歷史和分布狀況，以對太陽系起源有更一步的了解。

### SI-光譜解讀（Spectral Interpretation）

將以光譜儀對原始的富碳小行星進行全面分析，並與目前地面望遠鏡對小行星的觀測結果比較。

### RI-資源發掘（Resource Identification）

測繪原始富碳小行星的表面性質、化學、礦物學特性，以對採回樣本的地質歷史有更深入的了解。

### S-安全（Security）

測量雅科夫斯基效應如何改變有潛在威脅性的小行星軌道，並研究小行星特性對此效應的影響，雅科夫斯基效應是指陽光照射正在自轉的小行星，小行星所釋放出的熱輻射會對軌道有些微的影響。

指當小行星吸收陽光和釋放熱量時對小行星產生的微小的推動力。

### REx-表土探測器（Regolith Explorer）

對採樣地點表層土壤的性質、外觀、地質化學和光譜特性進行分析。

在埃及神話中的歐西里斯神（OSIRIS）和這項OSIRIS-Rex任務有許多相似之處。埃及人相信歐西里斯在尼羅河三角洲散布農業知識，因此為古老的世界帶來了生命。OSIRIS-Rex任務所帶回的小行星樣本，可能就含有帶來地球生命起源的有機物。另外歐西里斯也是埃及神話中的冥神，這和劇烈的小行星撞擊事件所可能帶來的毀滅也有關聯。



埃及神話中的歐西里斯神（上）和貝努鳥（下）

圖片來源：[https://en.wikipedia.org/wiki/Osiris#/media/File:Standing\\_Osiris\\_edit1.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Osiris#/media/File:Standing_Osiris_edit1.svg)

[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B2%9D%E5%8A%AA%E9%B3%A5#/media/File:Bennu\\_bird.svg](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B2%9D%E5%8A%AA%E9%B3%A5#/media/File:Bennu_bird.svg)



OSIRIS-Rex探測器

圖片來源：[https://en.wikipedia.org/wiki/OSIRIS-REx#/media/File:OSIRIS-REx\\_spacecraft.png](https://en.wikipedia.org/wiki/OSIRIS-REx#/media/File:OSIRIS-REx_spacecraft.png)

埃及神祇歐西里斯、貝努鳥、歐西里斯號太空船，歐西里斯號太空船是不是真的與貝努鳥有幾分神似呢？

至於目標小行星「貝努」（Bennu）的名稱，來自北卡羅萊納州的一位9歲的小男孩Michael Puzio。他參加亞利桑那大學（University of Arizona）、行星學會（The Planetary Society）和林肯近地小行星（LINEAR）計畫於2013年6月舉辦的「為小行星命名活動」，從全球各地數十個國家，八千多位參與者中脫穎而出。貝努是埃及神話的不死鳥，也被認為是歐西里斯的靈魂，Puzio覺得這艘太空船的「一觸即走採樣裝置」探測臂，很像貝努鳥長長的脖子，另外它的兩片太陽能板很像貝努鳥的雙翼。貝努也有「上昇者」、「閃耀」的意思，Puzio說：「2023年 OSIRIS-Rex任務返回地球時，這顆近地小行星也會在天空中閃耀。」



9歲的Michael Puzio所提出的「貝努」，在小行星命名競賽中脫穎而出。

<http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/2013/05011200-name-that-asteroid.html>

## 五十萬中選一的貝努小行星

太陽系有超過五十萬顆已知的小行星，為何貝努會雀屏中選呢？這是由於它與地球的近距離、大小、成分原始的關係。

### 近距離

近地小行星（Near-Earth Objects，簡稱NEOs）是指軌道距離

在1.3天文單位內的小行星，對歐西里斯號來說，目標天體最適合的軌道距離是1.6到0.8天文單位，有著與地球類似的低離心率和傾角軌道，在2008年選擇任務目標時，雖然有超過7000顆已知的近地小行星，但符合這樣的軌道條件者只有192顆。

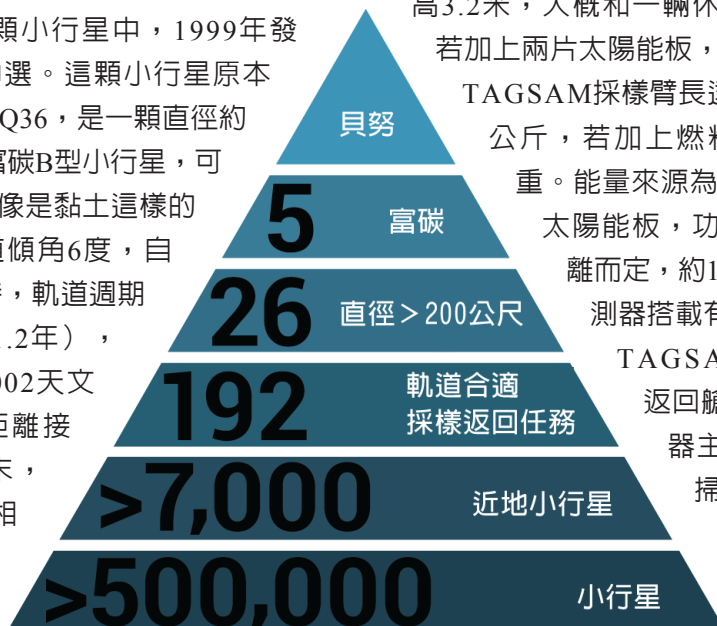
## 大小

另一個選擇的條件是大小，越小的行星自轉越快，直徑小於200公尺的小行星自轉速度會快到把表土甩出，因此對此任務來說，直徑大於200公尺的小行星較適合安全接近並進行採樣，這樣一來，選擇的範圍又從192顆減少到26顆了。

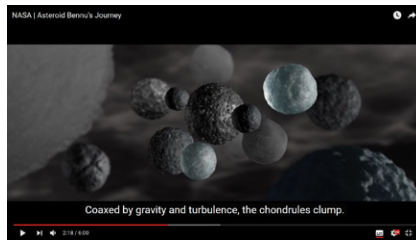
## 成分原始

根據化學組成可以將小行星分為許多不同種類。其中最原始的就是富碳小行星，在約40億年前形成後，幾乎未曾改變。這種小行星所含有的有機分子、易揮發物和胺基酸可能為地球生命帶來起源。在剩下的26顆小行星中，我們只知道12顆的化學組成，其中只有5顆是屬於原始的富碳小行星。

在最後的5顆小行星中，1999年發現的貝努雀屏中選。這顆小行星原本的名稱為1999 RQ36，是一顆直徑約500公尺的原始富碳B型小行星，可能富含有機物和像是黏土這樣的含水礦物。軌道傾角6度，自轉週期約4.3小時，軌道週期436.604天（約1.2年），每6年就會以0.002天文單位與地球近距離接近，在22世紀末，貝努小行星有相當高的機會撞上地球。

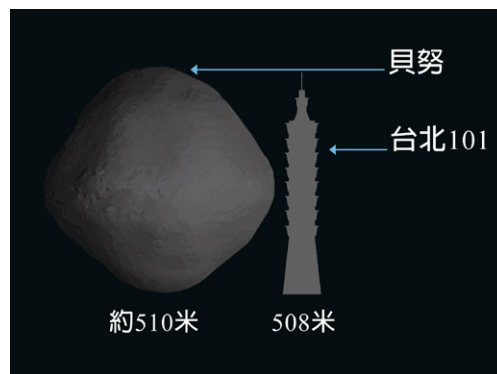


圖片來源：<http://brinktest.lpl.arizona.edu/wp-content/uploads/2014/07/Bennu-Selection2-1.png>



影片：貝努的旅程

<https://youtu.be/gtUgarROs08>

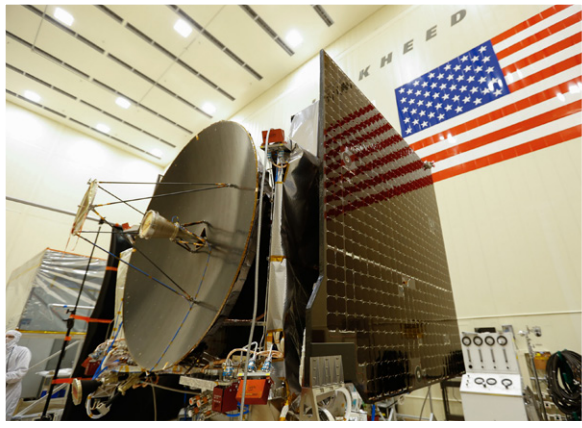


貝努小行星的高度和台北101差不多。

## 歐西里斯號探測器

歐西里斯號太空船的本體長寬約2.4米、高3.2米，大概和一輛休旅車差不多大，若加上兩片太陽能板，長度有6.2公尺，TAGSAM採樣臂長達3.4米，重約880公斤，若加上燃料則有2110公斤重。能量來源為兩片8.5平方米的太陽能板，功率視與太陽的距離而定，約1226至3000瓦。探測器搭載有五項科學儀器、TAGSAM採樣臂和樣本返回艙。這五項科學儀器主要是用來遙測和掃描小行星表面，以了解其組成和元素、礦物和有機物的分布。

OSIRIS-REX  
ASTEROID SAMPLE RETURN MISSION

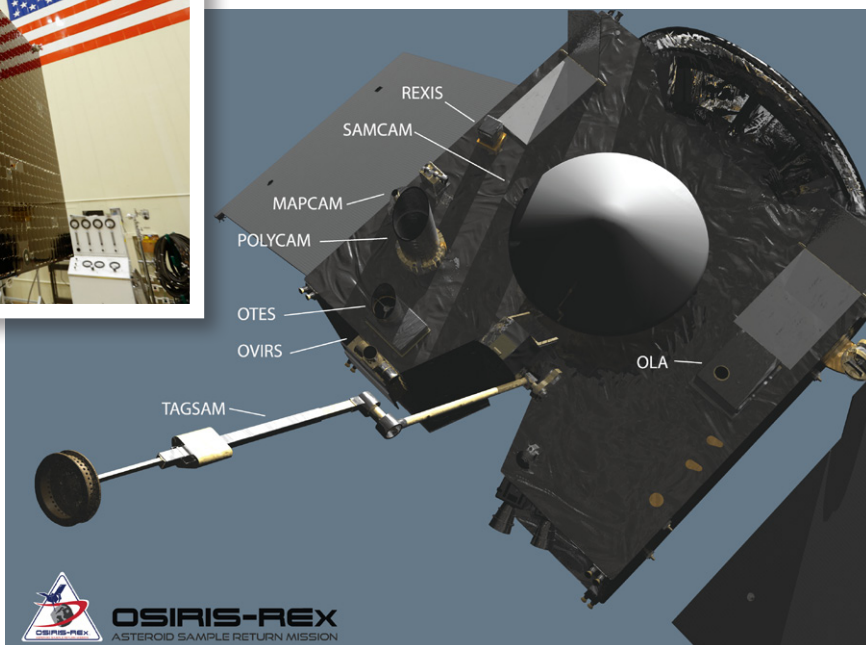


歐西里斯號

<https://blogs.nasa.gov/kennedy/2016/05/20/791/>

歐西里斯號科學儀器

<http://www.asteroidmission.org/wp-content/uploads/2015/12/Social-Media-Card-Spacecraft-Image.png>



1. 相機組 (OSIRIS-REx Camera Suite, 簡稱OCAMS) : 包含三台相機PolyCam、MapCam和SamCam, 會在接近貝努時就開始拍攝, 之後會提供整個小行星的影像測繪、選擇合適採樣點, 並拍攝採樣過程。

2. 雷射測高計 (OSIRIS-REx Laser Altimeter, 簡稱OLA) : 將以掃描光達 (LIDAR, 與雷達類似, 但是以光而非電波測量距離) 測量歐西里斯號和貝努表面的距離, 提供高解析的地形資訊。

3. 熱輻射光譜儀 (OSIRIS-REx Thermal Emission Spectromete, 簡稱OTES) : 提供5至50微米 (micron) 的紅外線光譜資料, 研究礦物和溫度分布。不同的礦物在紅外波段會有不同的光譜特徵, 溫度則能提供有關平均粒子大小的資訊。

4. 可見光和紅外光譜儀 (OSIRIS-REx Visible and Infrared Spectrometer, 簡稱OVIRS) : 提供0.4至4.3微米, 約相當於藍光到近紅外的光譜資料, 研究礦物質和有機物組成。

5. 表土X射線成像光譜儀 (Regolith X-ray Imaging Spectrometer, 簡稱REXIS) : 觀測X射線光譜, 研究貝努表面化學成分及豐度。來自太陽的X射線和太陽風會與貝努表土作用, 表面的元素會吸收X射線, 變得不穩定後發出X射線, 不同的原子會發出不同波長的X光, 這也就是螢光的原理。REXIS能夠觀測X射線的螢光發射線。這項儀器是由麻省理工 (MIT) 和哈佛大學 (Harvard University) 的師生共同設計。

6. 除了這5台探測設備, 還有洛克希德·馬丁太空系統公司提供的一觸即走採樣裝置 (TAGSAM) 及樣品返回艙, 前者用於收集「貝努」表面樣本, 後者擁有一台隔熱設備和一個降落傘, 以便將樣品送回地球。

#### 參考資料 :

OSIRIS-Rex任務官網  
<http://www.asteroidmission.org/>

胡佳伶 : 任職於臺北市立天文科學教育館