

德瑞克方程 (Drake Equation)

銀河系中高等文明的數目

需要考慮下列問題：

有多少文明存在？

這些文明平均可以存在多久？

他們有多渴望和我們聯絡？

怎麼和他們聯絡呢？

$$N = N_* f_s f_p f_e f_l f_i f_c L/L_{\text{MW}}$$

- N : 現在銀河系中可以通訊的**文明數**
- N_* : 銀河中的**恆星數**
- f_s : **類似太陽的恆星**比例
- f_p : 每顆類似太陽的恆星**擁有行星系統**的比例
- f_e : 每個行星系統中**適合生命發生**的比例
- f_l : 適合的行星中**實際發展出生命**的比例
- f_i : 生命**發展出智慧文明**的比例
- f_c : 擁有技術**而且願意對外通訊**的比例
- L/L_{MW} : 文明向外通訊的時間/銀河系的壽命

估計德瑞克方程

- 銀河系中大約有 3000 億顆恆星= N_*
- 只考慮類似太陽的恆星, $f_s \sim 0.3$
- 猜 $f_p \sim 1$ 太陽似乎是顆典型的恆星
- $f_e \sim 1/4$; $f_l \sim 0.5-1$; $f_i \sim 0.75-1$; $f_c \sim 1$
(這樣是保守還是無可救藥的樂觀?)
- 最不確定的數目是 L (以年為單位), 也就是文明能存活多久
- 我們的文明能存活 1,000 年嗎?
1,000,000年呢?

估計的結果：

1. $N = 300 \text{ G} \times 0.3 \times 1 \times 0.25 \times 0.5 \times 0.75$
 $\times 1 \times L/10 \text{ G} = 0.84 L$ (本書)
2. $N \sim 10L$ (Sagan 1974)
3. $N \sim 120L$ (most favorable case)
4. $N \sim L/10$ billion (least favorable case)

最可能差別的關鍵在於

「發展出智慧文明的比例」

也就是說，銀河系中的文明個數 N 在數值上差不多相當於文明能存在的年數 L

活得越久，能碰到的機會越大！

可能的數目從 $N=1$ （也就是我們自己）
到 $N > 1000$

L 是甚麼？

是我們肩上沈重的宇宙責任！

我們怎麼知道別的文明 在發訊號呢？

- SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) 計畫

在雜訊低的波段（例如在微波 H 以及 OH 譜線，所謂的「水洞」‘water hole’附近）搜尋「可疑訊號」

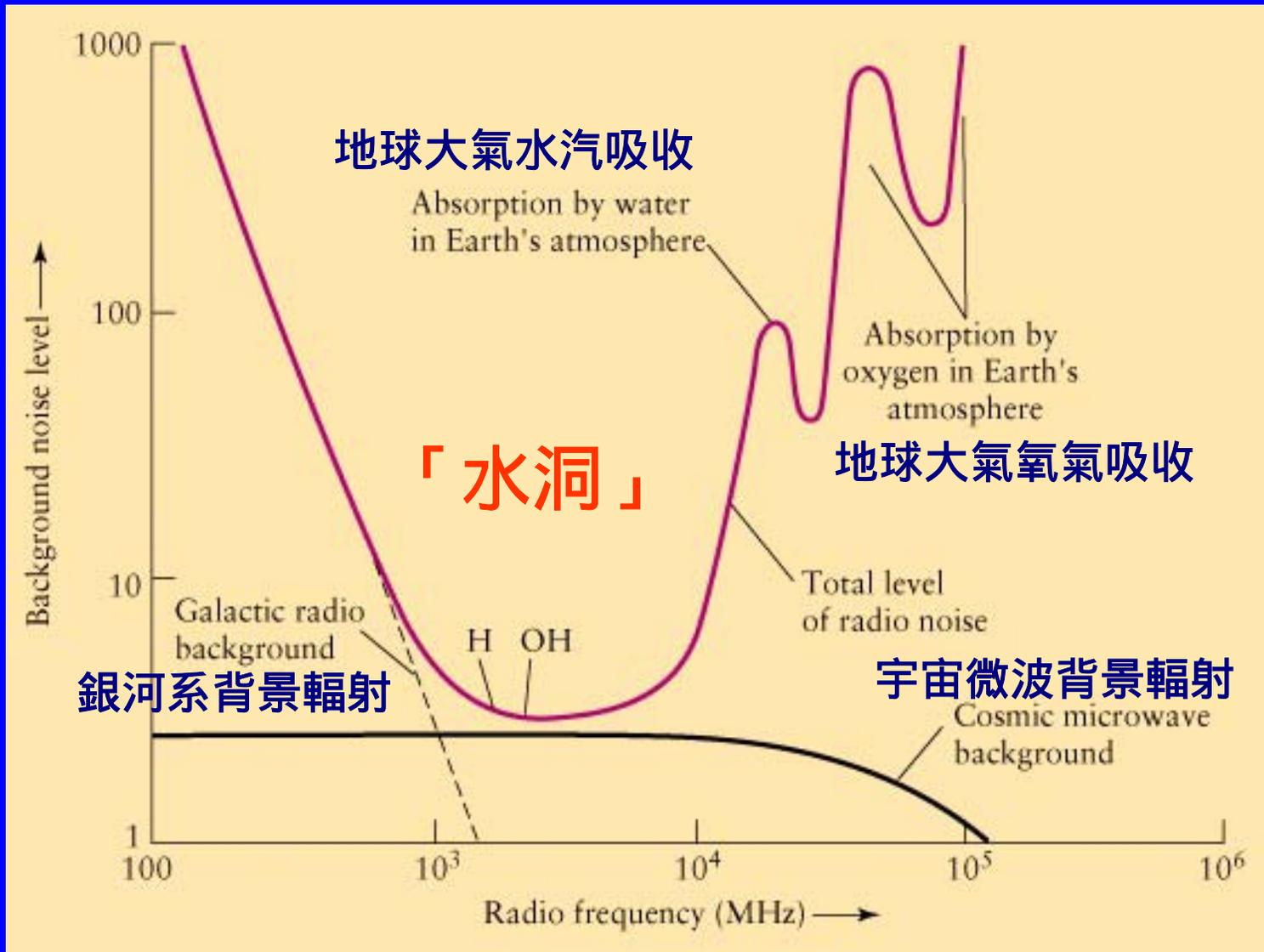
要在哪個波段搜尋 外星文明訊號呢？

這麼說好了，若是我們要發射訊號，應該在
哪個波段發射？

條件：（1）傳得遠、干擾少
（2）認得出是非自然的訊號

'Water Hole'

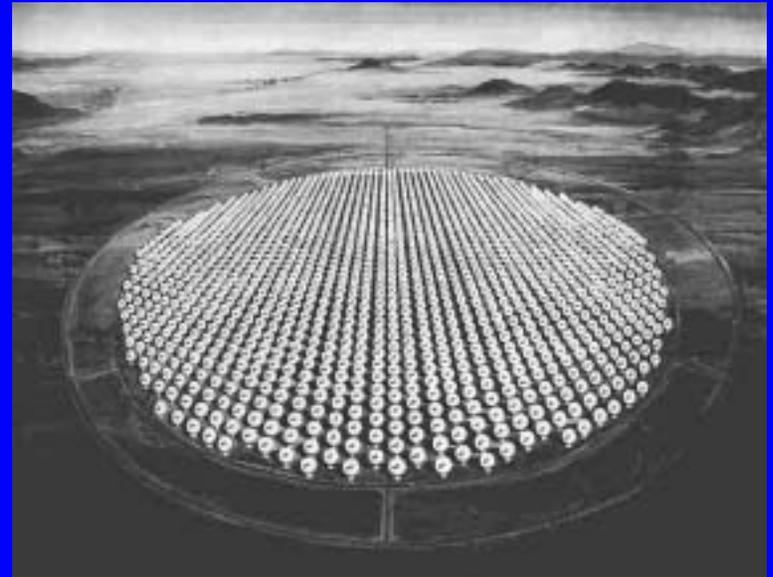
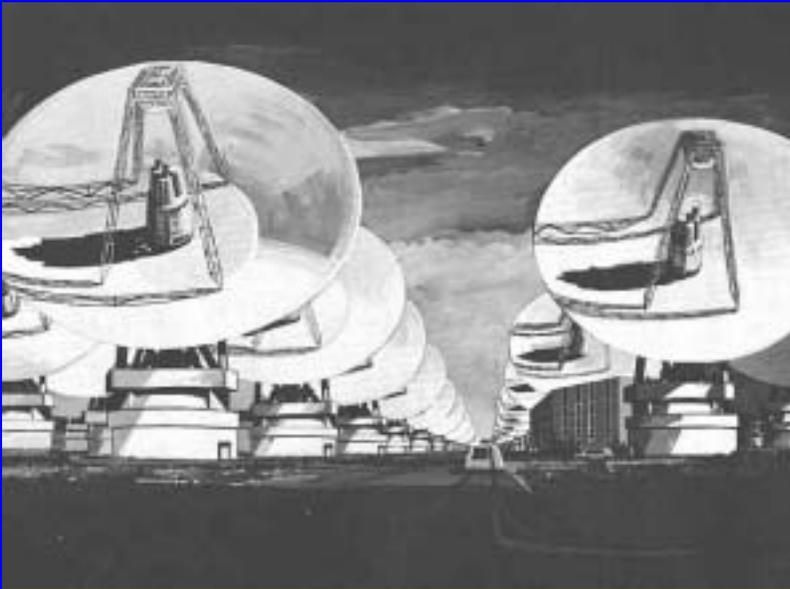
背景雜訊



無線電波頻率

The Project Cyclops

- 1,000 2,500 無線電波天線所構成的陣列，每個直徑達30公尺



結果：經費沒有通過！

Microwave Observing Project (NASA)

- 1992 年10月開始
- 定點目標：約 800 顆鄰近類似太陽的恆星，在「水洞」的長波端監測
- 全天搜尋：NASA 的 Deep Space Network



ATA (Allen Telescope Array)

Paul Allen+SETI Inst+UCB

350 x 6.1 m (inexpensive) antenna elements

0.1 – 11 GHz simultaneously

SETI + Astronomy



<http://www.seti-inst.edu/science/ata.html>