

# 泥火山鹽類代謝計算與颱風論文選讀

指導教授：郭鴻基教授、林立虹教授

指導學姐：張永潔

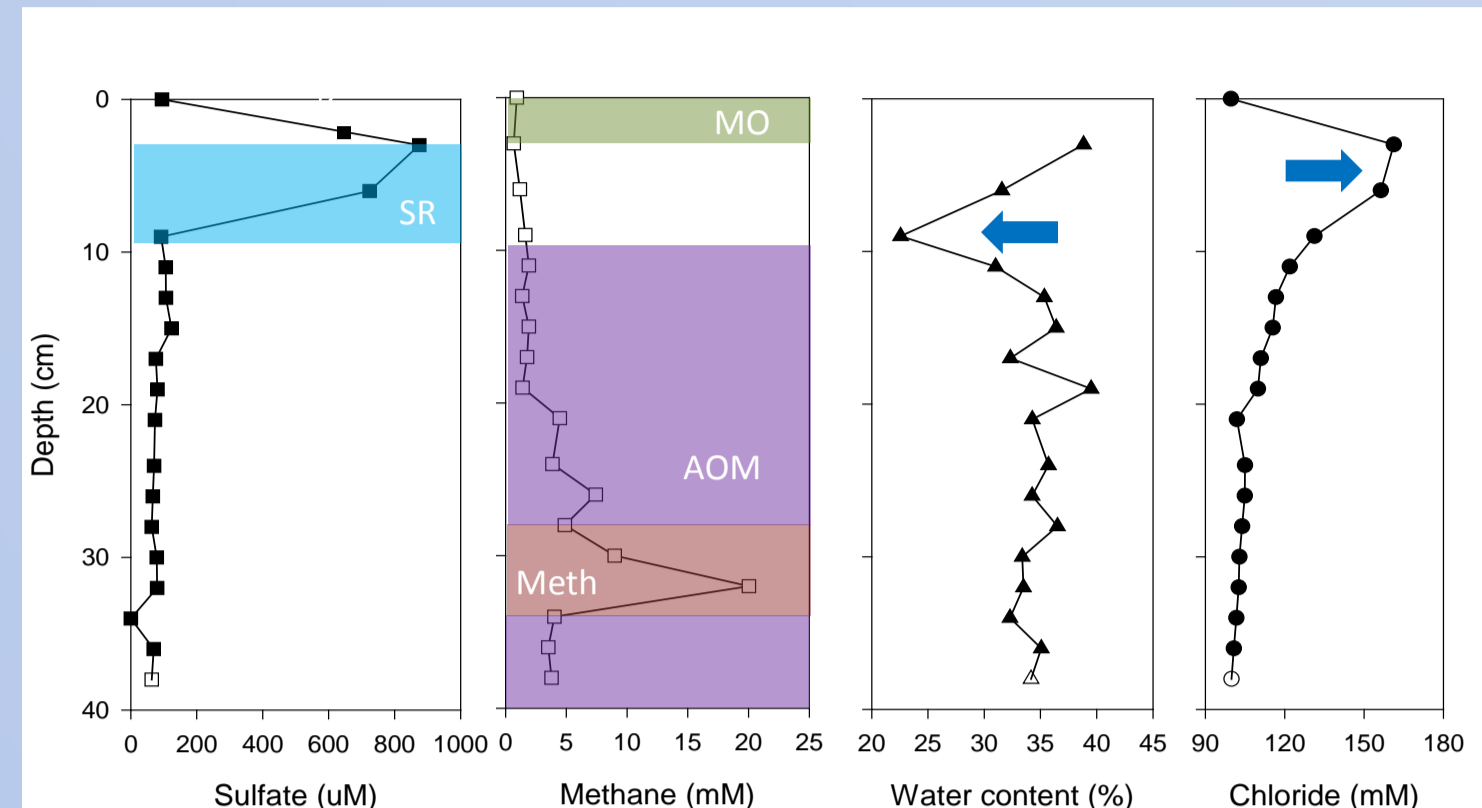
學生：官欣平、黃竹君、陳策群

## 引言：

實驗計畫中，主要分兩大部分呈現，第一部分為「以數值方法模擬泥火山中各鹽類與生物的代謝關係」，此研究目的在於透過短岩芯的擷取，了解於淺部的海洋源泥質沈積物中，無機地質作用與微生物作用如何交互影響，調控甲烷釋放至大氣的通量。第二部份為「論文閱讀」，本篇論文旨在於颱風眼內沉降分佈與其幾何結構和慣性穩定度的關係、沉降與溫度的關係。

## 第一部份：

一、藉觀察泥火山相對深度中各鹽類的含量，探討各鹽類代謝狀況，進而了解各鹽類反應後所產生之溫室氣體對溫度的影響。



新養女湖泥火山岩芯地球化學特徵。  
 SR 代表硫酸還原作用  
 MO代表好氧甲烷氧化作用  
 AOM代表厭氧甲烷氧化作用  
 Meth 甲烷生成作用，箭頭顯示蒸散作用可能的分佈深度極限。

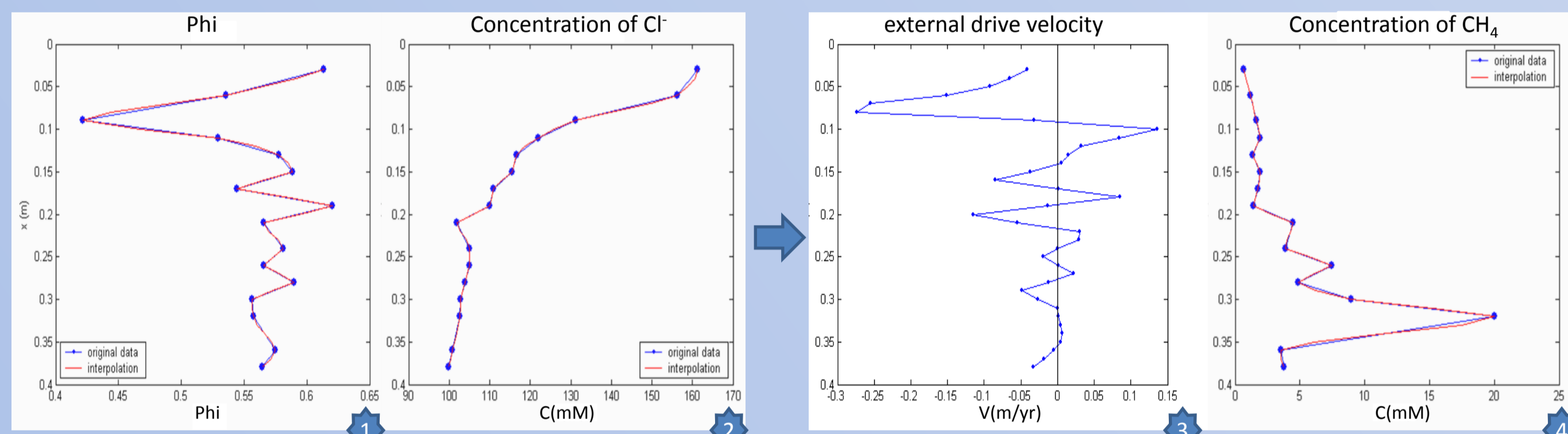
因泥火山與海洋性質相仿，因此我們藉由海洋的連續方程式，經過簡化整理後得到一個可以套用在泥火山的模式。

$$\text{泥火山方程式} \quad -\frac{\partial}{\partial x} \left\{ -\frac{D(x)}{\theta^2(x)} \frac{\partial [\phi(x)C(x)]}{\partial x} + \phi(x)v(x)C(x) \right\} + R(x) = 0$$

$$\text{傳導項(Advection)為} \quad R_1(x) = \frac{\partial}{\partial x} [\phi(x)v(x)C(x)]$$

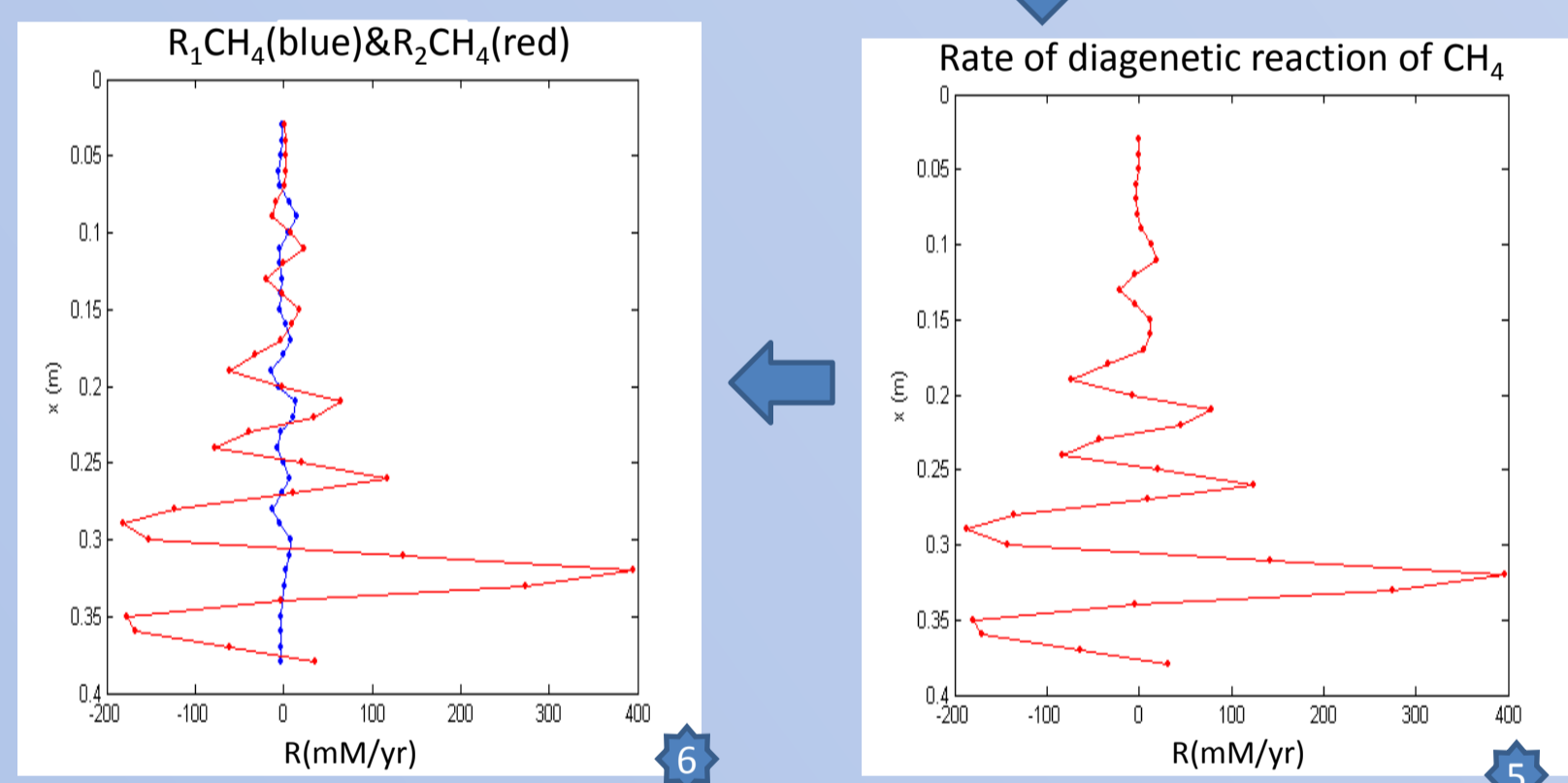
$$\text{擴散項(Diffusion)為} \quad R_2(x) = -\frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{D(x)}{\theta^2(x)} \frac{\partial [\phi(x)C(x)]}{\partial x} \right]$$

二、由Cl<sup>-</sup>的濃度解出v(x)，再由v(x)解出SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>與CH<sub>4</sub>的R(x)，由CH<sub>4</sub>的R<sub>1</sub>(x)和R<sub>2</sub>(x)的探討

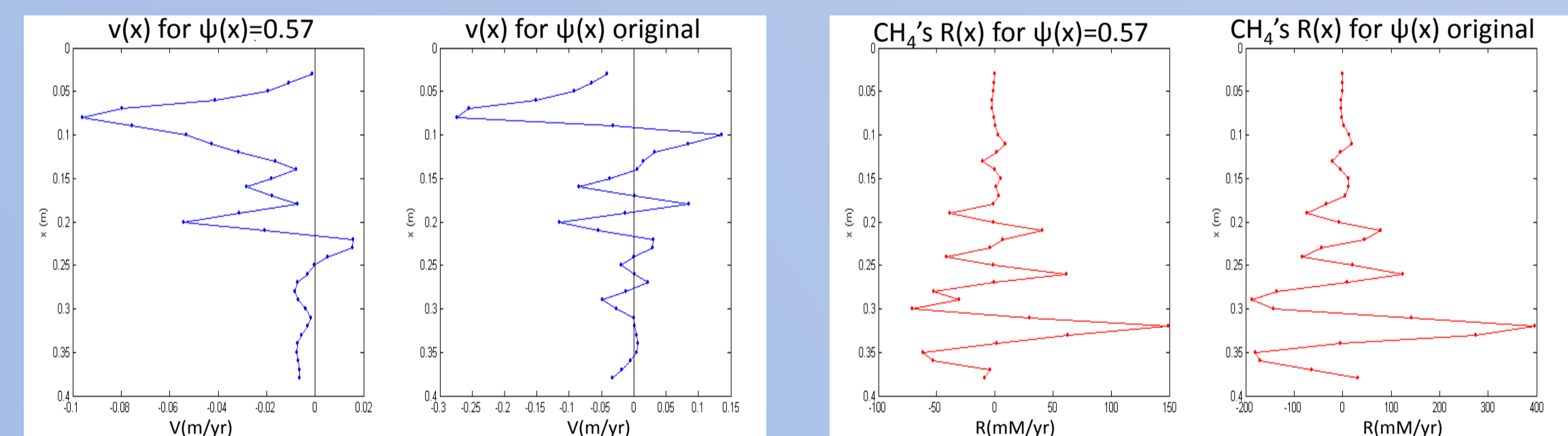


1 2 4 是觀測資料

- 1) 由φ(x)和concentration of Cl<sup>-</sup>和泥火山公式求出v(x)
- 2) 由v(x)和CH<sub>4</sub>可以求出CH<sub>4</sub>的R(x)。
- 3) R(x)的震盪相當大，因此我們分別求出R<sub>1</sub>(x)和R<sub>2</sub>(x)，來看它們對R(x)的影響性。
- 4) 由3)可以看出R<sub>2</sub>(x)對CH<sub>4</sub>的R(x)的影響性比較大。

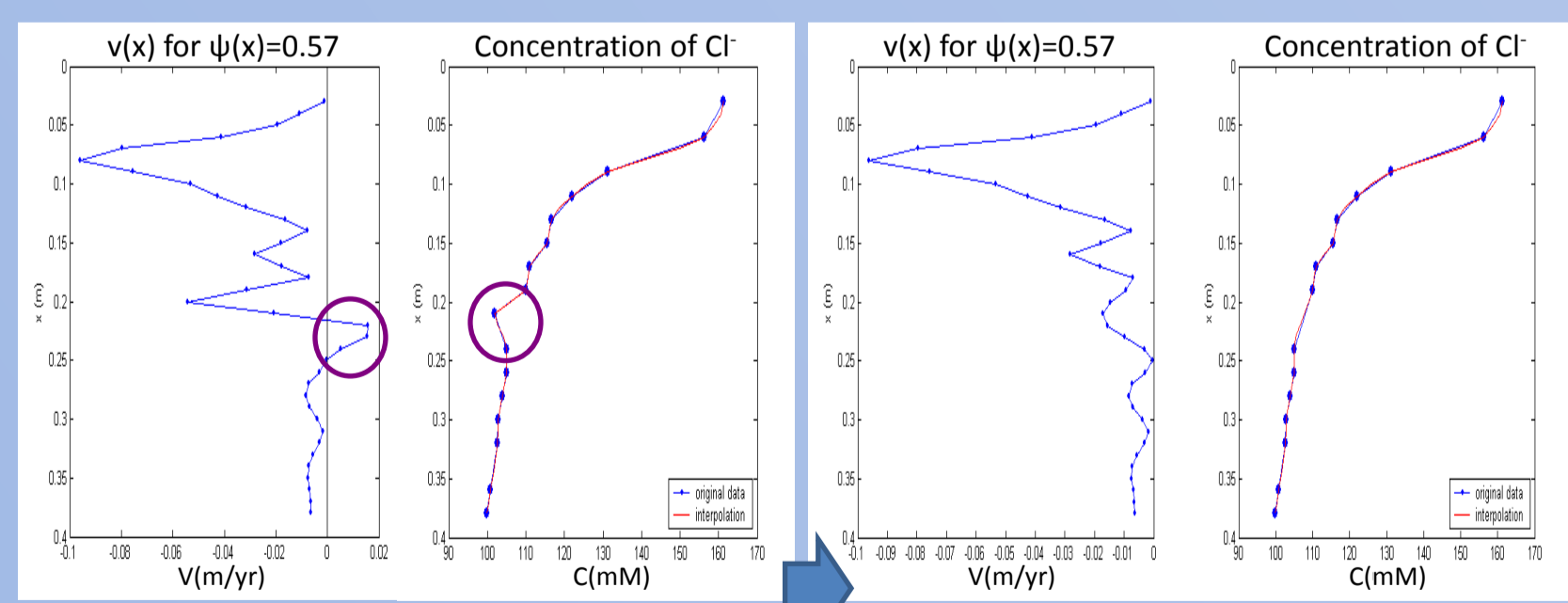


## 三、作ψ(x)=0.57常數設定的試驗



由兩左圖可以看出ψ(x)對R(x)的震盪有一定的影響力

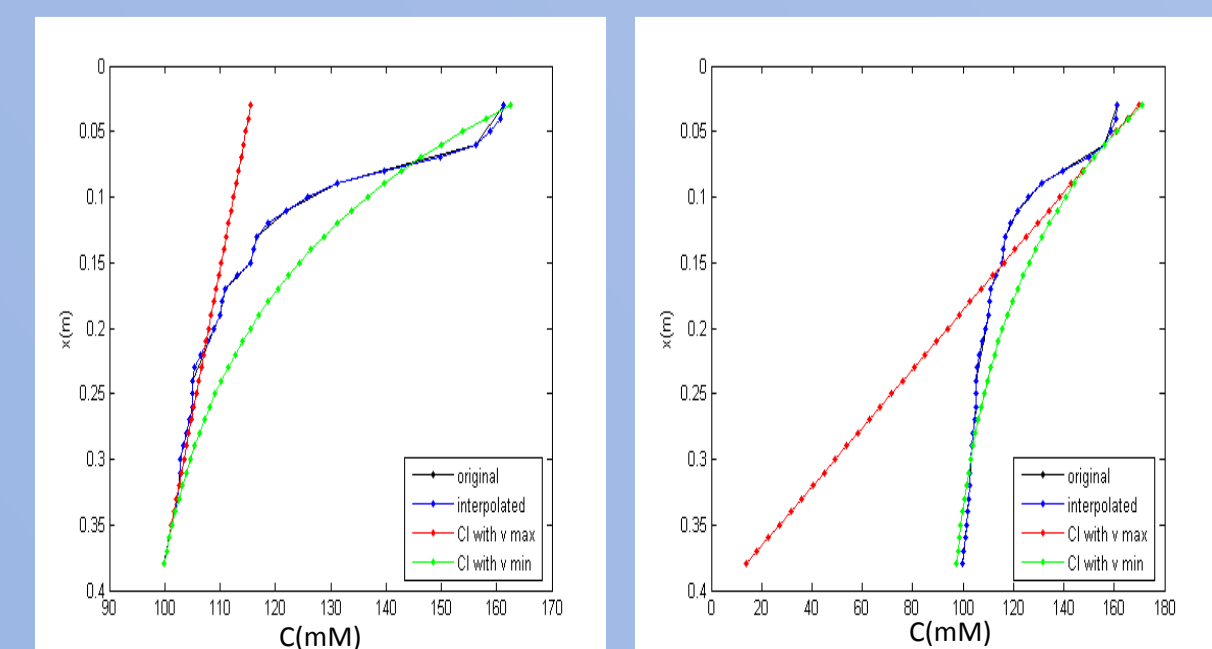
### (1)去除奇異點 和間距擴大



去除了不符合期待的奇異點，任兩點的斜率皆為負值了。而且v(x)都會在負值，符合我們的期待。將內插的間距放大，可以將細微的震盪消除，達到平滑的效果。

### (2)v(x)的常數設定

實際上的v(x)應該不會產生如此大的震盪，顯然是受到Cl<sup>-</sup>濃度的影響。因此我們先將v(x)設為定值，再算出Cl<sup>-</sup>濃度的分布為何，並比較和觀測數據的差別。



1)取v(x)最大值和最小值作為v(x)的定值來

$$\text{計算Cl}^-\text{的濃度，得} \quad C(x) = a + be^{\frac{f v \phi}{D} x}$$

2) a, b 由初始條件決定，左方兩張圖表各以不同的深度做為初始條件。

$$\text{初始條件：} \quad C(0.01 * x) = C_x$$

$$C'(0.01 * x) = C'_x$$

## 第二部份：論文選讀摘要

### 《On the distribution of subsidence in the hurricane eye》

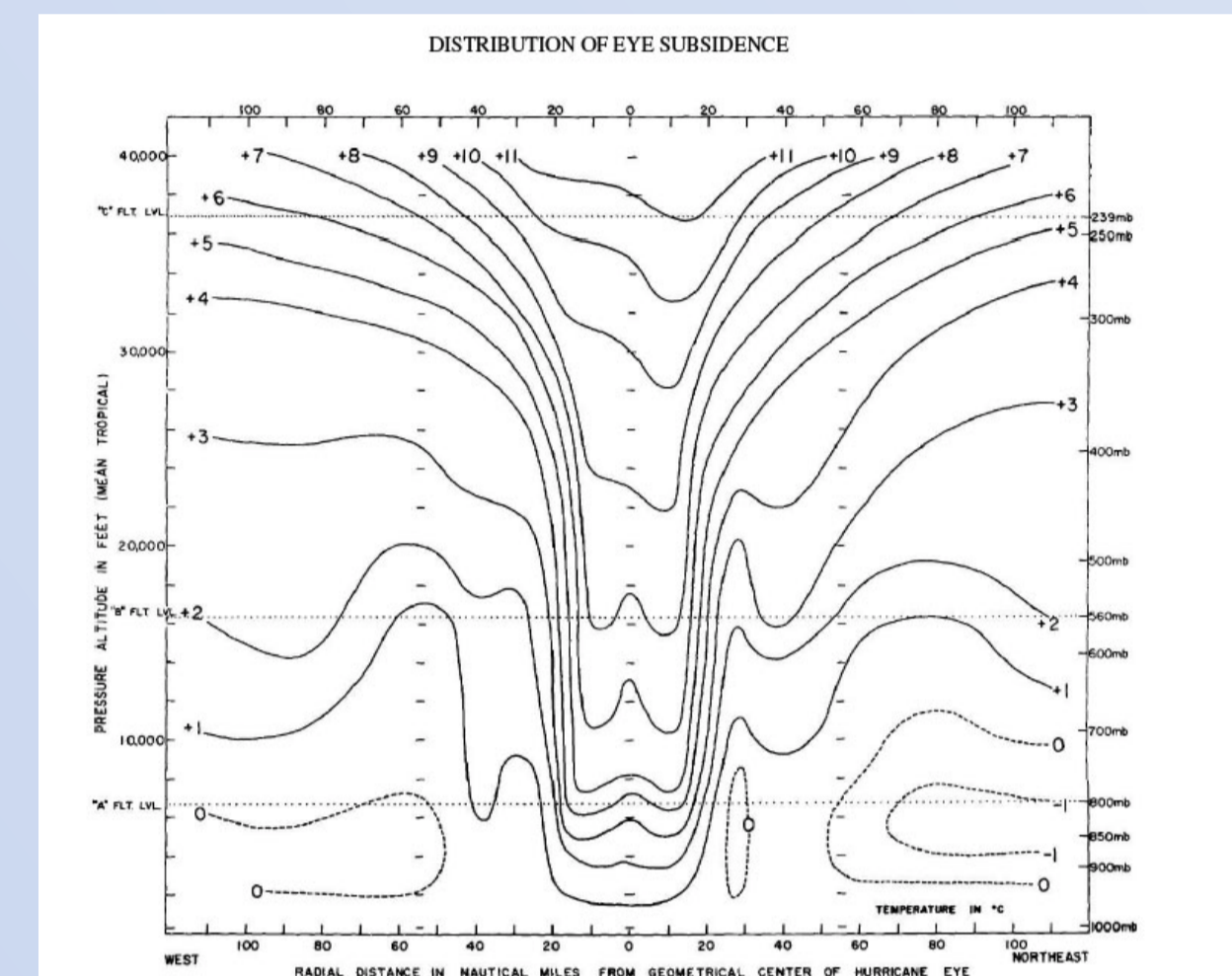
Wayne H. Schubert, Christopher M. Rozoff, Jonathan L. Vigh, Brian D. McNoldy, James P. Kossin

### 一、觀察現象



颱風眼中的層積雲及環狀無雲帶

左圖的觀察發現，並非每個颱風的颱風眼內整個區域都是晴朗無雲，詳細觀察會發現有層積雲組成的hub cloud在近中心處，而周圍常會出現環狀無雲帶，颱風中的下沉氣流在那區域比較明顯。



右圖的觀察發現從幾組飛行得到的數據中發現颱風內部的垂直溫度剖面可分成下層與上層的結構，其中下層的溫度最高的區域為環狀分布、上層是集中在核心。

### 二、推導：

$$\begin{cases} (f + \frac{v}{r})v = \frac{\partial \phi}{\partial r} \\ \frac{Dv}{Dt} + (f + \frac{v}{r})u = 0 \\ \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{g}{T_0} T \\ \frac{\partial(ru)}{r\partial r} + \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{w}{H} = 0 \\ c_p \frac{DT}{Dt} + \frac{RT}{H} w = Q \end{cases}$$

利用vortex model，假設大氣是無黏滯性、軸對稱、假平衡、運動處於梯度平衡，以此為基礎從gradient-hydrostatic equation推出熱力風平衡公式。在近似平衡動力架構下，水平垂直側面上的次環流運動會受到渦度存在的影響，可以推導出受到下述三項因素A、B、C影響的次環流方程式，稱為Sawyer-Elissen transverse circulation equation。

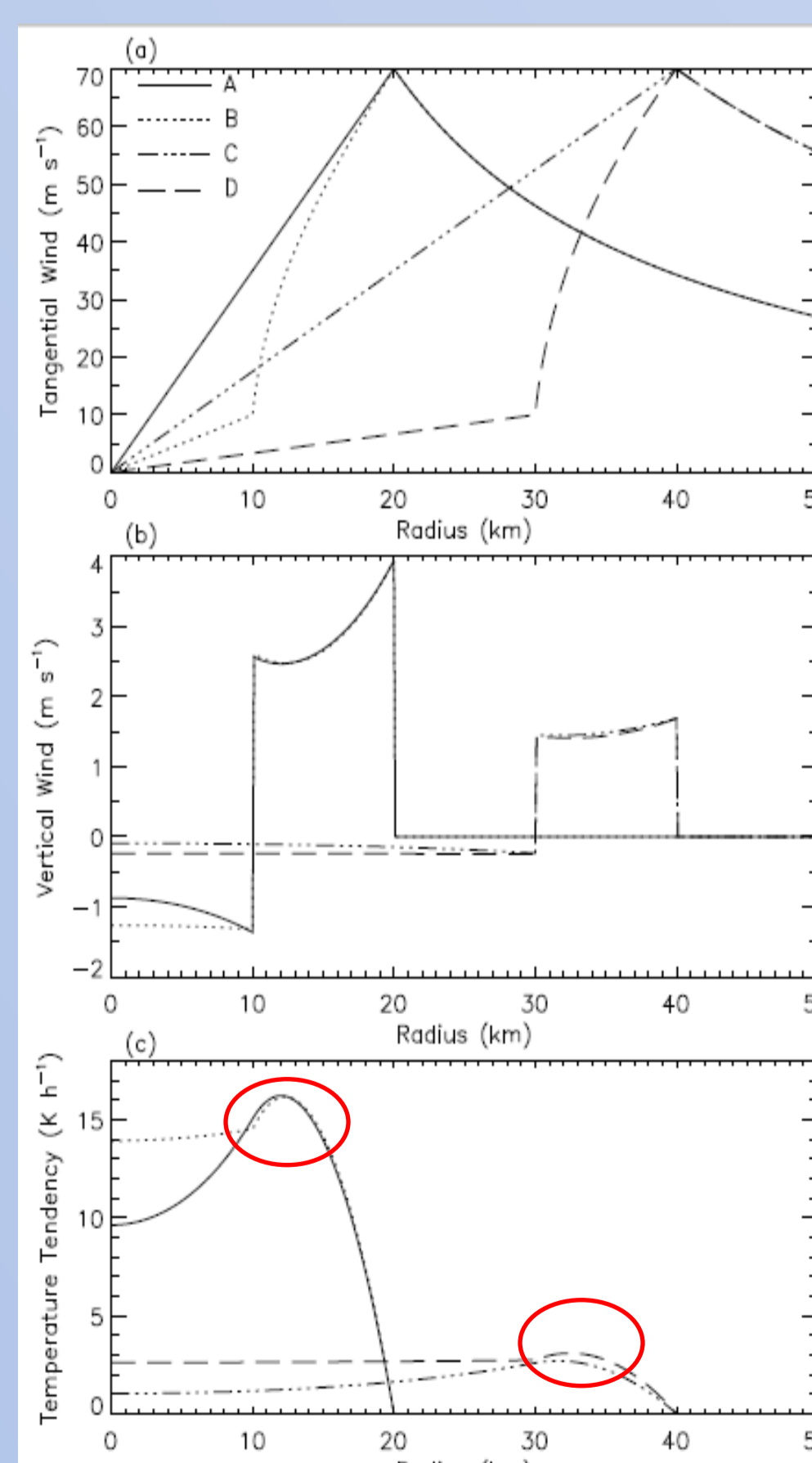
- A: 靜力穩定度
- B: 斜壓性 (溫度水平變化率)
- C: 慣性穩定度的式子

$$\text{S-E transverse circulation equation:} \quad \frac{\partial}{\partial r} \left( A \frac{\partial(r\psi)}{r\partial r} + B \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( B \frac{\partial(r\psi)}{r\partial r} + C \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) = \frac{g}{c_p T_0} \frac{\partial Q}{\partial r}$$

簡化式子只考慮最重要的慣性穩定度，得到f̂(r) (constant Coriolis parameter)、μ(r) (Rossby Length倒數)、Q̂(r) (加熱率) 和與颱風中心距離 (r表示) 的關係。

- if : 0 ≤ r ≤ r<sub>1</sub> → ( 颱風眼 )
- if : r<sub>1</sub> ≤ r ≤ r<sub>2</sub> → ( 眼牆內 )
- if : r<sub>2</sub> ≤ r ≤ ∞ → ( far-field )

Case	r <sub>1</sub> (km)	r <sub>2</sub> (km)	f <sub>0</sub> /f	f <sub>1</sub> /f	f <sub>2</sub> /f	μ <sub>0</sub> <sup>-1</sup> (km)	μ <sub>0</sub> r <sub>1</sub>	η (%)
A	10	20	141.0	141.0	1.0	7.1	1.41	12.6
B	10	20	41.0	145.2	1.0	24.4	0.41	14.7
C	30	40	71.0	71.0	1.0	14.1	2.13	13.5
D	30	40	14.3	85.3	1.0	69.9	0.43	21.1



↑上圖總共有四個颱風案例。案例A和B可視為一類，案例C和D可視為另一類，每一類中內外半徑都一樣，物理半徑一樣，但是結構上卻是A和C、B和D類似，從B到A (D到C) 增加的是動力半徑，其中μ<sub>0</sub>是Rossby length (與颱風傳遞物質可以突破哪個距離及消散有關，是一種長度單位) 的倒數。

- (a)切線風速—可以看出颱風大致的結構 可以看出案例A和C整體上較類似，而另外案例B和D則可視為另外一類
- (b)垂直風速—可以看出颱風的對流強度 可以知道颱風何處對流最強，也就是眼牆的位置在哪裡
- (c)溫度趨勢—可以看出颱風的下沉區 透過紅圈可以了解，案例A和C等動力半徑越大的颱風，圖形上出現在眼牆周圍的沉降越強烈，而颱風眼內部風場水平方向的變異度也越大。

### 三、結論：

1. 颱風眼的動力半徑 (物理半徑和Rossby Length倒數的乘積) 小於0.6，颱風眼區域裡的水平風場變異小於10%→內部沉降分佈較均勻，如B和D，上述個案的U狀結構颱風多屬於此類。
2. 動力半徑大於1.8，水平風場變異性很大，其中眼牆邊緣的沉降比中心的沉降強度大上兩倍。