

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 地球科學科

030504

「冰」消瓦解-洋流對浮冰的影響之探討

學校名稱：高雄市立五福國民中學

作者：  國二 林大惟  國二 黃胤元  國二 王詒銘	指導老師：  李現君  陳宗慶
---	-----------------------------

關鍵詞：洋流、浮冰

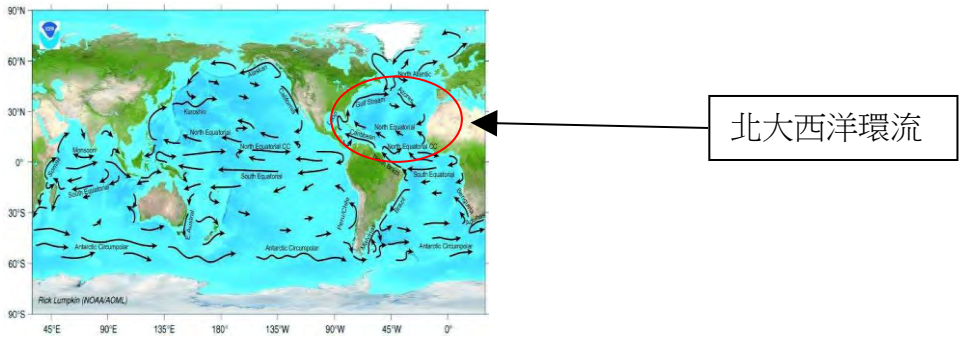
## 摘要

洋流亦稱海流，是具有相對穩定流速和流向的大規模海水運動。惟有在陸地沿岸，會因潮汐、地形及河水的注入等影響其變化。在平靜的海面底下，正在不停的流動，把極地的冰山，推向各大洋，我們的研究有關於洋流、浮冰。發現洋流流速越快，冰山溶化越快，軌跡的偏移率也較高;而洋流管徑大小、流量對浮冰則沒有太大影響;洋流深度越深，流速越慢，溶化越慢，偏差率越高;浮冰越大，溶化越慢，偏差率也越小;洋脊距離越近，偏差率越高，洋脊夾角在  $60^\circ$  時偏差率最高。實驗一.(一)、實驗二、實驗三、實驗四的結果可利用最少的資源找出冰山的軌跡，以警示正在航行的船隻。

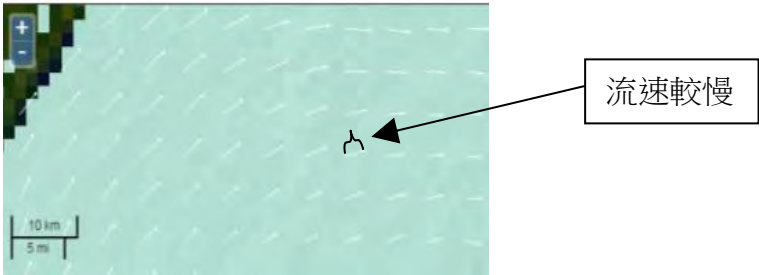


### 壹、研究動機

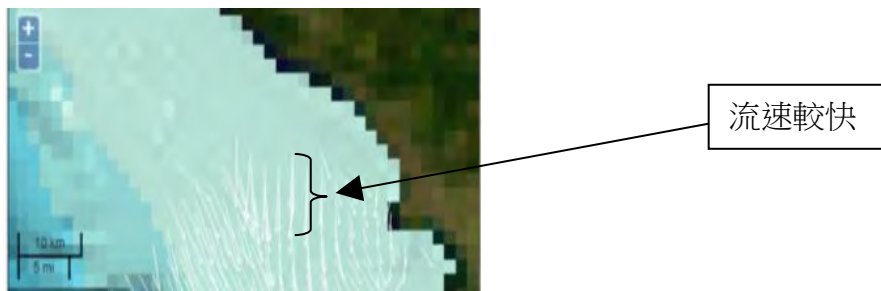
在北極的冰山會隨著北大西洋洋流(圖 1-1)流動，而它的移動路徑沿著海流，溶化速率則和什麼有關呢?我們在網路上查詢資料時，對比下圖(白色為觀測物體之飄移路徑)中在北大西洋中的洋流，發現其中圖 1-2，圖 1-3 的單位時間內漂移距離並不太一樣，圖 1-4、圖 1-5 管徑大小不同，並由圖 1-6 發現洋流在不同時間所攜帶的水量不同，因此我們便有了探討浮冰溶化流經範圍與洋流間的關係的念頭。



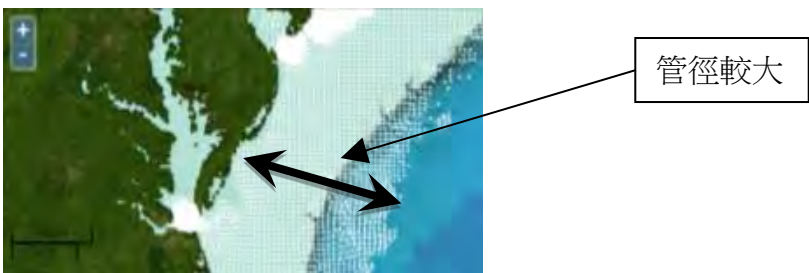
(圖 1-1，全球洋流分布圖)



(圖 1-2、美國東部，高頻雷達系統圖)



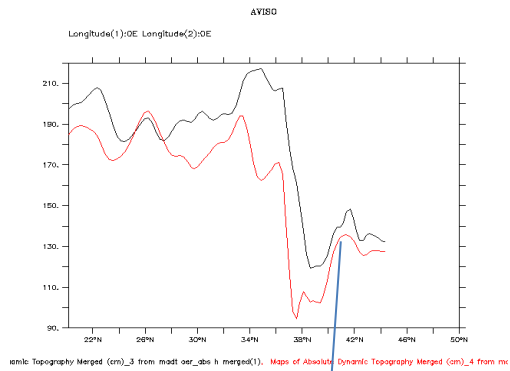
(圖 1-3、美國西部，高頻雷達系統圖)



(圖 1-4、美國東部，高頻雷達系統圖)



(圖 1-5、美國西部，高頻雷達系統圖)












(上圖 1-6，西元 2004 墨西哥灣地形動態圖，黑線對應秋天，紅線對應春天。用西經 70 度一線觀察，y 軸代表水流量噸位，x 軸代表緯度，下圖 1-7，經緯表)

## 貳、研究目的

- 一、探討洋流管徑大小、流速與流量對浮冰造成的影響
  - (一) 洋流管徑大小相同時，流速對浮冰造成的影響
  - (二) 洋流流速相同時，流量對浮冰造成的影響
  - (三) 洋流流量相同時，管徑大小對浮冰造成的影響
- 二、探討洋流深度對浮冰造成的影響
- 三、探討浮冰大小對浮冰溶化速率(g/min)、偏差率的影響
- 四、探討地形(洋脊)對浮冰的影響
  - (一) 洋脊和洋流距離對浮冰偏差率造成的影響
  - (二) 洋脊和洋流夾角對浮冰偏差率造成的影響

參、設備及器材

一、器材

		
蠟塊(10g)	冰塊(10g)	保鮮袋
		
變壓器	皮尺(150cm)	單芯線
		
寶特瓶	馬達	扇葉
		
鉛線		

## 二、製造洋流之方法及原理

洋流亦稱海流，是具有相對穩定流速和流向的大規模運動。唯有在海岸，且會因潮汐、地形及河水的注入等影響其變化。洋流主要可分為下列幾種：

按成因分類：

- (一) 風海流:亦稱吹送流，漂流:在風力作用下產生。
- (二) 密度流:在密度差異下引起。
- (三) 傾斜流:海面因風、氣壓、降水或和水流入造成傾斜而引起。
- (四) 補償流(湧升流和下降流):因海水擠壓或分散引起。

按冷暖性質分類：

- (一) 暖流:本身水溫較周為海水高。
- (二) 涼流:本身水溫較周為海水低一點。
- (三) 寒流:本身水溫較周為海水低。

我們研究主要集中在北大西洋洋流上。

北大西洋漂流（North Atlantic Drift），又稱為北大西洋洋流（North Atlantic Current）或北大西洋暖流，為墨西哥灣暖流西北伸延的一個強力的溫暖洋流。

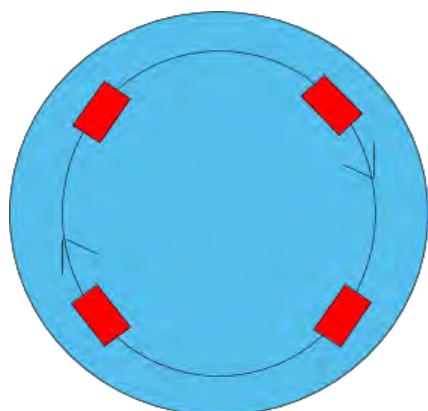
氣候轉變，特別是全球暖化，可能使得北大西洋洋流停止流動，但因不影響實驗，因此不做討論。

此洋流屬於溫鹽環流，溫鹽環流（英文：thermohaline circulation、縮寫：THC），又稱深海洋流、「輸送洋流」、「深海環流」等，是一個依靠海水的溫度和鹽度驅動的全球洋流循環系統。這個系統的運作現況是以風力驅動的海面水流如墨西哥灣暖流等將赤道的暖流帶往北大西洋，暖流在高緯度處被冷卻後下沉到海底，這些高密度的水接著流入洋盆南下前往其他的暖洋位加熱迴圈，一次溫鹽迴圈耗時大約 1600 年，在這個過程中洋流運輸的不單是能量（溫度 / 熱能），當中還包括地球固態及氣體資源等，不過溫鹽環流最受人類關注的是其全球恆溫的功能。溫鹽環流推測主要是由於北大西洋及南冰洋之間的鹽分及溫差對流而觸發的，但因溫鹽度差的實驗探討需要較大的面積範圍，所以不採用此方式，而採取馬達驅動的方式來探討洋流系統。

### 三、自製器材模擬洋流

#### (一)自製器材—圓型洋流製造機說明：

在鉛線裝上渦輪機並裝入圓形水槽以製造洋流。如下圖(圖 3-1)、(圖 3-2)



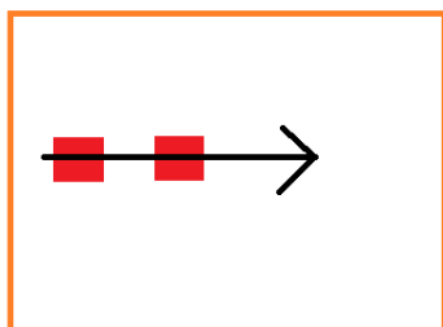
(圖 3-1 紅色方形為馬達；箭號為水流方向)



(圖 3-2 洋流製造機實圖)

#### (二)自製器材—直型洋流製造機說明：

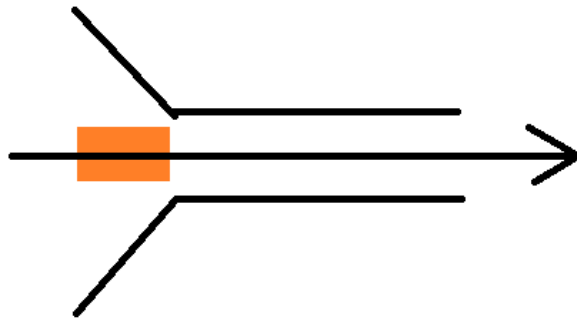
在鉛線裝上渦輪機並裝入方型水槽以製造洋流。如下圖(圖 3-3)



(圖 3-3 紅色方形為馬達；箭號為水流方向)

(三)自製器材—渦輪說明：

為了能控制管徑大小，我們在渦輪前加上寶特瓶，如下圖 3-4、3-5。



(圖 3-4 橘色方形為馬達；箭號為水流方向)



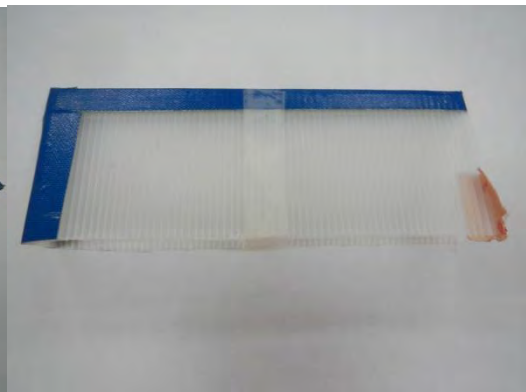
(圖 3-5，渦輪實圖)

(四) 自製器材—洋脊說明：

利用瓦楞紙版製成洋脊，如下圖 3-6、3-7。



(圖 3-6 模擬洋脊模型俯視圖)



(圖 3-7 模擬洋脊模型側視圖)



## 肆、名詞定義與釋意

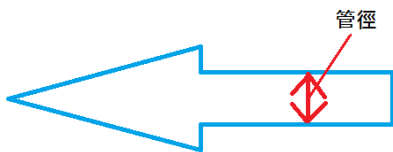
### 一、偏差率

我們實驗中為了方便計算浮冰在飄移中所產生的偏差，我們將，「軌跡偏差率(簡稱偏差率)」定義為「浮冰移動總距離實際值與平均值的差佔平均值的百分比」。

利用 Tracker 畫出冰塊的軌跡圖，並加上坐標軸、比例尺，把冰塊經過點的座標標出，利用畢氏定理，計算出其移動距離，再更進一步的用總距離去計算出其軌跡偏差率。

### 二、管徑大小

將洋流的流經範圍也就是它的「寬度」定義為「管徑大小」，如下圖(圖 4-1)。



(圖 4-1 洋流流向與「管徑大小」的示意圖)

## 伍、實驗

### 一、探討洋流管徑大小、流速與流量對浮冰造成的影響

方法: 我們要計算出流量相同時，管徑大小與流速之間的關係

Q：流量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

V：平均流速 ( $\text{m}/\text{min}$ )

T：流動時間

$\pi r^2$ ：洋流的切面面積

r：洋流切面的半徑

$$Q = \pi r^2 V$$

(公式來源:風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司)

Q 與 t 固定時，V 與  $\pi r^2$  成反比

我們使用的馬達為直流馬達 (DCMotor)，優點為在於控速方面比較簡單，只須控制電壓大小即可控制轉速。

$$n = E_s / KP = V - I_a R_a / KP$$

(公式來源:風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司)

$n$  = 直流電動機之轉速

$E_c$  = 反電勢(削弱電源電動勢，降低電流)

$P$  = 磁通量 ( $\Phi_B$ ，通過某給定曲面的磁場大小的度量，單位韋伯  $\Phi_B = B_a = B \cos \theta$   $B$  單位 T :

T : (特斯拉)  $1T = 1VSM^{-2} = 1kgS^{-2}A^{-1}$ )

$K$  = 常數

$I$  = 電流

$R$  = 電阻

$V = IR$

電壓與轉速成正比

轉速與流速成正比

因此推出實驗(一)之流速與電壓成正比

$\pi r^2$  與  $r^2$  成正比

$r^2$  與電壓成反比

實驗(三)中的電壓與半徑關係如下表(表 5-1)

電壓	半徑
3v	7cm
6v	5cm
9v	4cm

以下控制變因調至水深 20cm 水溫 20c°，洋流深度 10cm 洋流管徑大小 7cm，浮冰大小 10g。

(一) 洋流管徑大小(7cm)相同時，探討流速對浮冰造成的影響

流程: 1.將水注入自製水槽中。

2.將渦輪機分別調至不同速度(電壓 4.5v、6v、7.5v、9v)放入水槽並開啟渦輪機。

3.放入冰塊。

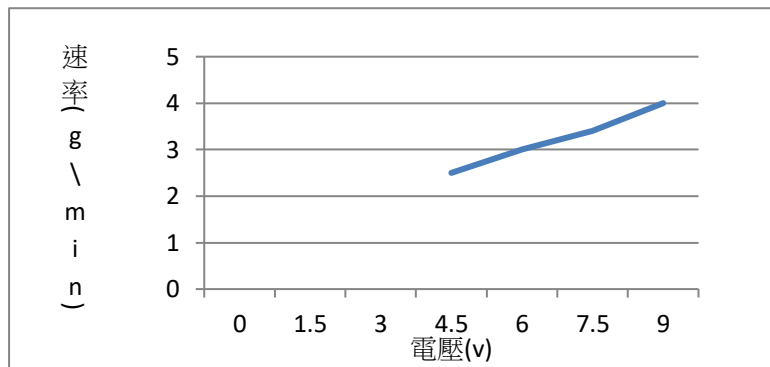
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並計算其溶化速率於表 5-2 中及偏差率(%)表 5-3 中。

6 用 Excel 計算出其總移動距離平均速率與偏差率如圖 5-1 與圖 5-2。

結果:

電壓 次數	4.5v	6v	7.5v	9v
第一次	2.7	3.1	3.5	4.1
第二次	2.4	3.1	3.3	4.0
第三次	2.4	2.8	3.4	4.0
平均	2.5	3.0	3.4	4.0

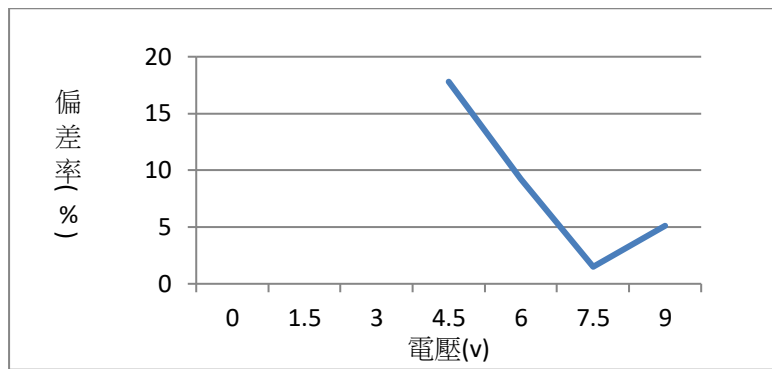


(圖 5-1 流速對溶化速率造成的影響)

\*由圖 5-1 看出，溶化速率隨著移動速率增加而遞增。

討論:因為流速越快，單位時間內接觸的空氣面積較大，能給與的熱量較多。

電壓 次數	4.5v	6v	7.5v	9v
第一次	18.7	8.3	1.4	3.2
第二次	16.9	13.8	1.2	4.5
第三次	17.8	5.5	1.9	7.7
平均	17.8	9.2	1.5	5.1



(圖 5-2 流速對偏差率造成的影響)

\*由圖 5-2 可見在 4.5V 至 7.5V 主要呈現下降的趨勢，並在 7.5V 至 9V 回升。

討論: 根據白努力定律，流速快，壓力小，吸引力較強，因此流速較慢的洋流，較容易使冰塊偏離軌道，因此實驗中偏差率主要呈現下降的趨勢，而到了一定的速度，離心力較大，因此偏差率在 7.5V 至 9V 回升。

## (二) 洋流流速(6v)相同時，流量對浮冰造成的影響

流程: 1.將水注入自製水槽。

2.將不同管徑大小渦輪機放入水槽並開啟渦輪機，滴入墨水以確認正常運行。

3.放入冰塊。

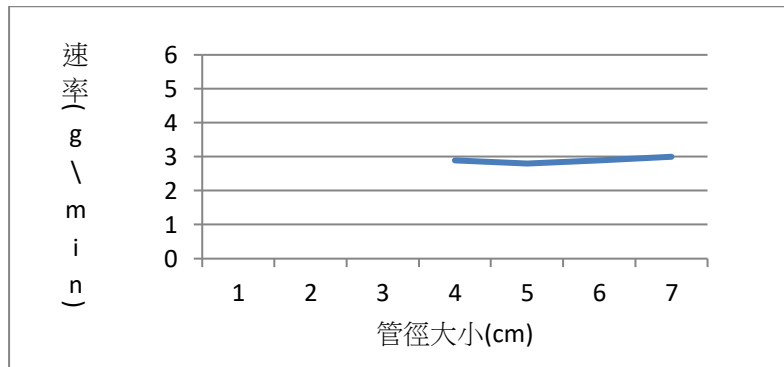
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並用 Excel 計算出其總移動距離平均速率。

6.計算其溶化速率於表 5-4 中及計算偏差率於表 5-5 中，繪出流速與溶化速率和偏差率的關係於圖 5-3、5-4 中。

結果:

管徑 次數	4cm	5cm	6cm	7cm
第一次	2.9	3.1	3.0	2.9
第二次	2.9	2.5	2.6	3.0
第三次	2.9	3.0	3.1	3.0
平均	2.9	2.8	2.9	3.0

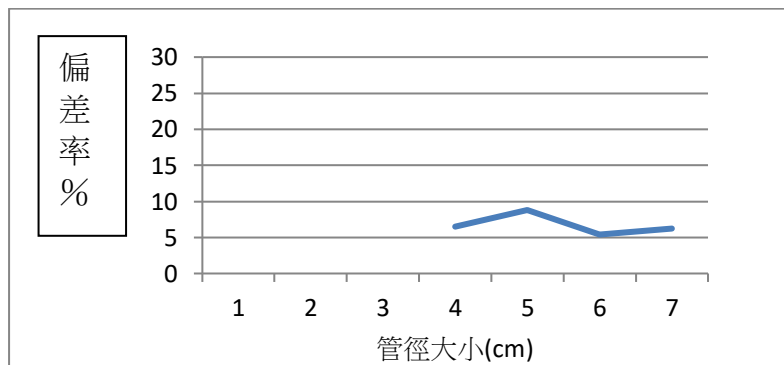


(圖 5-3 流量對溶化速率造成的影響)

\*由圖 5-3 看出，溶化速率並沒有太大的變動。

討論:因為冰隨著洋流移動，不太受到管徑大小與流量的影響。

管徑 次數	4cm	5cm	6cm	7cm
第一次	5.7	13.2	5.4	9.4
第二次	9.8	12.4	2.7	2.7
第三次	4.1	0.9	8.0	6.6
平均	6.5	8.8	5.4	6.2



(圖 5-4 流量對偏差率造成的影響)

\* 由圖 5-4 看出，偏差率並沒有太大的變動。

討論: 因為冰隨著洋流移動，不太受到管徑大小與流量的影響。

(三) 洋流流速(6v)相同時，管徑大小對浮冰造成的影響

流程: 1.將水注入自製水槽。

2.將渦輪機分別調至不同管徑大小並開啟渦輪機，滴入墨水以確認正常運行。

3.放入冰塊。

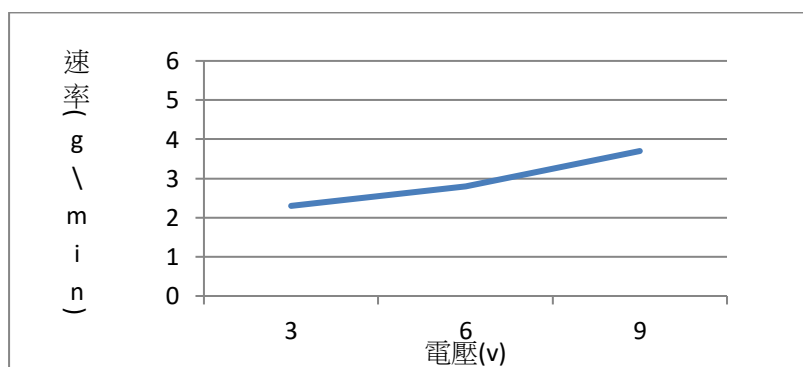
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並用 Excel 計算出其總移動距離平均速率。

6.計算其溶化速率於表 5-6 中及計算偏差率於表 5-7 中，繪出流速與溶化速率和偏差率的關係於圖 5-5、5-6 中。

結果:

電壓 次數	3v	6v	9V
第一次	2.3	3.1	3.6
第二次	2.3	2.5	3.7
第三次	2.3	3.0	3.8
平均	2.3	2.8	3.7



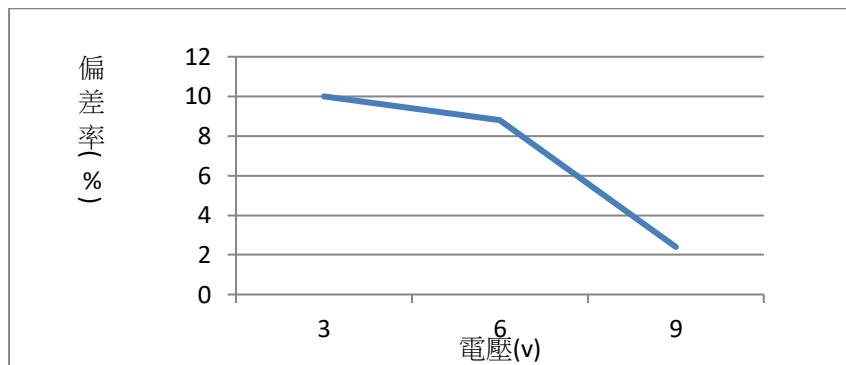
(圖 5-5 管徑大小對溶化速率的影響)

\*由圖 5-5 看出，溶化速率隨著移動速率增加而遞增。

討論:由實驗一.(一)中得知，移動速率越快，溶化速率越快，

又由實驗一.(二)中得知，管徑大小不影響結果，因此印證結果。

電壓 次數	3v	6v	9V
第一次	11.9	13.2	2.6
第二次	9.6	12.4	3.6
第三次	8.4	0.9	1.0
平均	10.0	8.8	2.4



(圖 5-6，管徑大小對偏差率的影響)

\*可由圖 5-6 中看出是一個有緩慢下降轉快速下降的趨勢。

討論: 由實驗一.(一)中得知，移動速率越快，偏差率越低，

又由實驗一.(二)中得知，管徑大小不影響結果，因此印證結果。

## 二、探討洋流深度對浮冰造成的影響

方法:將環型洋流製造機用防水膠帶固定在不同深度，並將控制變因調至水深 20cm 水溫 20c° 洋流流速 6v 洋流管徑大小 7cm 浮冰大小 10g。

流程:1.將水注入自製水槽。

2.將渦輪調至深度不同並開啟渦輪機，滴入墨水以確認正常運行。

3.放入冰塊。

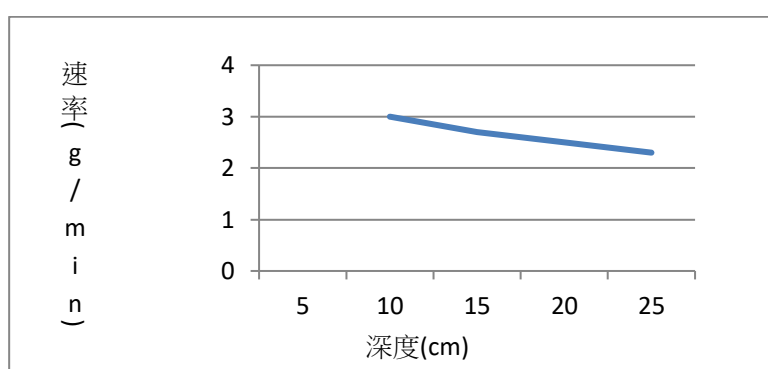
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並用 Excel 計算出其總移動距離平均速率。

6.計算其溶化速率於表 5-8 中及計算偏差率於表 5-10 中，繪出流速與溶化速率和偏差率的關係於圖 5-7、5-9 中。

結果:

深度 次數	10cm	15cm	20cm	25cm
第一次	3.1	2.6	2.4	2.3
第二次	3.1	2.7	2.4	2.3
第三次	2.8	2.7	2.6	2.3
平均	3.0	2.7	2.5	2.3



(圖 5-7 深度對溶化速率的影響)

\* 由圖 5-7 看出，溶化速率隨著洋流深度的加深，而漸漸降低。

討論: 公式  $Q = bHV/4$

(公式來源:風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司)

Q：流量 ( $m^3/min$ )

b：測定點間之間隔 (m)

H：水深 (m)

V：平均流速 ( $m/min$ )

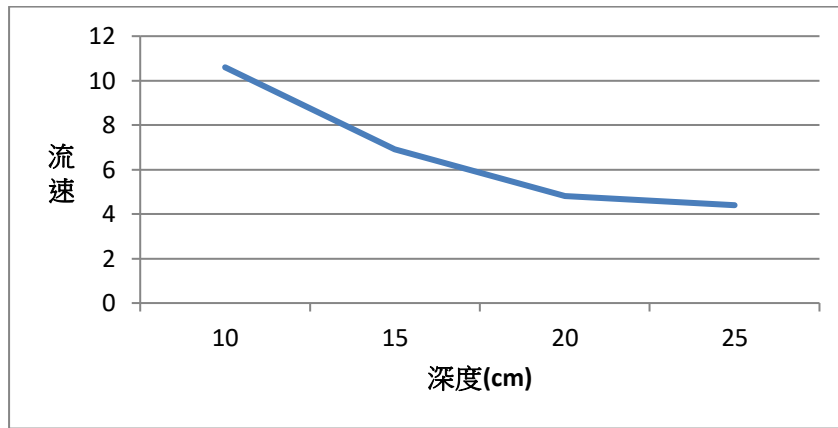
當 Q、b 為定值時

H、V 成反比，因此當深度越深時，流速越慢。

另外，我們也由平均流速和深度去做計算如下表 5-9 並作圖 5-8。



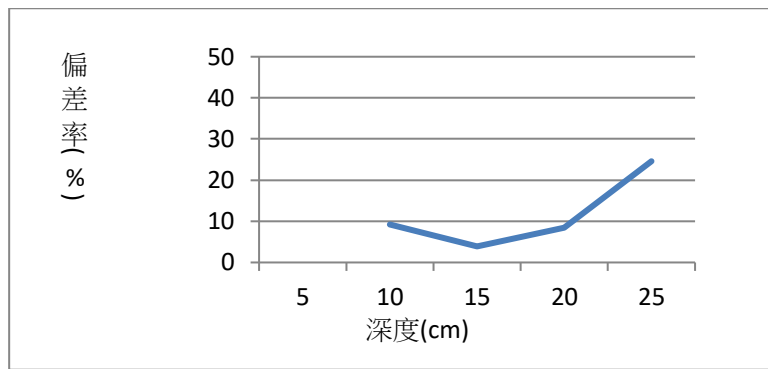
深度	10	15	20	25
流速	10.6	6.9	4.8	4.4
深度*流速	106	103.5	96	110



(圖 5-8) 平均流速和深度關係圖

由計算的結果可看出深度、流速彼此間幾乎呈現反比，符合公式  $Q=bHV/4$ ，深度越深，流速越慢。根據實驗一.(一)的結果，可知流速越慢，溶化速率越慢。因此，洋流的深度越深，冰山溶化速率就越慢。

深度 次數	10cm	15cm	20cm	25cm
第一次	8.3	1.6	3.3	37.0
第二次	13.8	4.2	12.6	13.6
第三次	5.5	5.9	9.3	23.4
平均	9.2	3.9	8.4	24.6



(圖 5-9 深度對偏差率的影響)

\*可由圖 5-8 中看出偏差率在 15cm 深後些微上升，並在 20cm 深後呈現劇烈的上升

討論:根據此實驗之溶化速率的原因，其深度與流速成反比，剩下便遵守實驗一.(一)的結果。

### 三、探討浮冰大小對浮冰溶化速率(g/min)的影響

方法:將不同水量(20g、30g、40g、50g)的水到入夾鏈袋中，製成冰塊後，將控制變因調至:水深 20cm 水溫 20° 洋流流速 3v 洋流深度 10cm 洋流管徑大小 7cm。

因為製冰盒無法裝入超過 10g 的水，因此我們用夾鏈袋，內裝水製冰。

流程:1.將水注入自製水槽。

2.開啟渦輪機。

3.放入不同大小(20g、30g、40g、50g)冰塊。

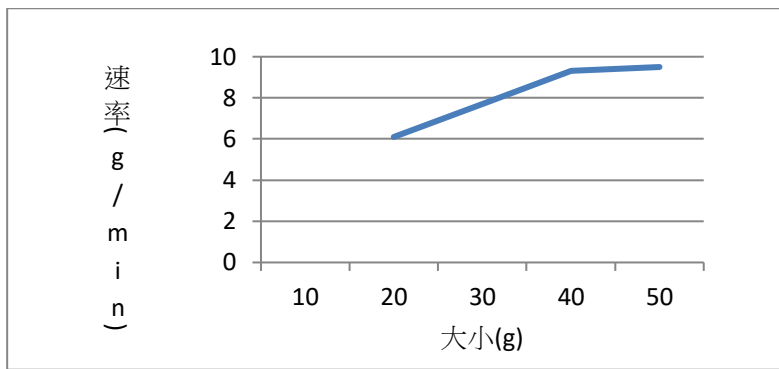
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並用 Excel 計算出其總移動距離平均速率。

6.計算其溶化速率於表 5-11 中及計算偏差率於表 5-12 中，繪出流速與溶化速率和偏差率的關係於圖 5-10、5-11 中。

結果:

電壓 次數	20g	30g	40g	50g
第一次	6.5	7.5	8.5	9.3
第二次	6.6	7.8	9	9.9
第三次	5.3	7.8	10.2	9.3
平均	6.1	7.7	9.3	9.5

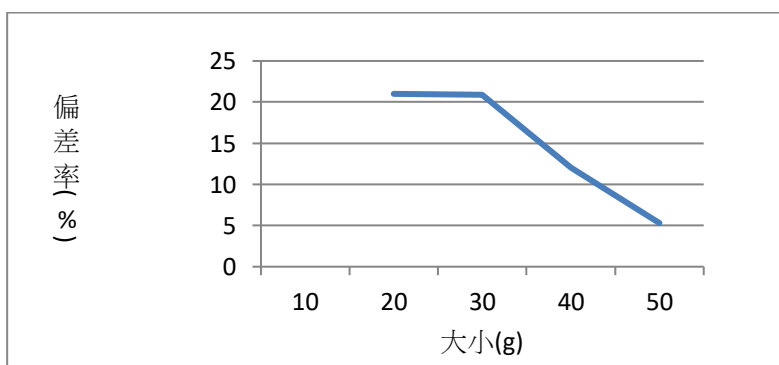


(圖 5-10 浮冰大小對溶化速率的影響)

\*可以從上圖 5-9 中看出溶化速率是一個上升的趨勢，並在 40g 後呈現平穩的狀況。

討論:浮冰在體積較大時，接觸面積較體積小的浮冰大，接觸面積愈大，溶的越快，而大的浮冰在一開始的接觸面積大，溶化速率較快，而隨著冰塊溶化，表面積減少，溶化速率漸漸變小，平均溶化速率快;但較小的浮冰一開始表面積就小就，溶的慢，平均溶化速率慢，因此體積大的浮冰溶的較快。

大小 次數	20g	30g	40g	50g
第一次	31.5	20.8	5.7	7.9
第二次	31	10.6	18.0	5.8
第三次	0.5	31.4	12.3	2.0
平均	21	20.9	12.0	5.3



(圖 5-11 浮冰大小對偏差率的影響)

\*可以從上圖 5-10 中看出偏差率先是一個平穩的趨勢，並在 30g 後開始下降。

討論: 根據向心力公式:

$$F = 4\pi^2 mr / T^2$$

F:向心力

m:物體質量

r:半徑

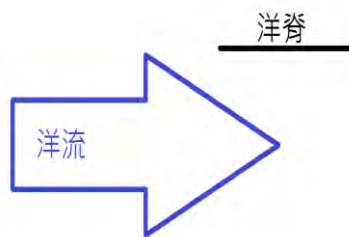
T:週期

我們可推得 F 和 m 成正比

因此當浮冰質量越大時，其向心力較大，能抵抗離心力，較不會偏移。

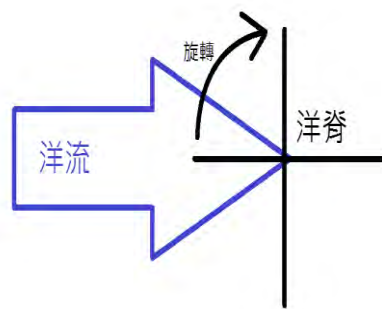
#### 四、探討地形(洋脊)對浮冰的影響

方法: 將自製的地形與洋流平行放入水中並調整其與洋流之距離如下圖(圖 5-12)



(圖 5-12) 洋脊地形與洋流方向平行示意圖

將自製的地形放入水中並調整其與洋流之夾角如下圖



(圖 5-13) 洋脊地形與洋流方向平行示意圖

另外，我們為了減少誤差，以密度為 0.9 之蠟塊代替浮冰，以確保每次實驗的浮冰(蠟塊)大小相同，形狀相等。

(一) 探討洋脊和洋流距離對浮冰偏差率造成的影響

流程: 1.將水注入自製水槽(深度 20cm)。

2.將渦輪機分別調至速度 4.5v 放入水槽並開啟渦輪機並放入自製洋脊調整與洋流之距離。

3.放入蠟塊。

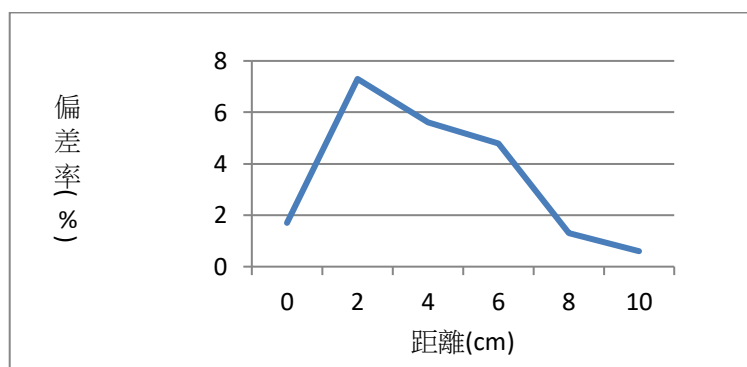
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並用 Excel 計算出其總移動距離平均速率。

6.計算其偏差率於表 5-13 中，繪出偏差率的關係於圖 5-14 中。

結果:

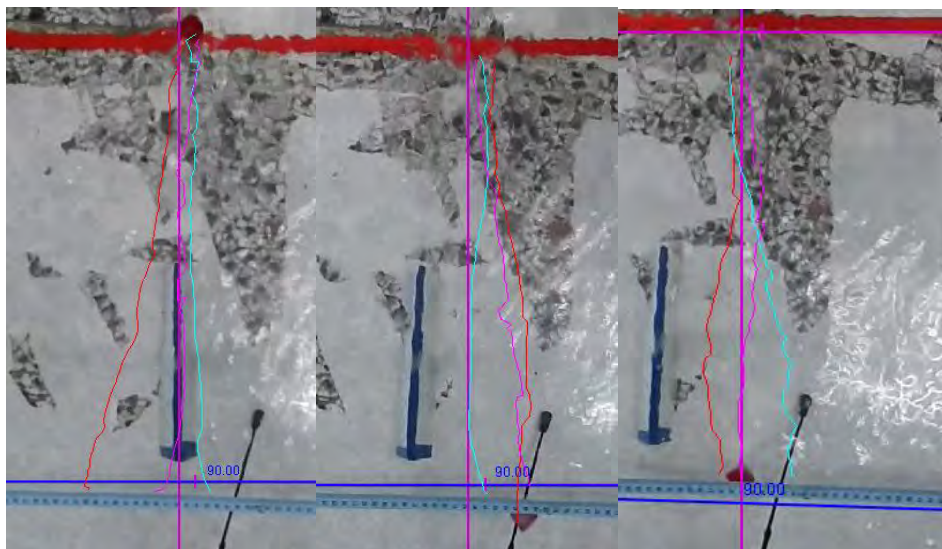
距離 次數	0cm	2cm	4cm	6cm	8cm	10cm
第一次	1.3	10.9	5.7	7.2	1.9	0.5
第二次	1.3	6.7	8.5	4.5	0.3	0.6
第三次	2.5	4.2	2.8	2.7	1.6	0.8
平均	1.7	7.3	5.6	4.8	1.3	0.6



(圖 5-14 洋脊距離對偏差率造成的影響)

\*由圖 5-13 中可看出當洋脊在洋流的中央時，其偏差率較小，而一移動洋脊位置，偏差率立即升高，再隨著距離越遠而下降。

討論:



(圖 5-15 距離 0cm) (圖 5-16 距離 4cm) (圖 5-17 距離 6cm)

圖 5-14 中看出因洋脊之影響，洋流被分散，但因分散的角度與原洋流角度較均勻地往兩邊散開，因此計算誤差率不高(但實際誤差率應該是高的)。

圖 5-15 則因洋脊影響，導致浮冰一致向右偏，導致軌跡分散開，使的浮冰的流向較不一致。

圖 5-16 中可看出，隨著洋脊的遠離，軌道也漸漸集中，誤差率較低。

故偏差率隨著距離越遠而下降。

## (二) 探討洋脊和洋流夾角對浮冰偏差率造成的影響

流程: 1.將水注入自製水槽(深度 20cm)。

2.將渦輪機分別調至速度 4.5v 放入水槽並開啟渦輪機並放入自製洋脊調整與洋流之夾角。

3.放入蠟塊。

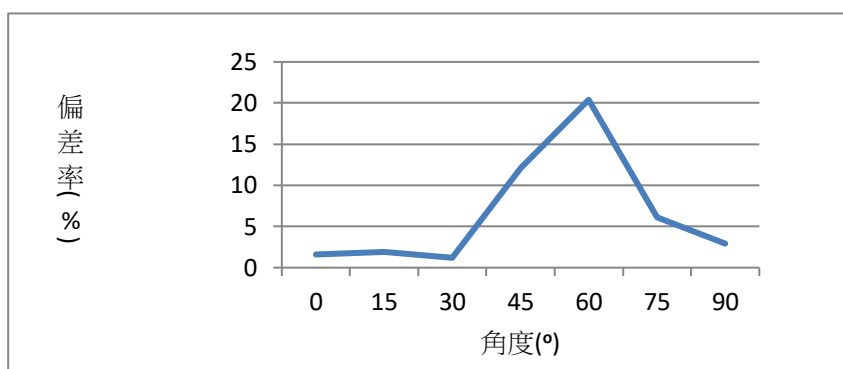
4.攝影並記錄。

5.用 Tracker 繪出路徑圖，並用 Excel 計算出其總移動距離平均速率。

6.計算其偏差率於表 5-14 中，繪出偏差率的關係於圖 5-18 中。

結果:

距離 次數	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
第一次	0.5	2.9	1.8	8.8	9.3	6.2	4.3
第二次	1.9	0.3	1.5	9.5	21.3	2.2	2.3
第三次	2.4	2.6	0.3	18.2	30.4	3.8	2.1
平均	1.6	1.9	1.2	12.1	20.4	6.1	2.9



(圖 5-18 洋脊夾角對偏差率的影響)

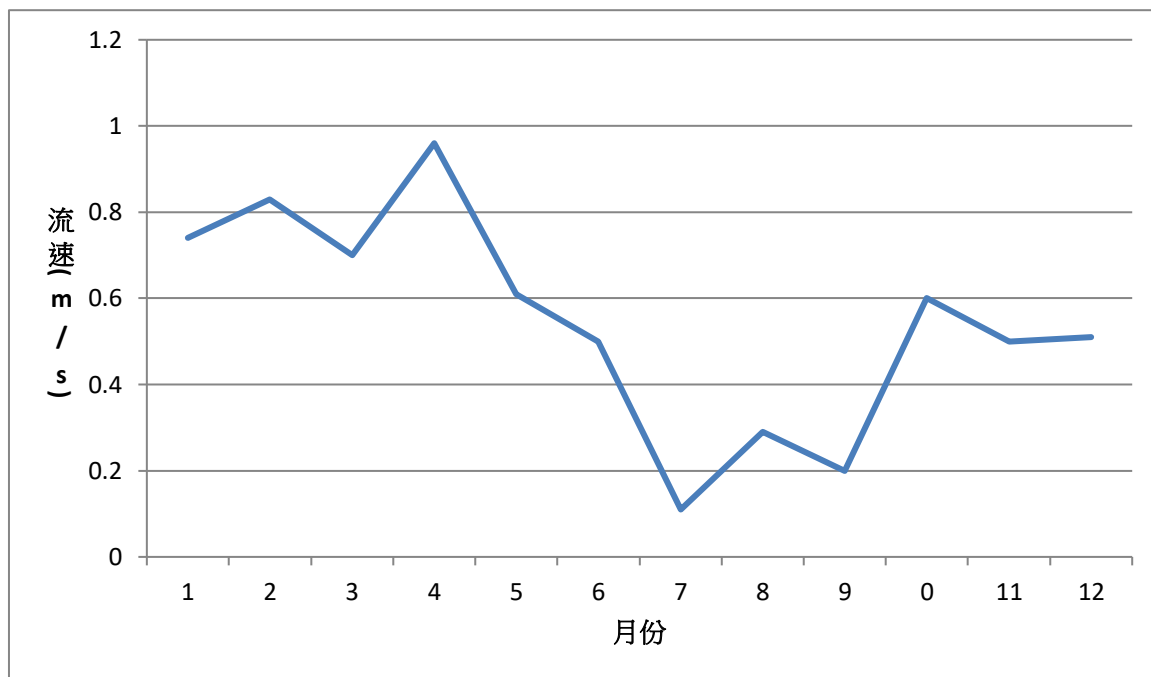
\*由圖 5-17 中可看出偏差率在 30° 至 60° 間呈現上升，於 60° 大到最高點，後下降。

## 陸、結論

- 一、流速越快，浮冰溶化速率越快。
- 二、流速越快，浮冰偏差率越低，直至過高之速率(7.5V)後偏差率慢慢下降。
- 三、管徑大小不影響浮冰溶化速率。
- 四、管徑大小不影響浮冰偏差率。
- 五、流量不影響浮冰溶化速率。
- 六、流量不影響浮冰偏差率。
- 七、洋流越深，浮冰溶化越慢。
- 八、洋流越深，浮冰偏差率越高。
- 九、浮冰越大，浮冰溶化越快。
- 十、浮冰越大、浮冰偏差率越低。
- 十一、洋脊距離越遠，浮冰偏差率越小。
- 十二、洋脊角度為 60° 時浮冰偏差率最高。

## 柒、貢獻

我們在網路上找以下資料



(圖 7-1，2016 年北大西洋洋流流速變化圖)

依照圖 7-1 可發現整體來說 7、8、9 月份的流速最慢，透過我們的結果，可分析出這時的浮冰偏差率向對其他月來的高，而照實驗結果溶化速率應較慢，但考慮夏天的溫度較高，浮冰溶得快，實際浮冰應該溶得不快也不慢。

而冬天則是偏差率較低，但因氣溫較冷，溶的相對慢。

最後做出結論:夏天浮冰容易偏離軌道但溶得快;冬天不易偏離軌道但溶得慢，因此夏天的冰山搜索應該要大範圍搜索，而冬天主要依照洋流路徑搜索即可

## 捌、參考資料

1. 國中教材自然科第六冊，人與地球
2. 蒲永平;王海龍(民 103)掀開海浪你看不看。大陸：安徽人民出版社
3. 陳思妘;林天心;詹前宣(民 100)水升火熱。南投：第五十一屆全國中小學科展地科
4. 林瑞宏(民 98)風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司
5. (西元 1970) 國家海洋暨大氣總署。美國：NOAA [https :  
//www.nodc.noaa.gov/gocd/drportal.html](https://www.nodc.noaa.gov/gocd/drportal.html)
6. (西元 1961) 中心法國國家空間研究 (CNES) [http :  
//www.aviso.altimetry.fr/en/data/data-  
access/las-live-access-server/lively-data/2005/aug-17-2005-the-seasons-of-the-gulf-stream.html](http://www.aviso.altimetry.fr/en/data/data-access/las-live-access-server/lively-data/2005/aug-17-2005-the-seasons-of-the-gulf-stream.html)



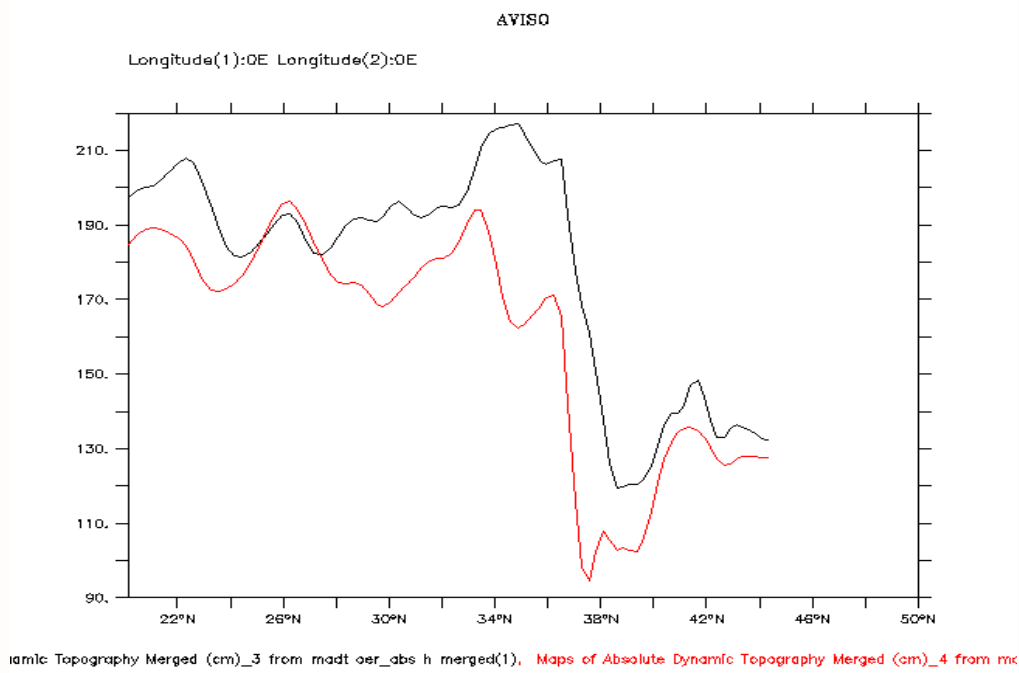
## 【評語】 030504

1. 影響浮冰變化因素甚多，探討洋流對浮冰影響，課題本身具有一定意義。
2. 作品在研究構想、設計、方法都有不錯的表現。
3. 作品成果顯示浮冰變化與洋流快慢有顯著的相關，唯在成果表現上可以有改進的空間。

作品海報

# 壹、研究動機

在北極的冰山會隨著北大西洋洋流流動，而它的移動路徑沿著海流，溶化速率則和什麼有關係呢？我們在網路上查詢資料時，發現洋流在不同時間所攜帶的水量不同如圖1-1所示，因此我們便有了探討浮冰溶化流經範圍與洋流間的關係的動機。



(圖1-1. 西元2004墨西哥灣海水流量圖，黑線對應秋天，紅線對應春天。從西經70度觀察，y軸代表水流量單為噸，x軸代表緯度)

# 貳、研究目的

- 一、探討洋流管徑大小、流速與流量對浮冰造成的影響
  - (一) 洋流管徑大小相同時，流速對浮冰造成的影響
  - (二) 洋流流速相同時，流量對浮冰造成的影響
  - (三) 洋流流量相同時，管徑大小對浮冰造成的影響
- 二、探討洋流深度對浮冰造成的影響
- 三、探討浮冰大小對浮冰溶化速率(g/min)、偏差率的影響
- 四、探討地形(洋脊)對浮冰的影響
  - (一) 洋脊和洋流距離對浮冰偏差率造成的影響
  - (二) 洋脊和洋流夾角對浮冰偏差率造成的影響

# 參、設備及器材

## 一、器材

蠟塊(10g)	冰塊(10g)	夾鏈袋
變壓器	皮尺	單芯線
寶特瓶	馬達	扇葉
鉛線		

(表3-1)

## 二、製造洋流之方法及原理

洋流亦稱海流，是具有相對穩定流速和流向的大規模運動。唯有在海岸，且會因潮汐、地形及河水的注入等影響其變化。洋流主要可分為下列幾種：

### 按成因分類

- 風海流：亦稱吹送流，漂流，在風力作用下產生。
- 密度流：在密度差異下引起。
- 傾斜流：海面因風、氣壓、降水或河水流入造成傾斜而引起。

補償流(湧升流和下降流)：因海水擠壓或分散引起。

### 按冷暖性質分類

- 暖流：本身水溫較周圍海水高。
- 寒流：本身水溫較周圍海水低。

我們研究主要集中在北大西洋洋流上。北大西洋漂流 (North Atlantic Drift)，又稱為北大西洋洋流 (North Atlantic Current) 或北大西洋暖流，為墨西哥灣暖流西北伸延的一個強力的溫暖洋流。

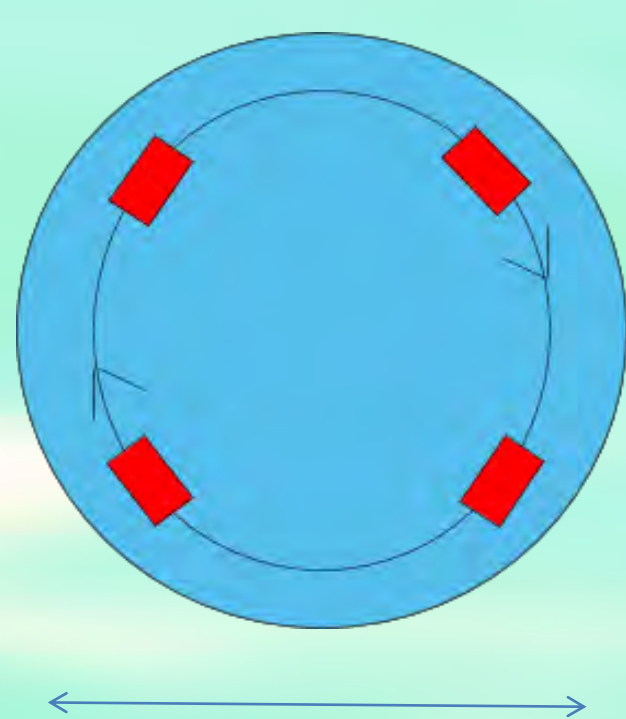
氣候轉變，特別是全球暖化，可能使得北大西洋洋流停止流動，但因不影響實驗，因此不做討論。

此洋流屬於風成洋流，因溫差或鹽濃度差需要較大範圍，我們採取馬達驅動的方式以製造洋流。

## 三、自製器材模擬洋流

(一)自製器材—圓型洋流製造機說明：

在鉛線裝上渦輪機並裝入圓形水槽以製造洋流。如下圖(圖3-1)

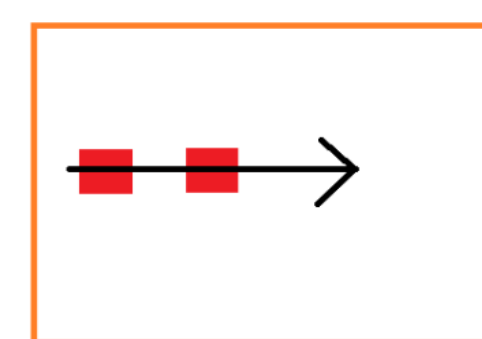


直徑60cm

(圖3-1紅色方形為馬達；箭號為水流方向)

(二)自製器材—直型洋流製造機說明：

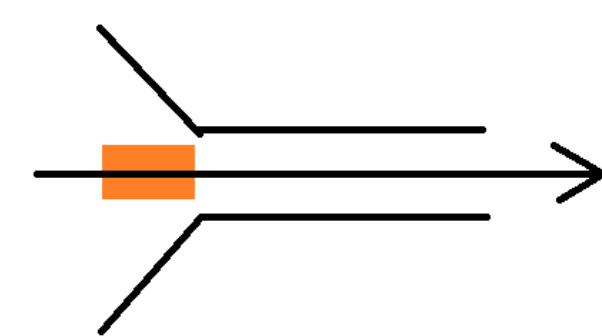
在鉛線裝上渦輪機並裝入方型水槽以製造洋流。如下圖(圖3-2)



(圖3-2紅色方形為馬達；箭號為水流方向)

(三)自製器材—渦輪說明：

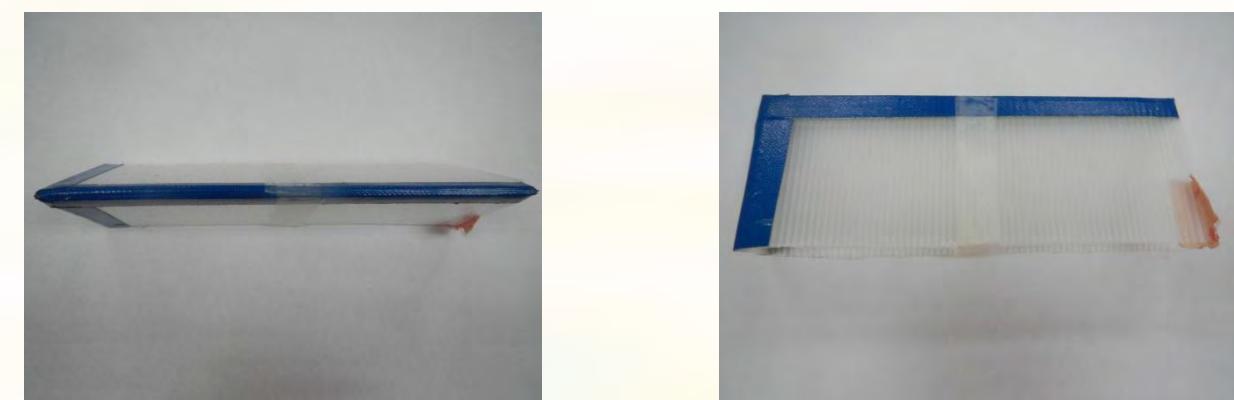
為了能控制管徑大小，我們在渦輪前加上寶特瓶，如下圖(圖3-3)



(圖3-3橘色方形為馬達；箭號為水流方向)

(四)自製器材—洋脊說明：

利用瓦楞紙版製成洋脊，如下圖3-4、3-5。



(圖3-4模擬洋脊模型俯視圖)(圖3-5模擬洋脊模型側視圖)

# 肆、名詞定義與釋意

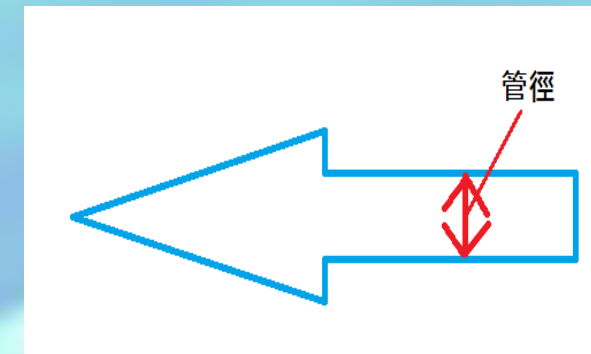
## 一、偏差率

我們實驗中為了方便計算浮冰在飄移中所產生的偏差，我們將「軌跡偏差率(簡稱偏差率)」定義為「浮冰移動總距離實際值與平均值的差佔平均值的百分比」。

利用Tracker程式畫出冰塊的軌跡圖，並加上坐標軸、比例尺，把冰塊經過點的座標標出，利用畢氏定理，計算出其移動距離，再更進一步的用總距離去計算出其軌跡偏差率。

## 二、管徑大小

將洋流的流經範圍也就是它的「寬度」定義為「管徑大小」，如下圖(圖4-1)。



(圖4-1洋流流向與「管徑大小」的示意圖)

# 伍、實驗

## 一、探討洋流管徑大小、流速與流量對浮冰造成的影響

方法：我們要計算出流量相同時，管徑大小與流速之間的關係

$Q$ ：流量 ( $m^3/min$ )； $v$ ：平均流速 ( $m/min$ )

$T$ ：流動時間； $\pi r^2$ ：洋流的切面面積

$r$ ：洋流切面的半徑

$$Q = \pi r^2 T v$$

(公式來源：風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司)

$Q$ 與 $T$ 固定時， $v$ 與 $\pi r^2$ 成反比

我們使用的馬達為直流馬達(DCMotor)，優點為在於控速方面比較簡單，只須控制電壓大小即可控制轉速。

$$n = E_c / K \Phi_b = V - I A R A / K \Phi_b$$

(公式來源：風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司)

$n$  = 直流電動機之轉速

$E_c$  = 反電勢(削弱電源電動勢，降低電流)

$\Phi_b$  = 磁通量

$K$  = 常數； $I$  = 電流； $R$  = 電阻

$$V = I R$$

電壓與轉速成正比

轉速與流速成正比

因此推出實驗(一)之流速與電壓成正比

$\pi r^2$ 與 $r^2$ 成正比； $r^2$ 與電壓成反比

實驗(三)中的電壓與半徑關係如下表(表5-1)

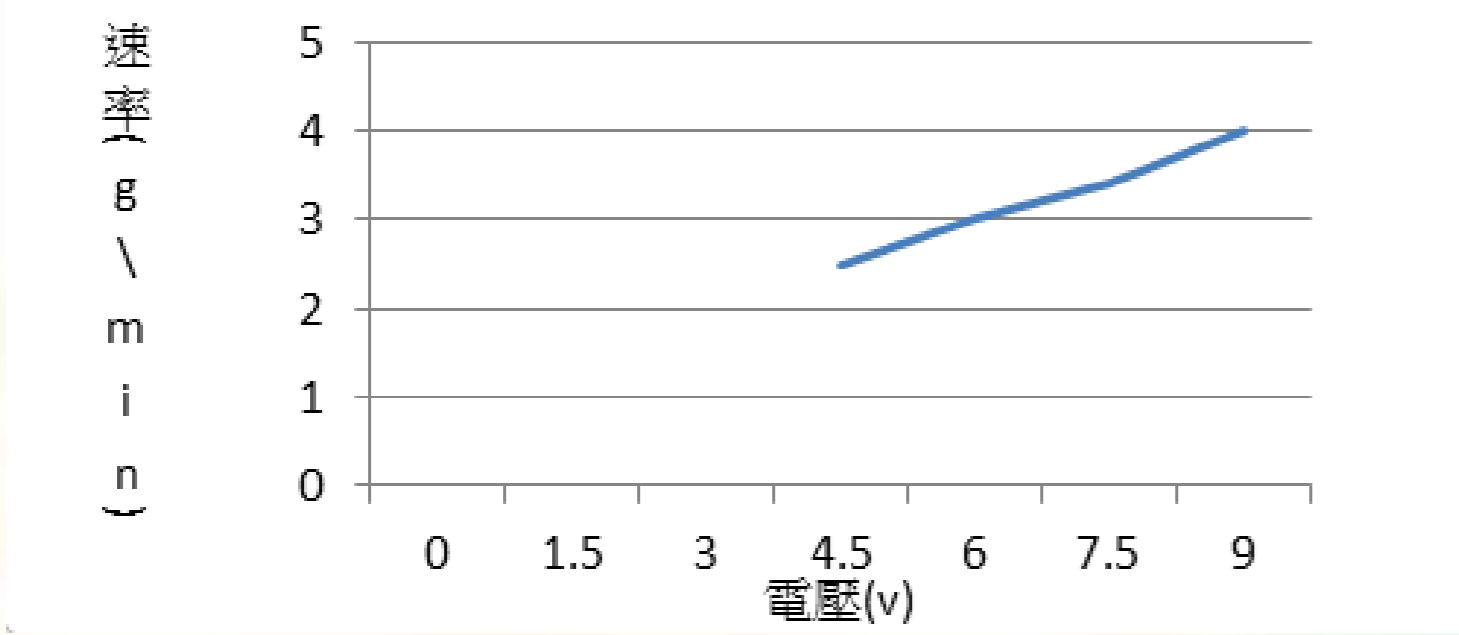
電壓	半徑
3v	7cm
6v	5cm
9v	4cm

以下控制變因調至水深20cm、水溫20°C、洋流深度10cm、洋流管徑大小7cm、浮冰大小10g。

### (一)洋流管徑大小相同(7cm)時，探討流速對浮冰造成的影響

- 流程：1.將水注入自製水槽中。  
2.將渦輪機分別調至不同速度(電壓4.5V、6V、7.5V、9V)放入水槽並開啟渦輪機。  
3.放入冰塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖。  
6.用Excel計算出其總移動距離平均速率與偏差率如圖5-1與圖5-2。

結果：

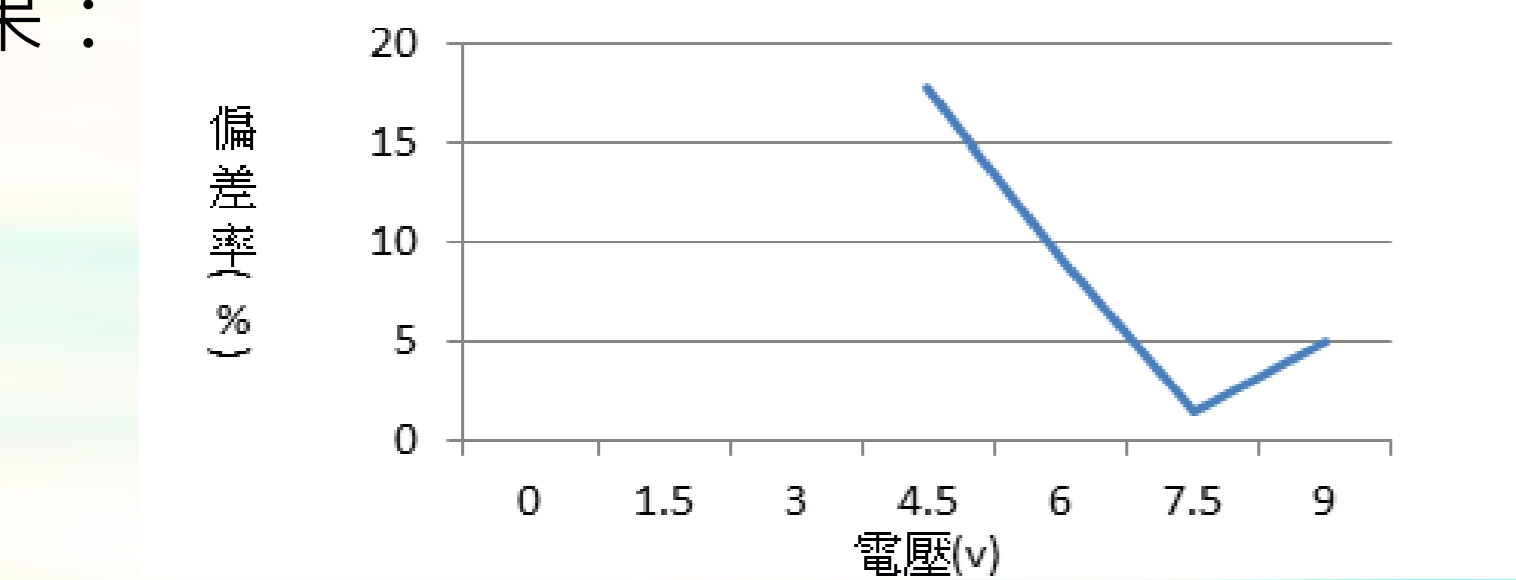


(圖5-1 流速對融化速率造成的影響)

\*由圖5-1看出，融化速率隨著移動速率增加而遞增。

討論：因為流速越快，單位時間內接觸的空氣與水面面積較大，能給予的熱量較多。

結果：



(圖5-2 流速對偏差率造成的影響)

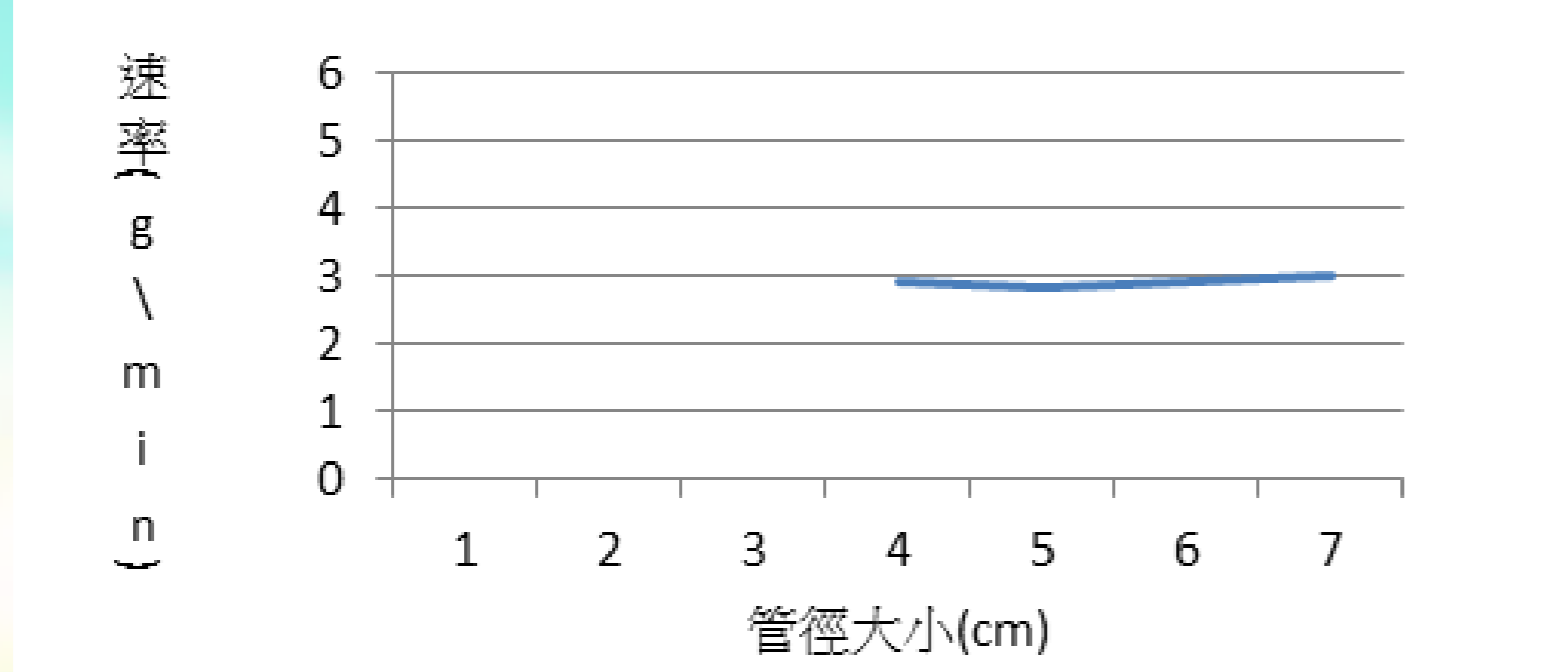
\*由圖5-2可見在電壓4.5V至7.5V主要呈現下降的趨勢，7.5V至9V回升。

討論：根據白努力定律，流速快，壓力小，吸引力較強，因此流速較慢的洋流，較容易使冰塊偏離軌道，所以實驗中偏差率主要呈現下降的趨勢，而到了一定的速度，離心力較大，因此偏差率在電壓7.5V至9V回升。

### (二)洋流流速相同(電壓6V)時，流量對浮冰造成的影響

- 流程：1.將水注入自製水槽。  
2.將不同管徑大小渦輪機放入水槽並開啟渦輪機，滴入墨水以確認正常運行。  
3.放入冰塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖，並用Excel計算出其總移動距離平均速率。  
6.繪出流速與融化速率和偏差率的關係於圖5-3、5-4中。

結果：

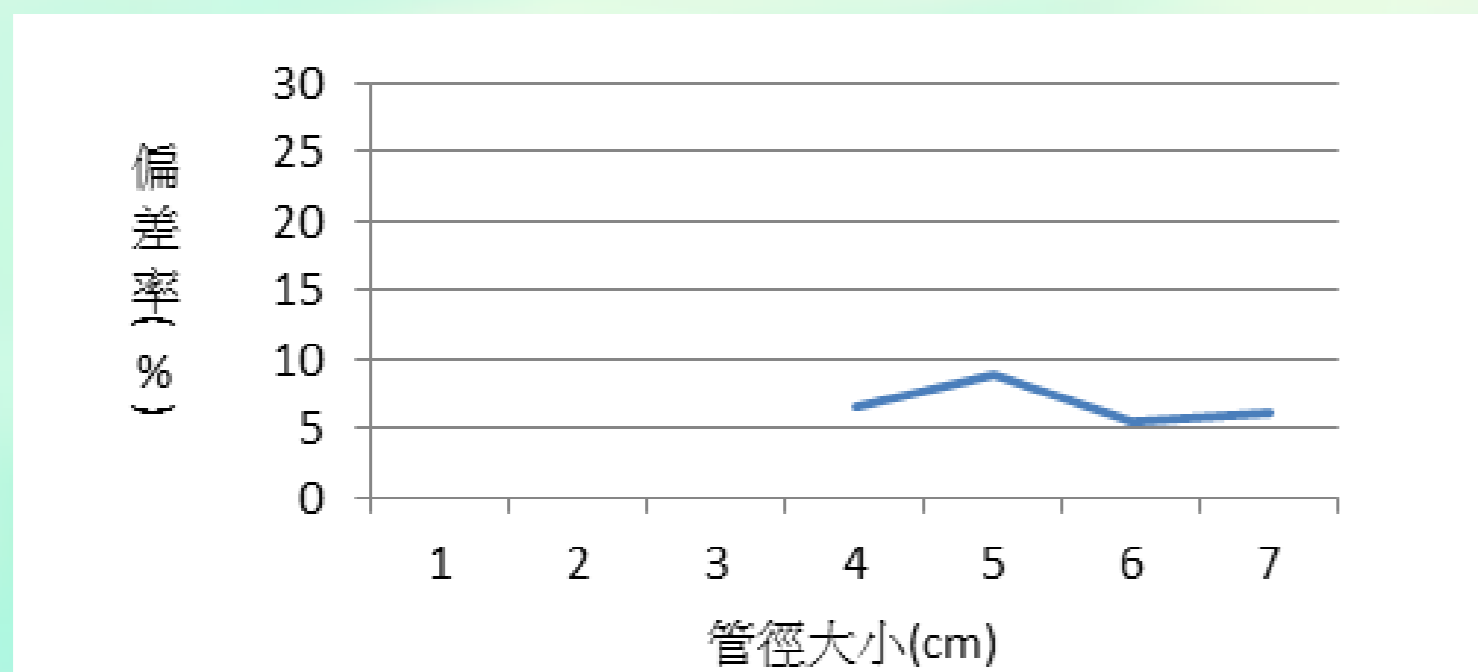


(圖5-3 流量對融化速率造成的影響)

\*由圖5-3看出，融化速率並沒有太大的變動。

討論：因為冰隨著洋流移動，不太受到管徑大小與流量的影響。

結果：



(圖5-4 流量對偏差率造成的影響)

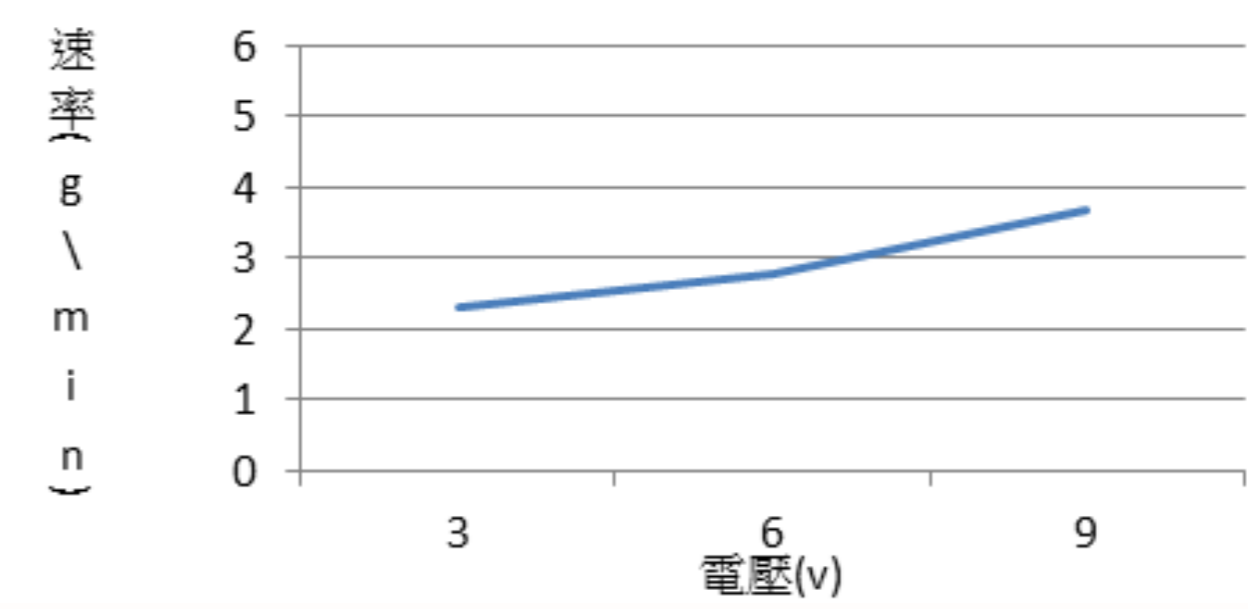
\*由圖5-4看出，偏差率並沒有太大的變動。

討論：因為冰隨著洋流移動，不太受到管徑大小與流量的影響。

### (三)洋流流速相同(6V)時，管徑大小對浮冰造成的影響

- 流程：1.將水注入自製水槽。  
2.將渦輪機分別調至不同管徑大小並開啟渦輪機，滴入墨水以確認正常運行。  
3.放入冰塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖，並用Excel計算出其總移動距離平均速率。  
6.繪出流速與融化速率和偏差率的關係於圖5-5、5-6中。

結果：

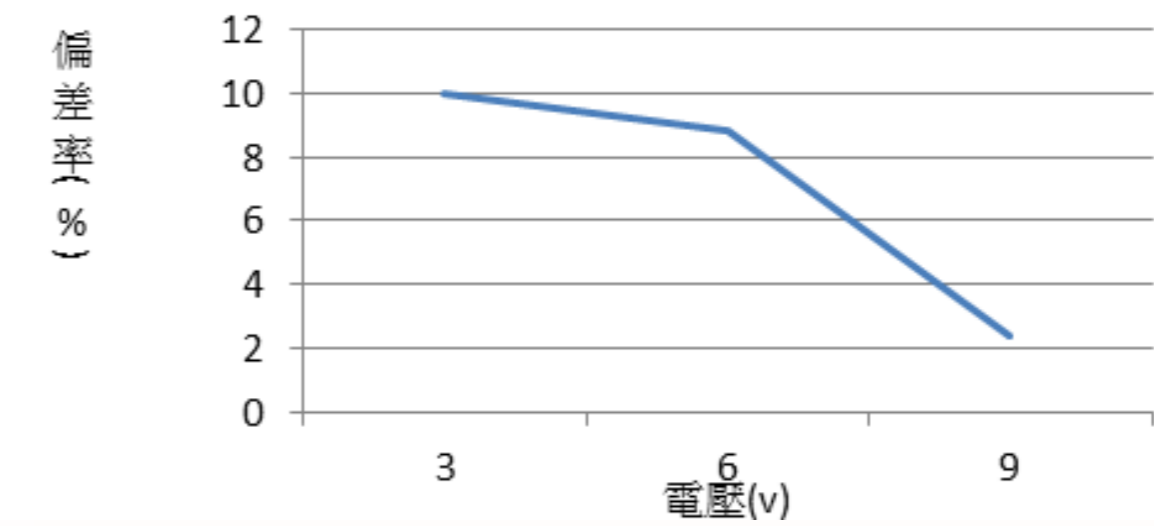


(圖5-5 管徑大小對融化速率的影響)

\*由圖5-5看出，融化速率隨著移動速率增加而遞增。

討論：由實驗一.(一)中得知，移動速率越快，融化速率越快，又由實驗一.(二)中得知，管徑大小不影響結果，因此印證結果。

結果：



(圖5-6 管徑大小對偏差率的影響)

\*可由圖5-6中看出是一個有緩慢下降轉快速下降的趨勢。

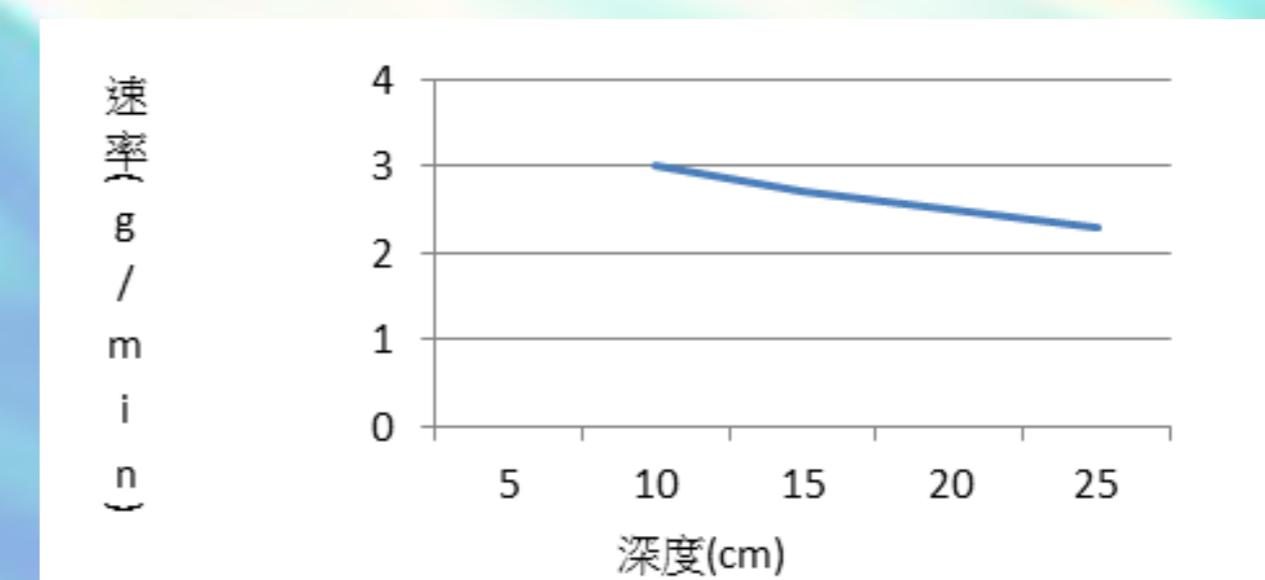
討論：由實驗一.(一)中得知，移動速率越快，偏差率越低，又由實驗一.(二)中得知，管徑大小不影響結果，因此印證結果。

## 二、探討洋流深度對浮冰造成的影響

方法：將環型洋流製造機用防水膠帶固定在不同深度，並將控制變因調至水深25cm、水溫20°C、洋流流速6V、洋流管徑大小7cm、浮冰大小10g。

- 流程：1.將水注入自製水槽。  
2.將渦輪調至深度不同並開啟渦輪機，滴入墨水以確認正常運行。  
3.放入冰塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖，並用Excel計算出其總移動距離平均速率。  
6.繪出流速與融化速率和偏差率的關係於圖5-7、5-9中。

結果：



(圖5-7 深度對融化速率的影響)

\*由圖5-7看出，融化速率隨著洋流深度的加深，而漸漸降低。

討論：公式 $Q = bhv/4$

(公式來源：風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司)

Q：流量 (  $m^3/min$  )

b：測定點間之距離 ( m )

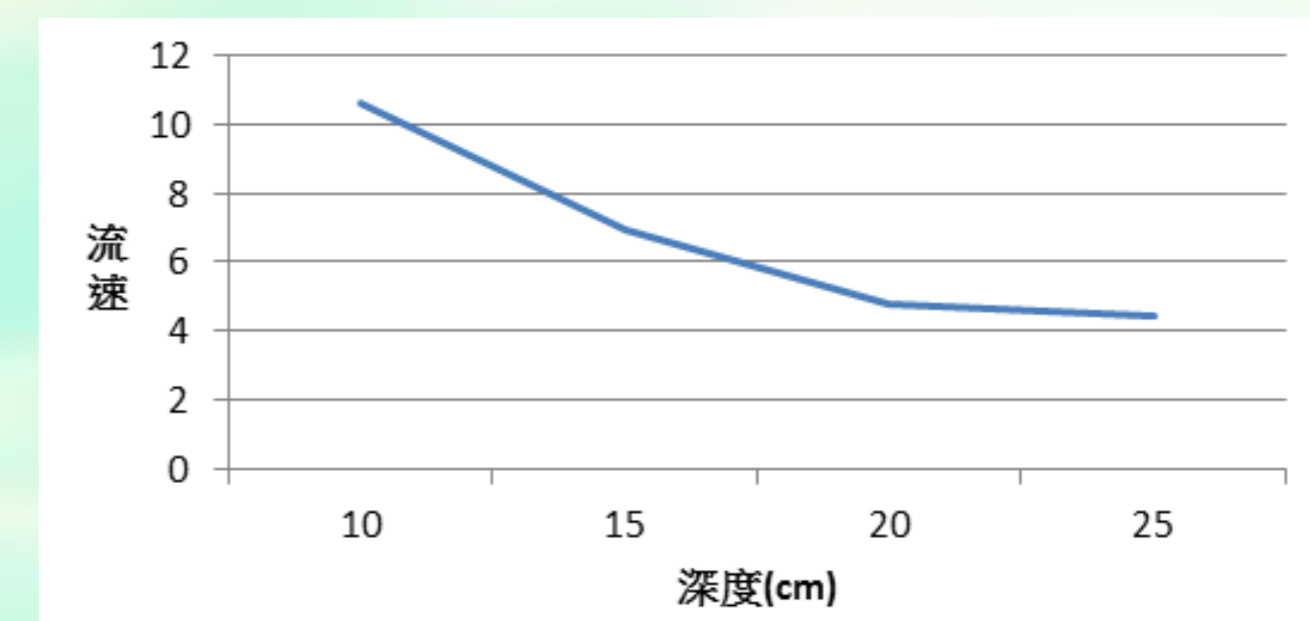
h：水深 ( m )

v：平均流速 ( m/min )

當Q、b為定值時

h、v成反比，因此當深度越深時，流速越慢。

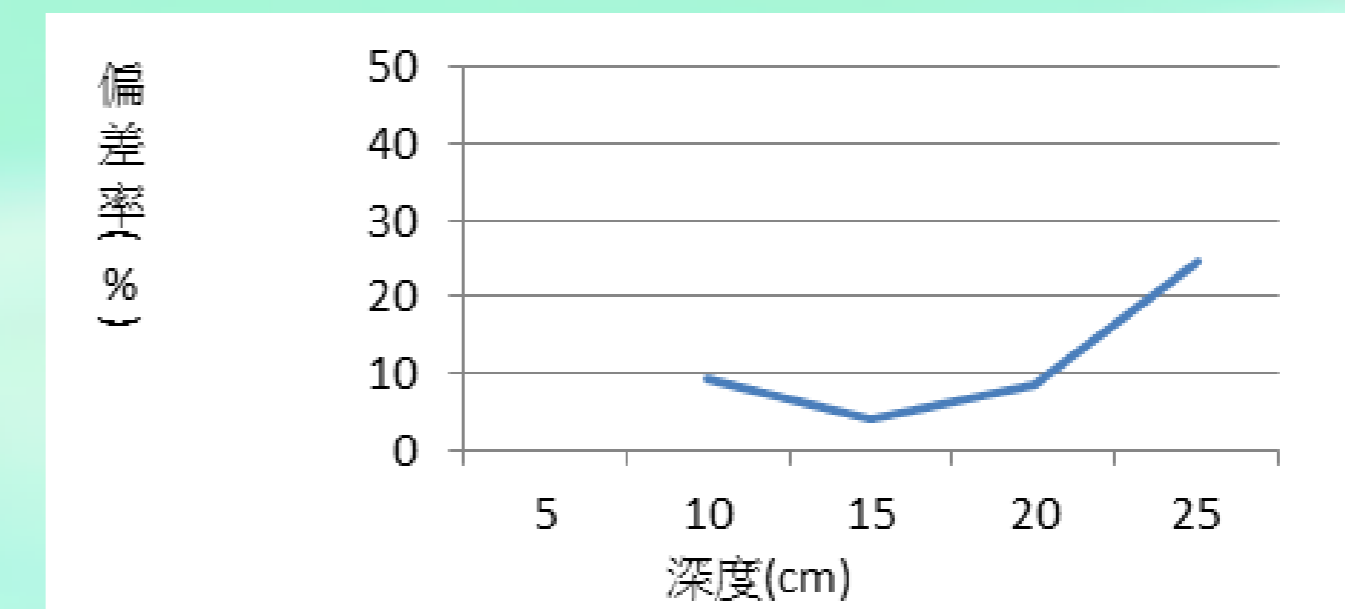
另外，我們也由平均表面流速和深度去做計算下圖5-8。



(圖5-8 平均流速和深度關係圖)

由計算的結果可看出深度、表面流速彼此間幾乎呈現反比，符合公式 $Q = bhv/4$ ，深度越深，流速越慢。根據實驗一.(一)的結果，可知流速越慢，融化速率越慢。因此，洋流的深度越深，冰山融化速率就越慢。

結果：



(圖5-9 深度對偏差率的影響)

\*可由圖5-9中看出偏差率在洋流深度15cm後些微上升，並在20cm後呈現劇烈的上升

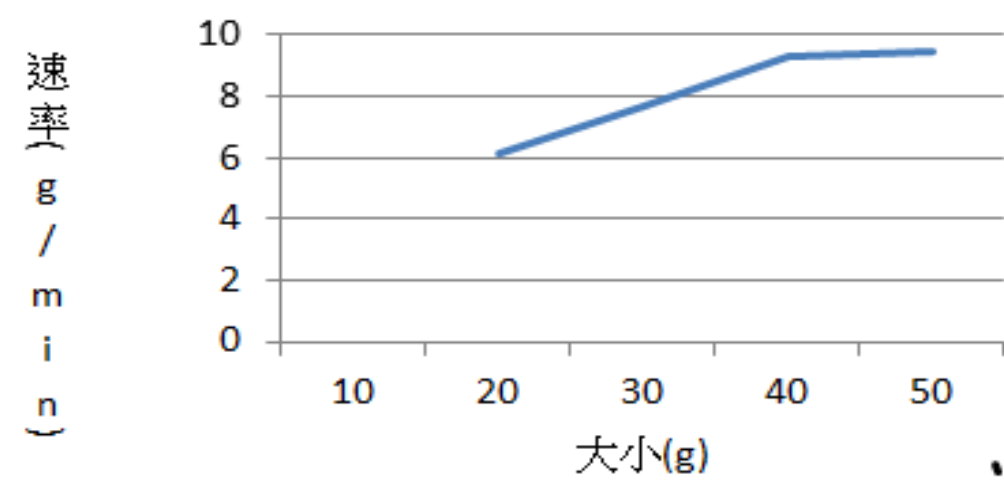
討論：根據此實驗之融化速率的原因，其深度與流速成反比，剩下便遵守實驗一.(一)的結果。

### 三、探討浮冰大小對浮冰溶化速率(g/min)的影響

方法：將不同水量(20g、30g、40g、50g)的水到入夾鏈袋中，製成冰塊後，將控制變因調至水深20cm、水溫20°C、洋流流速(電壓3V)、洋流深度10cm、洋流管徑大小7cm。因為製冰盒無法裝入超過10g的水，因此我們使用夾鏈袋裝水製冰。

流程：1.將水注入自製水槽。  
2.開啟渦輪機。  
3.放入不同大小(20g、30g、40g、50g)冰塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖，並用Excel計算出其總移動距離平均速率。  
6.繪出流速與溶化速率和偏差率的關係於圖5-10、5-11中。

結果：

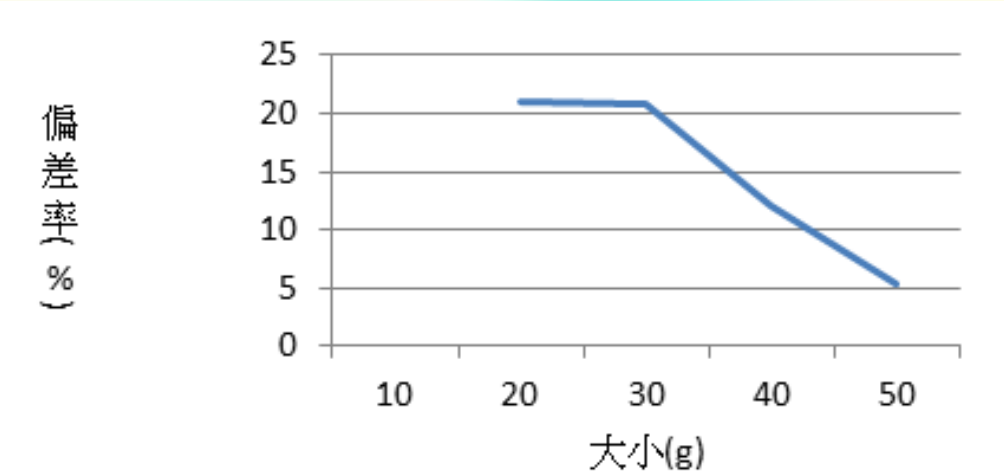


(圖5-10 浮冰大小對溶化速率的影響)

\*可以從上圖5-10中看出溶化速率是一個上升趨勢，在40g後呈現平穩的狀況。

討論：浮冰在體積較大時，接觸面積較體積小的浮冰大，接觸面積愈大，溶得越快。大的浮冰在一開始的接觸面積大，溶化速率較快，而隨著冰塊溶化，表面積減少，溶化速率漸漸變小，平均溶化速率快；但較小的浮冰一開始表面積較小，溶得慢，平均溶化速率慢，因此體積大的浮冰溶的較快。

結果：



(圖5-11 浮冰大小對偏差率的影響)

\*可以從上圖5-11中看出偏差率先是一個平穩的趨勢，並在30g後開始下降。

討論：根據向心力公式：

$$F = 4\pi^2mr/T^2$$

F：向心力；m：物體質量

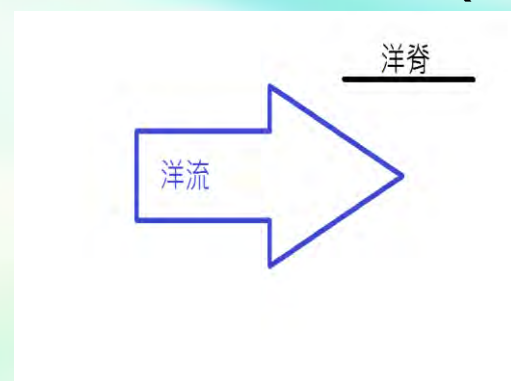
r：半徑；T：週期

我們可推得F和m成正比

因此當浮冰質量越大時，其向心力較大，能抵抗慣性，較不會偏移。

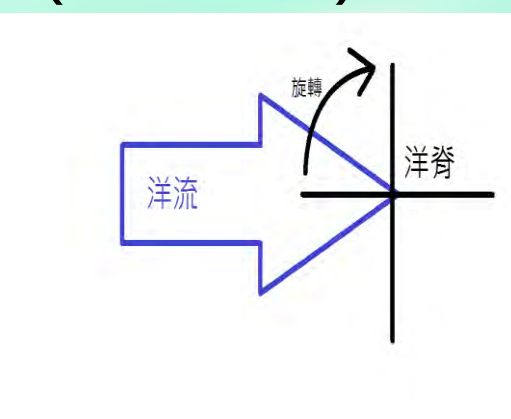
### 四、探討洋脊地形對浮冰的影響

方法：將自製的地形與洋流平行放入水中並調整其與洋流之距離如下圖(圖5-12)



(圖5-12) 洋脊地形與洋流方向平行示意圖

將自製的地形放入水中並調整其與洋流之夾角如下圖(圖5-13)



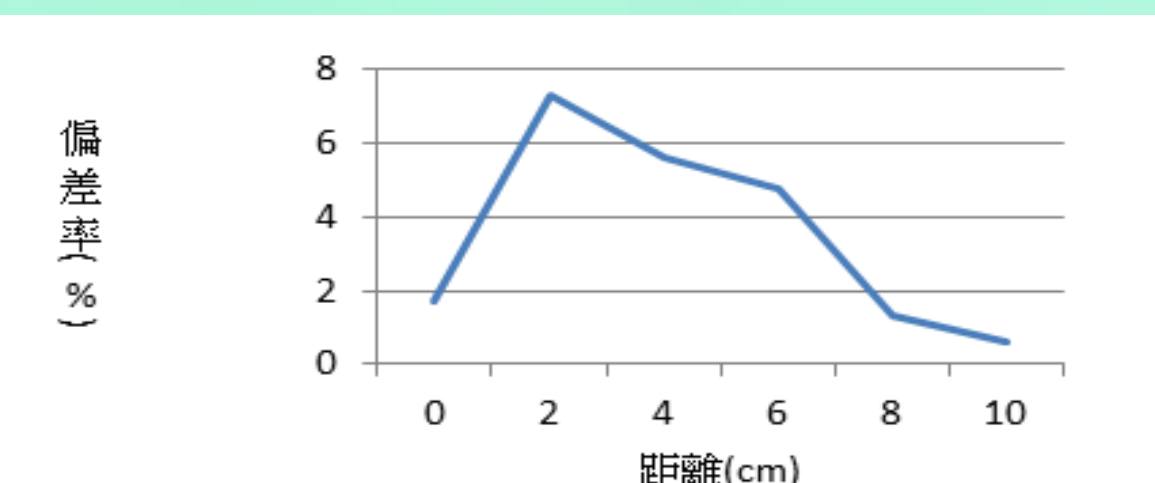
(圖5-13) 洋脊地形與洋流方向平行示意圖

另外，我們為了減少誤差，以密度為0.9g/cm<sup>3</sup>的蠟塊代替浮冰，確保每次實驗的浮冰(蠟塊)大小相同，形狀相等。

(一) 探討洋脊和洋流距離對浮冰偏差率造成的影響

流程：1.將水注入自製水槽(深度20cm)。  
2.將渦輪機分別調至速度4.5V放入水槽，開啟渦輪機並放入自製洋脊調整與洋流之距離。  
3.放入蠟塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖，並用Excel計算出其總移動距離平均速率。  
6.繪出偏差率的關係於圖5-14中。

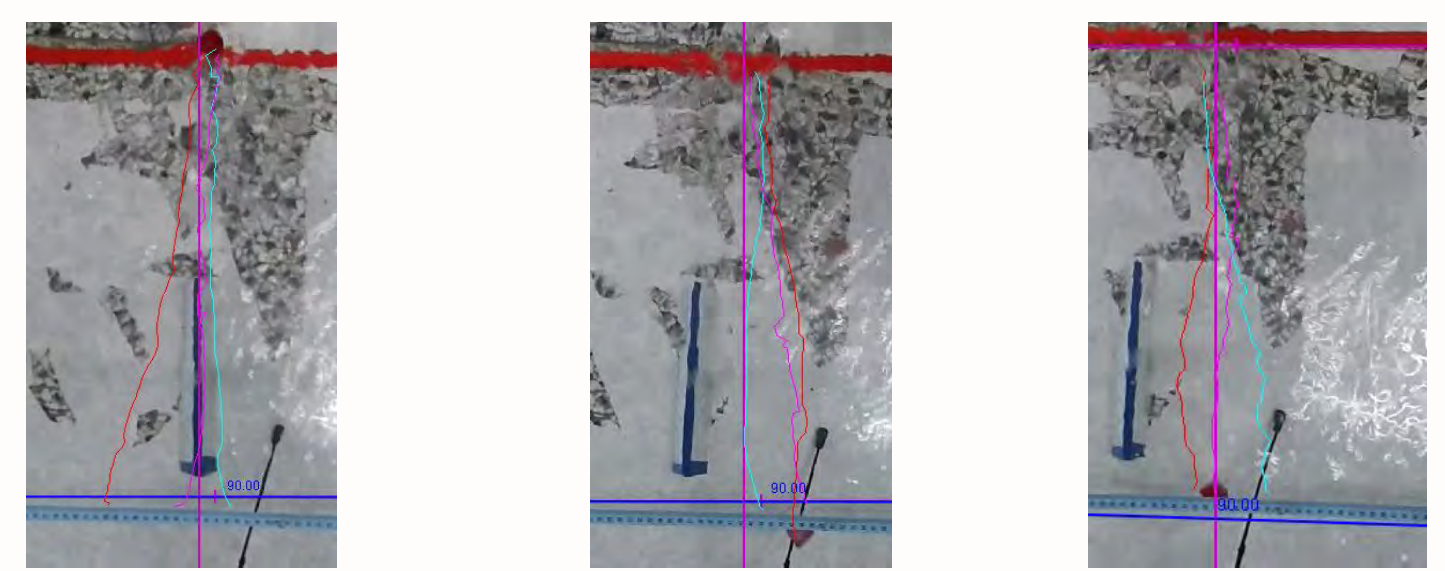
結果：



(圖5-14 洋脊距離對偏差率造成的影響)

\*由圖5-14中可看出當洋脊在洋流的中央時，其偏差率較小，而一移動洋脊位置，偏差率立即升高，再隨著距離越遠而下降。

討論：



(圖5-15距離0cm) (圖5-16距離4cm) (圖5-17距離6cm)

圖5-15中看出因洋脊之影響，洋流被分散，但因分散的角度與原洋流角度較均勻地往兩邊散開，因此計算誤差率不高(但實際誤差率應該是高的)。

圖5-16則因洋脊影響，浮冰一致向右偏，導致軌跡分散開，使得浮冰的流向較不一致。

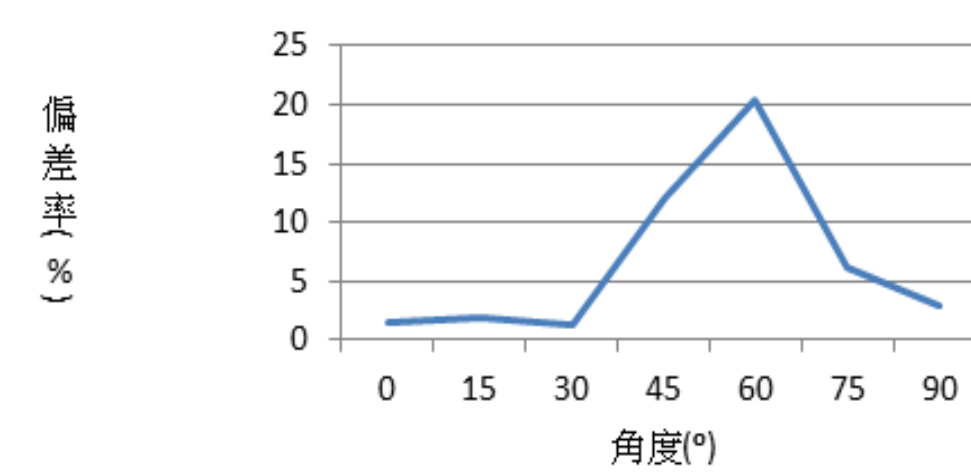
圖5-17中可看出，隨著洋脊的遠離，軌道也漸漸集中，誤差率較低。

故偏差率隨著距離越遠而下降。

(二) 探討洋脊和洋流夾角對浮冰偏差率造成的影響

流程：1.將水注入自製水槽(深度20cm)。  
2.將渦輪機分別調至速度4.5V放入水槽，開啟渦輪機並放入自製洋脊調整與洋流之夾角。  
3.放入蠟塊。  
4.攝影並記錄。  
5.用Tracker繪出路徑圖，並用Excel計算出其總移動距離平均速率。  
6.繪出偏差率的關係於圖5-18中。

結果：



(圖5-18 洋脊夾角對偏差率的影響)

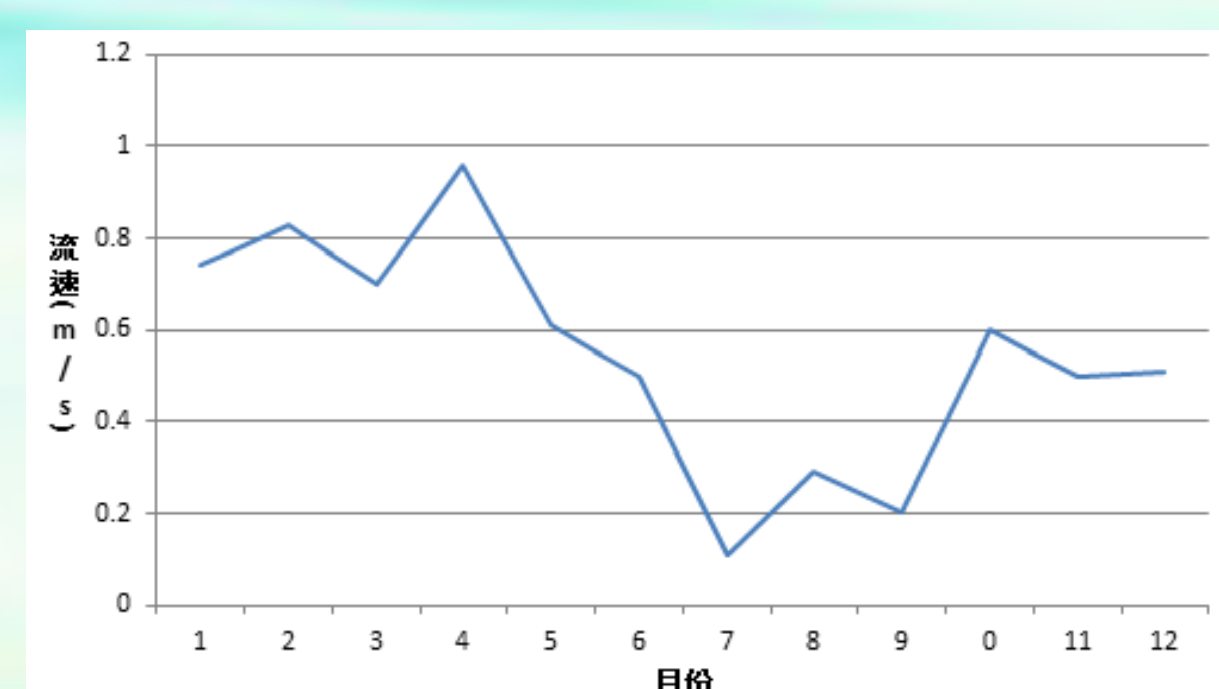
\*由圖5-18中可看出偏差率在30°至60°間呈現上升，於60°大到最高點，後下降。

### 陸、結論

- 一、流速越快，浮冰溶化速率越快。
- 二、流速越快，浮冰偏差率越低，直至高於速率(7.5V)後偏差率上升。
- 三、管徑大小不影響浮冰溶化速率。
- 四、管徑大小不影響浮冰偏差率。
- 五、流量不影響浮冰溶化速率。
- 六、流量不影響浮冰偏差率。
- 七、洋流越深，浮冰溶化越慢。
- 八、洋流越深，浮冰偏差率越高。
- 九、浮冰越大，浮冰溶化越快。
- 十、浮冰越大、浮冰偏差率越低。
- 十一、洋脊距離越遠，浮冰偏差率越小。
- 十二、洋脊角度為60°時浮冰偏差率最高。

### 柒、貢獻

我們在網路上找以下資料



(圖7-1 2016年北大西洋洋流流速變化圖)

依照圖7-1可發現整體來說7、8、9月份的流速最慢，透過我們的結果，可分析出這時的浮冰偏差率相對其他月份來得高，而照實驗結果溶化速率應較慢，但考慮夏天的溫度較高，浮冰溶得快，實際浮冰應該溶得不快也不慢。而冬天則是偏差率較低，但因氣溫較冷，溶得相對較慢。

故此我們做出結論：夏天浮冰容易偏離軌道但溶得快；冬天不易偏離軌道但溶得慢，因此夏天的冰山搜索應該要大範圍搜索，而冬天主要依照洋流路徑搜索即可。

未來希望能做出溫度的模擬，才能更加準確預測冰山的走向。

### 捌、參考資料

1. 國中教材自然科第六冊，人與地球
2. 蒲永平；王海龍(民103)掀開海浪你看不看。大陸：安徽人民出版社
3. 陳思斌；林天心；詹前宣(民100)水升火熱。南投：第五十一屆全國中小學科展地科
4. 林瑞宏(民98)風機節能管理技術。新竹：新頂系統股份有限公司
5. (西元1970) 國家海洋暨大氣總署。美國：NOAA <https://www.nodc.noaa.gov/goacd/drportal.html>
6. (西元1961) 中心法國國家空間研究 (CNES) <http://www.aviso.altimetry.fr/en/data/data-access/las-live-access-server/lively-data/2005/aug-17-2005-the-seasons-of-the-gulf-stream.html>
7. Tom Garrison ; Ocenography