

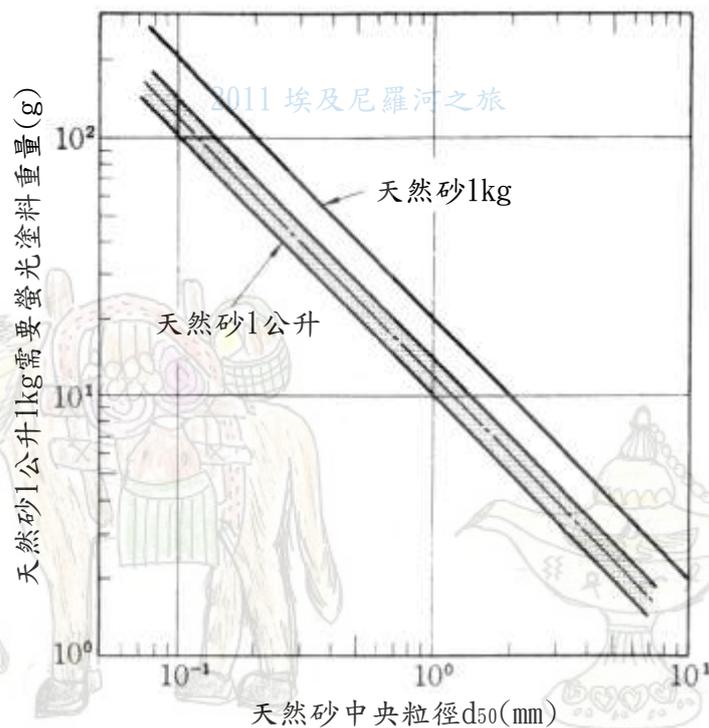
螢光砂調查

螢光砂調查目的是，將與現場相同粒徑及比重的底質，以某種形式標識的粒子(追縱劑)拋入海底，追縱其運動以瞭解漂砂移動狀況。

1. 螢光砂製作

螢光砂是將乾燥天然砂混合螢光塗料製成，其製作順序如下。

- ① 採取預定拋放螢光砂位置的底質或粒徑組成類似的底質，採取量為預定製作量的倍量。
- ② 將採得天然砂的一半用水清洗，去除微粒子成分後乾燥。
- ③ 對應天然砂的粒徑組成，依下圖所示比例將天然砂與螢光塗拌合，拌合作業如同砂漿拌合，每次拌合約 50kg。



- ④ 拌合後，置於塑膠紙上鋪成約 2cm 厚，陰乾 1~2 小時。
- ⑤ 乾燥後，用手輕揉，去除粒子間的黏著。
- ⑥ 將完成的螢光砂與天然砂，以 1:1 比例拌合，分裝於 20~50kg 的厚塑膠袋。
- ⑦ 拋放前晚，將各塑膠袋注入肥皂水，輕揉使水與砂混合。

2. 螢光砂拋放

拋放螢光砂的技巧，在於配合調查目的及海域狀況將適量螢光砂，盡可能不擾動海底狀況下輕輕拋入海底。

① 拋放量

1 次調查拋放量隨調查目的及海域狀況而異。

- i. 漂砂臨界移動、移動方向調查： $0.3\sim 1.0\text{m}^3$
- ii. 沿岸漂砂量調查： $0.1\sim 0.3\text{m}^3$
- iii. 局部漂砂量調查： $0.01\sim 0.05\text{m}^3$

② 螢光砂拋放

拋放螢光砂，通常是先將整袋塑膠袋拋入海底，再由潛水夫將塑膠袋盡可能平放，用刀子將袋子平切。沿岸漂砂測定是在碎波帶內帶狀拋放螢光砂，原則應作帶狀拋放，但是實際作業有困難度，通常採一定間隔拋放。漂砂臨界移動、移動方向調查及局部漂砂量調查為目的時，採用點狀拋放。

3. 螢光砂採樣

拋放螢光砂後，在預定時間間隔以拋放點為中心，採樣海底砂。觀測期間約為 1 週以下者，可將採樣時間間隔等分。觀測期間長達數個月者，通常投入後採樣時間間隔較短，爾後以指數間隔增長，一般底質採樣次數，1 次拋放會採樣 3~5 次。

設定採樣點網格，必要完全掌握螢光砂分布，經常發生採樣作業完成開始計數，發現螢光砂分布超出原訂採樣點網格外的事例。可於觀測船利用紫外線燈及簡易暗房，預先確定採樣範圍。

漂砂量調查必要在短期間大量採樣，需要為數不少的潛水夫同步採樣，採樣點位置定位困難，宜預先設置鋼管等標示採樣點，以利潛水夫作業，螢光砂樣本存於塑膠袋並編號。

測定螢光砂在海底中的垂直分布，可使用鑽芯採樣器，鑽芯後將水排出，將樣本取出，從表層以 2~3cm 厚度分割，裝入塑膠袋。

4. 螢光砂計數

在暗房，紫外線照射樣本，計數樣本中的螢光砂數，計數作業程序如下。

- ① 用水洗潔後，放於約 3x10x10cm 的金屬或塑膠容器。
- ② 加少量水，用金屬板絞拌成均一厚度。
- ③ 紫外線燈照射下，邊移動邊撿取螢光砂，使用計數器計數。
- ④ 重複各採樣點螢光砂計數。

5. 利用螢光砂測定漂砂量

① 螢光砂測定方法及種類

利用螢光砂測定漂砂量有空間積分法及時間積分法 2 種。前者可掌握螢光砂平面擴展，可得底質的擴散資訊，但是無法完全掌握螢光砂分布。後者螢光砂採樣作業簡單，但是無法完全掌握螢光砂的空間擴展。

i. 空間積分法

2011 埃及尼羅河之旅

採樣拋放點周邊多個點的螢光砂，並在代表點利用鑽芯採樣器採樣，測定螢光砂的平面分布及砂中分布厚度，螢光砂的移動速度可依下式計算。

$$u_m = \frac{1}{t} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} xp(x, y) dy dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} p(x, y) dy dx}$$

$$v_m = \frac{1}{t} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} yp(x, y) dy dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} p(x, y) dy dx}$$

u_m ， v_m 為螢光砂移動速度在 x，y 方向的分量， $p(x, y)$ 是採樣點(x, y)的螢光砂

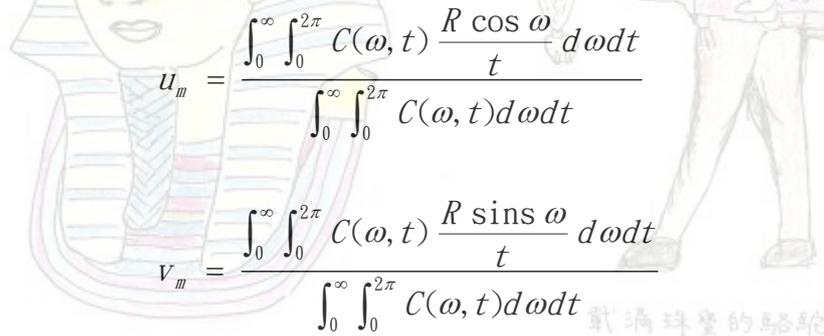
檢出數，t 為拋放後經過時間，x，y 是以拋放點為原點的直角座標。螢光砂的砂中分布厚度平均值為 b 時，單位時間單位寬的漂砂量 x，y 成分為

$$q_x = u_m b$$

$$q_y = v_m b$$

ii. 時間積分法

在螢光砂拋放點周邊設置多數固定的螢光砂採樣點，以拋放點為原點，採樣點與原點間距離為 R ，與向右為正的水平軸呈 ω 角度(逆時針向正)。至拋放螢光砂流出全部的採樣點為止，以一定時間間隔利用鑽芯採樣器採樣螢光砂，其檢出值為 $C(\omega, t)$ ，即得各採樣點螢光砂數的時間變化，螢光砂的移動速度可依下式計算。


$$u_m = \frac{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} C(\omega, t) \frac{R \cos \omega}{t} d\omega dt}{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} C(\omega, t) d\omega dt}$$
$$v_m = \frac{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} C(\omega, t) \frac{R \sin \omega}{t} d\omega dt}{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} C(\omega, t) d\omega dt}$$

為得到全方位分布，可將採樣點均勻配置以半徑為 R 的圓周上。

2011 埃及尼羅河之旅

② 局部漂砂量測定

測定海中 1 點的漂砂量，即局部漂砂量測定可利用上述「時間積分法」測定拋放量約為 $0.01 \sim 0.015m$ ，觀測時間約為數小時 \sim 1 日。

③ 沿岸漂砂量測定

平行海岸的漂砂總量，即沿岸漂砂量，理論上可沿垂直於海岸線的測線上設置多數拋放點，對各拋放點利用上述「時間積分法」同步測定即可，但是會勞師動眾，是不可能完成的任務。實際上是在垂直於海岸線方向，從平均潮位的灘線向外海約 $3/4$ 碎波帶寬 D ，拋放帶狀螢光砂，利用「時間積分法」或「空間積分法」求漂砂量。碎波帶以深雖然有漂砂移動，但是所占比例很小通常可忽視，在沿岸流發達處，必要選定無離岸流發生處。沿岸漂砂量可以下列方法計算。

i. 空間積分法

$$Q_x = bD \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} xC(x, y) dy dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} C(x, y) dy dx}$$

ii. 時間積分法

$$Q_x = bD \frac{R \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^{+\infty} \frac{1}{t} C(y, t) dt dy}{\int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} C(y, t) dy dt}$$



回港灣海岸調查觀測



載滿珠寶的駱駝

2011 埃及尼羅河之旅



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈