

「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」 疏濬工程粒狀污染物排放係數推估

李清華¹ 施俊安¹ 方信雄² 林明德³ 林隆儒² 秦丘翰¹

¹大葉大學環境工程學系

彰化縣大村鄉山腳路 112 號

²南投縣環境保護局

南投市中興路 660 號

³中興大學環境工程學系

台中市南區國光路 250 號

摘要

砂石疏濬工程衍生之粒狀污染物，常會嚴重影響週遭環境之空氣品質，為了解疏濬工程粒狀污染物的逸散情形，並推估疏濬工程粒狀污染物的排放係數，本研究乃選擇南投縣「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場作為調查對象，本研究於該疏濬作業場所進行總懸浮微粒（total suspended particle, TSP）與砂石車流量之現場監測，TSP 之監測係於每各監測點以每一小時進行一點次監測，而車流量監測係於每各監測點以每一小時進行雙向共兩點次之監測，總計共監測 TSP 60 個點次與車流量 120 個點次，根據上述各項現場監測值，本研究計算推估出「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程之粒狀污染物排放係數為 0.045 kg/m^3 ，亦即平均每疏濬 1 m^3 之砂石會產生 0.045 kg 之粒狀污染物。

關鍵詞：疏濬，逸散粉塵，現地量測，排放係數

Estimation of the Fugitive Dust Emission Factor for Sand-Dredging the Chen-Yu-Lan River, Nantou County, Taiwan

CHING-HWA LEE¹, CHUN-AN SHIH¹, SHING-SHYONG FANG², MIN-DER LIN³, LUNG-LU LIN² and CIOU-HAN CIN¹

¹ Department of Environmental Engineering, Da-Yeh University

No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C

² Environmental Protection Bureau of Nantou County

660, Chung-Hsin Rd., Nantou City, Taiwan

³ Department of Environmental Engineering, National Chung-Hsin University

250, Kuo Juang Rd., Taichung 402, Taiwan, R.O.C

ABSTRACT

Periodic dredging is needed to clean the sand and gravel deposited in a river; however, due to the associated dust emission problem, nearby residents typically complain profusely about the dredging process. To better understand dust emission behavior during the dredging procedure, the Chen-Yu-Lan River, Nantou County, Taiwan, was selected as the site for this study. The fugitive dust emission factor for dredging this river was calculated by on-site field measurements of the TSP (total suspended particulates) and the number of trucks. The results of this study indicate that the fugitive dust emission factor for dredging the Chen-Yu-Lan River is 0.045 kg/m^3 , meaning that 0.045 kg of fugitive dust will be emitted for each 1 m^3 of sand during the procedure.

Key Words: dredging, fugitive dust, field measurement, emission factor

一、前言

台灣夏季時常遭遇颱風侵襲，每當颱風過後河川沿岸土石大量被沖刷至河道中造成河床淤積，因此常需進行河川土石疏濬以解決河道中砂石淤積問題，其中南投縣於民國 93 年度共進行疏濬工程 113 件，另南投縣於民國 94 年度亦進行疏濬工程 47 件，94 年度共疏濬 $4,469,091 \text{ m}^3$ 之河川砂石。然而疏濬工程之進行常衍生大量之粒狀污染物，嚴重影響週遭空氣品質，為了解南投縣疏濬工程粒狀污染物的排放情形，本研究乃選擇南投縣信義鄉「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場作為本研究之研究對象，此疏濬工程之實際疏濬作業面積較小（約 6000 平方公尺），且地勢平坦較容易進入現場進行相關監測作業，因此本研究乃於此疏濬作業現場進行總懸浮微粒（total suspended particle, TSP）與砂石車流量之監測工作，以了解該疏濬工程之粒狀污染物排放情形。本研究主要是於「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場監測其 TSP 之上風（背景值）與下風值，並藉由 TSP 上風值與下風值之差異，及根據疏濬作業現場所監測之砂石車流量，來計算推估疏濬工程之粒狀污染物排放係數，亦即每疏濬 1 m^3 砂石所衍生之粒狀污染量。

二、TSP 與砂石車流量之監測方法與步驟

本研究為了解砂石疏濬工程之粒狀污染物排放情形，選定「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程進行現場 TSP 及砂石車流量之監測，相關監測方法與步驟介紹如下。

（一）TSP 監測方法與地點

本研究採用之 TSP 監測方法與步驟係依據我國環保署環檢所公告之標準方法（NIEA A102.12A [1]），本研究於民國 94 年 12 月 19 日及 12 月 20 日兩天於「陳有蘭溪十

八重溪匯流處下游」疏濬工程進行 TSP 之監測，本研究共於現場放置 4 個 TSP 高流量採樣器，各採樣器之相關位置分別為下風點 1、上風點 1、上風點 2 及上風點 3（如圖 1 所示），另 TSP 之監測係以每一小時為一個時段，亦即 TSP 之量測值係以一個小時為量測期間。

（二）車流量監測方法及地點

本研究亦於 12 月 19 日及 12 月 20 日兩天於該疏濬作業進行車流量監測，車流量監測位置與 TSP 採樣器之位置相同（如圖 1），由於進出疏濬作業現場之車種僅有砂石車，故本研究車流量之監測對象只有砂石車，本研究採用之砂石車流量監測方法係以現場人工紀錄方式，來紀錄雙向砂石車數量之多寡，另車流量監測係以每一小時為一個時段，亦每一個時段於每一監測點雙向共計有兩點次之砂石車流量監測結果。

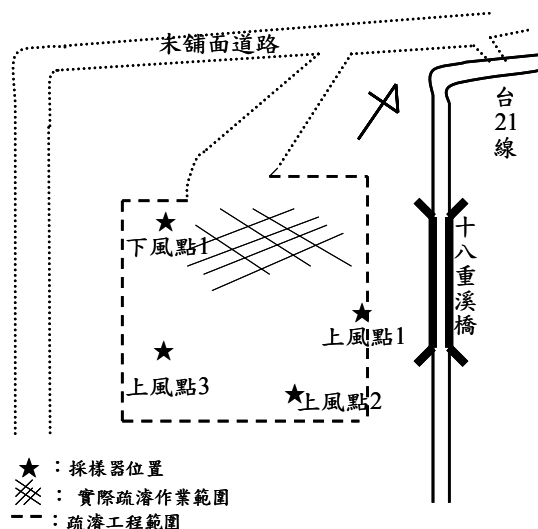


圖 1. 「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程之 TSP 採樣器位置

三、TSP 監測結果與討論

本研究於 12 月 19 日中 4 個 TSP 採樣器分別監測 7 個小時點次，另於 12 月 20 日中 4 個採樣器則分別監測 8 個小時點次，每一小時為一個時段，每個時段監測 4 個點次，總計這 2 天共監測 TSP 60 個點次。

表 1 列有 12 月 19 日（星期一）於 09:25~16:55 中 7 個時段共 28 點次之 TSP 監測結果，由此表得知計有 10 個點次超過法規值（500 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ），超過法規值的點次皆位於下風點 1 及上風點 3，其超過法規值（500 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）之點次分別為 6 個及 4 個。由於下風點 1 位於疏濬工程下風處且鄰近疏濬進出運輸道路旁，其砂石車流量大，故 TSP 監測值偏高，因此其 TSP 監測值超過法規值之比率高達 86%，其中其 TSP 最大監測值為 4287.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （5125.41 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ），發生於 11:35~12:35 時段，而最小監測值為 245.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （289.06 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ），發生於 9:25~10:25 時段，其 TSP 高低差異達 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （4900 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）。另上風點 3 由於靠近疏濬作業面，故其 TSP 監測值亦較高，其最大 TSP 監測值為 758.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （889.73 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）發生於 13:45~14:45 時段，而最低值為 117.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （138.20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）發生於 9:25~10:25 時段，雖然上風點 3 之最大 TSP 值亦超過法規值，但與下風點 1 之最大值相比，約降低 3500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，故可知下風點 1 之粒狀污染物情形最為嚴重。另其他位於上風處之採樣點（亦即上風點 1 及上風點 2），因距離疏濬作業面較遠，故其各時段

之 TSP 監測值皆較低，其 TSP 監測值約介於 15.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （17.80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）至 241.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （283.91 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ），這些 TSP 監測值皆小於法規值，由上可知由於下風點 1 與上風點 3 因較靠近疏濬作業面，故其衍生之粒狀物染物較為嚴重，而上風點 1 及上風點 2 因距離作業面較遠，其附近之空氣品質較為良好。

表 2 則列有 12 月 20 日（星期二）於 08:25~17:00 中 8 個時段共 28 點次之 TSP 監測結果，表 2 中顯示共有 10 個點次超過法規值（500 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ），係出現於下風點 1 及上風點 3，其中下風點 1 有 6 個點次超過法規值，上風點 3 有 4 個點次超過法規值，然而位於上風點 1 及上風點 2 則皆無超過法規值之現象，其原因同上主要是因為下風點 1 與上風點 3 因較靠近疏濬作業面，故其衍生之粒狀物染物較為嚴重，而上風點 1 及上風點 2 因距離作業面較遠，其 TSP 監測值較低。下風點 1 之 TSP 最大監測值為 9691.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （11503.93 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）發生於 11:35~12:35 時，而最小監測值為 213.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （247.91 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ），其 TSP 高低差異達 9400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （11000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）。而上風點 3 之最大 TSP 監測值為 996.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （1174.52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）發生於 10:35~11:35 時段，最低值 69.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （80.24 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）則發生於 8:25~9:25 時段。另上風點 1 及上風點 2 因距離疏濬作業面較遠，故其粒狀污染物監測值則較低，且皆小於法規值，其 TSP 監測值約介於 9.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （10.60 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）至 288.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （342.17 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）。

表 1. 12 月 19 日（星期一）各時段 TSP 監測結果彙整表

| 監測時段 | 總懸浮微粒濃度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (總懸浮微粒濃度， $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) | | | | 風速 (m/s) | 風向 | 灑水車 (輛) |
|-------------|--|----------|----------|----------|-------------|-----|------------|
| | 下風點 1 | 上風點 1 | 上風點 2 | 上風點 3 | | | |
| 09:25~10:25 | 245.38 | 26.64 | 15.11 | 117.31 | 0.57 | 北北西 | 0 |
| | (289.06) | (31.39) | (17.80) | (138.20) | | | |
| 10:30~11:30 | 2984.31 | 54.32 | 69.06 | 578.6 | 2.69 | 西北 | 0 |
| | (3546.39) | (64.56) | (82.07) | (687.58) | | | |
| 11:35~12:35 | 4287.58 | 71.95 | 131.14 | 705.01 | 3.83 | 北北西 | 1 |
| | (5125.41) | (86.01) | (156.76) | (842.78) | | | |
| 12:40~13:40 | 2358.19 | 127.17 | 87.01 | 387.1 | 4.10 | 西北 | 0 |
| | (2774.93) | (149.65) | (102.39) | (455.51) | | | |
| 13:45~14:45 | 2546.22 | 241.94 | 153.74 | 758.2 | 4.16 | 北 | 0 |
| | (2987.93) | (283.91) | (180.42) | (889.73) | | | |
| 14:50~15:45 | 2898.56 | 195.97 | 203.24 | 463.4 | 3.33 | 北北西 | 0 |
| | (3354.80) | (226.81) | (235.23) | (536.34) | | | |
| 15:55~16:55 | 1911 | 162.92 | 207.62 | 364.47 | 2.93 | 北 | 0 |
| | (2206.59) | (188.12) | (239.74) | (420.84) | | | |

表 2. 12 月 20 日 (星期二) 各時段 TSP 監測結果彙整表

| 監測時段 | 總懸浮微粒濃度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (總懸浮微粒濃度, $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) | | | | 風速 (m/s) | 風向 | 灑水車 (輛) |
|-------------|--|----------|----------|-----------|-------------|-----|------------|
| | 下風點 1 | 上風點 1 | 上風點 2 | 上風點 3 | | | |
| 08:25~09:25 | 213.9 | 109.6 | 83.88 | 69.24 | 0.37 | 東北 | 1 |
| | (247.91) | (127.02) | (97.22) | (80.24) | | | |
| 09:30~10:30 | 242.84 | 46 | 9.11 | 149.52 | 0.61 | 北北西 | 0 |
| | (282.61) | (53.53) | (10.60) | (174.00) | | | |
| 10:35~11:35 | 4583.82 | 42.04 | 97.95 | 996.53 | 2.41 | 北北西 | 0 |
| | (5402.53) | (49.55) | (115.45) | (1174.52) | | | |
| 11:40~12:40 | 7943 | 120.79 | 231.32 | 726.7 | 3.71 | 北北西 | 0 |
| | (9458.73) | (143.85) | (275.47) | (865.37) | | | |
| 12:45~13:45 | 7110.12 | 45.94 | 239.35 | 823.43 | 3.27 | 北北西 | 0 |
| | (8414.74) | (54.37) | (283.27) | (974.52) | | | |
| 13:50~14:50 | 9691.26 | 135.3 | 288.25 | 1419.32 | 3.96 | 北北西 | 0 |
| | (11503.93) | (160.61) | (342.17) | (168.79) | | | |
| 14:55~15:55 | 8405.39 | 81.58 | 256.98 | 780.15 | 2.73 | 北北西 | 1 |
| | (9871.75) | (95.81) | (301.82) | (916.25) | | | |
| 16:00~17:00 | 2327.97 | 233.07 | 180.34 | 142.9 | 1.39 | 北北西 | 1 |
| | (2704.81) | (270.80) | (209.54) | (166.03) | | | |

綜合表 1 及表 2 可得知這 2 天共皆監測 60 點次, TSP 監測結果中超過法規值 $500 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 的共有 20 個點次, 且下風處的 TSP 監測值比遠大於上風處的 TSP 監測值, 下風點 1 之 TSP 監測點次超過法規值之比率高達 80%。另發現在早上 10 點前各採樣點之 TSP 監測值皆小於 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 但過了 10 點之後 TSP 監測值隨之昇高, 其中午時段可達高峰, 其值最高可達 $9691.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 而到傍晚時段時 TSP 值才逐漸下降。在風速部份兩天監測下來可發現風速早晚差可達 3.5m/s , 早上時段風速明顯小於中午時段, 風向大部分為西北風或北北西風, 溫度於中午時段為最高溫, 壓力大約為 714 mm Hg , 濕度整天平均約為 30%, 因中午時段風速較強, 且溫度較高 (路面較乾), 此乃是造成各監測點於中午

時段會產生較高之粒狀污染物排放量之主要原因。

四、砂石車流量監測結果與討論

本研究於 12 月 19 日中 4 個 TSP 採樣位置分別監測車流量 7 個小時, 另於 12 月 20 日中 4 個 TSP 採樣位置亦分別監測車流量 8 個小時, 每一小時為一個時段, 每個時段監測 4 個點, 每個點雙向車流量皆有監測, 總計這 2 天共監測車流量 120 個點次。

表 3 為 12 月 19 日 (星期一) 於疏濬作業現場共監測 56 點次車流量之結果, 而表 4 則為 12 月 20 日 (星期二) 於疏濬作業現場共監測 64 點次車流量之結果。由表 3 及表 4 得知僅在下風點 1 處中有砂石車在活動, 其他 3 監測位置

表 3. 12 月 19 日 (星期一) 各時段砂石車流量監測結果彙整表

| 地點 時間 砂石車輛數 | 下風點 1 | | 上風點 1 | | 上風點 2 | | 上風點 3 | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 開進(空) | 開出(滿) | 開進(空) | 開出(滿) | 開進(空) | 開出(滿) | 開進(空) | 開出(滿) |
| 09:25~10:25 | 104 | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10:30~11:30 | 98 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11:35~12:35 | 122 | 125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12:40~13:40 | 84 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13:45~14:45 | 96 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14:50~15:45 | 104 | 108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15:55~16:55 | 96 | 141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4. 12 月 20 日（星期二）各時段砂石車流量監測結果彙整表

| 時間 \ 地點 砂石車輛數 | 下風點 1 | | 上風點 1 | | 上風點 2 | | 上風點 3 | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 開進(空) | 開出(滿) | 開進(空) | 開出(滿) | 開進(空) | 開出(滿) | 開進(空) | 開出(滿) |
| 08:25~09:25 | 66 | 59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09:30~10:30 | 101 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10:35~11:35 | 114 | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11:40~12:40 | 93 | 89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12:45~13:45 | 119 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13:50~14:50 | 132 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14:55~15:55 | 75 | 89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16:00~17:00 | 87 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

則皆無砂石車活動，根據現場觀察主要是因為下風點 1 是緊鄰疏濬作業現場，故疏濬車輛來往頻繁，而另外三點監測點因遠離（約距 150 公尺）疏濬現場作業面，因此無砂石車經過。根據表 3 而在下風點 1 中開進疏濬工程之砂石車流量介於 84~122 輛/小時，而開出疏濬工程之砂石車流量為 82~144 輛/小時，在此出入之砂石車載運量皆為 7 立方米，並無載運量為 14 立方米之砂石車。另根據表 4 在下風點 1 中開進疏濬工程砂石車流量介於 66~132 輛/小時，而開出疏濬工程砂石車流量為 59~112 輛/小時。

綜合表 3 及 4 之砂石車流量監測結果得知，此疏濬工程平均每小時開進之砂石車（空車）流量約為 99 輛/小時，而開出之砂石車（滿載）流量約為 100 輛/小時，開出與開進之砂石車流量平均值約相等，另早上時段砂石車流量較少，中午時段砂石車流量較大。另根據現場觀察得知，此疏濬作業現場之灑水車進出頻率較低，兩天大約 15 小時僅有 4 次灑水車通過。又由現場觀測得知，疏濬作業現場開挖之土石富含水分，因此疏濬作業現場之疏濬行為不易造成粒狀污染物之逸散揚起，但是疏濬作業現場由於載運疏濬砂石之砂石車往來頻繁，會造成大量之粒狀污染物逸散揚起。

五、疏濬工程粒狀污染物排放係數推估

根據前述之 TSP 上、下風監測值與砂石車流量監測值，本研究乃進行「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程之粒狀污染物排放係數推估，亦即推估平均每疏濬一立方米砂石所產生之粒狀污染量，相關計算步驟如下。

根據本研究現場量測之風向及現場架設 TSP 之採樣位置（如圖 1 所示），本研究將下風點 1 視為下風監測點，而上風點 1、2、3 則視為上風點監測點（亦即背景監測點），

「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程之粒狀污染物排放係數計算步驟如下：

1. 疏濬工程總下風 TSP 平均濃度：為 12 月 19 日及 12 月 20 日兩天下風點 1 共 15 點次下風監測之平均值

$$= (245.38 + 2984.31 + \dots + 8405.39 + 2327.97) / 15 \\ = 276.25 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

2. 疏濬工程總上風 TSP 平均濃度：為 12 月 19 日及 12 月 20 日兩天上風點 1、2、3 共 45 點次上風監測值平均

$$= [(26.64 + 15.11 + 117.31) / 3 + \dots + \\ (122.07 + 180.34 + 142.9)] / 3 / 15 = 3849.97 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

3. 疏濬工程上下風 TSP 濃度差值：

$$= (3849.97 \mu\text{g/m}^3 - 276.25 \mu\text{g/m}^3) = 3573.72 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

4. 疏濬工程 TSP 逸散量：假設高度 5 公尺以上之大氣中並無逸散性粒狀物存在，且在 5 公尺內空氣中之粒狀物濃度為一定值且與量測結果相同，因此若監測區域之迎風面寬為 L 公尺，則其含有逸散性粒狀物且與風向垂直之縱向截面積為 $L \times 5$ 平方公尺 [3]，配合疏濬工程上下風 TSP 濃度差值及監測時段所量得之風速，則「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程 TSP 逸散量可由下式公式推估之：

$$F = C \times L \times 5 \times u \quad (1)$$

F：該監測區域之 TSP 逸散量 (kg/hr)

- C：疏濬前後 TSP 平均濃度差異值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 =疏濬工程總下風 TSP 平均濃度值-疏濬工程總上風 TSP 平均濃度值 (背景值) = $3573.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- L：迎風面之面寬(現場實際之疏濬面寬,約為 182.88 m)
- u：平均風速(根據表 1 及表 2 各時段風速之平均值為 2.67m/s)

將上述之 C、L、u 值代入 (1) 式可得：

$$F=3573.72(\mu\text{g}/\text{m}^3)\times 182.88(\text{m})\times 5\times 2.67(\text{m}/\text{s})\times 3600(\text{s}/\text{hr})/10^9(\mu\text{g}/\text{kg})=31.41(\text{kg}/\text{hr})$$

5. 疏濬工程粒狀污染物排放係數：可以由下式公式求得

$$EF=F/V \quad (2)$$

- EF：疏濬工程 TSP 排放係數 (kg/m^3)
- F：為該監測區域之 TSP 逸散量 (kg/hr)
- V：每小時砂石車通過該區域所載運之砂石體積總量(根據表 3 及表 4 得知平均開出疏濬作業現場之滿載砂石車數為 99.67 輛/小時,又經現場觀察,在此活動之砂石車皆為 7 立方米之砂石車,故 $V=99.67 \times 7=697.69 \text{ m}^3/\text{hr}$)

故疏濬工程粒狀污染物排放係數 (EF) 計算如下：

$$EF=31.41(\text{kg}/\text{hr})/697.69(\text{m}^3/\text{hr})=0.0451(\text{kg}/\text{m}^3)$$

亦即疏濬工程平均每疏濬 1 立方米之砂石產生 0.0451kg 之粒狀污染物。

六、不同疏濬工程之粒狀污染物排放係數比較

另為了解「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程粒狀污染物排放係數與其他疏濬工程之差異,本研究乃將本研究結果與施俊安 [2] 中「集集攔河堰」疏濬工程之粒狀污染物排放係數進行比較分析。

表 5 為本研究彙整「集集攔河堰」與「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程之 TSP 背景濃度、TSP 現場作業濃度、平均風速、平均砂石車數、平均含水率、平均逸散量及平均排放係數之監測結果。根據 Lee 等 [3] 「集集攔河堰」疏濬工程之 TSP 與車流量之監測背景值係以疏濬前(未開工時)之監測結果為依據,其 TSP 濃度差值係以「疏濬期間 TSP 平均濃度 ($213.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) - 疏濬前(亦即背景濃度) TSP 平均濃度 ($129.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$)」之方式計算,而「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」之 TSP 濃度差值則係採用「全部下風 TSP 平均濃度 ($3849.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$) - 全部上風(亦即背景濃度) TSP 平均濃度 ($276.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)」之方式計算。

由表 5 可以發現,「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場排放係數高於「集集攔河堰」疏濬作業現場排放係數,造成此原因主要可能為「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場之風速高於「集集攔河堰」疏濬作業現場之風速,約高 0.86m/s,而「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場開出之砂石車數,亦高於「集集攔河堰」疏濬作業現場之砂石車數,平均每小時開出方向(滿載)約多出 15 輛,另根據現場觀測得知「集集攔河堰」疏濬作業現場灑水車經過頻率約 1 小時一次,而「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場灑水車經過頻率僅約 0.27 次/小時。綜合上述由於「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現

表 5. 不同疏濬工程之排放係數比較表

| 疏濬工程名稱 | 總懸浮微粒濃度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (總懸浮微粒濃度, $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) | | 疏濬工程面積 (m^2) | 平均開出砂石車 (輛/小時) | 平均風速 (m/s) | 平均灑水 頻率 (次/小時) | 平均逸散 量(kg/hr) | 排放係數 (kg/m^3) |
|---------------------------|--|--------------------|----------------------------|-------------------|---------------|----------------------|------------------|------------------------------------|
| | 背景濃度 | 現場作業濃度 | | | | | | |
| 集集攔河堰 疏濬工程 | 129.27 (疏濬前) | 213.01 (疏濬期間) | 300,000 | 85 | 1.81 | 1 | 2.73 | 0.003 |
| | (163.41) (疏濬前) | (276.89) (疏濬期間) | | | | | | |
| 陳有蘭溪十八重 溪匯流處下游疏 濬工程 | 276.25 (上風) | 3849.97 (下風) | 6,000 | 99.67 | 2.67 | 0.37 | 31.41 | 0.045 |
| | (305.53) (上風) | (4341.22) (下風) | | | | | | |

場之風速與砂石車數較高，且其灑水頻率較低，因此造成「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬作業現場排放係數遠高於「集集攔河堰」疏濬作業現場排放係數。另根據本研究現場實際觀察得知 TSP 採樣器架設之位置，亦會對 TSP 監測值有影響，亦即如 TSP 採樣器架設之位置緊鄰疏濬作業現場，則其 TSP 監測值將會較大，反之如採樣器架設離疏濬作業現場較遠，則 TSP 監測值將會較低。由此可知不同疏濬作業現場因不同之現場作業及 TSP 監測情形，其排放係數亦會有所不同。

七、結論與建議

1. 根據現場觀測發現，疏濬作業現場開挖之土石富含水分，因此疏濬作業本身之開挖行為並未造成嚴重之粒狀物逸散，反而是載運疏濬砂石之砂石車於疏濬工程作業面往來頻繁，會造成大量粒狀污染物逸散。
2. 本研究各監測點之 TSP 監測結果顯示，每日於中午時段，由於風速及砂石車流量較大，故其 TSP 值達到最高峰。
3. 「陳有蘭溪十八重溪匯流處下游」疏濬工程作業現場粒狀物逸散量為 $0.045\text{kg}/\text{m}^3$ ，亦即疏濬工程平均每疏濬 1

立方米之砂石產生 0.045kg 之粒狀污染物。

4. 根據本研究之研究成果顯示，影響疏濬工程粒狀污染逸散量之因素除了現場量實測之砂石車數、風速及灑水頻率外，另根據本研究現場實際觀察得知 TSP 採樣器架設之位置，亦會對 TSP 監測值有影響，亦即如 TSP 採樣器架設之位置緊鄰疏濬作業現場，則其 TSP 監測值將會較大，反之如採樣器架設離疏濬作業現場較遠，則 TSP 監測值將會較低。

參考文獻

1. 中華民國環境檢驗所（民 95），空氣中粒狀污染物檢測法－高量採樣法（NIEA A102.12A）。
2. 施俊安（民 95），砂石疏濬工程粒狀污染物排放係數推估之研究，大葉大學環境工程系碩士班碩士論文。
3. Lee, C. H., L. W. Tang and C. T. Chang (2001) Modeling of fugitive dust emission for construction sand and gravel processing plant. *Environmental Science & Technology*, 35(10), 2073-2077.

收件：95.11.02 修正：96.05.16 接受：96.06.25