

**臺北市政府創意提案競賽提案表**

提案類別	<input type="checkbox"/> 創新獎 <input checked="" type="checkbox"/> 精進獎 <input type="checkbox"/> 跨域合作獎
提案年度	107年度
提案單位	臺北自來水事業處/淨水科直潭淨水場
提案人員	主要提案人：周宗毅 貢獻度：40% 參與提案人：黃耀賢、邱志任、謝澤楨 貢獻度：各20%
提案範圍	(四) 有關各機關業務推動方法、作業流程及執行技術之改進革新事項
提案名稱	排砂除泥三部曲，連續颱風免煩惱
提案緣起	<p>一、面臨極端氣候嚴峻考驗，肩負 375 萬人用水安全</p> <p>近年來，由於極端氣候「短時強降雨」現象，造成新店溪主要水源(約占97.5%)原水濁度屢創新高，而北水處總供水人口500萬人，其中高達375萬人(約占75%)係由直潭淨水場供應，職是以故，在面對極端氣候及肩負廣大市民用水安全的雙重挑戰下，如何確保民眾用水權利，免於缺水之苦，成為北水處直潭淨水場首要面對的嚴峻課題。</p> <p>二、「鑑往知來」轉念為「鑑來知往」</p> <p>有鑑於以往面對12,000 NTU 的特高濁度原水，仍可產出符合飲用水標準的自來水，使北水處相信過往的操作經驗及設施狀況，足以面對未來的變化。然而，當104年蘇迪勒颱風原水濁度快速飆至歷史新高39,300 NTU，原水濁度趨勢嚴重脫離預期及掌控後，發現「<u>過往</u>」之操作經驗已不足以因應「<u>未來</u>」，因此，本提案的緣起及動機，即是如何將「鑑往知來」轉念為「鑑來知往」，亦即期望藉由精準分析「<u>未來導向</u>」，才能正確地為未來做好萬全準備。</p> <p>經由同仁長期縝密地觀察分析與驗證，發現蘇迪勒風災後「集水區一下雨，濁度立即飆升」(如圖1)，而高濁度原水所產生之淤泥，將影響沉澱池有效容量，當持續處在高濁度原水條件下，甚或造成淨水場之癱瘓(如表1)！因此，我們將「未來導向」設定為連續颱風來襲，針對<u>取水系統</u>、<u>緩衝系統</u>及<u>淨水系統</u>等三個面向，提出相關排砂除泥之各項精進作為。</p>



圖1 雨量與濁度關係圖

表1 不同濁度沉澱池承受能力

原水濁度 NTU	加藥量 ppm	淤泥高度(溼基) cm/day	沉澱池承受能力 hr
500	50	37	183(約7.5日)
2,000	70	145	46(約3日)
6,000	100	434	16
10,000	120	723	9
30,000	360	2,168	3

實施方法、過程及投入成本

針對連續颱風強降雨帶來特高濁度原水，本提案主要係擬訂「排砂除泥三部曲」對策因應，期望當長期處於特高濁度原水的惡劣條件下，淨水場仍能維持淨水處理程序正常運作，相關作法茲說明如下：

一、第一部曲—取水系統庫容提升（水力排砂）

直潭壩水庫主要功能係蓄高水位以確保直潭淨水場取水穩定，自民國67年完工啟用至105年止的30餘年間未曾放空進行整體修繕，面對過往原水濁度不高的情況下，淤積的庫容尚不影響運作，然於104年蘇迪勒及杜鵑連續風災後，特高濁度原水遞延效應相當明顯(10,000NTU 以上達14小時，遠超過以往最長的0.5小時)，造成水庫淤積持續增加，對直潭壩蓄水容量及取水穩定均造成重大影響。

爰此，北水處依經濟部水利署「加強河川野溪及水庫疏濬方案」略以：「加強堰壩水力排砂具補充下游砂源，可避免影響河防及橋梁安全」作為操作原則，擬定以下各項精進措施，期許將水力排砂效益最大化。

實施方法：

(一)改變閘門開度建立主河槽：直潭壩水庫計有7道溢洪道閘門，本作法係藉由開啟不同位置閘門，進行兩次洩降排砂及空庫排砂操作，藉以排除部分淤砂並建立主河槽（如圖2）。

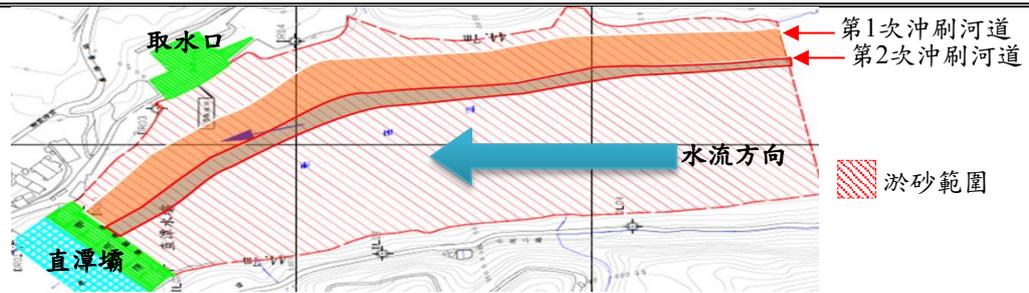


圖2 直潭壩水庫主河槽示意圖

(二) 再於庫區關引道提高排砂效益：本作法係於庫區淤砂位置新關2段引道，配合上游翡翠水庫發電放水所增加之流量，引入並冲刷引道兩側，藉以提高淤砂效益，增加庫容量（如圖3）。

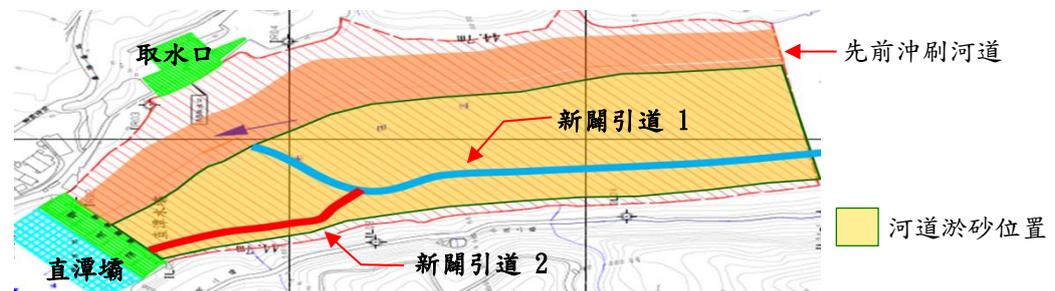


圖3 新關引道穿越庫區淤砂示意圖

(三) 建立 SOP 作為常態性操作管理：為避免庫容再次因常年淤積而影響蓄水功能，藉由2次操作水力排砂經驗建立 SOP，作為往後每年非汛期期間，擇適當時機再次進行水力排砂作業。（106年11/27~12/11已依循實施）

## 二、第二部曲—緩衝系統活化操作（排砂+除泥）

由直潭壩取水口經第一原水管路至直潭淨水場之第1道淨水設施就是沉砂池，原設計僅具排砂溢流功能，即排除比重較大的砂粒和調節原水進流量，因容積太小，當原水流速太快，幾無有效沉降泥砂或降低原水濁度的效果。為活化沉砂池使其發揮排砂及除泥效果，本提案透過同仁團隊合作、腦力激盪並發揮專業能力，研擬相關精進措施說明如下。

### 實施方法：

(一) 活化操作發揮排砂效果：直潭

淨水場前於沉砂池增設擋板以緩衝水流沖力後，對原水中泥砂之去除成效雖已獲有效驗證，然易造成沉砂池擋板間產生淤積問題，本作法主要係針對排砂進行活化操作，即在不同原水濁度泥砂含量不同之考量下，建立不同濁度之排砂道閘門開度（如表2），並於沉砂

表2 不同濁度排砂閘門開度

濁度(NTU)	排砂閘門開度
500-2,000	5%(5萬噸)
2,000-4,000	10%(10萬噸)
4,000-20,000	30%(30萬噸)

淨水場前於沉砂池增設擋板以緩衝水流沖力後，對原水中泥砂之去除成效雖已獲有效驗證，然易造成沉砂池擋板間產生淤積問題，本作法主要係針對排砂進行活化操作，即在不同原水濁度泥砂含量不同之考量下，建立不同濁度之排砂道閘門開度（如表2），並於沉砂

池中架設2組30Hp 抽泥馬達，以避免池體死角泥砂淤積而影響效益。

(二)改變加注發揮除泥效果：為再增加沉砂池除泥效果，本作法係將取水口淨水處理助凝藥劑—高分子的加藥效果再提升，即加注系統由單點改為多噴孔，以使藥劑充分發揮處理成效，使原水中較細小的泥凝結成較大、較重的顆粒，以利沉砂池在有限空間內快速移除。圖4為取水口高分子加藥改善之示意圖。

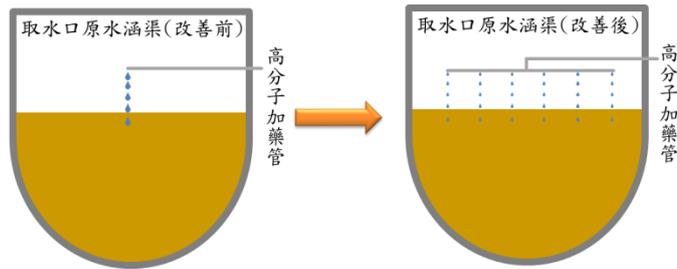


圖4 取水口高分子加注系統改善示意

### 三、第三部曲—淨水系統效能再升級（除泥作業）

過往，淨水系統重要單元沉澱池所產生之淤泥係採用人工清洗的方式去除，平均清洗1池約需2-3天，全場沉澱池計49池，清洗一輪至少需150天，當面臨頻繁侵襲的特高濁度原水時，人工清洗緩不濟急，將嚴重影響設備處理容量甚或造成淨水場之癱瘓，因此，如何建置一套快速除泥系統刻不容緩！

本作法係於直潭淨水場第2座及第3座淨水設施沉澱池（如圖5）建置全國首創的單軌式單刮板刮泥機組，具機械結構簡單、故障率低、維護容易等優點，經104年底至105年初的設計、招標及發包作業，105年1月22日簽訂契約，3月29日開工，8月5日先完成第2座刮泥機組且即時投入運轉，於該年颱風期間即發揮亮眼功效；11月24日則再完成第3座刮泥機組，至此共64組刮泥機組投入運轉；106年4月接續建置第6座刮泥機組，並於同年12月完成36組機組投入運轉；至此，直潭淨水場共建置有100組刮泥機組，確保北水處直潭淨水場於特高濁度期間170萬噸（相當於供應340萬人口；占總設備容量340萬噸之50%）之出水產能。



圖5 刮泥機組於直潭場分佈圖（第2、3及6座）

刮泥後的排泥伴隨產生廢水，為使廢水量極小化，我們採用 Adaptive Control (適應性控制) 的策略進行刮泥機組的操作：

(一) 面對颱風高濁度原水時，刮泥機採連續性的 24 小時運作，並配合法規於濁度高於 2,000 NTU 時進行緊急放流措施，此時因採緊急排放，維持沉澱池的功能為首要目標，廢水量不受限制。

(二) 隨著原水濁度下降，刮泥機組及排泥採行定期運轉，於原水濁度 300 NTU 以下，各座沉澱池之刮泥機組及排泥功能每週分別運行 2 次。

(三) 為使刮泥及排泥的運作更具效率，低濁度時廢水量極小化，刮泥機組及排泥之運作依據不同濁度下沉澱池淤泥的累積速度，採行全自動化的運作。詳細的說明如附件 1 所示。

有關北水處因應連續颱風強降雨帶來特高濁度原水，所採行排砂除泥三部曲的成效，茲綜整說明如下：

#### 一、水力排砂的成效

105年兩次利用庫容水量及翡翠水庫發電放流進行之洩降排砂及空庫排砂，總計清淤量達19.3萬 m<sup>3</sup>，蓄水區庫容由63%提升至82%；由於該作業成效良好，106年賡續辦理相關作業，清淤總量再提升至29.1萬 m<sup>3</sup>，庫容更進一步提升至91%。如圖8之對照。



圖8 直潭壩水庫清淤前後之對照

#### 二、刮泥機組在颱風期間展現的效益

105年梅姬等颱風期間，第2座淨水設施刮泥機組投入運轉，因緊急性放流所帶來的效益，可以節省「清洗沉澱池淤泥費用」、「淤泥處理代操作費用」及「清運淤泥餅費用」，結果整理如表3，約節省相關經費達289萬元，並且可以看到當颱風所帶來的原水濁度越高，節省費用越多；另106年汛期，第2座及第3座刮泥機組一併投入運轉所節省之相關經費更進一步再提升至1,122萬元。

實際執行  
(未來預  
期)成效

表3 105年颱風刮泥機組之效益分析

	單位費用 (元/50萬噸/day)	節省費用(元)		
		莫蘭蒂	馬勒卡	梅姬
2,000~2,499	1,010,106	81,019	81,019	44,192
2,500~3,499	1,512,625	165,443	275,739	143,384
3,500~4,499	2,015,143	102,856	88,163	161,631
4,500~5,499	2,516,894	110,114	-	18,352
5,500~6,499	3,019,412	-	-	66,050
6,500~7,499	3,521,163	-	-	102,701
7,500~8,499	4,023,682	-	-	58,679
8,500~9,499	4,525,432	-	-	32,998
9,500以上	5,027,951	-	-	1,356,499
	合計	459,433	444,920	1,984,486
	總計			2,888,839

### 三、廢水量減少的效益分析

操作方式之精進效益，所呈現的結果是廢水量的減少；經計算，如106年均以定期操作模式運作產生的廢水量約453,696 m<sup>3</sup>，全自動化的操作方式則使廢水量減少至269,688 m<sup>3</sup>，總計減少廢水量達184,008 m<sup>3</sup>(約41%)，詳細的效益計算如附件2。

### 四、無形之效益

- (一)縮短減水時間並可加速復水：本提案無形中可減少自來水管網空管之機率，據以往經驗，每次空管再復水作業，至少需動員300人次於大台北地區內進行排水排氣操作。
- (二)降低淤泥處理廠之負荷：特高濁度原水帶來的淤泥，可連續刮泥並緊急放流措施排放，避免進入淤泥處理廠造成超額負荷。
- (三)勇於面對挑戰，提升市府形象：105、106年北水處直潭淨水場在沒有失誤空間的壓力下，兢兢業業的達成全年供水無缺的任務，並多次獲得媒體的正面報導（整理如附件3）。

### 五、整體效益再驗證

對於北水處而言，所有進行的改善措施及新增設備都是為了可在連續颱風、暴雨期間持續供給穩定的自來水，105年梅姬颱風過境的減水期間，直潭淨水場的出水量仍維持118萬噸/日，可讓至少236萬市民免於缺水之苦；在經過1年的進化及經驗累積，讓直潭場於各方面的操作更加熟念，進一步於106年卡努颱風及東北季風共伴效應期間，除維持正常出水外，並仍能支援台北水公司平均35萬噸/日用水量(相當於70萬人的用水)，相關資料可參閱北水處新聞稿，如附件4。

#### 相關附件

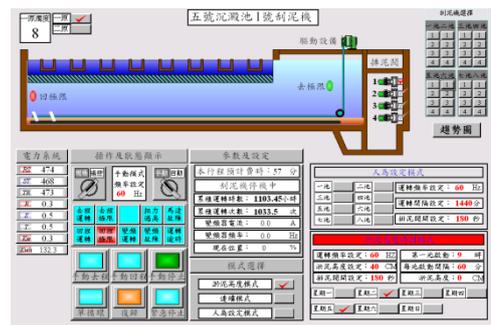
附件1：刮泥排泥全自動操作說明、附件2：廢水量減少的效益分析、附件3：媒體報導整理、附件4：卡努颱風後北水處新聞稿

#### 聯絡窗口

姓名：周宗毅 電話：02-26668471分機516  
Email：cychou@water.gov.taipei

## 附件1 刮泥排泥全自動操作說明

在既有定期操作模式中除連續模式為24小時連續刮泥及人為設定模式於固定間隔時間刮泥外，平時主要以每星期刮泥兩次進行操作，惟該模式啟動刮泥時程、刮泥運轉速度及排泥時間皆採人為調整，畫面如圖1的②處所示，並未針對原水濁度及淤泥量自動調整，恐造成淤泥累積過多或刮泥次數不足，另外無法達到全面自動化額外增加操作人員工作量。



附圖1 刮泥機組操作畫面

### 全自動化操作說明

原二、三座定期操作模式採固定日期或淤泥高度達40公分(可調)即進行刮泥1次，每次排泥約180秒(可調)，且每一池間格1小時(可調)才能刮泥，以每座有八池計算，需約8小時才能完成整座刮泥，相關設定雖可由操作人員自由調整，惟過多設定仍無法達到最佳化操作，現改淤泥高度模式模式，由程式依進水量、濁度及淤泥高度自動調整刮泥機運轉頻率及排泥時間以達到最佳化操作，同時未免平日操作須8小時才能完成1次刮泥行程，現改以同時刮泥分段排泥方式，可將原由刮泥時間降至1.88小時即可完成，相關調整說明如下：

#### 一、刮排泥效能分析：

##### (一)刮泥時程：

新設置之刮泥機每一刮泥板可刮除約 $12\text{m}^3/\text{程}$ ，以沉澱池每一隔道尺寸 $4.1\text{m}^w * 59.75\text{m}^L * 5.15\text{m}^H$ ，並依刮泥機行程 $56.0\text{m}^L$ 計算泥高度約7.5公分(刮泥效率70%)即須刮泥1次。

##### (二)排泥閥開啟時間：

以每支排泥管排泥量約 $8\text{m}^3/\text{min}$ 約需排泥1.5分鐘，整座共計32隔道，約需48分鐘。

##### (三)刮泥速度：

新設刮泥機最高運轉速度為 $3\text{m}/\text{min}$ ，每一循環(往復)時間  $T_c$  為  $T_c=2(L/V5+T_s)=2(56/3+0.5)=39\text{min}/\text{程}$ ，每日最多37次，可排泥14,208噸。

依上述計算，第二座日出水量30萬噸/日且原水濁度在2,000 NTU 以下時每日淤泥量約12,000噸，可正常清除淤泥；另考量刮泥速度過快造成沉澱池底淤泥擾動揚導污泥翻揚，濁度於500 NTU 以下淤泥量不高，刮泥機速度調整至 $0.5\text{m}/\text{min}$ ，並可隨著濁度上升增加刮泥速度。

#### 二、淤泥高度模式參數設定

(一)淤泥高度：當淤泥界面計或淤泥高度7.5公分刮泥1次。

(二)運轉頻率：當原水濁度500NTU 以下，運轉頻率設定在60HZ(1m/min)，並隨著濁度上升增加調整運轉頻率。

(三)排泥時間：每次啟動1支排泥管排泥1.5分鐘，當運轉頻率達130HZ(2.17m/min)啟動第2支排泥管同時排泥。

## 附件2 廢水量減少的效益分析

106年度第2座淨水設施2,000 NTU 以下須排泥約79,924 m<sup>3</sup>，以現行的定期操作模式共刮泥8,896次，排泥的廢水量約151,232 m<sup>3</sup>遠高於實際需求，其原因在於定期操作模式並無考慮實際淤泥量而以固定時間進行刮排泥運作，造成濁度低時刮泥次數相對過多，若改以全自動化的操作，依進水量、濁度及淤泥累積速率等計算後進行刮排泥的運作，且將原本每次排泥時間由原來3分鐘降至2分鐘，預期可將廢水量減少至79,896 m<sup>3</sup>，總計可減少71,336 m<sup>3</sup>的廢水量。

將相同的計算結果類推至同樣可以進行刮排泥操作的第3座及第6座淨水設施，預估全年的刮泥次數可減少達6,714次，並可減少廢水量達214,008 m<sup>3</sup>。

附表1 不同操作模式下的刮泥次數及排泥量比較表

106年	乾基淤泥重 (KG)	濕基淤泥重 (m <sup>3</sup> )	定期操作模式		全自動化操作模式	
			刮泥次數	排泥量	刮泥次數	排泥量
1月	58,298	1,166	288	4,896	97	1,164
2月	82,673	1,653	256	4,352	138	1,656
3月	131,683	2,634	288	4,896	219	2,628
4月	192,878	3,858	256	4,352	321	3,852
5月	264,922	5,298	288	4,896	442	5,304
6月	762,241	15,245	1,888	32,096	1,270	15,240
7月	342,004	6,840	1,088	18,496	570	6,840
8月	88,808	1,776	288	4,896	148	1,776
9月	945,235	18,905	1,056	17,952	1,575	18,900
10月	831,779	16,636	2,656	45,152	1,386	16,632
11月	177,241	3,545	288	4,896	295	3,540
12月	118,413	2,368	256	4,352	197	2,364
總計	3,996,175	79,924	8,896	151,232	6,658	79,896

### 附件3 媒體報導整理

#### 直擊淨水場! 斥資上億"刮泥機"防濁水

面對颱風來襲，北水處記取蘇迪勒颱風教訓，為不讓市民喝黃水，設置刮泥機組能持續刮泥、排除淤泥，維持沉澱池有效容積，以確保正常供水量。

2016年7月6日 來源：中視新聞

(<https://www.youtube.com/watch?v=Zn9aSmPu93o>)



#### 防濁水大作戰! 直擊柯 P 秘密武器「刮泥機」

尼伯特颱風來襲，柯市長為不讓市民喝黃水，105年斥資1.36億元增設64組刮泥機，每座淨水設施產生4,000噸淤泥可在40分鐘清除，而人工清洗淤泥至少需耗時16天，有了刮泥機排泥事半功倍。

2016年7月7日 來源：中天新聞

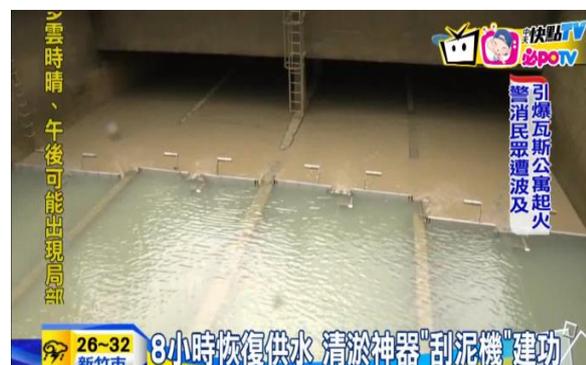
(<https://www.youtube.com/watch?v=1StDHN2i1Vg>)

#### 「梅姬」來襲憂泥水惡夢 北水處先清淤備戰

蘇迪勒颱風來襲時所有沉澱池都被原水淤泥淤滿，105年新購入刮泥機可快速清淤，避免因原水濁度過高而無法正常供水。

2016年9月26日 來源：民視新聞

(<https://www.youtube.com/watch?v=Yc2MuPYtr6k>)



#### 8小時恢復供水 清淤神器「刮泥機」建功

梅姬颱風來襲，最大原水濁度達19,800 NTU，造成沉澱池大量泥沙淤積，大臺北地區於9/27下午4時停水，9/28凌晨0時回復供水，能迅速復水歸功於刮泥機發揮極大的清淤作用，讓市民免於遭受停水之苦。

2016年9月28日 來源：中天新聞

(<https://www.youtube.com/watch?v=W8cqe5gU1zs>)

## 附件4 卡努颱風後北水處新聞稿(2018/1/10)

### 應變設施奏效 原水濁度破萬供水仍正常

發布機關：臺北自來水事業處

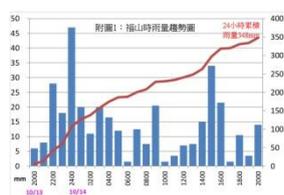
聯絡人：高大剛

聯絡資訊：02-87335824

10月13日晚上起因受卡努颱風及東北季風共伴效應影響，福山24小時累積雨量348毫米(最大時雨量47毫米)，造成新店溪原水濁度於凌晨3時22分飆升至11,870NTU，期間大於6,000NTU 以上長達10小時，雖達減量取水標準，在北水處緊急應變下，除維持正常出水避免轄區缺水外，並仍能支援台水公司33至36萬噸水量(日平均35萬噸；相當於70萬人用水)。

臺北自來水事業處表示，為因應高濁度原水，在104年蘇迪勒颱風後即規劃強化相關應變設備，在105年及106年直潭淨水場已完成出水容量達170萬噸(相當於340萬人用水)之沉澱池刮泥設備，能在高濁度時即時發揮排泥效益，本次大雨原水濁度雖飆升破萬，但沉澱池淤泥厚度在1/4以下之池數，仍維持在85%以上，保持正常供水。北水處強調，本次大雨侵襲，證明新應變設施發揮功效，可因應後續連續高濁度原水之侵襲，但新店溪上游土石崩塌情況仍未有效控制，蘇迪勒颱風時濁度就曾飆高至近40,000NTU，因此對於不確定性大雨高濁度造成的威脅北水處仍嚴陣以待，將持續精進應變作為確保用水無虞。

### 相關圖片



福山時雨量趨勢圖



直潭取水口濁度圖



昔時人工清洗沉澱池情形1



昔時人工清洗沉澱池情形2



新設自動刮泥機作業情形1



新設自動刮泥機作業情形2



新設自動刮泥機作業情形3