

# 活性化煤炭之廢水處理法

葉江榮\*

## 一、引　　言

水資源是地球上所有生物賴以生活，維持生命的寶貴自然財富之一。惟近幾十年來，由於工業發展的迅速，生產實績的重視凌駕乎公害防治的努力，工業廢水的污染使得生活環境情況日益嚴重，亟需全體人類及早警覺，同心協力，速謀水量與水質的保全對策，以遏止優美的天然環境繼續惡化，保存動植物生機所繫之寶貴水資源。

目前可資利用的污水廢水處理技術方法，大致可分為：(1)稀釋處理法，(2)灌溉處理法，(3)機械處理法，(4)化學處理法，以及(5)生物化學的處理法等五類。在實際應用上，一般可以單項方法或多項方法適當配合使用，以提高水處理效果。

近年來，由於生活文化水準普遍提高，對於各種水質的管制標準要求也趨向嚴格。然而，事實情況却由於科技產品種類日多，由各種工廠排出的廢水水質日趨複雜，增加淨化處理工作的困難。逐漸呈現以活性污泥法為主幹的廢水處理傳統方法，無法充分勝任，達到更高基準要求的目標。因此，亟需尋求更高效而成本較低的新式水處理技術，用以輔助或取代，乃是衆所期望的目標。

活性化煤炭之水處理法則因應此項需要，適時在日本發現，經過生長於煤礦區，專攻水處理工學的川副東博士多年研究試驗結果，始告成功的效果卓絕的新式水處理技術。由於該法的水處理效果優異，使用簡便，成本低廉，實施容易，適合於普遍推行現今水處理界迫切需要的「高級三次處理」。其用途範圍廣，一般用水及工業廢水之淨化處理均適用。

本文將介紹活性化煤炭在污水淨化處理作業系統中，發揮高級三次處理效果的各種情形和實施例以供參考。

## 二、高級三次處理之目的

人類以及在陸地上生活的一切生物為生存所需要的氧氣供應來源是生存在海中的浮游生物(Plankton)。因此，人類因工業文明所產大量含毒廢水，如處理未完全而流入海中，長年之間擴展了污染範圍，將不可避免地會危害大量浮游生物，無異等於在進行無意識的自殺行為。

一般家庭污水以及工廠廢水在經過溝渠到達河海之間，由於上天的巧妙安排，接受大自然的淨化力量——活性污泥菌的分解作用，逐漸轉變為不具毒害作用的良質原水。

然而如果排水量太多，而且在放流之前的處理不完全，則由於污染成分物質未能全部被活性污泥菌分解而流進海洋，經年累月逐漸增加濃度，結果將導致可怕的海洋污染。

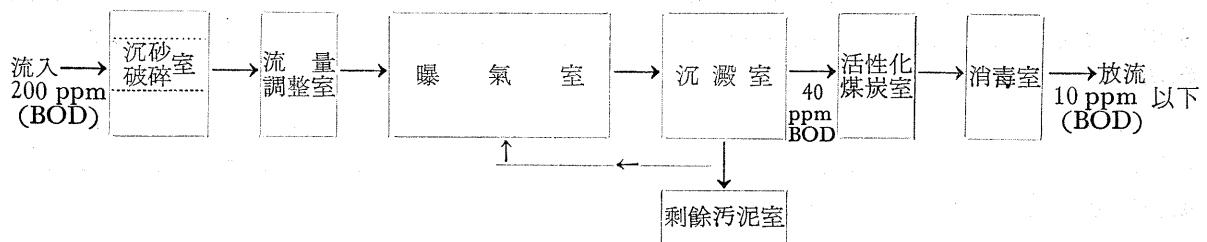
現在一般排水的有機物污染度指標 BOD，容許值尚在 30 ppm 乃至 90 ppm 的寬鬆基準

\* 臺灣電力公司電力研究所化學工程師

。此乃僅表示該基準值以暫時不致危害人畜魚介類生存環境的權宜基準值，這些遺留微量污染物質的「輕度污染放流水」，在流向海洋途中，受到陽光照射吸收熱能則引起「光合成反應」生出種種氧化聚合化合物，增加濃度而將有導致全面性再污染的可能。

為徹底消除這種隱藏着的再污染威脅，維持海洋的清潔，確保氧氣的供應來源，今後的污水廢水處理工作，必需升級至附設「高級第三次處理」的階段，以減低排放水的 BOD 至接近 0 ppm 程度為終究目的。

例如第 1 圖的合併處理流程表所示，為減低高 BOD 的糞尿有機廢水淨化槽排放水的 BOD 含量，在已設淨化槽之後附設第三次處理用活性化煤炭過濾床裝置，則可降低放流水的 BOD 為 10~5 ppm。



圖一 糞尿排水綜合處理流程圖

### 三、活性化煤炭的概略

活性化煤炭 (Activated Coal)，簡稱活性煤，是發明人川副東博士為避免與活性碳 (Active Carbon) 混淆而命名的多孔質低品位煤炭。由於其本身經過稀酸液的活性化處理，具備良好的吸着，離子交換，以及微生物棲息培養基的性能，是一項功效甚佳的水處理濾床材料。

#### 3—1 活性化煤炭的製備

例如活性碳在供研究實驗吸着材料之用途以前，先浸漬於 10% HCl 一天以溶解其內部的雜質，而增強其吸着性能的操作原理，製造活性化煤炭是使用低濃度的酸性溶液將低品位劣質煤炭 (灰分 30~50%，熱值 3000 Kcal/Kg 以下) 加以洗滌或浸漬而得。

所使用的酸性溶液的酸濃度為 0.5~5%，再添加約 0.01~0.3% 的適量界面活性劑。可用的酸類有無機酸 (礦酸)，有機酸，尤其是可以利用化學工廠或礦區排出的酸性廢水。界面活性劑一般使用非離子性高分子界面活性劑。

活性化處理用酸性洗劑也可以利用金屬表面處理劑 Pa-Lax (川副東博士發明，日本專利 301043 號)，加以稀釋降低濃度使用。

至於 Pa-Lax 金屬表面處理劑的調製方法是先將烷基苯 (Alkyibenzene) 溶解於濃硫酸製備 A 液，另外將少量的界面活性劑添加於高濃度的有機酸或無機酸製備 B 液，然後一面攪拌，一面將 A 液注加於 B 液之中，使其均勻混合即可。

以低濃度酸性液洗滌或浸漬低品位煤炭予於活性化處理所需時間，視劣質炭 (硬煤炭) 的灰分含量及物理性質而適宜調節。例如對於微粉煤的浸漬活性化處理，則僅需 20 分鐘，但大塊煤炭的活性化浸漬時間則需 24 小時或以上。

至於活性化處理前後的煤炭表面積的增加約為 3~4 倍。則原料煤炭的單位表面積約為 200

$\text{m}^2/\text{g}$ ，活性化煤碳約為  $600\sim 800 \text{ m}^2/\text{g}$ 。（活性碳的單位表面積約為  $1,000 \text{ m}^2/\text{g}$ ）。

## 3—2 活性化煤炭的特性

### 3—2—1 具備物理化學生物三項功能

按照上述方法製得的活性化煤碳其內部構造轉變為多孔質狀態，大部分灰分雜質溶出，增加表面積後表面組織獨特，同時具有吸着性能，離子交換性能，並適合於棲息微生物羣體的培養基功能。

### 3—2—2 半永久性的水處理功效

將含有氮及磷（微生物的營養成分）的污水或工廠廢水散布流下（或以上昇浸漬方式），通過活性化煤碳的過濾層之時，在廣大表面積的微細孔洞內部即轉變為微生物的良好棲息培養床，發生活性污泥菌類微生物集羣，定着成長，形成一層絕佳的生物化學的過濾膜。污水與廢水淨化處理之時，有機物及礦物質營養成分豐富者，可維持半永久性的水處理功效，運轉簡單。

### 3—2—3 水處理能力的範圍廣大

對低品位煤碳實施活性化處理之時，煤碳中 BOD 及 COD 成分及會妨礙微生物生長發育的焦油質化合物都會被溶解除去。另外，煤碳本身因受到弱酸的水解作用，表面的礦物質成分也轉化成為微生物的營養物質，有助於促進其發育。同時，因活性化煤碳濾床材質為潔淨炭而具有貯炭熱量，定着於煤碳內部的微生物在攝取有機污染物消化之際也產生反應熱，其在呼吸生活時也產生生活熱能，因而濾床內部溫度經常保持適當高溫，雖然外界氣溫降低到零下數十度也經常維持在  $7^\circ\sim 8^\circ\text{C}$ ，維持活性污泥菌等微生物的生存。因此，活性化煤碳的水處理能力不受寒冷季節或極寒地區低氣溫的影響，水處理能力仍舊不變。

### 3—2—4 喜鹽性微生物的高濃度鹽分消化作用

傳統的污水淨化技術無法有效處理含有高濃度的鹽分和洗劑的廢水。其原因为活性污泥菌遇到高鹽分污水，就被水中的喜鹽菌殺滅，即刻消失而停止淨化處理作用，然而活性化煤碳的溫暖濾床棲息的喜鹽菌却對於污水的鹽分發揮消化作用，而且菌體本身經自己消化結果，原形質則溶解液化，不成爲污泥沉澱。

由於有這種在水淨化處理過程很重要的優點，活性化煤碳濾床不會產生軟性污泥（Sludge）的積存，可以經常保持乾淨而高度活性的狀態。

### 3—2—5 剩餘污泥的溶解消化效果

經過前段淨化處理，由沉澱槽溢流水帶進活性化煤碳濾槽的剩餘污泥，在接受第三次處理之間被喜鹽性微生物消化而溶解消失，使排流水中完全避免混進固形雜質。

### 3—2—6 活性化煤碳廢料轉供燃料使用

劣質煤碳經浸酸液活性化處理結果，溶去所含  $50\sim 70\%$  之灰分左右。因而，煤碳本身的單位發熱量（熱值）相對增加。再做爲污水淨化處理濾材使用，則由於吸着有機污染物，而增加可燃成分，熱值再增加約百分之十。經實例的統計，原料的低品位煤碳其熱值在  $2,000 \text{ Kcal/Kg}\sim 2,500 \text{ Kcal/Kg}$  者，經過活性化處理供作污水淨化處理用濾材之後，其熱值大部分升高到  $3,000 \text{ Kcal/Kg}$  左右。

因此，政府公共事業部門，大企業，小都市或鄉鎮的主管當局值得考慮採用活性化煤碳

廢水處理法，以污水處理場兼任貯煤場的雙項任務，收一石二鳥的效用。

#### 四、使用活性化煤炭的廢水處理

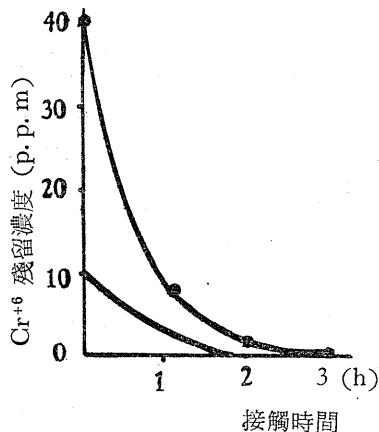
利用活性化碳炭的廢水處理設備固定投資和運轉費用較其他方式低廉，使用簡單而安全。對於含有金屬離子的廢水及有機污染物質的廢水，均發揮高度的淨化效果。

##### 4—1 電鍍廢水的處理

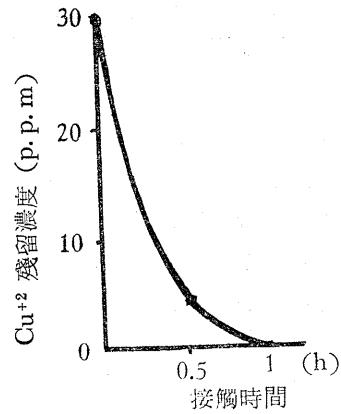
活性化煤炭的吸着及離子交換性能，對於重金屬離子的去除效果甚高。目前，已有多家日本電鍍廠採用此法處理其廢水。

使用活性化煤炭試料對含有重金屬離子的電鍍廠廢水，施行接觸過濾試驗的結果，以下列圖表說明之：

第2圖表示廢水中的6價鉻離子( $\text{Cr}^{+6}$ )殘留濃度，隨着通過活性化煤炭過濾層接觸過濾時間而大幅度降低的情形。



圖二 活性化煤炭的  $\text{Cr}^{+6}$  處理效果



圖三 活性化炭的  $\text{Cu}^{+2}$  處理效果

第3圖表示同樣條件下，2價銅離子( $\text{Cu}^{+2}$ )殘留濃度的快速降低情形。

以上試驗所用的活性化煤炭顆粒直徑約在3 mm~10 mm。接觸過濾處理後，廢水試料中含有 $\text{Cr}^{+6}$ 及 $\text{Cu}^{+2}$ 離子濃度已達到痕跡程度，合於放流水水質標準。

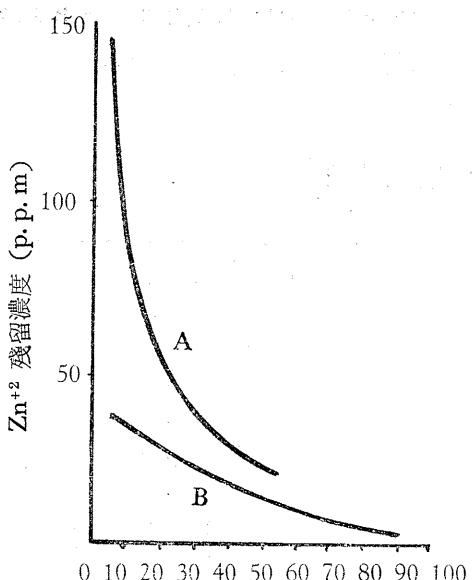
另外，使用內徑5.0 cm，高度70 cm的玻璃質圓筒管，內部裝填粒徑1 mm~2 mm的活性化煤炭約1 Kg，採用上昇通流廢水試料的方式，對含有1.29 ppm的鎘離子( $\text{Cd}^{+2}$ )廢水所做的接觸過濾試驗結果，記錄如第1表。此時通流廢水試料的流速為每小時1公升(1 l/h)。

使用同樣的圓筒管和活性化煤炭過濾層，對含有200 ppm鋅離子( $\text{Zn}^{+2}$ )的溶液實施兩次不同通流水量(A流速5 l/h, B流速1 l/h)的接觸過濾淨化試驗，結果如第4圖所示。

表一 圓筒管過濾試驗  $\text{Cd}^{+2}$  的處理效果

經過時間 分	殘留濃度 ppm
0*	1.29
5	0.053
10	0.064
15	0.071
20	0.088
25	0.088
30	0.109

\* 初期濃度



圖四 圓筒管過濾試驗的  $Zn^{2+}$  處理效果

經過再生處理的活性化煤炭，可回復原有的陽離子交換能力。其最高再生可能次數，經根據原料煤（低品位煤炭）所具備的酸液中和能力以及活性化處理時耗用的酸量相互關係計算，並考察在實際廢水淨化處理時的各項其他消耗因素，約以80次為限。

此外，為找尋以活性化煤炭淨化處理含鉻污染廢水時應維持的最適 PH 範圍，另行準備內徑 10 cm，高度 40 cm 的玻璃質圓筒管五支，各支裝填粒徑 1 mm~2 mm 的活性化煤炭 2 Kg，採用上昇通水方式對於含有 100 ppm 的鉻離子 ( $Cr^{+6}$ ) 試料水進行不同水量（流速），及不同 PH 條件下的接觸過濾試驗。所得結果如第 2 表。

由此試驗結果可知 PH 2~4 的範圍內鉻離子的去除效率最高。其他種類的重金屬離子應也相同。

至於對單位重量活性化煤炭的最適處理廢水通流量，每小時以 500~1,000 l 較佳。

#### 4—2 有機污水的處理

關於有機污水的活性化煤炭處理，舉日本現行實例，介紹其污染排放水的淨化處理概況。

位於茨城縣友部町白鳥湖畔小丘斜坡上的豪華旅館“SKB Hotel”，於 1969 年興建工程期間計畫以白鳥湖為排水放流終點，由於白鳥湖水為原住居民賴以養魚及農業灌溉的重要水資源，因而成為地方公害糾紛問題。

由這些試驗結果可知，含有重金屬離子的廢水通流速度越慢（單位時間內通流過濾的廢水量越小），接觸過濾的時間越長（供給進行吸着和離子交換的時間越充裕），就所獲的重金屬離子去除效果越高。

使用活性化煤炭接觸過濾處理含量超過數百 ppm 的重金屬污染廢水之時，活性化煤炭的離子交換容量會在短時間內飽滿而停止離子交換作用。因此，於測知廢水淨化效果已降低之時，應即再度使用活性化處理用酸性洗滌液實施再生處理，以回復原來的性能。

再生處理時，吸着金屬離子的放出（溶出）量視金屬的種類而不相同。一般而言，離子化傾向愈大的金屬，其溶出量愈多。例如，在同一時間內的鋅離子溶出量為 20~30% 之時，鉻離子的溶出量僅為 5~10%。

表二 圓筒管過濾  $Cr^{+6}$  試料水試驗  
(PH 對處理效果的影響情況)

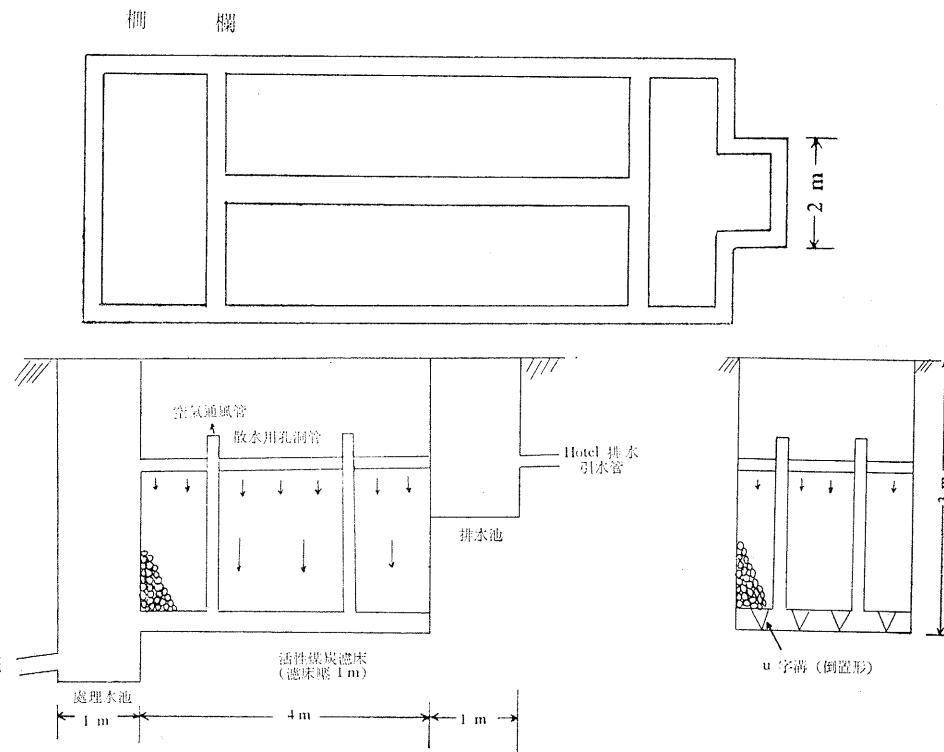
處理水量 (ml/min)	PH (原水)	$Cr^{+6}$ 殘留濃度 (ppm)
100	2	0.
	3	0.
	4	0.
	5	0.43
200	2	0.
	3	0.
	4	0.47
	5	0.78
300	2	0.
	3	0.
	4	1.20
	5	2.15

經過協調，採用活性化煤炭的高級三次處理污水淨化方法迄今，不但設備簡單，價格約僅為他式大規模設備費用之十分之一，除只曾抽換老舊活性化煤炭幾次以外，無需特別設專人管理，而經過淨化處理的污水排水水質極佳，如第3表所示。

表三 SKB Hotel 排水處理水質分析比較

(水質分析機構：茨城縣衛生研究所)

分 析 試 驗 項 目	流 入 淨 化 槽 的 污 水	處 理 後 放 流 水
PH	7.0	7.0
B.O.D. (ppm)	48.5	8.5
C.O.D. (ppm)	14.3	8.0
Ammonia 形態-N (ppm)	1.68	0.20
Albuminoid 形態-N (ppm)	0.42	0.12
硝酸形態-N (ppm)	—	檢測不出來
亞硝酸形態-N (ppm)	—	檢測不出來
浮游物質 (ppm)	53.2	10.2
氯離子 ( $\text{Cl}^-$ ) (ppm)	27.8	27.4



圖五 SKB Hotel 的活性化煤炭污水淨化槽

SKB Hotel 的活性化煤炭污水淨化設備，採用地下埋設方式。主要構造材料為鋼筋混

凝土。內部裝填約10公噸的活性化煤炭濾材，當時建設的總工程費僅150萬日元。

設座污水淨化設備概況如第5圖。設備底部全面鋪置倒形U字溝，供做濾床支架之用。同時，使處理污水流下之時，可維持底部留存空間。另外埋設PVC直立型空氣通風管，以供應充分的氧氣，保持好氣性狀態。

#### 4—3 水產加工廢水處理

活性化煤炭濾床是活性汚泥菌和喜鹽性微生物可以共存棲息發育的培養床。不但可以高效分解消化有機污染，也可以分解消化一般最難處理含有高鹽分及合成洗劑的廢水。

水產加工廠廢水的特色為鹽分含量特高，另外含有色素染料，以及如奶品生產廠的空瓶空罐洗滌廢水（含有大量洗劑）含量最多者為蛋白質及油脂類極易腐敗物質。

茲以設在日本松本市的京食水產公司鯨魚燻肉加工廠的活性化煤炭廢水淨化處理實況為例，簡介如下。

該廠的製程包括解凍，除血，洗滌，煮沸與染色等工程，故使用的熱水量甚多，因而廢水中的有機物質的腐敗速度快。尤其是煮沸工程的煮鍋排放出來的廢水，B.O.D.高達數萬ppm。其水質分析結果如第4表所示。

水產加工廠廢水的污染程度及排放水量，視加工製品的種類和季節的變化有相當大的變動。活性化煤炭過濾槽對於廢水量及水質的變化應付能力大。其應用於水產加工廢水處理的效果如第5表所示。水產加工廢水處理設備的配置流程如第6圖。

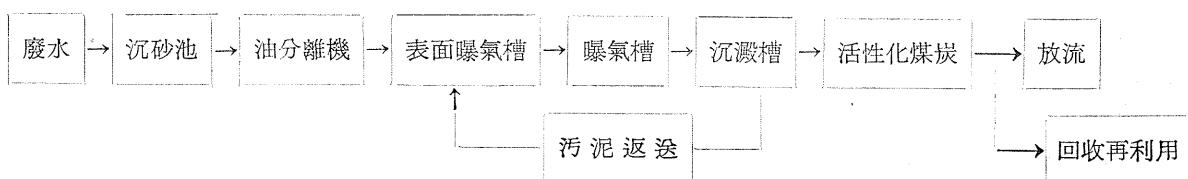
表四 鯨魚燻肉加工廠煮鍋廢水分析表

分析結果 項 目	化驗數值（統計概數）
B. O. D.	15,000~30,000 ppm
S. S.	18,000~32,000 ppm
Cl <sup>-</sup>	30,000~40,000 ppm
油 脂 類	10,000 ppm

表五 水產加工廢水活性化煤炭處理結果的比較

試 料 水 別 項 目	原 廢 水	處 理 水
P H	5.5~6.0	7.3
S. S.	6,710 ppm	8 ppm
B. O. D.	3,050 ppm	8 ppm
C. O. D.	1,070 ppm	10 ppm
Cl <sup>-</sup>	14,900 ppm	170 ppm

由第5表可發現，活性化煤炭三次處理的附設，對於分解處理水產加工廢水中的大量鹽分及B.O.D.有機污染成分，發揮驚人的效果。



圖六 水產加工廢水處理系統（附設活性化煤炭三次處理）流程圖

于利用活性化煤炭過濾含有超量（未能乳化於水中，而漂浮於水面或凝聚成為微細油滴懸浮散布在水中）油脂或石油廢水之時，濾材煤炭之微細孔容易吸住油分而堵塞，導致水處理功能的降低。此時，應即使用界面活性洗劑加以通水洗滌，去除油分，以回復原來效能。

所有已乳化於水中的油脂成分，在通過活性化煤炭濾床之時，即同時進行脫脂與脫臭，效果甚佳，極為便利。因此，凡如水產加工廢水之類含有超量油脂的廢水淨化處理系統，應在前段設置油分離機，儘可能去除油分，以利後段三次處理的工作，減少頻繁的活性化煤炭洗滌次數。

#### 4—4 活性化煤炭廢水處理法的優點

根據十餘年的各類工業實施活性化煤炭廢水處理經驗與其間的不斷研究試驗和改進努力，可歸納其優點與特徵如下表（第6表）：

表六 活性化煤炭水處理法的特徵摘要

項 目	說 明
1. 設備建造費低廉。	約為一般化學處理方式之 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 。
2. 設備裝置佔用面積較小。	約為一般化學處理方式之 $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{3}$ 。
3. 維護運動費用很少。	約為一般化學處理方式之 $\frac{1}{8}$ ~ $\frac{1}{5}$ 。
4. 運轉操作極簡單。	不需要專設管理人。
5. 不需要運轉技術。	任何人立即會使用。
6. 不需加水處理劑。	不需要添加高分子凝集劑等。
7. 不產生軟泥垢渣 (Sludge)。	只產生少量煤炭粒末，幾乎不產生垢渣軟垢物質。
8. 不受廢水濃度大幅變化的影響。	一般的各種化學方式水處理法很容易受廢水濃度變化的影響。
9. 設備裝置的增加，減少，改變容易。	一般的化學處理法裝置的設計變更，需要重新設計改造。
10. 具有脫塩能力。	一般的物理、化學及生物的水處理法不可能全部兼備。
11. 具有脫臭脫色能力。	
12. 具有消泡能力。	零下氣溫下，照常高效水處理。
13. 不受極寒影響效率。	其他方式需先經過再生處理。
14. 處理水即可供再利用。	廢用濾材煤炭可供做燃料。
15. 廢料煤炭的燃料利用。	設備清洗時所產生的污泥煤粉廢渣可供做肥料使用。
16. 餘剩污泥的肥料利用。	

## 五、結 言

活性化煤炭是利用低價值的劣質煤炭，經過簡單的低濃度酸性廢水處理，而改變為高價值的多效用水處理濾材。

由於其活性化特性包括吸着，離子交換，及生物的消化分解等性能，對於鹽分含量高，污染成分複雜而處理困難的廢水，已開闢一條經濟又有效的光明途徑。

尤其是，未來的水資源保護與廢水處理再利用所需技術，將不能不往高級三次處理的方向開發情形下，活性化煤炭水處理法愈增加其重要性。

根據迄今已實施應用的經驗，以及各項研究實驗，活性化煤炭濾床預期將對含有 PCB，有機水銀，以及鎘等廢水之處理發揮神效。

期望我國有關業者及學術，工程界繼續加以關懷，研究改進，多方面拓展其應用，以改善我國工業廢水污染的防治工作，保護優美的自然環境。

## 参考資料

- (1) 川副東：「活性化石炭を用いた廃水處理法」 Consultant No. 55，摘錄文。
- (2) 川副東，松島眸：「活性化石炭を用いたメツキ廃水處理法の研究」，工業用水，1972年3月，第162號。
- (3) 川島茂，松島眸，川副東：「活性化石炭を用いた重金屬イオン含有廃水の處理に関する研究」，「活性化石炭を用いた水產加工廃水處理法」，水處理技術，1973年3月號及4月號。（第14卷第3號及第4號）
- (4) 川副東：「活性化石炭を用いた新とい淨化槽の管理」 建築設備上配管工事，1975年4月號。
- (5) 日本特許公報，昭和37年5月31日，「金屬表面處理剤の製造方法」。
- (6) 日本特許公報，昭和45年12月16日，「石炭による酸性廃水の中和處理法」。
- (7) 松島眸，安井英夫，川副東：「酸性廃水の中和處理に関する研究ならびに活性化石炭を副生する法」 用水と廃水，1973年2月號（第11卷第2號）。