

以陽離子性混凝劑探討粉末活性碳及黏土的混凝機構之比較

康世芳* 佐藤敦久**

摘 要

為去除原水中的異臭味物質，在日本許多淨水場直接將粉末活性碳投入混凝操作前的處理設備，然後經由混凝、沈澱及過濾等單元操作去除粉末活性碳，可是發生混凝效率不佳的問題，本文以硫酸鋁及陽離子性有機高分子混凝劑探討粉末活性碳及粘土(Kaolin)的混凝機構之差異。

粉末活性碳表面的帶電特性(界達電位)，因其製造方法不同而呈現若干的差異，製造時活化溫度愈高，則傾向於容易帶正的界達電位。由於粉末活性碳及粘土之帶電原因不一樣，分別為表面官能基的解離及不完全結晶格子缺陷所引起，此兩種粒子在蒸餾水中之懸濁液具有不同化學性質(pH及電導度)。

以硫酸鋁為混凝劑時，不溶性 $Al(OH)_3$ 存在的pH範圍內，混凝臨界界達電位約為 $-20mV \sim 20mV$ ，不受粒子種類及濃度的影響，且混凝機構的主宰因素為電荷中和作用及架橋作用。以有機高分子為混凝劑時，粉末活性碳與粘土混凝機構不同之原因為粉末活性碳表面含有官能基，相對地粘土則未含有官能基。有機高分子混凝劑之混凝機構主宰因素是架橋作用，與懸濁質之種類及濃度有密切的關係。若架橋作用之結合力能克服懸濁質間的能源障礙，則混凝作用和懸濁質之界達電位無關係，可形成良好的膠羽。

一、前 言

淨水處理程序中必須去除的懸濁質，依其來源可分為：原水中自然存在的懸濁質，如粘土(Kaolin)、藻類；及淨水處理程序中所添加的懸濁質，如粉末活性碳。尤其近年在日本由於湖泊及河川之優養化，許多自來水水源之水質發生異臭味問題，對一般以未具吸附能力之快速過濾處理法，即混凝、沉澱、過濾等處理程序為主的自來水事業單位而言，飲用水中經常出現異常臭味，受到飲用居民的抱怨。為了去除異臭味，粉末活性碳處理法，廣泛地在許多淨水場中使用。一般直接把粉末活性碳投入既有的處理設備，例如沉砂池、前加氯池或快混池等地點，最大投入量高達 $100mg/l^{(1)}$ 。仙台市的茂庭淨

* 工業技術研究院化學工業研究所工程師

** 日本東北大學土木工程學科教授

水廠，1981年至1985年期間，每年發生2-MIB異臭味臭氣濃度TO 20~80，粉末活性碳被直接投入沈砂池，年間處理日數為130天至246天。實際上，被投入的粉末活性碳如原水中的懸濁質一樣，必須經由混凝、沉澱、過濾等單元之去除，但是發生(1)混凝效率降低(2)濾程縮短及粉末活性碳從過濾池流出等問題，於是探討粉末活性碳的混凝機構是解決上述問題不可欠缺的資料⁽²⁾⁽³⁾。

隨懸濁質的來源、種類不同，因其表面化學性質不一樣，故混凝機構的差異性也很大⁽⁴⁾。粉末活性碳雖廣泛地用於去除異臭味，然而其混凝機構之相關研究卻非常少⁽⁵⁾⁽⁶⁾。相反地，以粘土或藻類為懸濁質之混凝機構的相關研究卻相當多⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾，且其結果是否可直接應用在粉末活性碳，目前則完全不明白。因此，本文乃針對淨水廠採用粉末活性碳去除異臭味時，探討：(1)粉末活性碳及粘土的表面帶電特性(界達電位，Zeta Potential)，(2)粉末活性碳及粘土混凝機構之比較。

二、實驗材料及方法

2.1 粉末活性碳表面帶電特性

實驗中所使用之粉末活性碳來源如表-1所示，試料No.1-No.6係由水蒸氣活化法活性碳工廠各生產階段的粉末活性碳，用以探討製造方法對粉末活性碳表面帶電特性(以界達電位，Zeta Potential表示)的影響；試料No.7-No.8則為日本仙台市茂庭淨水廠使用的粉末活性碳，用以探討混凝機構；這8種粉末活性碳的原料皆以針葉樹木炭屑為主。實驗時用1000ml蒸餾水調製500mg/l粉末活性碳懸濁液，經30分鐘靜置後，採取上澄液200ml，以0.01N HCl或NaOH調整至所需的pH值，測定懸濁液的界達電位。界達電位係採用平板式顯微鏡電氣泳法(英國Rank Brother Model Mark II)測定，粉末活性碳的電泳速度的測定次數，為改變電極極性方向各測10次，共計測定20個粒子，再由平均值推算界達電位。

吸附物質對粉末活性碳界達電位之影響實驗中，使用試料No.2粉末活性碳，以原水中微量污染物之主要成分，異臭味物質(2-MIB, 2-methylisoborneol)及腐植酸(humic acid)之試藥級(和光純試藥)為人工合成吸附物質。2-MIB人工合成異臭味原水之調配，係先將0.02g 2-MIB試藥溶於乙醇溶液後，再以蒸餾水稀釋至所需之濃度。一般以2-MIB為異臭味物質時，臭氣濃度(TO, Threshold Odor)TO 1所相對應2-MIB濃度約為0.01ug/l，且原水發生異臭味時之TO約為20-200，亦即約為2-MIB濃度0.02-2.00ug/l⁽¹⁰⁾，實驗中未測定臭氣濃度，直接由上述換算關係，實驗條件設定TO為20-500。一般受污染原水TOC約為1-10mg/l⁽¹¹⁾，實驗中含腐植酸之人工合成原水，依浦野⁽¹¹⁾建議之方法調配；設定TOC濃度為5-50mg/l，粉末活性碳接觸時間30分，以磁石攪拌器攪拌後，測定吸附後粉末活性碳的界達電位。

2.2 瓶杯試驗

瓶杯試驗中使用之懸濁質為商品化之粘土(Kaolin)及表-1所列仙台市茂庭淨水廠使用中之粉末活性碳A, B。一般淨水廠使用的粉末活性碳之粒徑分佈較廣，含有比較容易沉澱的大粒子，本實驗結果係評估瓶杯實驗後上澄液之殘留濁度，故粉末活性碳試料先前處理，以去除粗大粒子。前處理的方法為，以蒸餾水70公升調配100g/l之粉末活性碳懸濁液，置放於水桶3小時後，採取上層液20公升為瓶杯試驗用之試料，粘土則未經前處理，直接以蒸餾水配製2000mg/l之懸浮液。此時粉末活性碳懸濁液之pH及鹼度如表-2所示，與粘土及蒸餾水相差甚大。瓶杯試驗所使用懸濁質之平均粒徑，以Coulter Counter(英國, Coulter Electronic Limited Model ZM)測定之結果如圖-1所示，粉末活性碳及粘土之平均粒徑分別為2.0 μ m及2.5 μ m。

著者⁽⁶⁾指出粉末活性碳懸濁液水質與粘土相差甚大，為探討懸濁質投入蒸餾水後，懸濁液水質之變化情形，如表-3所示之實驗條件，以磁石攪拌器連續攪拌30分鐘，並觀察攪拌時間及水質變化的關係。陽離子性混凝劑採用硫酸鋁($Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$)及 Poly-acrylic有機高分子(分子量 6.5×10^6)，其化學結構式如圖-2所示，實驗條件如表-4所示。實驗試料量1公升，以 $NaHCO_3$ 為鹼度來源，添加量為50mg/l as $CaCO_3$ ，使用0.1N $NaOH$ 或 HCl 調整pH。試驗步驟為快混100rpm，5分鐘；慢混40rpm，15分鐘；靜置10分鐘後採取上層液200ml，分析上液的pH、濁度，分析方法以日本水道協會"上水試驗法"為依據。形成之膠羽(floc)以快速攪拌破壞後，依前述方法測定膠羽的界達電位。

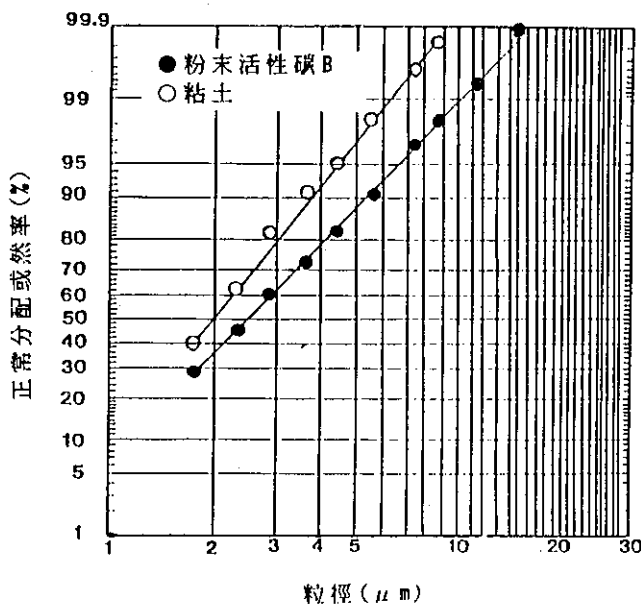


圖-1 瓶杯實驗所使用懸濁質之粒徑分佈

表-1 粉末活性碳之來源

試驗來源	編號	說明
水蒸氣活化法之粉未活性碳製造工廠	1	活化溫度 1100°C
	2	活化溫度 1000°C
	3	活化溫度 900°C
	4	活化品
	5	試料編號 No.1 之粉碎品
	6	試料編號 No.4 → 水洗 → 乾燥處理 Na ₂ CO ₃ 水洗 → 乾燥處理
日本仙台市茂庭淨水廠	A	採樣日期 1986年7月
	B	採樣日期 1987年7月

*一般淨水廠使用之粉末活性碳之活化溫度為800-1000°C

表-2 粉末活性碳及粘土懸濁液之水質及平均粒徑

懸濁液(一)	pH (一)	鹼度 mg/l as CaCO ₃	平均粒徑 (um)
粉末活性碳 A	9.6 - 10.0	100 - 120	2.5
粉末活性碳 B	9.2 - 10.2	100 - 120	2.5
粘土	5.2 - 5.6	0.5 - 2.0	2.0
蒸餾水	5.2 - 5.6	0.5 - 1.5	—

表-3 吸附物質對於粉末活性碳界選電位影響之實驗條件

實驗編號	原因物質	初期濃度	粉末活性碳濃度	接觸時間	pH
1	2-MIB	T0 20~500	50 mg/l	30分	7.0
2	腐植酸*	0~50 mg/l	50 mg/l	30分	7.0
3	2-MIB	T0 100	100 mg/l	30分	3.0~10.0
4	腐植酸	5mg/l	100 mg/l	30分	3.0~10.0

*腐植酸濃度以TOC濃度計量

**粉末活性碳No.2

表-4 瓶杯實驗條件

實驗條件	懸濁液		凝劑	
	種類(一)	濃度(mg/l)	種類(一)	加藥量(mg/l)
1	活性碳B	50	鋁離子	0.001~20
2	粉末活性碳B	50	有機鋁分子	0.001~20
3	粘土	50	有機鋁分子	0.001~20
4	粘土	50	有機鋁分子	1~200
5	粘土	50	有機鋁分子	0.10
6	粉末活性碳A	20~1000	有機鋁分子	20~100
7	粉末活性碳A	50	有機鋁分子	20~100

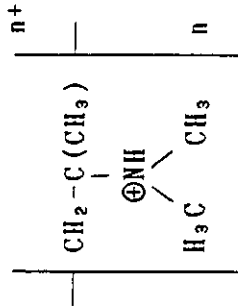


圖-2 有機高分子凝劑之化學構造式

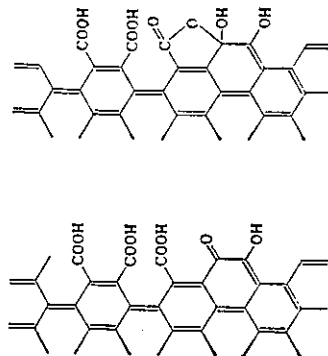


圖-3 粉末活性碳表面帶電原因
確認官能基含羧基(-COOH)
氫氧基(-OH)及酮基(>C=O)

三、結果與討論

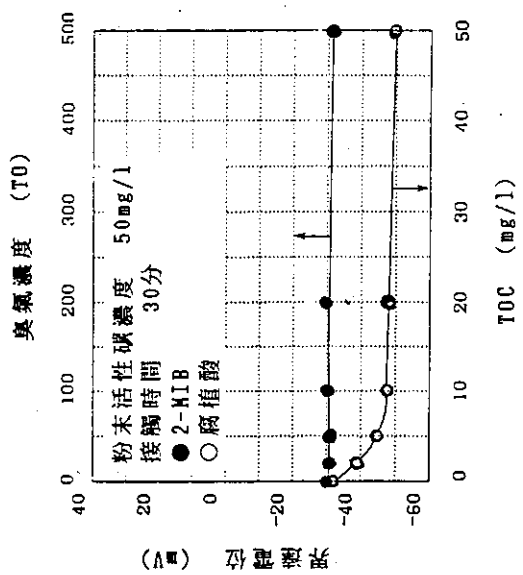
3.1 製造方法不同的粉末活性碳之表面帶電特性

水中存在之懸濁質一般是帶負電，帶電原因隨懸濁質之化學特性(界面特性)而異。粉末活性碳帶電原因為表面含有氧化物之官能基，例如氫氧基(-OH)，羧基(-COOH)及Carbonic(>C=O)等水中解離所引起⁽¹²⁾⁽¹³⁾。北川⁽¹⁴⁾亦指出，表面存在的官能基的量及成分會隨製造方法、原料而改變，實際上如圖-4所示，因其製造方法不同，粉末活性碳界達電位也會不同，又粉末活性碳界達電位與pH的關係，粉末活性碳的界達電位隨著pH的昇高，傾向於帶負電；隨著pH的降低，則有往零電位或帶正電的傾向。粉末活性碳的界達電位隨pH的不同而有改變的現象，乃是由於其表面官能基的解離或水中存在的H₃O⁺及OH⁻離子相互作用所引起，亦即在高pH範圍，水中帶負電之OH⁻離子的吸附及官能基的解離(如羧基： $-COOH + H_2O \rightarrow -COO^- + H_3O^+$ ，或氫氧基： $-OH^- + H_2O \rightarrow -O^- + H_3O^+$)，使粉末活性碳的界達電位負電性增大；在低pH範圍，由於帶正電之H₃O⁺離子吸附及官能基解離較少，故傾向於帶正電。而對同一pH值而言，如圖-4-(a)所示：活化溫度愈高則粉末活性碳之界達電位愈容易帶正電；活化溫度愈低則容易帶負電，此種現象和鈴木⁽¹⁵⁾研究結果相似；北川亦指出活化溫度愈低，含氧量較多之羧基(-COOH)之存在量較多；因此，活化溫度低之粉末活性碳表面極性變大，容易帶負電。

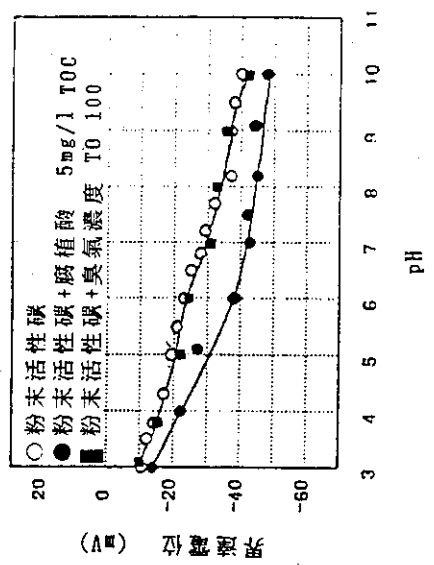
為去除粉末活性碳所含水溶性灰分或酸可溶性灰分或游離的酸，故製造過程中含有水洗、酸洗及中和等程序。如圖-4-(b)所示粉末活性碳製造過程經水洗、酸洗、中和等程序後，其界達電負電性有增加的現象，此乃由於表面官能基解離量加大，表面帶負電之-O⁻離子及-COO⁻離子增加所引起；特別經酸洗、中和、水洗後之界達電位，在pH 7.0以上範圍約為-40~-55mV。因此，此類粉末活性碳之混凝操作為達到電荷中和作用，可推測會增加混凝劑加藥量。

3.2 吸附物質對粉末活性碳界達電位之影響

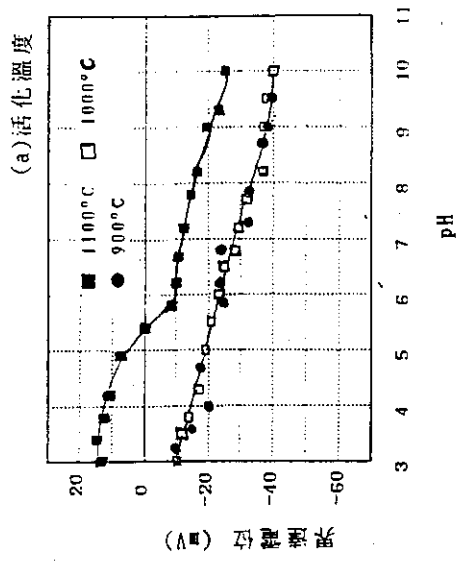
實際上，以混凝操作去除粉末活性碳之前，粉末活性碳與微量污染物(如異臭味或腐植酸)等接觸30分鐘以上之實例相當多，因此對混凝機構主宰因素之一的電荷中和作用而言，吸附後粉末活性碳的界達電位是否變化則很重要。粉末活性碳50mg/l，pH7.0，接觸時間30分鐘之實驗條件下，吸附不同濃度之異臭味及腐植酸後之界達電位變化如圖-5所示。即使臭氣濃度TO高達500(一般為20-200)，對粉末活性碳的界達電位無任何影響；相反地，腐植酸濃度愈高則界達電位的負值愈大，一般水質TOC 10mg/l以下之範圍內，界達電位從-30mV變成-50mV。同樣地如圖-6所示，當吸附異臭味物質時，各pH之界達電位幾乎沒有改變，但吸附腐植酸的則界達電位變大。此乃因一般水中存在臭味濃度相當微量，故對於粉末活性碳界達電位之影響可以忽視；而腐植酸為帶負電之微小膠體⁽¹⁶⁾，吸附後對粉末活性碳界達電位之影響則必須特注意。



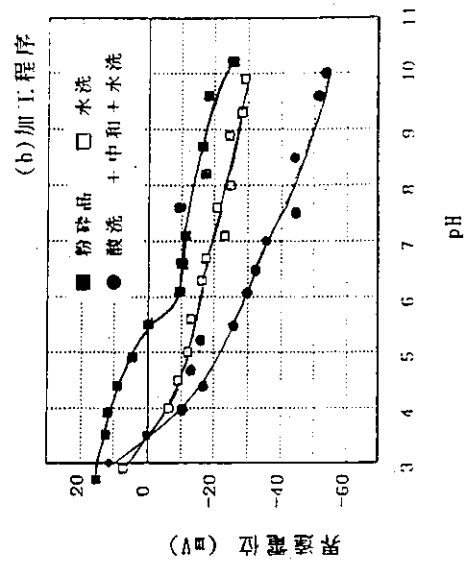
圖一-5 吸附物質濃度對粉末活性炭界位達電位之影響



圖一-6 吸附濃度不同之粉末活性炭的界位達電位與 pH 之關係 (粉末活性炭濃度 100mg/l)



圖一-4 製造方法不同之粉末活性炭的界位達電位與 pH 之關係 ((a) 活化溫度, (b) 加工程序)



3.3 懸濁液化學特性之比較

圖-7為粉末活性碳B及粘土投入蒸餾水，以磁石攪拌30分鐘後懸濁液濃度與pH之關係。隨粉末活性碳B濃度的增加，懸濁液pH會昇高，但是粘土懸濁液 pH卻無顯著的變化，大約和蒸餾水一樣。Mattson⁽¹⁷⁾，浦野⁽¹⁸⁾及Snoeyink⁽¹⁹⁾等指出，高溫活化之粉末活性碳官能基表面屬於鹽基性氧化物具有吸附酸之能力。本實驗使用之粉末活性碳為淨水廠使用之粉末活性碳，一般其活化溫度為800- 1000℃，屬於H-Carbon，具有吸附酸之能力。因此粉末活性碳吸附懸濁液中的H₃O⁺離子，致使懸濁液pH昇高。相反地，粘土因吸附H₃O⁺離子能力不強，懸濁液pH幾乎沒有變化，如此地粉末活性碳直接投入緩衝能力較低之原水時，對混凝操作時pH控制之影響必須加以留意⁽²⁰⁾。

電導度為水中陽離子及陰離子濃度總和之離子強度指標。圖-8為粉末活性碳B及粘土懸濁液濃度與電導度之關係，隨著粉末活性碳濃度的增加，懸濁液的電導度呈現直線關係的增加，此乃如前述因粉末活性碳所含之官能基解離量隨濃度增加而變；而粘土懸濁液導電度無顯著地增加，與蒸餾水大致相同。粘土經X線解析後之化學構造式如圖-9所示，一般以[Al₂(OH)₄Si₂O₅]_n化學式表示⁽²¹⁾。粘土在水中帶電原因為結晶格子中陽離子的同形置換，亦即Si⁴⁺、Al³⁺離子為Mg²⁺、Fe²⁺離子置換，而形成結晶缺陷所致。由於其表面未含解離性官能基，故懸濁液之電導度無顯著變化⁽²²⁾。

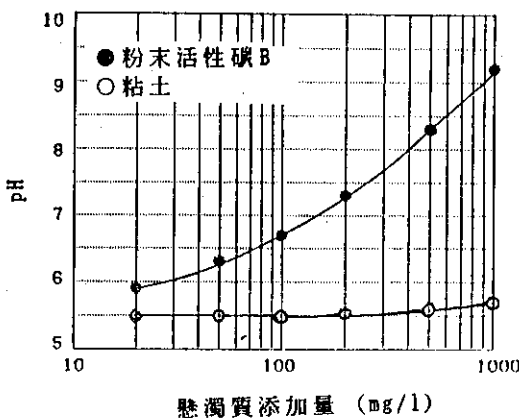


圖-7 懸濁質添加與懸濁液 pH 之關係

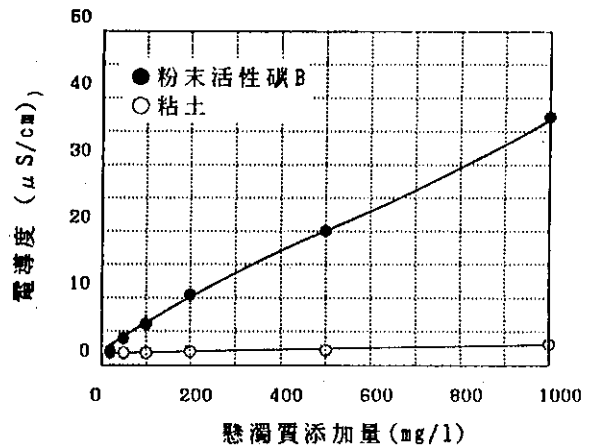


圖-8 懸濁質添加量與懸濁液電導度之關係

3.4 混凝機構之比較

由前述已確認異臭味的吸附對粉末活性碳的界達電位無顯著的影響，因此瓶杯實驗中的試料未含異臭味物質；同時由3.2及3.3節粉末活性碳及粘土之表面帶電特性、懸濁液化學特性不同，故可推測其混凝機構可能不同。

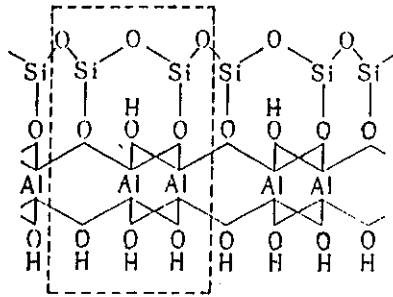


圖-9 粘土表面帶電之原因及其化學構造式，點線內之組成為 $[Al_2(OH)_4Si_2O_5]$

圖-10為懸濁質分別為粉末活性碳及粘土濃度50mg/l，以硫酸鋁為混凝劑之瓶杯試驗結果。當以硫酸鋁為混凝劑時，混凝劑加藥量在5mg/l以上，粉末活性碳及粘土之界達電位於-20mv~20mv，即混凝臨界界達電位範圍內，其懸濁質殘留率約10%左右，沒有顯著的差別，相反的在低加藥量1.0mg/l以下，由於懸濁質之界達電位為-30mv~-50mv粒子間尚存在強大相斥力，故不容易形成膠羽，混凝效果不佳；同樣地筆者^(*)曾以粉末活性碳A濃度50mg/l，硫酸鋁加藥量20~100mg/l之實驗結果，如圖-12所示，pH5~10之範圍（不溶解Al(OH)₃存在之pH範圍），形成良好混效果（懸濁質殘留率30%以下）之混凝臨界界達電位為-15~-20mv；中村^(**)以粘土濃度100mg/l之實驗結果亦指出混凝臨界界達電位為-20~20mv，因此綜合圖-10-(a)及圖-11，可知對以硫酸鋁為混凝劑時，混凝臨界界達電位與懸濁質種類及濃度沒有關係，且混凝機構之要素為電荷中和作用及架橋作用。

圖-12為以有機高分子混凝劑之瓶杯實驗結果，當懸濁質為粉末活性碳B時，有機高分子混凝劑加藥量0.005~0.25mg/l，隨加藥量增加濁度殘留量降低。相反地加藥量1.0mg/l以上時，由於1.0~20mg/l加藥量所相對之界達電位為35~42mv高正電位，粉末活性碳再呈現安定(Restabilization)狀態，不易發生混凝作用，濁度殘留率呈現增加的趨向，此種懸濁液化學性質相異之原因為懸濁質表面帶電特性不同所致。

實際上，具有電荷中和能力之硫酸鋁混凝劑，可與之有機高分子混凝劑同時視為陽離子性混凝劑，然而如圖-12及圖-13所示，粉末活性碳界達電位達到零電位所需之有機高分子混凝劑加藥量為0.1~0.25mg/l範圍；而硫酸鋁加藥量則必須高達100~200mg/l，此乃因有機高分子混凝劑含有多量帶正電之氨基(Amino radical, $-NH^+$)，比硫酸鋁具有較強的電荷中和作用及架橋作用，同時約為硫酸鋁加藥量的1/100即可得到同樣的混凝效果。

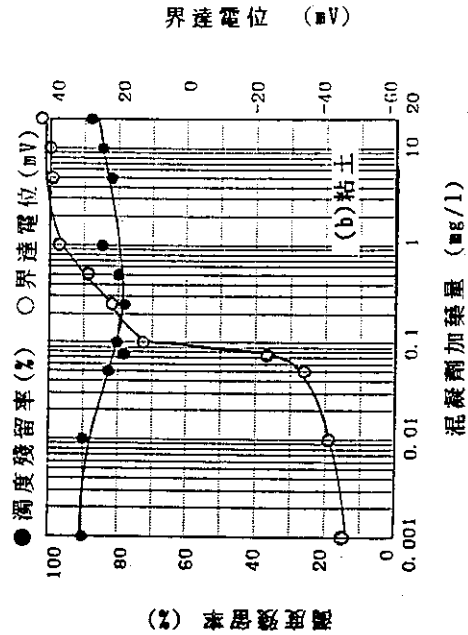
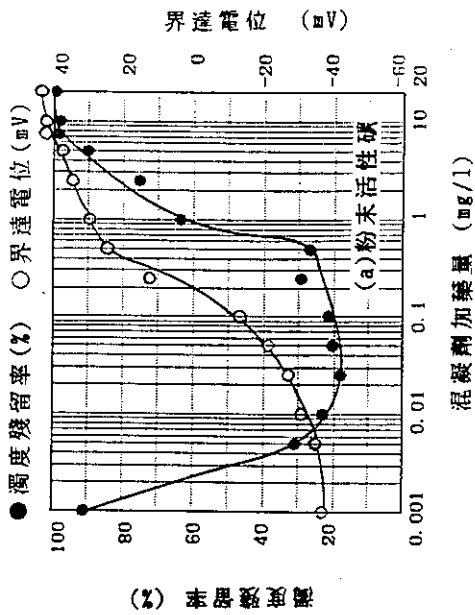


圖-12 混凝劑加藥量與懸濁質界位電位之關係 (懸濁液濃度 50mg/l, pH 7.0, 有機高分子, (a) 粉末活性炭 (b) 粘土)

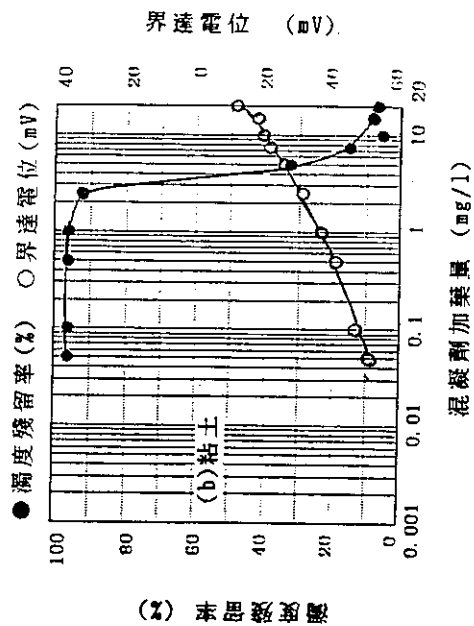
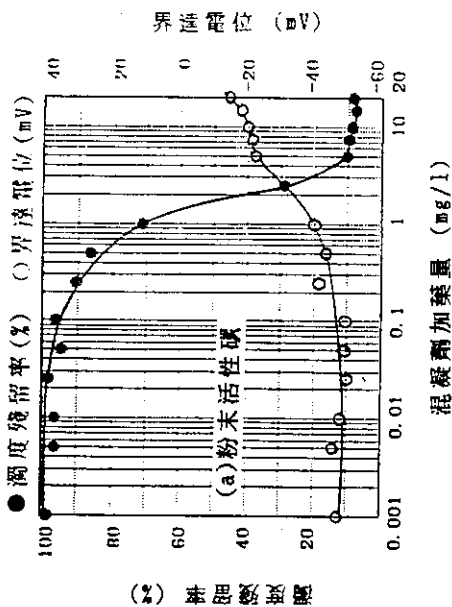


圖-10 混凝劑加藥量與懸濁質液界位電位之關係 (懸濁液濃度 50mg/l, pH 7.0, (a) 粉末活性炭 B (b) 粘土)

圖-14粘土之瓶杯試驗結果，隨有機高分子混凝劑之增加，因帶有正電荷之官能基吸附在粘土粒子表面，產生電荷中和作用，故粘土之界達電位有如圖-12-(b)所示粉末活性碳一樣變化，然而粘土及粉末活性碳之界達電位都在混凝臨界界達電位範圍內時，粉末活性碳可形成良好膠羽，但粘土則否，即使有機高分子混凝劑加藥量0.001~20mg/l範圍內，粘土混凝效果不佳，濁度殘留率高，呈現不同的混凝機構。由於粉末活性碳與粘土之界達電位相似，換言之電荷中和作用亦相似，故可推測混凝機構不同原因不是電荷中和作用，而是架橋作用不同所引起，又鹿毛⁽²²⁾指出以陽離子有機高分子混凝劑對粘土有良好的混凝果，然而此實驗粘土濃度為500~4000mg/l，因此鹿毛之結果與本實驗結果合併考慮時，混凝機構與懸濁液濃度有密切的關係。

圖-14為有機高分子混凝劑加藥量0.1mg/l，改變粘土濃度之瓶杯實驗結果；粘土濃度愈高，濁度殘留率愈低；粘土100mg/l以下，雖然粘土之界達電位13~20mv，位於混凝臨界界達電位範圍內，但是仍不發生混凝。相反地，粘土濃度200mg/l以上，即使粘土界達電位在混凝臨界界達電位範圍外，可發現良好的混凝效果。因此對同一有機高子混凝劑加藥量而言，粘土與有機高分子混劑之接觸狀態——架橋作用，依粒子濃度不同異，懸濁液濃度愈高，由於粒子與混凝劑之間接觸機會增大，促進架橋作用，產生良好膠羽。故以有機高分子為混凝劑時，混凝機構無法以電荷中和作用說明，如圖-15所示架橋作用，若能越能源障壁(energy barrier)⁽²³⁾，則與粒子界達電位無關，可得良好的混凝效果，於是主宰要素為架橋作用。

3.5 架橋作用之討論

產生架橋作用之結合力，依懸濁質表面帶電特性及有機高分子混凝劑所含官能基種類之相互作用而異。目前被提及之結合力有氫鍵結合力(hydrogen bonding)、離子結合力(ionic bonding)及以金屬離子為中心之錯合體結合力(Complex coordinate bonding)等。氫鍵結合力可分為分子間結合力及分子內結合力，分子間結合力存在於高濃度溶液中，隨著稀釋而消失；而分子內結合力與濃度無關，依化學特性，氫鍵結合力之組成有(O-H...O)、(N-H...O)、(O-H...N)及(N-H...N)⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾等；一般混凝操作之氫鍵結合力係屬於分子間氫鍵結合力，與懸濁質及混凝劑濃度有密切關係。

如前所述，實驗裡使用之粉末活性碳及粘土之界達電位相似，推測混凝機構不同之原因為表面帶電特性所引起之架橋作用不同所致，亦即如圖-16所示。粉末活性碳表面官能基，如羧基-COOH之解離：



於pH7.0粉末活性碳表面同時存在(-COOH)及(-COO⁻)離子，因此(-COOH)及(-COO⁻)與有機高分子混凝劑之官能基(-NH⁺)之間產生氫鍵結合力及離子結合力等為主之架橋作用，產生良好的混凝作用。

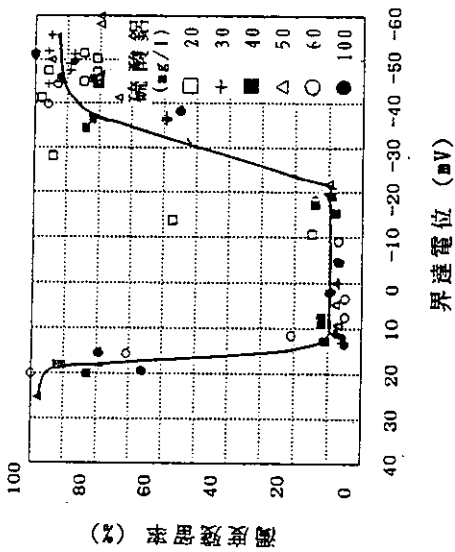


圖-11 粉末活性碳A之瓶杯試驗結果——界面電位濁度殘留率之關係 (懸濁液濃度 50mg/l; pH 5.0-10.0, 硫酸鋁 20-100mg/l)

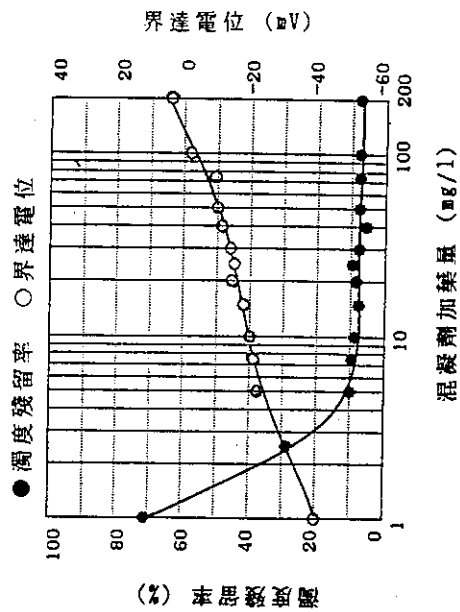


圖-13 凝集劑加藥量與粉末活性碳B界面電位之關係 (懸濁液濃度 50mg/l, pH 7.0, 硫酸鋁)

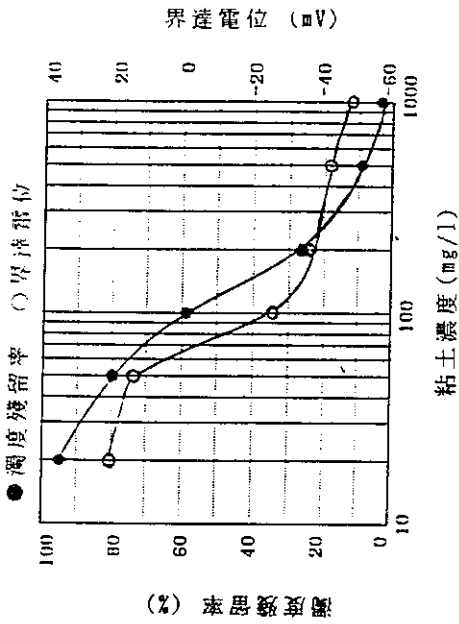


圖-14 粘土濃度與濁度殘留率及界面電位之關係 (有機高分子 0.1 mg/l, pH 7.0)

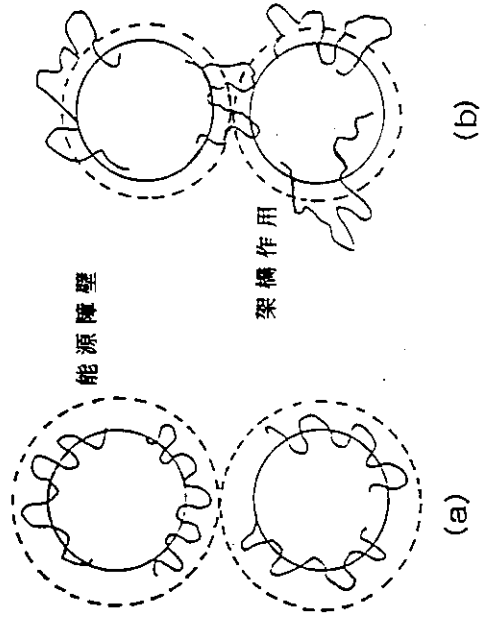


圖-15 架橋作用模式說明
(a) 未越過能源障壁之架橋作用
(b) 越過能源障壁之架橋作用

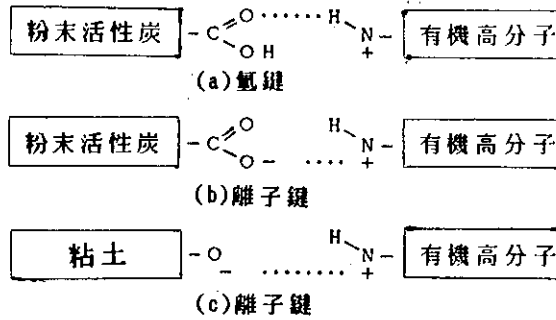


圖-16 懸濁質及有機高分子間架橋作用之說明
(a)氫鍵 (b)離子鍵 (c)離子鍵

粘土之表面帶電特性及pH(中性及鹼性區域)關係(30)：



因此帶正電之(-NH')基及帶負電之(Si, Al)-O⁻之間，以離子結合合力而產生架橋作用，但是在粘土濃度100mg/l以下，如圖-14所示混凝效果不佳，意味著架橋作用不完全。綜觀上述，一般原水之濁質以粘土為主，當濃度100mg/l以下時，有機高分子不適合做為混凝劑；且粉末活性及粘土之混凝機構不同的主因為表面帶電原因不同而引起架橋作用不同所致。

四、結論

- (1) 粉末活性碳製造時製造方法之不同，表面之含有官能基成份及含有量發生變化而呈現相異的表面帶電特性，且賦活溫度愈高粉末活性碳的界達電位有帶正電之傾向。
- (2) 粉末活性碳及粘土之帶電原因，分別為表面官能基之解離及結晶格子中陽離子之同形置換。可由懸濁液之電導度之變化來推測粉末活性碳及粘土粒子表面是否含有官能基。
- (3) 一般淨水場使用中之粉末活性碳具吸附酸之能力，當粉末活性碳投入水溶液中時，會升高水溶液的pH，因此對鹼度比較低的原水則必須留意粉末活性碳之投入是否會影響混凝操作之pH。
- (4) 以硫酸鋁為混凝劑之混凝機構的要素為電荷中和作用及架橋作用；且混凝臨界界達電位範圍為-20~20mV，與懸濁質種類及濃無關。

- (5) 以有機高分子凝集劑之凝集機構的要素是有機高分子凝集劑和濁質之間的架橋作用所致，架橋作用之結合力和凝集劑加藥量、濁質之種類及濃度有相當密切的關係。若架橋作用能越過粒子間的能源障壁，則和粒子之界達電位無關係，可形成良好的膠羽。
- (6) 以有機高分子為凝集劑時，粉末活性碳和粘土之凝集機構差異相當大，其主要原因為粉末活性碳表面含有官能基，相對地粘土則未含有官能基，且當原水濁度100度以下時(主要以粘土為濁質)，未能形成良好的膠羽。

參考文獻

- 1 日本水道協會 "異臭味対策の指針", 1979
- 2 千葉静夫 "仙台市における水道原水の処理対策", 第八回日本水質汚濁研究協会セミナー, 1985年11月, pp.95-111, 1985
- 3 佐藤敦久 "水道の臭気", 水質汚濁研究, Vol.8, No.11, pp.20-25, 1985
- 4 石橋多聞 "凝集機構の新理論", 水道協会誌, No.409, pp.2-12(1968)
- 5 Letterman R.D., Quon I.E. and Gemmill "Coagulation of Activated Carbon Suspensions", Journal of America Water Works Association, Vol.62, No.10, pp.652-658, 1970
- 6 Goto K., Sato A., Kang S.F. and Akiba M. "Coagulation Characteristics of Powdered Activated Carbon Suspensions and Its Effect on the Eutrophic Water Resources", the 6th Asia Pacific Regional Water Supply Conference, Thailand, pp.339-349, 1987
- 7 丹保憲仁 "水処理における凝集機構の基礎的研究(1)", 水道協会雑誌, No.361, pp.2-12, 1964
- 8 Gupta V.S., Bhattach S.K. and Dutta B.K. "Zeta Potential Control for Alum Coagulation", Journal of America Water Works Association, Vol.67, No.1, pp.21-23, 1975
- 9 Stumm W. and Morgan J.J. "Chemical Aspect of Coagulation", Journal of America Water Works Association, Vol.54, No.8, pp.971-994, 1962
- 10 玉川純 "ハニコム生物処理槽内の物質収支に関する研究", 東北大学修士論文, pp.19, 1987
- 11 浦野紘平, 山本英二, 網谷幸二 "粒状活性炭のフミン酸吸着性能", 水道協会誌, No.573, pp.37-47, 1981
- 12 Cookson J.T.Jr., Ishizaki C. and Jones R.C. "Functional Surface Groups on Activated Carbon Responsible for Adsorption of Organics from Water", AIChE Symposium Series, in Water Section, pp.157-168, 1971

- 13 技術情報センター編 "1 活性炭とその吸着特性概要", 最新活性炭総合技術マニュアル応用技術出版株式会社, pp.1-10
- 14 北川睦夫 "2 活性炭の基礎構造と性質", 活性炭水処理技術と管理, 月刊工業新聞社第1版, pp.7-38, 1979
- 15 鈴木基之 "粉末活性炭のゼータ電位", 化学工学協会第16回秋期大会研究発表講演要旨, 1982年10月, pp.41, 1982
- 16 丹保憲仁 "水処理における凝集機構の基礎的研究(III)", 水道協会雑誌, No.365, pp.25-37, 1965
- 17 Mattson J.S. and Harry M.B. "Surface Oxygen Functional Groups and Neutralization of Base and Acidic Surface Oxide", in Activated Carbon Surface Chemistry and Adsorption from Solution, Marcle Dekker, Inc., pp.23-39, 1971
- 18 浦野絳平 "活性炭に対する強酸、強塩基及びそれらの塩の吸着機構と活性炭懸濁液のpH", 日本化学学誌, Vol.15, No.11, pp.1773-1777, 1976
- 19 Snoeyink V.I. and Weber W.J. "The Surface Chemistry of Activated Carbon: A Discussion of Structure and Surface Functional Groups", Environmental Science and Technology, Vol.1, No.3, pp.228-234, 1967
- 20 Shyh Fang Kang, Astuhisa Sato, Koki Goto "Comparison of Coagulation Mechanism between Powdered Activated Carbon and Kaolin Suspensions with Cationic Polyelectrolytes", 7th Regional Conference & Exhibition of Asia Pacific Group, Water Nagoya, Japan, 1989(in press)
- 21 内海一朗 "現代無機化学講座 2 無機化学各論(前編)", 技報堂出版会社, 1版1刷, pp.281-282, 1970
- 22 土質工学会編 "第1章 土の工学的性質と化学", 土質工学における化学の基礎と応用-土質基礎工学ライブラリー15, pp.38-42, 1978
- 23 康世芳 "粉末活性炭の凝集及びろ過の特性に関する研究", 東北大学博士学位論文, 1989
- 24 中村文雄 "凝集剤使用量の決定方式に関する(1)-濁質成分の質・量の変動と注入", 水道協会誌, No.482, pp.2-15, 1974
- 25 鹿毛浩之 "カチオン性高分子凝集剤によるカオリン懸濁液の凝集特性", 化学工学論文集, Vol.10, No.1, pp.127-129, 1984
- 26 Gregory J. "Effects of Polymers on Colloid Stability", in The Scientific Basic of Flocculation, Sijthoff & Noordhoff International Publishers, pp.101-125, 1978
- 27 化学の領域委員会編 "固体における水素結合の赤外吸収", 赤外線吸収スペクトル理論と応用, 第2集, pp.79-87, 1956
- 28 化学工業社 "7 ポリアクリル酸ソーダ", 水溶性高分子, pp.109-111, 1987
- 29 牧廣 "4 ポリマー集団の団結力", 高分子の本質・基礎化学, 編地人出版社, pp.51-67, 1979
- 30 Michales A.S. "Aggregation of Suspensions by Polyelectrolytes", Journal of Industrial Engineering Chemistry, Vol.47, No.9, pp.1801-1809, 1955