

燃煤發電之廢水處理

作者：磯畑良正*

譯者：嚴道**

一、引言

由於全世界缺油現象又帶動了恢復用煤作為燃料，尤以火力發電為主要。但使用煤燃料較之使用油燃料更易引起大量及更多污染物。因此，任何為燒油發電所設計的廢水處理系統並不能成功地使用在燒煤發電廠。

在本文中，將提出一個廢水處理系統，該系統係為五億瓦燒煤發電所而設計的，在計劃此系統時，引用了我們的實地經驗及研究結果。

二、在燒煤發電所的污染物

煤較之油更易引起嚴重的污染問題。首先，因為煤是固體，而引起運輸，儲存及處理（灰）有關的廢水問題，其次，煤包含許多污染環境的物質。此種物質列舉如下：

- (1) 硫礦——煤與重油含硫量約略相同，唯其困難的是不易進行脫硫。
- (2) 全氮——煤較油含有十倍以上的全氮。當煤燃燒時，放出大量氮氧化物 (NO_x)，從煙道氣體中除去此種氮氧化物較之除去硫氧化物 (SO_x) 更為困難，從廢水除去氮亦較困難。
- (3) 重金屬——煤較之油含更多鉍及鉻等重金屬。此外，煤含油中所沒有的氟及氯，處理此等元素所需要之處理系統與用於燒油發電所之處理系統不同。

表一、廢水特性

燒油與燒煤發電所

廢水成分	燒 油	燒 煤
懸浮固體	未燒炭（低濃度）	燃料灰（高濃度 1—2%）
重金屬	鐵、鉍、鎳、鉻等	燃料灰中金屬（鐵、鋁、鈣、鉍、鉻等）
COD	未燒炭，三價鐵等（除去硫礦廢水中的 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$ ）	煙道氣體除去硫礦廢水中的 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$
氟	無	300~1,500 ppm (視何種煤而定)
氮	注入氮於 EP 中	固體煤及煙道氣體中除去氮廢水排出之氮

* 日本 ORGANO 株式會社正工程師

**臺灣環境工程股份有限公司董事長

三、燒煤發電所之廢水及其處理

1. 污染物及廢水

燒煤發電所各種廢水，其所含污染物列舉如下：

懸浮固體

- 運用水（包括鍋爐用、絕緣用之純水及其他工業用水等）凝結處理系統流出之沉澱物。
- 運用水過濾處理系統逆洗排放之廢水。
- 煙道氣體除去硫礦系統之廢水。
- 煤儲存場之廢水。
- 煤運送設備之廢水。

重金屬

- 煤灰處理系統之廢水。
- 煙道氣體處理系統清洗之廢水。

COD

- 鍋爐水中之聯氨。
- 鍋爐化學清洗之廢水。
- 鍋爐補充水除去礦物質之再生廢水。
- 煙道氣體除去硫礦系統之廢水。
- 由煙道氣體處理系統清洗之廢水。（空氣預熱器及靜電除塵器）。
- 下水道中之污物。

氟

- 煙道氣體除去硫礦系統之廢水。

氮

- 鍋爐水中之聯氨。
- 煙道氣體除去硫礦系統之廢水。
- 由煙道氣體處理系統清洗之廢水。
- 下水道中之污物。

磷

- 下水道中之污物。

油

- 油槽場地廢水。

2. 除去廢水中污染物程序

茲提出一些特別適合於處理燒煤發電所產生廢水污染物的重要除去方法，及已被日本 Organo 公司發展出來在燒煤發電所處理廢水之方法。

(1) 除氟

在日本，法律規定許可排水氟化物之最大限量為 15 mg/l 。要除去廢水中之氟化物可用以下兩種方法。

- 用鈣鹽凝結及沉澱。
- 用活性礫土吸附。

在此兩種除氟方法中，活性礫土法不適合處理含有相當高濃度氟之燒煤發電所廢水，因此鈣鹽法是通常被選用的方法。

在鈣鹽法中，通常以石灰當作鈣鹽。氟以氟化氫的形式依下列反應，生成氟化鈣的沈澱：

$$2\text{HF} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

PH 及反應時間為影響上項反應之主要因素。圖一及二表示水中剩餘氟之濃度分別為 PH 及反應時間之函數。由圖可知，水中氟濃度可低於 15 mg/l 。即 PH 範圍為 9.5 至 10，而反應時間為 30 至 40 分鐘。

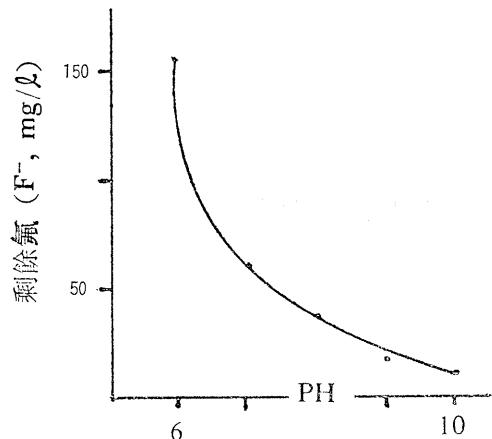


圖 一

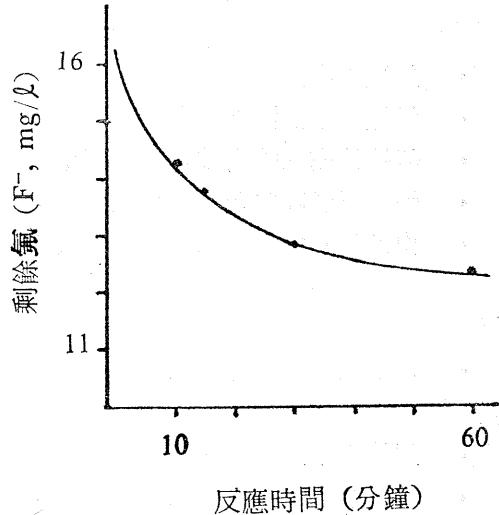


圖 二

表二表示當石灰方法用於處理「煙道氣體除去硫礦系統之廢水」時所得到之結果。在除去硫礦之廢水情況下，當廢水含有大量鈣離子時，只要加上苛性鈉而調整 PH，即可除去氟。表二以苛性鈉及石灰中和除氟

(煙道氣體除去硫礦廢水)

廢水性質 PH=3.3 F⁻=368 mg/l

COD=67.7 mg/l

Ca⁺⁺=2,220 mg/l, Al⁺³=170 mg/l

表二

編號	鹼劑量		總鈣 (Ca ⁺⁺ , mg/l)	反應 PH	30分鐘後懸浮固體 2號過濾器之F ⁻ 過濾液			30分鐘 後沉澱 體積 (V/V %)	處理水(澄清液)	
	(mg/l)	(Ca ⁺⁺ , mg/l)			F ⁻ (mg/l)	懸浮固體 (mg/l)	(mg/l)		PH	COD mg/l
1	NaOH 1,200	—	2,220	8.6	12.7	15.6	11.4	40.2	7.3	36.4
2	Ca(OH) ₂ 1,200	648	2,868	8.1	16.3	71.3	13.5	15.1	7.0	—
3	Ca(OH) ₂ 1,600	864	3,084	9.3	11.6	27.0	8.6	22.0	8.4	35.4
4	Ca(OH) ₂ 1,200	648	2,868	8.1	16.8	13.6	13.6	19.4	7.1	—

COD

以下 COD 成分在燒煤發電所廢水中被發現：

- 未燒炭。
- 鐵化合物。
- 聯氨 (N₂H₄)。
- 有機酸。
- 煙道氣體除去硫礦廢水中之硫礦化合物。
- 下水道污水中之有機酸。

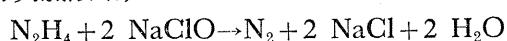
上述 COD 成分中，以聯氨及煙道氣體除去硫礦廢水中之硫礦化合物最難處理。除去此等物質之方法敘述於下。此等方法已在日本發電所實施。

1) 除去聯氨

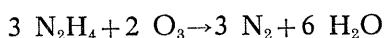
用作鍋爐腐蝕抑制劑之聯氨於鍋爐開動時以水溶液方式排出。此種廢水之體積為每一鍋爐 1,000~2,000 m³，而其聯氨濃度範圍為 100~700 mg/l。由圖三可知，廢水 COD 約為聯氨濃度的一半。

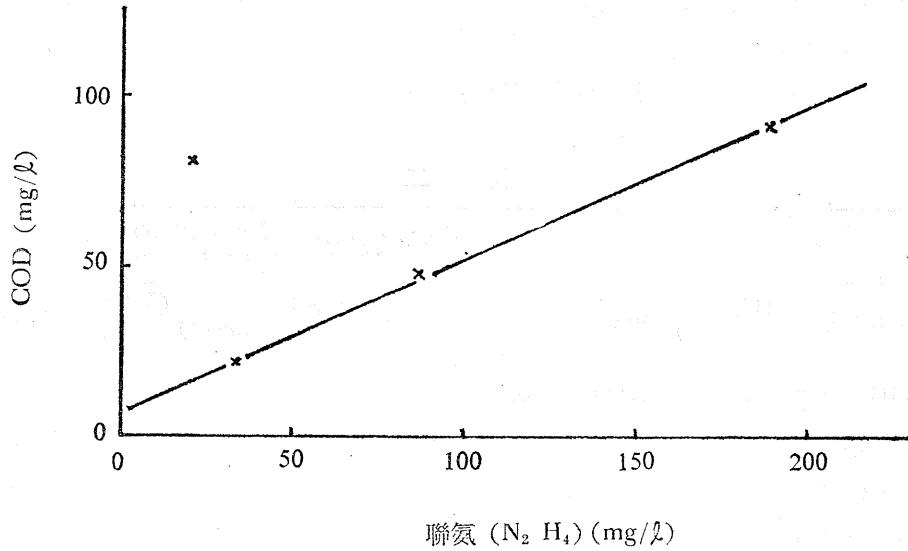
當聯氨與氧化劑如氯，臭氧及過氧化氫等接觸時，聯氨容易被分解。其反應如下：

(用次氯酸鈉)



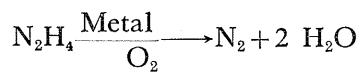
(用臭氧)



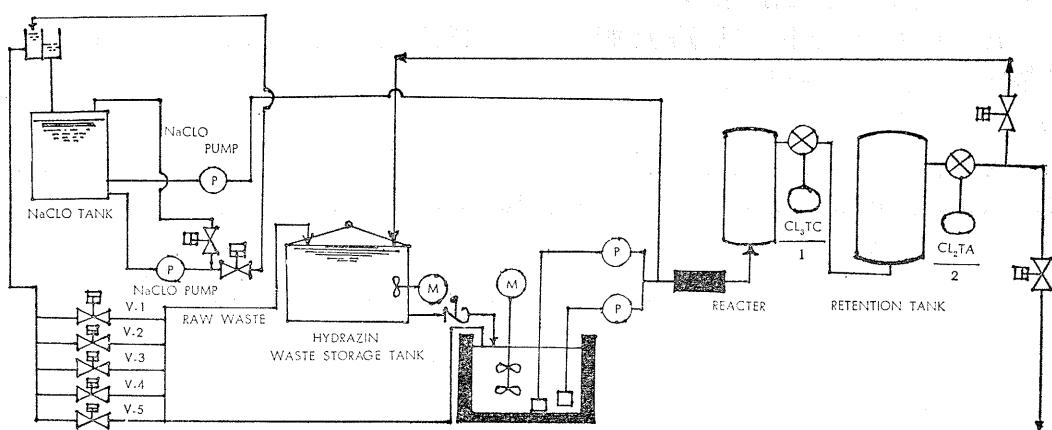


圖三

(用金屬催化劑空氣氧化)



日本 Organo 公司已裝置幾部使用次氯酸鈉除去聯氨的系統。圖四表示含聯氨廢水處理之流程。



圖四 含聯氨廢水處理之流程

表三，表示氯劑量與剩餘聯氨之關係。由此表可知，當加上兩倍於聯氨之克分子量的氯時，尚有幾個毫克/公升聯氨存留下來。但提高氯的劑量，聯氨幾乎完全分解，而大量氯存留在水中。所以氯之劑量大約等於兩個克分子量聯氨較佳。

表三 聯氨分解對氯劑量

	氯劑量標準 克分子量比率 (Cl/N ₂ H ₄)	mg/ℓ	加 NaClO 後之 PH	PH (已調整)	剩餘氯 mg/ℓ	剩餘 N ₂ H ₄ mg/ℓ	除去 N ₂ H ₄ 比率 (%)
N ₂ H ₄ 93.6 mg/ℓ	2	416	8.55	7.00	<0.1	9.1	90.3
	2.5	520	8.60	7.10	39	0	100
	3	623	8.75	6.85	105	0	100
	3.5	727	9.00	6.90	154	0	100
N ₂ H ₄ 56.0 mg/ℓ	1.5	186	8.40	6.90	<0.1	19.2	65.7
	2	252	8.35	7.00	0.1	5.3	89.6
	2.5	312	8.25	7.05	26	0	100
N ₂ H ₄ 18.2 mg/ℓ	1	40.1	8.10	7.00	<0.1	11.4	37.4
	1.5	60.9	8.00	6.90	0.1	5.3	70.9
	2	81.6	7.95	6.90	0.1	3.0	83.5
	2.5	104	7.90	6.95	2	0	100

2) 煙道氣體 (SO₂) 除去硫礦廢水處理

煙道氣體除去硫礦系統之廢水含有亞硫酸鹽及多硫化物（氧化副反應產品如連二硫酸 H₂S₂O₆）。此等物質代表高 COD，因其在普通溫度下具較高穩定性，故難於除去。一般而言，除去方法有三，現一一以圖解說明如下：

(一) 直接硫化

廢水數量	
水容積	650m ³ /D
COD	60 mg/ℓ
S ₂ O ₆ =	1,000mg/ℓ
F	

98% H ₂ SO ₄	13.265 kg/D
蒸 汽	

中和劑
4.5% NaOH 24.064 kg/D

理處先預
PH調整器
澄清器
除去鈣
過濾器

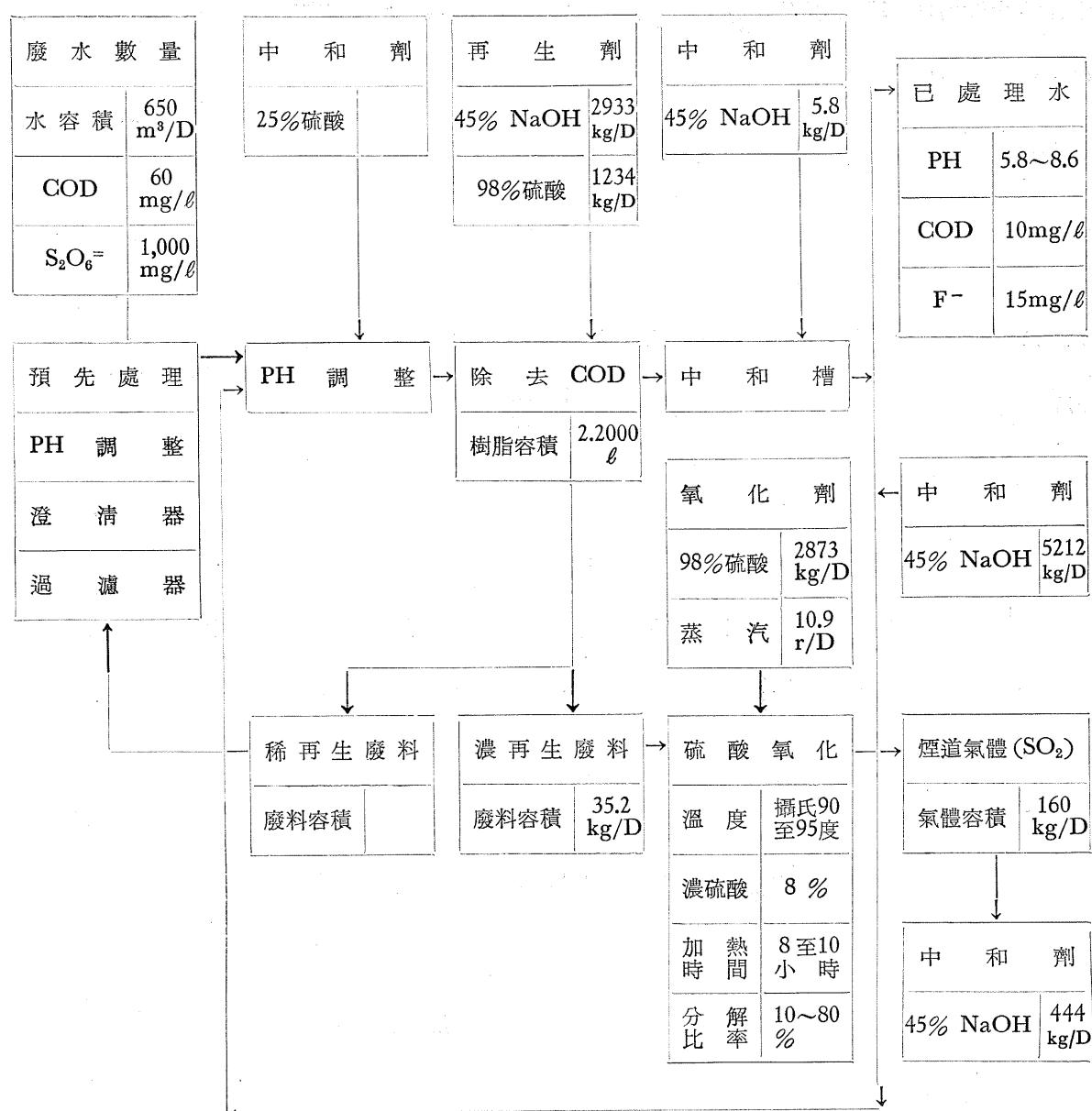
氧化情形	
溫 度	攝氏 90 至 95 度
硫酸液	2 %
加熱時間	8至10時
分解比率	70~80%

中和槽

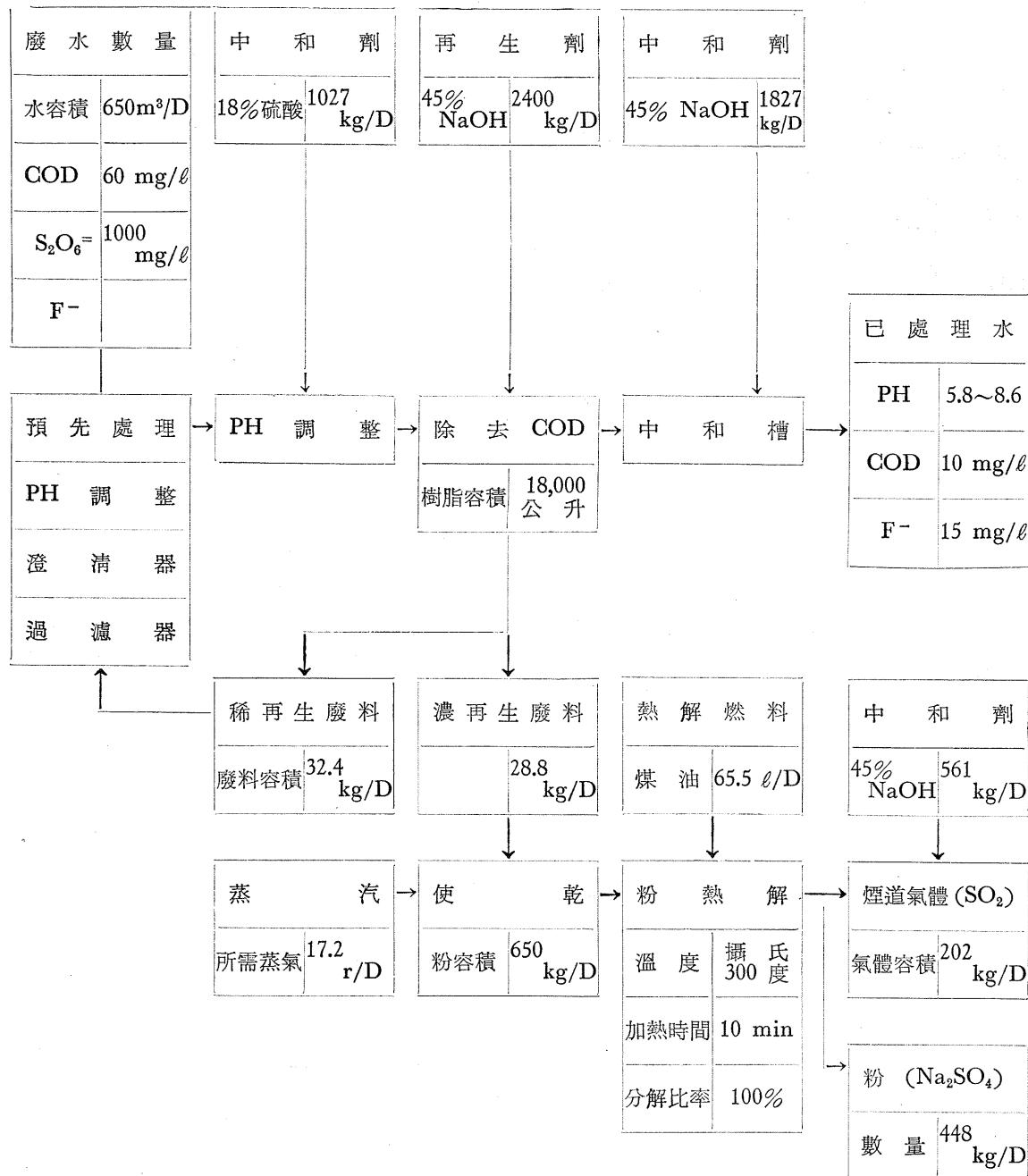
已處理之水	
PH	5.8~8.6
COD	15 mg/l
F ⁻	15 mg/l

煙道氣體 (SO_2)
氣體容積 205 kg/D

(二) 離子交換及硫酸氧化



(三) 離子交換及熱解

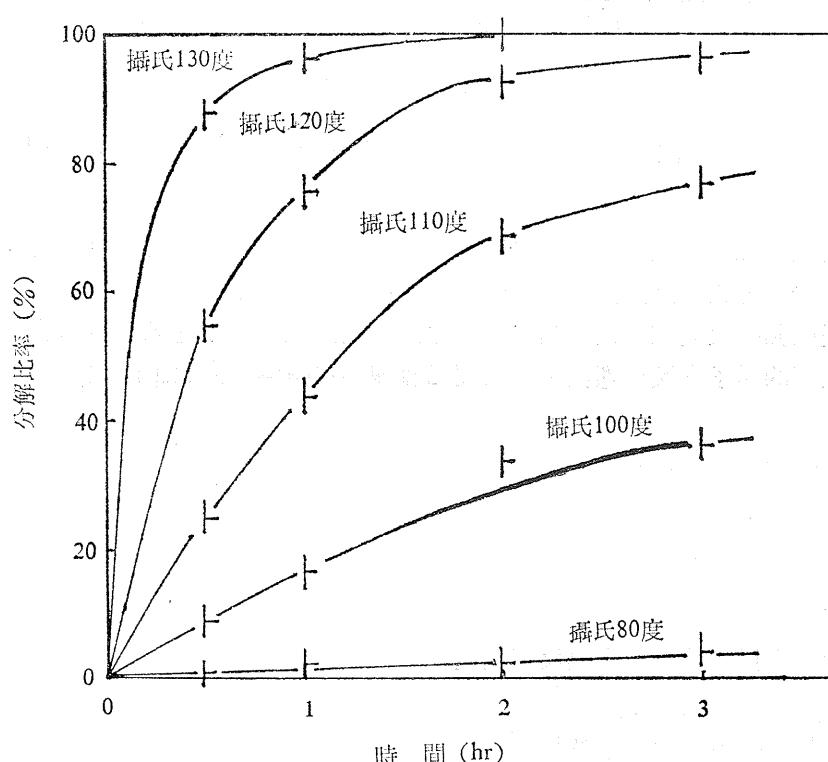


經由原理及實驗中得知第三種效果最佳，現就各方面做一綜合討論陳述於下：

連二硫酸是廢水中主要成分，容易吸附於陰離子交換樹脂之上，因此廢水中之 COD 可以除去而集中於陰離子交換樹脂之上，流出之水即被排出。含有高濃度連二硫酸之再生廢料，加以高溫硫酸即被氧化。如表四所示，再生廢料之 COD 約 200 mg/l ，又含連二硫離子之硫磺佔再生廢料中總硫磺數量 $63\sim85\%$ 。

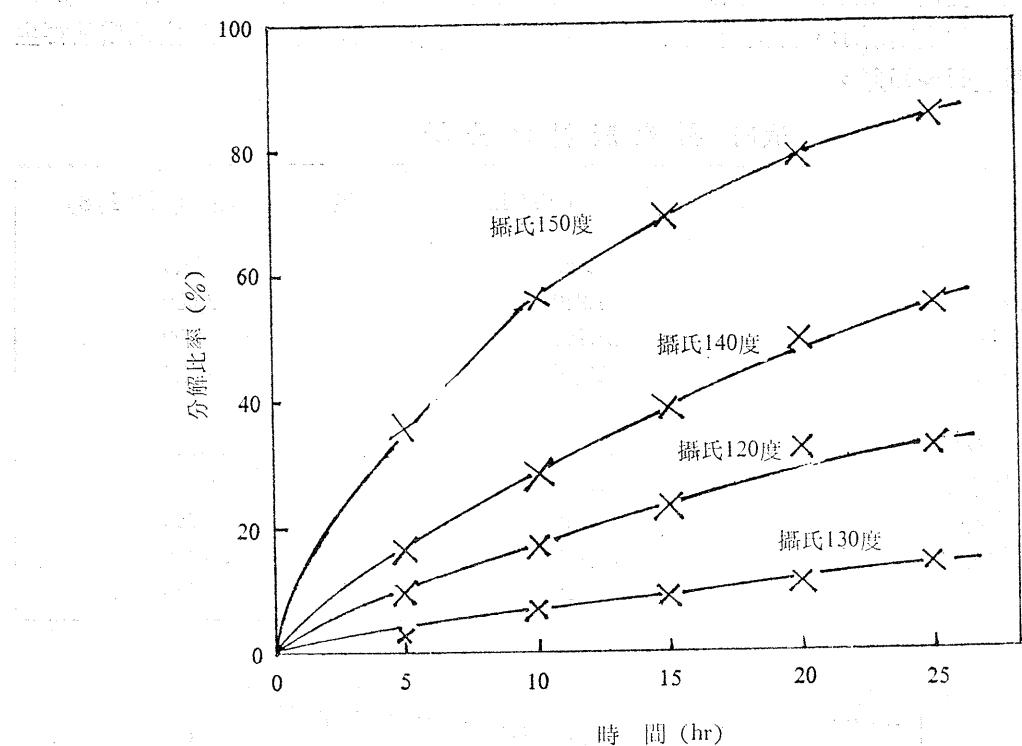
表四 再生廢料之分析

	樣 品 (“B” P/S)	樣 品 (“C” P/S)
PH	9.50	13.5
COD (mg/l)	1,940	2,080
$\text{Cl}^- (\text{mg Cl/l})$	21,750	900
蒸發殘渣 (g/l)	88.26	106.4
碘消耗 (mg/l)	0	0
總硫磺 (mg S/l)	13,670	24,320
$\text{SO}_4^{=}$ (mg S/l)	1,540	5,600
$\text{S}_2\text{O}_4^{=}$ (mg S/l)	11,240	15,280
$\text{S}_2\text{O}_6^{=}$ ($\text{mg S}_2\text{O}_6/\ell$)	28,120	38,210
其他硫磺	880	3,440



圖五 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ 的酸水解 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 : 0.051 \text{ mol/l}, \text{H}_2\text{SO}_4 : 0.0568 \text{ mol/l}$

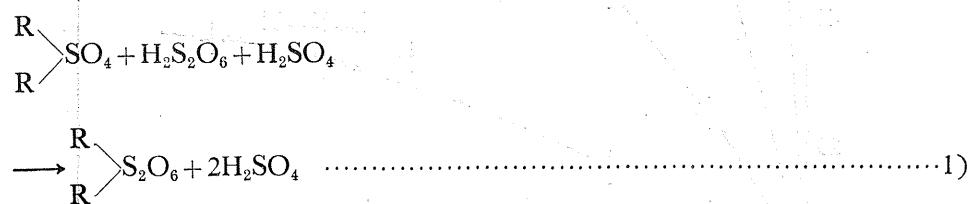
圖五及圖六表示各自對於鈉二硫酸鹽之酸及鹼之加水分解。從這些圖可以看出，即使高溫度之硫酸加水分解，其結果是很低分解比率。



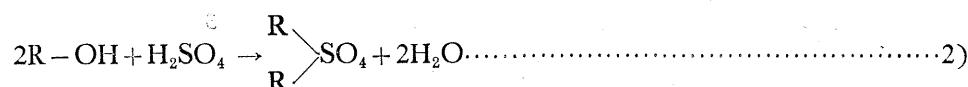
圖六 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ 的鹼水解 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6: 0.0998 \text{ mol/l}$ $\text{NaOH}: 0.984 \text{ mol/l}$

又知鈉二硫酸鹽在較低熱解溫度（攝氏 267 度）即行分解。我們已利用此現象，而於廢水處理系統中加入此熱解方法，此方面的系統已運用成功，詳述如下。

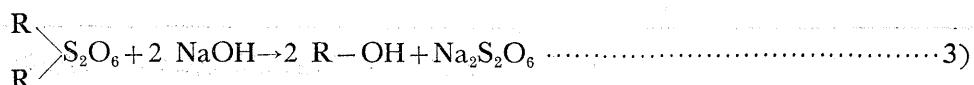
在預先處理如混凝及過濾之後，煙道氣體除去硫礦的廢水依序地經過兩個陰離子交換柱。在第一柱中，有以下的離子交換反應發生，而連二硫酸即從陰離子樹脂上除去。



在第二柱中，有以下的離子交換反應發生。

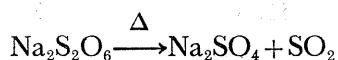


當第一柱中陰離子樹脂與連二硫酸離子一同耗盡時，它依下式又再生。



在第一柱再生之後，給廢水以相反旋轉方式經由第二柱至第一柱。於是，反應在第二柱中發生。

兩柱之流出物聚集起來並中和後放出，另一方面，再生廢物用噴射乾燥法弄乾。更為特殊的是再生廢料在蒸汽室中被噴射，其進口溫度為攝氏200至300度，因此水被蒸發而廢水中之溶解物質乾燥成粉。此粉主要含有鈉二硫酸鹽，硫酸鈉及鹽。因為鈉二硫酸鹽是 COD 成分，不能排放。此化合物經加熱後照下式分解成硫酸鈉。



如表五所示，熱解溫度應高於攝氏200度，最好是約攝氏300度。

表五 鈉三硫酸鹽之熱解

溫度	樣品再生廢料粉 (由 "B" P/S 得到)			再生 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (33g/l)	
	COD (mg/l)	Na_2SO_4 (g/l)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ (g/l)	COD (mg/l)	Na_2SO_4 (g/l)
—	1,940	6.85	36.20	771	0
100	1,050	18.64	29.17	771	0
200	636	28.10	17.13	318	10.95
300	<10	42.41	0.016	0	20.26
400	<10	42.16	0.000	0	20.26
500	<10	41.23	0.000	0	20.41

上述離子交換及熱解方法，其特性如下：

- (a) 特殊旋轉離子交換操作方式。
 - (b) 再生時間較短。
 - (c) 操作穩定。
 - (d) 礦物酸消耗較少。
 - (e) 再生廢料體積較小。
 - (f) 生廢料處理易而可靠。
 - (g) 處理費用較低。

表六比較三種處理煙道氣體除去硫礦廢水之方式。

成本比較（化學品）

表六 三種處理煙道氣體除去硫礦廢水方式

		直接硫酸氧化	離子交換及硫酸氧化	離子交換及熱解
45% NaOH	消費 kg/day 單價 y/day 總數 y/day	24,633 30 738,990	8,584.8 30 257,844	4,788 30 143,640
98% 硫酸	消費 kg/day 單價 y/day 總數 y/day	13,265 20 265,300	4,107 20 82,140	1,027 20 20,540
蒸 汽	消費 kg/day 單價 y/day 總數 y/day	— 2,500 —	10 2,500 —	17 2,500 43,000
煤 油	消費 kg/day 單價 y/day 總數 y/day	— — —	— — —	65 70 4,585
總化學成本 y/day 單化學成本 y/m³	1,004,290 1,545		367,234 565	211,765 326

(3) 氮

使用化石燃料發電所之廢水，含有氮化合物如氨鹽、亞硝酸鹽、硝酸鹽、有機氮及聯氨。尤其是煤所含氮之量較之油所含氮之量在十倍以上。因此燒煤發電所廢水含有較高的氮濃度。

氮化合物出現在各種廢水中如煙道氣體除去硫礦廢水，空氣預熱器清洗廢水，靜電除塵器清洗廢水，下水道污水及鍋爐排水（聯氨）。

有許多除去廢水中氮的方法可用，此等方法大體上分類如下：

- 生物方法
 - 浮動法
 - 固定床法
- 氨清除法
 - 空氣法
 - 蒸汽法
- 斷點氯化法
- 離子交換法

因上述氮化合物共存於燒煤及燒油發電所廢水中，並沒有一種除去氮的萬能方法，每一方法均有其優劣點。一般來說生物方法對於除去氮較可靠與適合。

(4) 鈣

鈣不是一種環境污染物，但此物質常大量發生於廢水中，它是由石灰石膏處理煙道氣體以除去硫礦的方法，而存在於所產生之廢水中。當使用生物膜法從除硫礦廢水中去除氮時，鈣垢之沉澱將引起操作上之困難，所以，在施用生物去氮方法之前，必須先除去鈣。

鈣也可用離子交換或沉澱法除去。但因在發電所產生的廢水所含大量鹽並非鈣鹽，故離子交換法不能選用來除去鈣離子。

碳酸鈉或硫酸鈉用於沉澱法，廢水中之鈣沉澱為碳酸鈣或硫酸鈣。表七表示碳酸之溶解度積較硫酸鈣溶解度積低。且碳酸鈣之沉澱容易處理。因此，碳酸鈉成為選擇鈣沉澱法之試劑。

表七 碳酸鈣及硫酸鈣之溶解度

水溫	碳酸鈣	硫酸鈣
10	7×10^{-3}	0.193
20	6.5×10^{-3}	0.202
30	5.2×10^{-3}	0.209
40	4.4×10^{-3}	0.210

表八表示碳酸鈉加在煙道氣體除去硫磺廢水中，所得到除去鈣之結果，其碳酸及鈣之比率分別為 1、1.5 及 2。

表八 用碳酸鈉除去鈣沉澱（煙道氣體除去硫磺廢水）

試驗號	加碳酸鈉 mg/l	$\text{CO}_3^{=}/\text{Ca}^{++}$	PH	剩餘鈣 mg/l	除去 %
1	0	—	9.06	1,700	—
2	4.5	1	9.33	183	89.2
3	6.8	1.5	10.31	99	94.2
4	9.0	2	10.6	30	95.9

從表八可見，廢水中約 90% 鈣因加上等量的碳酸鈉 ($\text{CO}_3^{=}/\text{Ca}^{++} = 1$) 而被除去。

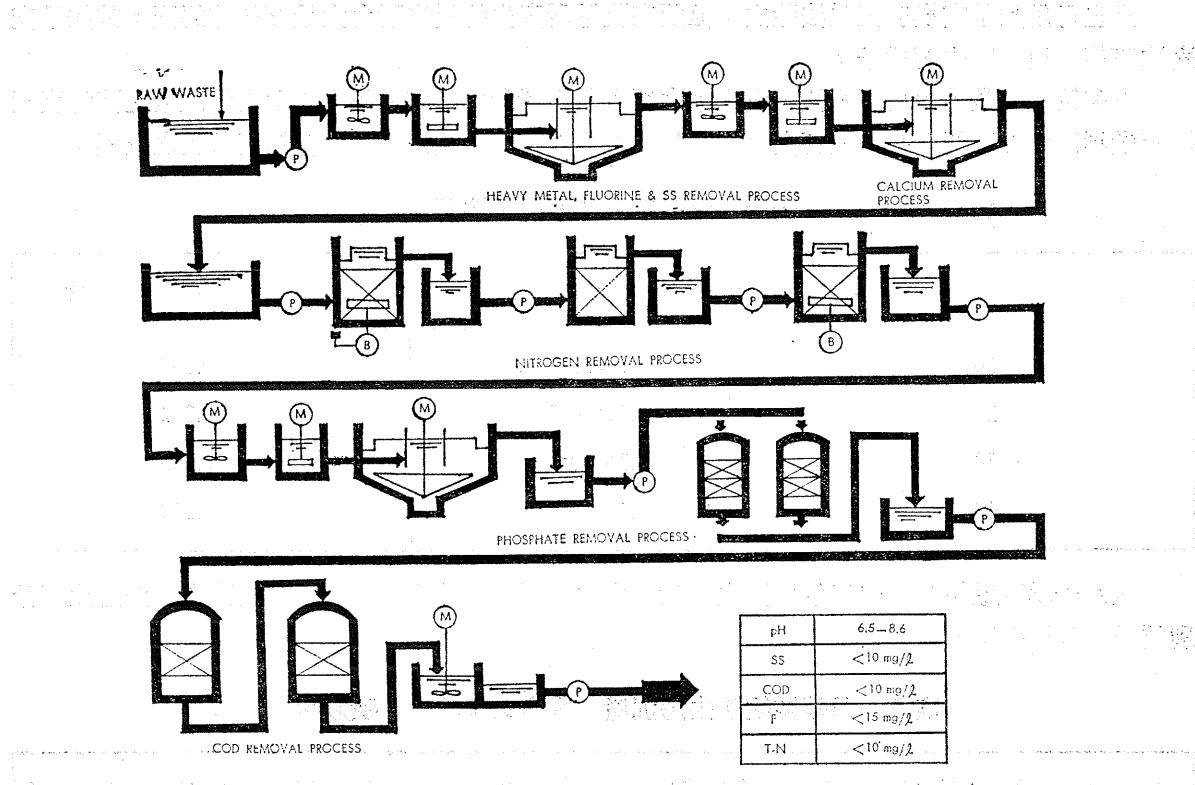
四、廢水處理總系統

假如要從燒煤發電所綜合廢水中除去其污染物，則圖七所代表的處理系統必須裝置起來。

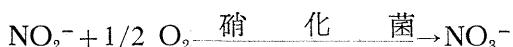
首先，廢水在有鈣且 PH 約為 10 的情況下混凝以氫氧化物及氟化物的形式除去重金屬如氟化鈣及懸浮固體。混凝水隨即送入除鈣步驟，即加上碳酸鈉以沉澱鈣成為碳酸鈣。上層液從除鈣的階段中被注入至下一個除氮的階段。

在除氮階段中，氨氮在第一容器中依照下式為氮化細菌所氧化。

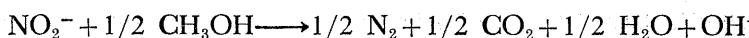




圖七 燒煤發電所綜合廢水處理系統



在除氮階段第二容器中，硝酸鹽為桿狀菌等依照下式使其還原為氮。



在除氮過濾器第三容器中，再實施通氣以除去加於第二容器中之超量甲醇。

自除氮階段中流出之水被送至除磷階段，在此又實施混凝及沉澱以從水中除去磷。此水然後再注入到前面所述之雙容器陰離子交換系統，在此系統內由煙道氣體除去硫礦廢水所產生之連二硫酸被去除而使水中之 COD 值降低。

最後流出之水有以下之特性。

COD 少於 10 mg/l

氟 少於 15 mg/l

總氮 少於 10 mg/l

上列廢水之高級處理將花費很大處理費用。但由於在日本沒有法規控制排出氮之數量。且有些人認為只要除去磷就可以控制發育營養，所以在日本很少將除氮步驟加入廢水處理系統。

五、燃煤發電所之水及廢水處理系統

在先前所述的高級處理實施之同時，必須考慮水的回收及再用以解決缺水問題。

在包括水的回收及再用中，水及廢水的處理應以合理方式為之，因此必須考慮一個有系統的，整個的用水及廢水處理計劃。在過去數年以來，我們對於在發電所中所使用水的合理化已進行調查及個案研究。茲提出此種用水合理化之計劃。

(1)五億瓦燒煤發電所所用之標準水及廢水處理系統

整個用水及廢水處理系統已為具有代表性的五億瓦發電所計劃出來。在草擬此系統時，我們曾參考在日本燒煤發電所的實地資料並參考所得到的調查結果。

1) 煤消耗及煤灰

a) 煤之特性：

種類……澳洲煤

熱能……5,600 kcal/kg

電能轉變效率……40%

灰份……14-23% (平均18%)

飛灰………83%
熔滓………15%
餘灰………2%

所含硫礦……0.6% (0.3-0.6%)

Kw-kcal 轉變係數……860 kcal/kw. hr.

b) 煤消耗

$$500,000 \text{ 千瓦} \times 860 \text{ 千加路里}/\text{千瓦時} \times 24 \text{ 時}/\text{d.} = 4,610 \text{ t./d.}$$
$$5,600,000 \text{ 千加路里}/\text{t.} \times 0.4$$

c) 產生之灰

$$4,610 \text{ t./d.} \times 0.18 = 829.8 \text{ t./d.}$$

飛	灰	688.7 t./d.
熔	滓	124.5 t./d.
餘	灰	16.6 t./d.
總	數	829.8 t./d.

d) 灰處理

1 飛灰

飛灰為複式旋風分離器及靜電除塵器所聚積，並在真空中送至飛灰儲倉。

2 熔滓

熔滓被送至熔滓漏斗後，被來自沉澱槽之水攪拌，並利用水噴射器定期的把它轉送到脫水單位，熔滓經脫水而放出。

3 餘灰

聚積於省煤器、空氣預熱器等上，在壓力下定時的被轉送，其分類視其微粒之大小

而定。一般為燃料灰燼或熔漿。

2) 發電設備

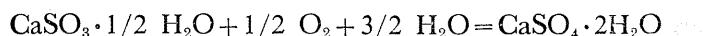
- a) 鍋爐容量：1,720噸/時
- b) 鍋爐補充水：130立方公尺/日（鍋爐容量0.4%）
- c) 輪機容量：500千瓦

3) 煙道氣體除去硫礦設備

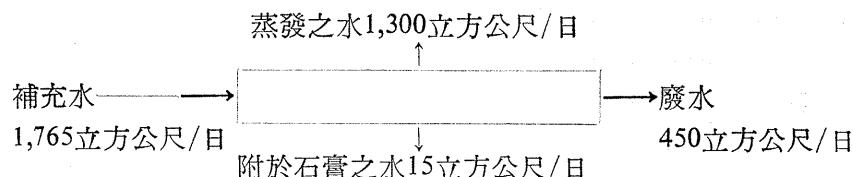
a) 方法

濕石灰石膏法

- b) 除去硫礦%……90%
- c) 煤中之硫礦%……0.6%
- d) 煙道容積……1,592,400 Nm³/hr.
- e) 煙道氣體中之 SO₂……55.4 噸/日
- f) 除去之 SO₂……49.8 噸/日
- g) 產生之石膏……134 噸 CaSO₄·2H₂O/日



- h) 附於石膏之水……約15立方公尺/日
(約產生10%石膏)
- i) 蒸發之水約1,300立方公尺/日
- j) 廢水容積約450立方公尺/日
- k) 圖八水之平衡



4) 所需之冷卻水（補充）

a) 輪機軸冷卻水

20立方公尺/日（除去離子之水）

b) 一般設備冷卻水

200立方公尺/日（過濾之水）

c) 空氣調節冷卻水

20立方公尺/日（過濾之水）

5) 總水消耗

水之種類	用途	容積(立方公尺/日)
除去離子之水	<ul style="list-style-type: none"> • 鍋爐補充 • 輪機軸冷卻 • IE 再使水 (補充去離子水) • IE 再生水 (凝縮少數) • 補充蒸汽 • 化學分析 • 絶緣清洗 • 緊急用水 	<ul style="list-style-type: none"> 130 20 40 26 100 10 40 634
	總數	1,000
過濾之水	<ul style="list-style-type: none"> • 除去離子之水 • 冷却水 • 主要大樓各種用水 • 其他用途 	<ul style="list-style-type: none"> 220 45 30
	總數	1,295
工業用水	<ul style="list-style-type: none"> • 補充煙道氣體除去硫礦設備 • 凝集及過濾 • 補充熔淬漏斗 • 煤場地噴射水 • 運送煤設備清洗水 • 消防用水 • 灰燼清洗 • 設備清除 • 其他用途 	<ul style="list-style-type: none"> 55 200 150 60 20 30 10 30
	總數	2,320
家庭用水	• 飲用等等	60

6) 水處理系統

a) 混凝

生水容積……1,350立方公尺/日

放水………13.5立方公尺/日

$$\text{生水容積} = \text{所需過濾之水} (1,295\text{立方公尺/日})$$

$$+ \text{排放水 (3\%)} + \text{回洗水 (3\%)}$$

b) 過濾

給水容積………1,336.5立方公尺/日

回洗水容積………40 立方公尺/日

過濾水容積………1,296.5立方公尺/日

c) 鍋爐補充除去離子水

產量容量………1,000立方公尺/日

再生廢水……… 40立方公尺/日

(每日一周)

d) 凝結除去礦物質

產量容量………1,200立方公尺/日

再生廢水……… 22.5立方公尺/日

(225立方公尺/周/10日)

e) 預先過濾 (高坡度磁鐵過濾器)

產量容量………1,200立方公尺/日

再生廢水……… 3.4立方公尺/日

(10立方公尺/周/三日)

f) 總廢水容積

120 立方公尺/日 ($13.5 + 40 + 22.5 + 3.4 = 120$)

7) 水排放來源 (在正常時間)

水之種類	來源	數量 (立方公尺/日)
廢水	<ul style="list-style-type: none"> • 樣品及地板排水 • 混凝及過濾排水 • 再生廢水 • 煙道氣體除去硫礦廢水 • 下水道污水 • 冷却及封閉水 • 熔漬處理水 • 雜項用水 • 煤運送 • 化學分析 • 設備封閉 小計	105 55 66 450 55 270 160 105 60 10 9 1,345
蒸發水	<ul style="list-style-type: none"> • 去硫礦蒸汽 • 煤場地噴射水 • 裝備封閉水 • 熔漬漏斗 • 其他用水 小計	1,300 150 1 40 125 1,616

其 他	<ul style="list-style-type: none"> • 土地滲透 • 附於石膏之水 • 人所攜帶之水 	60 15 5 80
總	數	3,041
	• 緊急用水	634
總	計	3,675

(2)水及廢水處理系統

所提出之水及廢水處理系統係根據以下之原理。

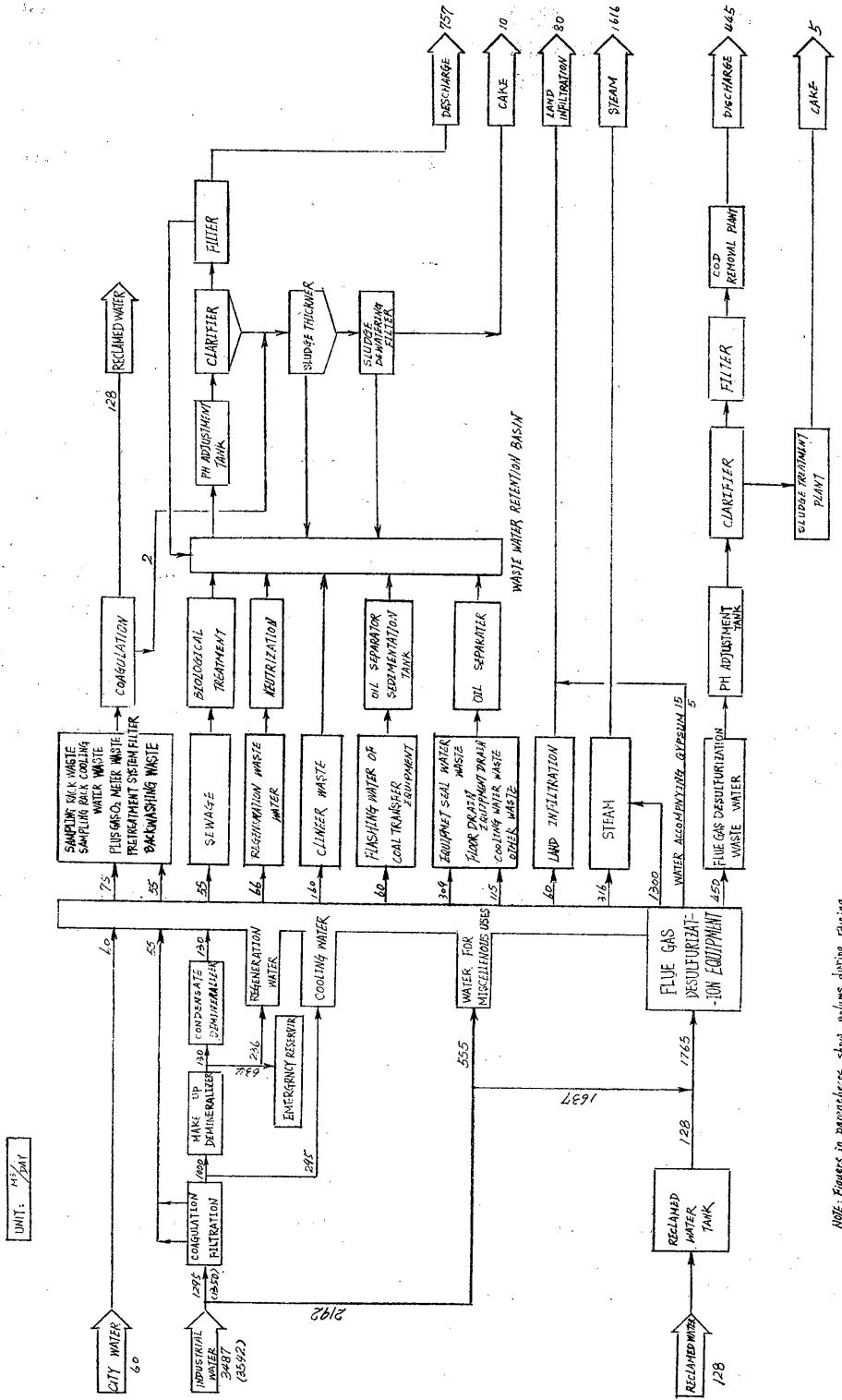
- 煙道除去硫礦廢水係混合於綜合廢水中。
- 單獨處理除去硫礦廢水也有可能。為達到水之再用目的，綜合廢水分為低鹽廢水及高鹽廢水。低鹽廢水係以簡單處理予以再用。為提高再用水之比率，綜合廢水之處理，係以反滲透法予以處理。
- 煤場廢水、雨水須與綜合廢水之低鹽部分混合以較簡單之處理而達到水再用。來自水回收的任何污泥須送至除去硫礦污泥處理設備。當水不能從煤場地廢水回收時，就同除去硫礦廢水混合起來排出。
- 灰垃圾傾倒場廢水之處理作為最後工業廢水排出。根據以上原理，我們已草擬三種水及廢水處理系統，視以回收再用之程度而定。此等系統及質量平衡示於圖八至十一。以表九表示各別水及廢水處理系統水回收再用之比率。

表九 水 同 收 比 率

回收計劃	回 收 方 法	回 收 容 積 (立方公尺/日)	回 收 比 率 %	水 輸 出 量 (立方公尺/日)
沒有回收		0	0	3,675
計劃 1	未處理即回收	128	14.3	3,547
計劃 2	綜合廢水分為低鹽及高鹽部分及簡單處理後低鹽部分之水回收。 同樣處理雨水後之水回收。	597 (2,574)	66.7	3,078 (546)
計劃 3	綜合廢水及雨水預先在一起處理，然後以反滲透除鹽。	664 (2,145)	74.2	3,011 (1,180)

註：1) 回收比率表示回收水容積之百分數對綜合廢水容積（895 立方公尺/日）減去除去硫礦廢水（450 立方公尺/日）。

2) 括弧內之數值是由雨水回收之水容積。



圖九 水回計收計劃(一)

NOTE: Figures in parentheses show volumes during raining

國十水回收計劃(二)

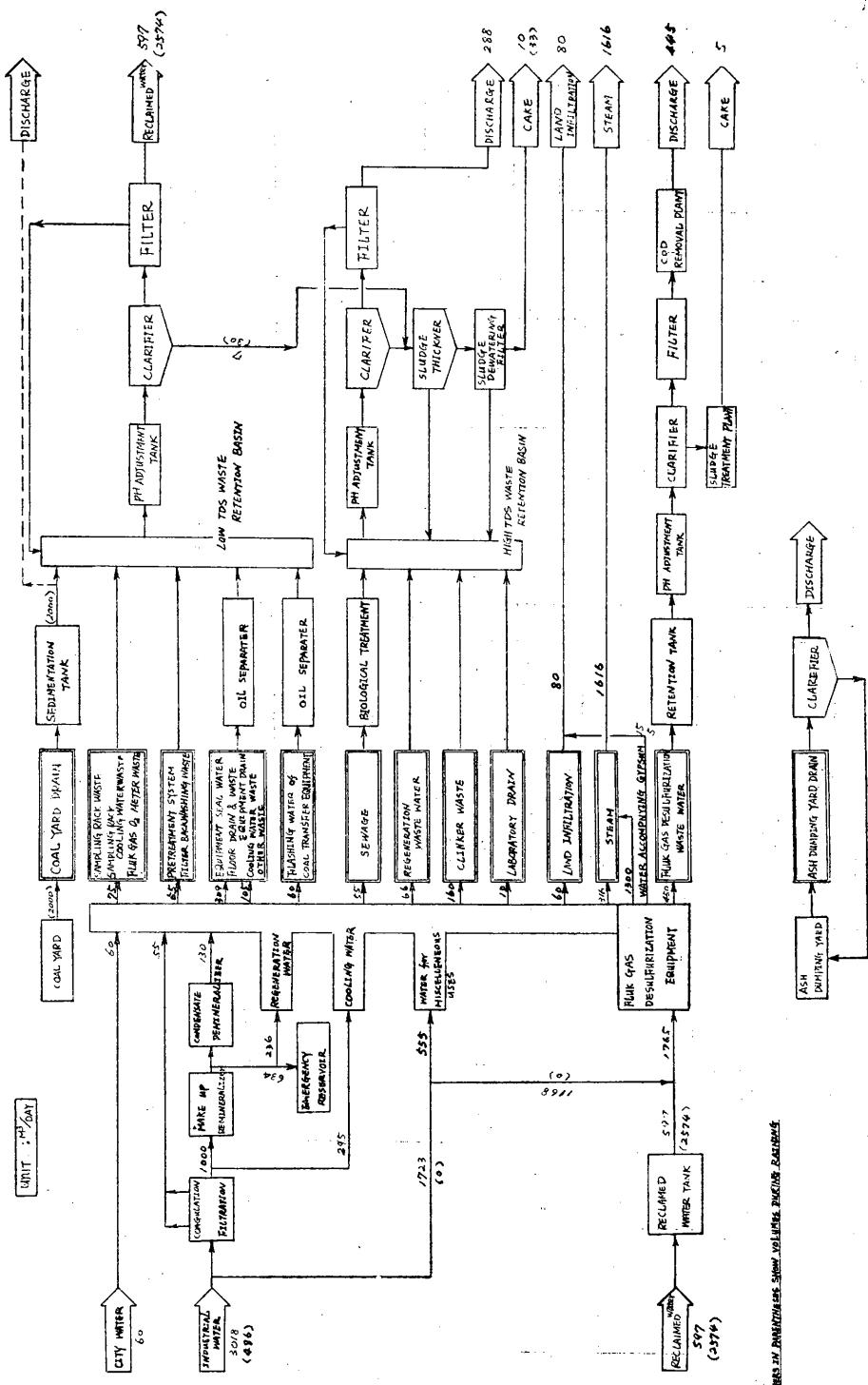
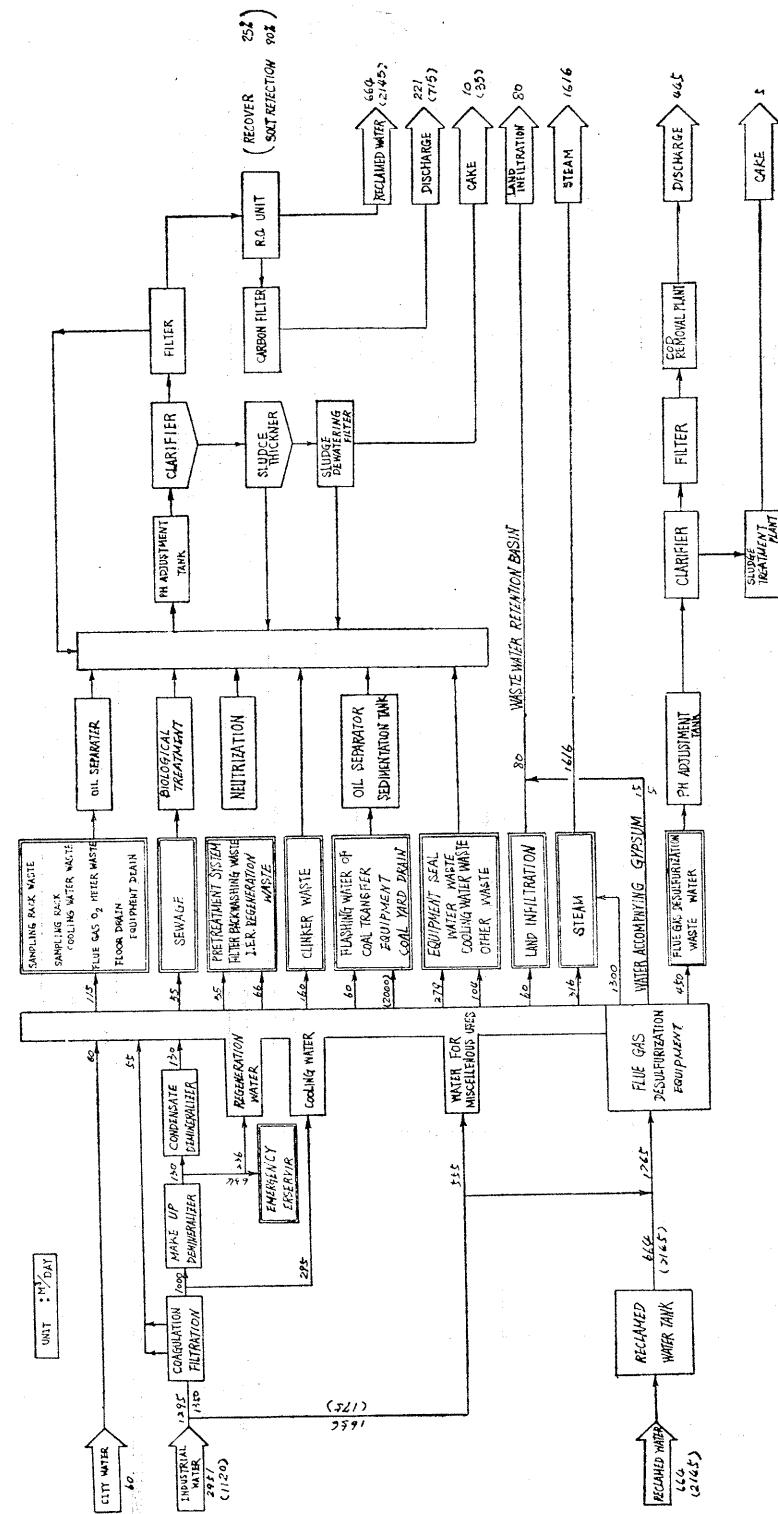


Figure 1. Figures in *Revue des sciences politiques*, 1848-1851.

圖三 水回收計劃(二)



NOTE: Figures in parentheses above volumes during training