

尿液電解除磷設施試驗成果發表暨 水庫除磷業務交流會

尿液電解除磷設施試驗成果

簡報者：王昶歲 技師



桃園市政府環境保護局

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, TAOYUAN

107年11月27日



簡報大綱

計畫緣起

電解除磷原理介紹

尿液除磷模場建置過程

模場試驗成果



計畫緣起

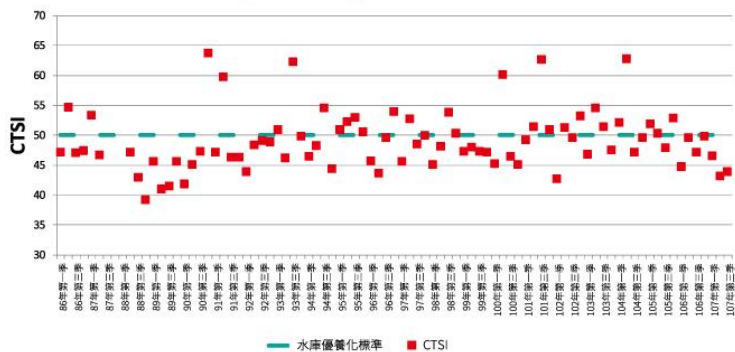


石門水庫優養化問題

優先控制 S1 區污染 維護石門水庫水質

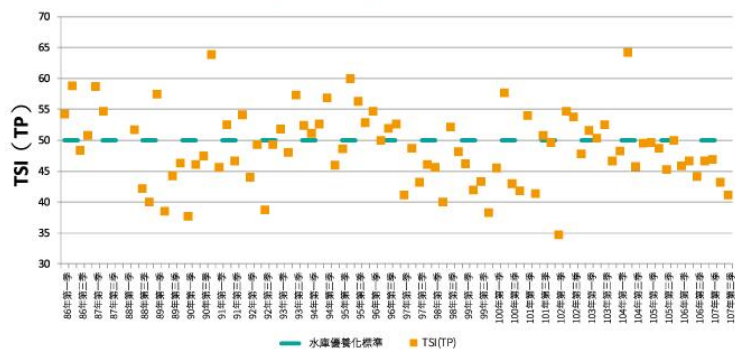
石門水庫 卡爾森指標 (CTSI)

介於 39-64



石門水庫 TSI (總磷)

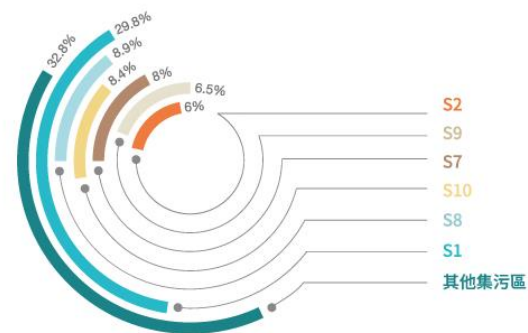
平均值 48.7



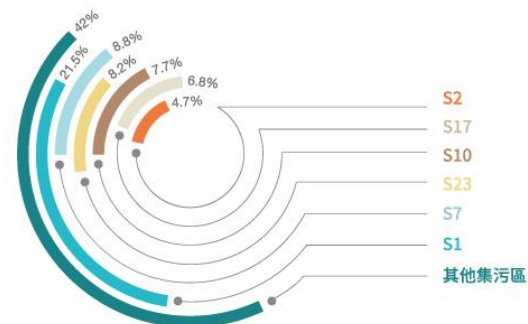
石門水庫氮磷比平均值為13.7，總磷濃度惡化時CTSI 越高，顯示石門水庫CTSI受總磷污染影響為主。



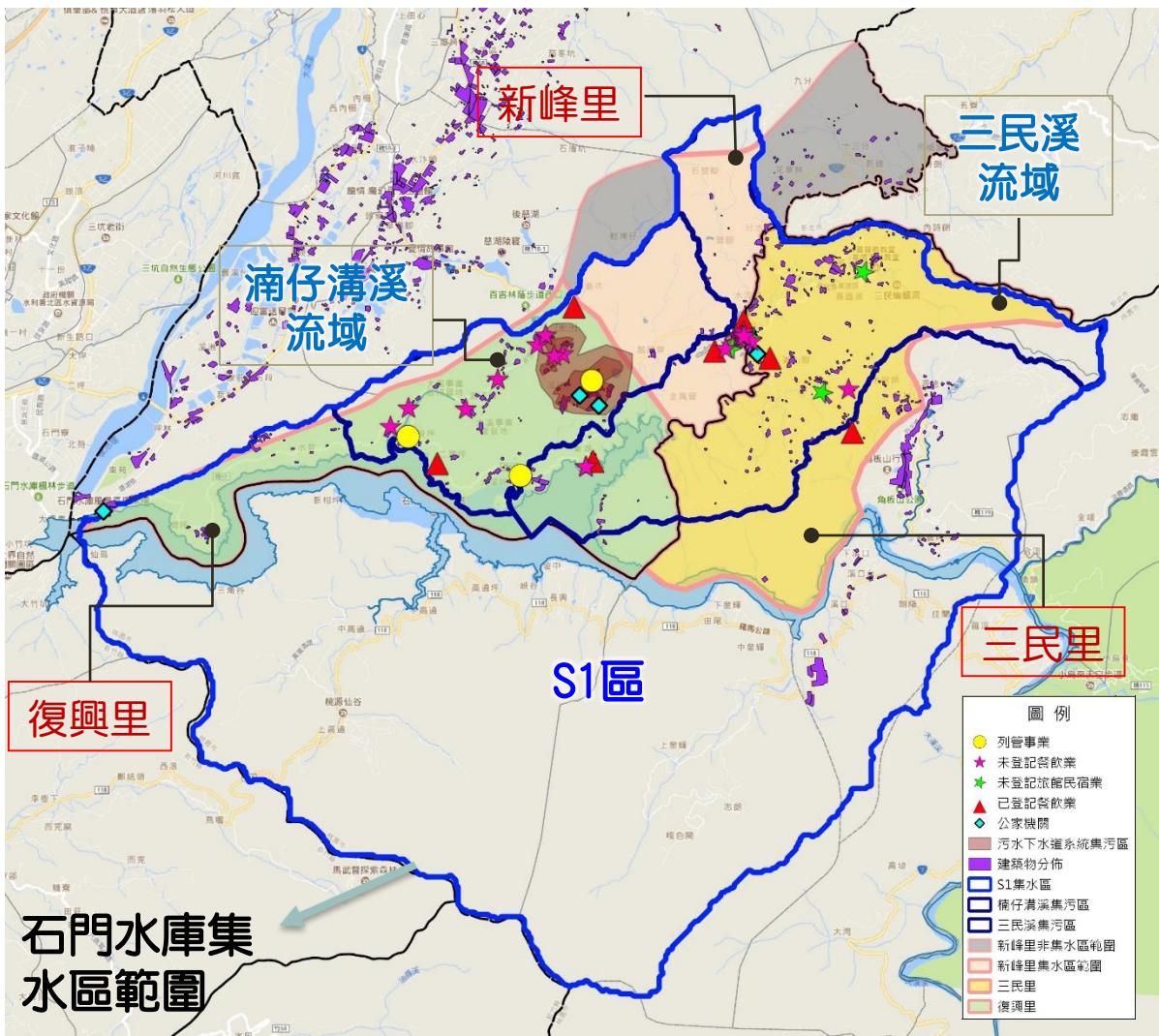
各集污區可控非點源 總磷污染量占比



各集污區點源總磷污染量占比



總量管制區範圍初步劃設



- ◆ 考量集水區流域分界通常為天然地形、分水嶺，缺少明確道路、指標等作為管制範圍之界定
- ◆ 因此以村里為單位，將涵蓋南仔溝溪與三民溪流域的村里，包含：大溪區復興里、新峰里、復興區三民里等3個里劃設為總磷總量管制區

	三民里	復興里	新峰里	總計
人口	2,336	1,056	916	4,308
戶數	821	399	388	1,608
面積 (km ²)	9.2	13.3	9.4	31.9

總量管制區指定管制對象

受管制對象類別	定義	目的事業主管機關
水產養殖業	從事漁牧綜合經營、淡水或鹹水漁塭水產生物養殖之事業，且養殖面積達0.25公頃以上者。	桃園市農業局
餐飲業	從事餐飲之飲食店、小吃店、咖啡廳、餐廳等之事業，且提供餐飲座位數20人以上。	桃園市經濟發展局
旅宿業	從事餐飲、住宿或溫泉泡湯經營之旅館、飯店、民宿或泡湯場所等之事業，且達以下條件之一者： 一、客房5間以上。 二、綜合經營服務者： $(\text{餐飲座位}/20) + (\text{客房數}/5) \geq 1$ 。	桃園市觀光旅遊局
畜牧業	經向目的事業主管機關登記飼養畜禽或實際從事飼養畜禽之事業，且達以下條件之一者： 一、飼養豬 5 頭、馬 10 頭、牛 20 頭、鹿 20 頭、羊 50 頭、兔 200 隻、家禽 1,500 隻以上者。 二、混合飼養家畜、家禽者，其飼養規模達下列條件： $(\text{豬頭數}/5) + (\text{馬頭數}/10) + (\text{牛頭數}/20) + (\text{鹿頭數}/20) + (\text{羊頭數}/50) + (\text{兔隻數}/200) + (\text{家禽隻數}/1500) \geq 1$ 。	桃園市農業局

總量管制區管制方式

項次	管制對象	管制內容	備註
一	本公告事項第二項所列之管制對象，但不包括附件二之公家機關。	總磷排放限值 ≤ 二·〇 毫克 / 公升	既設者自公告日起二年後施行；新設者自公告日起生效。
二	本公告事項第二項所列之管制對象。	不得使用總磷含量大於〇·一%之清潔劑。	自公告後一年施行。
三		於機關公告之公共廢(污)水處理設施接管範圍內之建築物，其所有人、管理人或使用人，未經主管機關核准，不得拒絕將廢污水接管納入公共廢(污)水處理設施處理。	
四		建築物污水處理設施之水肥清除頻率每年至少一次以上，惟經主管機關同意變更清除頻率者，不在此限。	

餐飲業、旅館業水質調查結果

事業名稱	行業別	採樣日期	水質檢測項目							流量
			pH值	BOD	NH ₃ -N	SS	PO ₄ -P	TP	TN	CMD
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
H44A6228 花開了休閒農場	餐飲業	107/08/03	7.3	<1.0	ND	<1.0	0.025	0.02	1.63	6.05
			6.9	88.3	ND	59.8	0.098	0.38	2.58	1.81
		107/08/25	7.5	5.4	0.01	4	0.08	0.05	1.36	7.26
			7.1	255	0.09	123	0.07	0.96	10.2	2.16
H44A1317 大溪湖畔公司	餐飲業	107/08/03	6.3	932	ND	314	4.48	3.19	22.2	1.73
			6.3	12.6	8.57	26.8	13.6	5.18	36.4	1.38
		107/08/25	3.6	631	0.19	262	3.1	2.98	26.6	1.56
			2.8	10.9	12.3	8.3	14.4	4.89	34.4	1.12
H44A5260 東尼湖畔咖啡	餐飲業	107/08/03	6.3	88.8	ND	38	0.15	0.53	3.04	0.35
		107/08/25	6	1920	6.72	2110	19.7	11.50	<106	0.52
游家莊	非列管餐飲業	107/03/30	6.95	1.8	0.07	66.6	0.555	0.24	1.11	0.27
		107/06/05	7.88	442	2.64	166	14.9	6.17	494	19.53
		107/06/25	7.7	225	0.31	184	0.88	0.85	14.5	16.24
		107/07/08	7	1250	0.06	493	9.33	3.54	21.8	16.59
天御花園	非列管餐飲業	107/08/25	7.4	9.6	0.01	4.5	0.092	0.09	0.73	16.42
		107/09/15	7.1	881	0.01	42.5	ND	0.04	5.15	7.46
金龍活魚	非列管餐飲業	107/08/25	6.8	363	1.25	57.5	9.23	4.24	20	19.01
		107/09/15	7.6	1.6	0.08	<1.0	0.08	0.06	1.53	16.42
綠園餐廳	非列管餐飲業	107/08/25	7.1	106	0.7	24.2	0.098	0.51	4.37	8.90
		107/09/15	7.4	302	2.53	73.2	0.16	0.72	12.6	6.28
小烏來山莊	非列管民宿業	107/09/16	7.9	1.5	0.22	14.4	0.30	0.18	1.71	19.01

配套改善措施

污染來源

廚房污水

食物殘渣、洗碗清潔劑等

生活污水

人體排泄物、洗衣洗澡等清潔劑

源頭管制

加裝油脂截留器

使用無磷環保清潔劑

設置建築物污水處理設施
(具除磷功能)

集污處理

用戶接管

- 公共污水下水道
- 合併式淨化槽
- 小型污水處理廠

現地處理設施
(MSL、植生滯留槽)

本年度進行尿液除磷模場設置，期望提供總磷控制方法



電解除磷原理介紹



傳統除磷方法

❖ 吸附法

- 傳統的吸附劑： Al_2O_3 、 Fe_2O_3
- 吸附回收能力低

❖ 生物學方法

- PAOs(聚磷菌)
- 為使用已久之方法
- 有槽體龐大且操作管理較為困難之風險

❖ 化學沉澱法

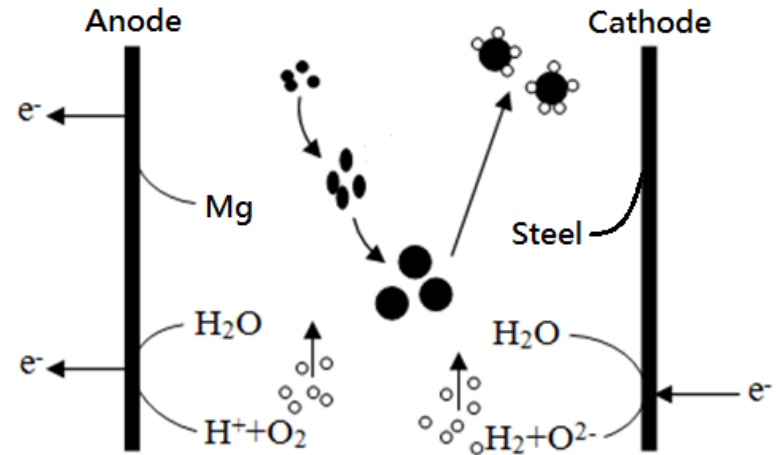
- 二價或三價金屬鹽類
- 形成難溶性化合物

電化學結晶法

◆陽極



◆陰極



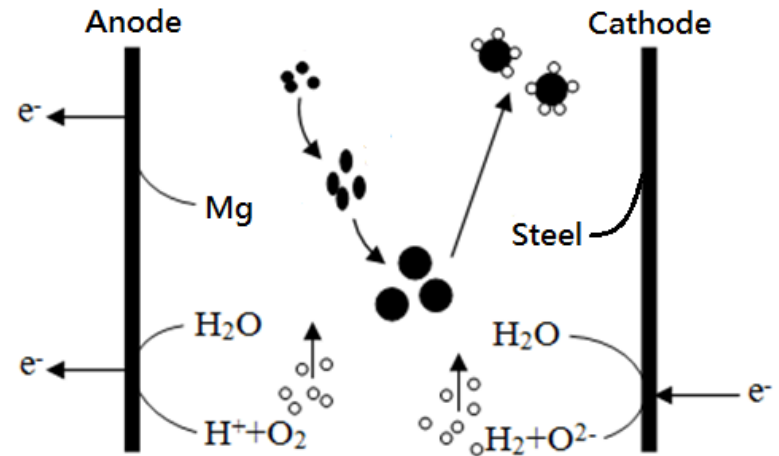
磷酸銨鎂(鳥糞石)

電化學結晶法

◆陽極



◆陰極

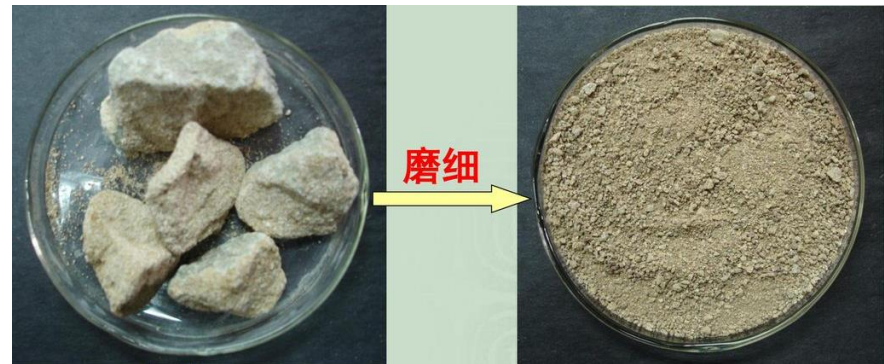


磷酸銨鎂(鳥糞石)

鳥糞石簡介

◆ 鳥糞石($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

- 斜晶方系
- 白色至淡黃色
- 粉末、大小結晶
- 微融於中性及鹼性，但易溶於酸



◆ 鳥糞石的應用

- 由於其富含氮磷等營養物質，且釋放速度十分穩定，因此為良好之長效無機肥主要原料

尿液中污染物分析

- 尿液約占生活污水 1% 以下，卻含有生活污水中 80% 的氮和 50% 的磷。
- 若能應用有效的收集與處理技術，可大幅減少生活污水中的氮磷含量。



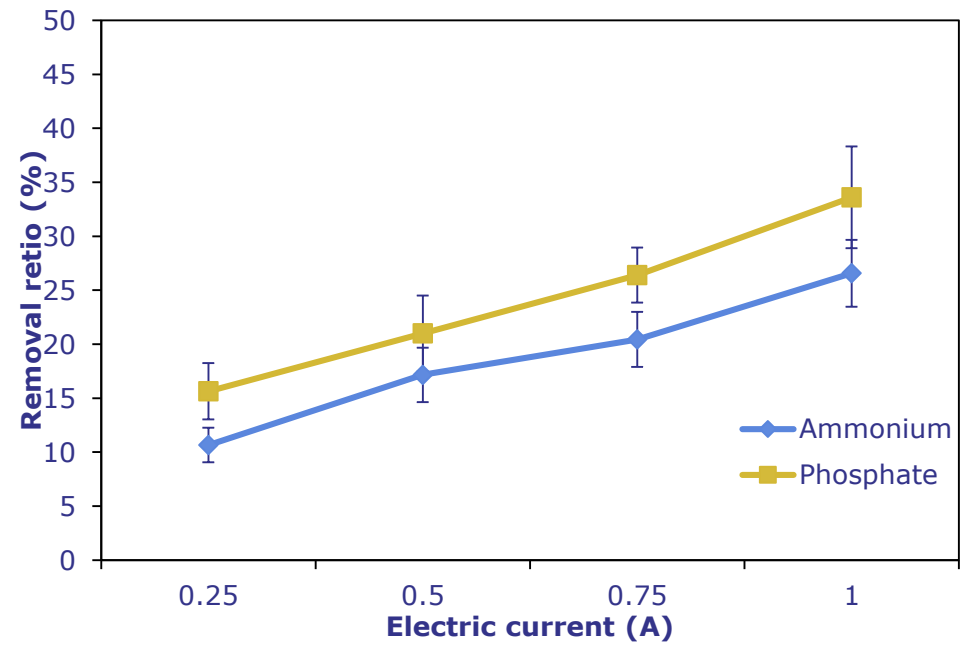
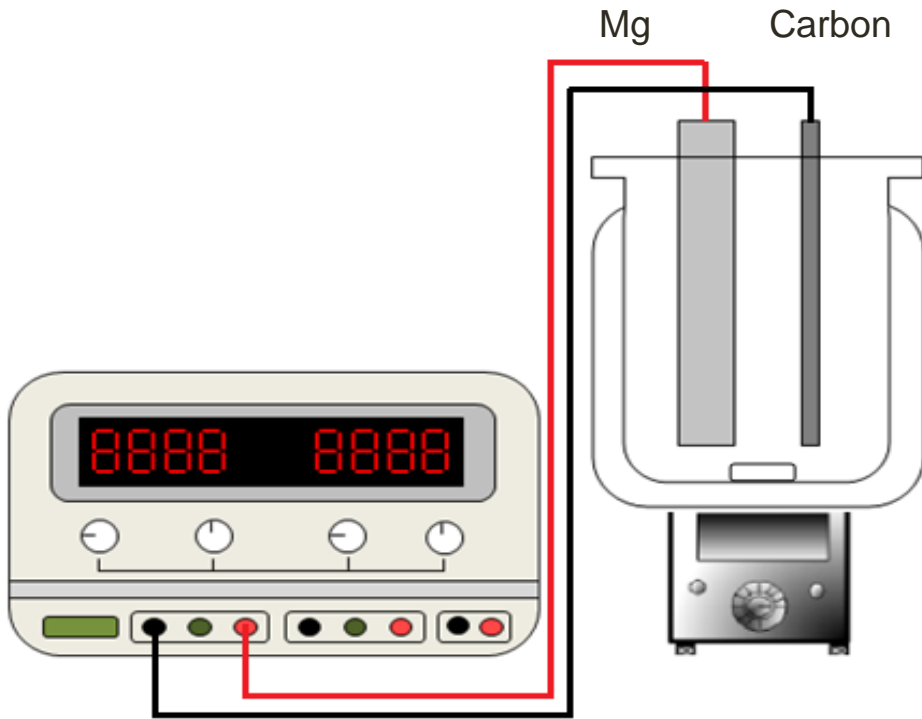
尿液水解後成分



脲酶

	新鮮尿液	水解後尿液
pH	6.5	9.2
Ammonium	330 mg/L	6400 mg/L
Phosphorus	350 mg/L	250 mg/L

實驗室單槽試驗



AM20	
Al	1.7~2.5%
Mg	97%~

(反應時間30分鐘，轉速900rpm，初始pH8.11)



尿液除磷模場建置過程

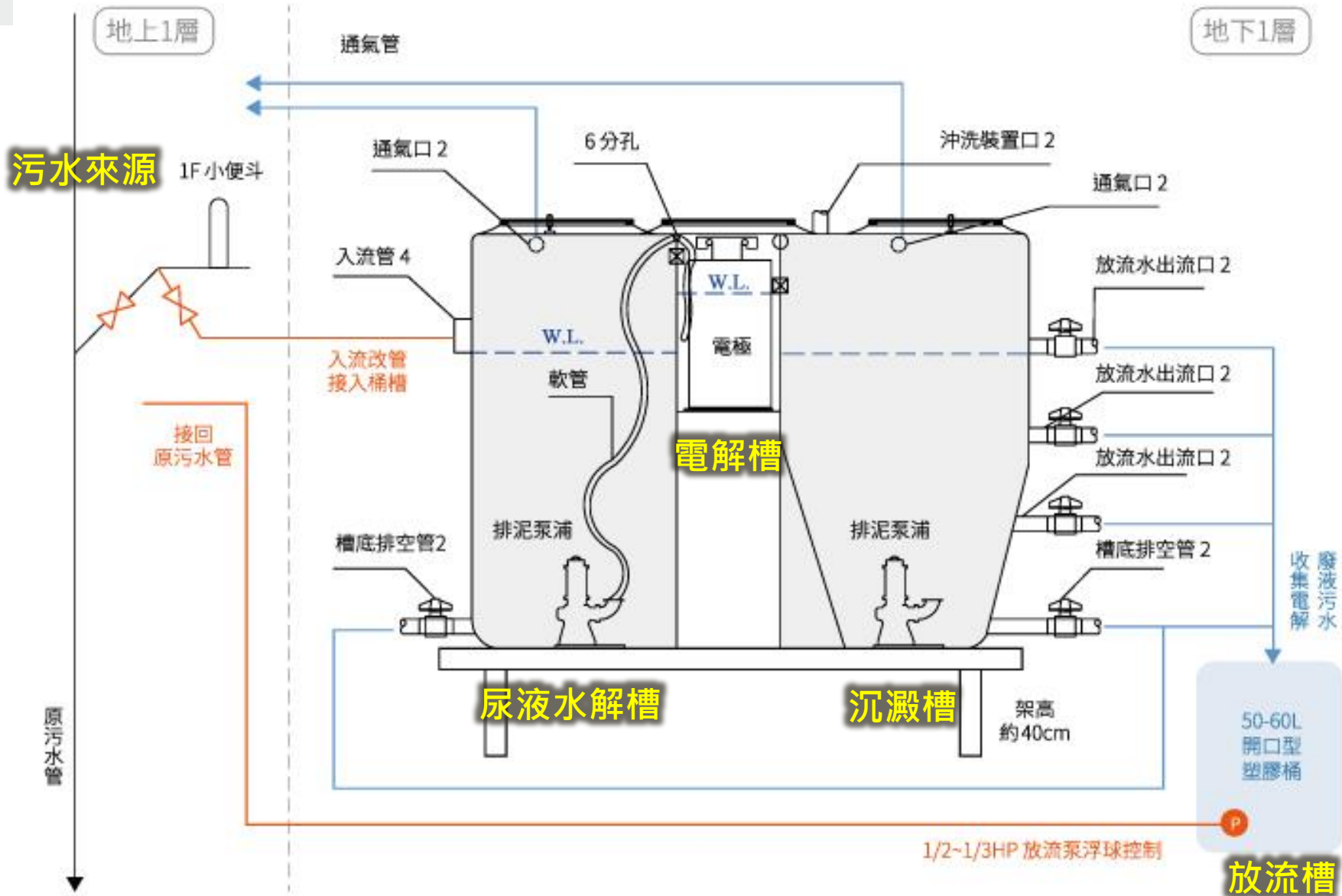
尿液除磷模場選擇

模場設置地點規劃



學校	福安國小	介壽國中	備註
地理交通	石門水庫右岸，鄰近大溪市區，交通便利	石門水庫右岸，鄰近角板山公園	
學校人數	全校約123人，男性約62人	全校約180人，男性約90人	
男廁管線條件	部分男廁管線為明管，可改管	廁所剛改建，管線直接接入地下化糞池，無法改管	
尿液蒐集方式	男廁管線改接入模場，同時設置小便斗式流動廁所	需設置小便斗式流動廁所	需委請學校協助宣導男學生於指定地點上廁所
試驗模場設置位置	室內空間，可使用既有水電	室外空地，需搭設棚架，配合校方需求美化場地	

尿液除磷模場設計





尿液除磷模場設計



- 以每日200L為處理水量設計，其中尿液貯留槽容量約1,000L，可暫存尿液約5天
- 電解槽容量為56L，為電極板擺放並進行電解反應處
- 設計時參考合併式淨化槽形式，將傳統淨化槽改造為「密閉式電解除磷處理槽」



模場設置過程

現勘協調



設備安裝



管線變更

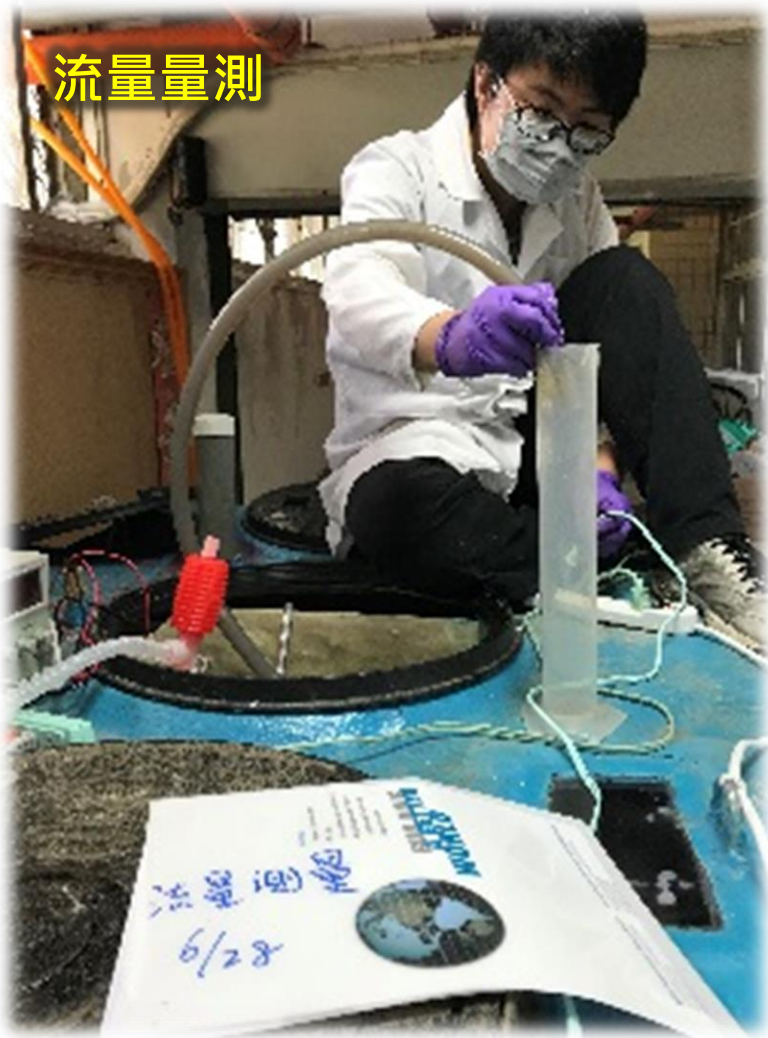


裝設完成





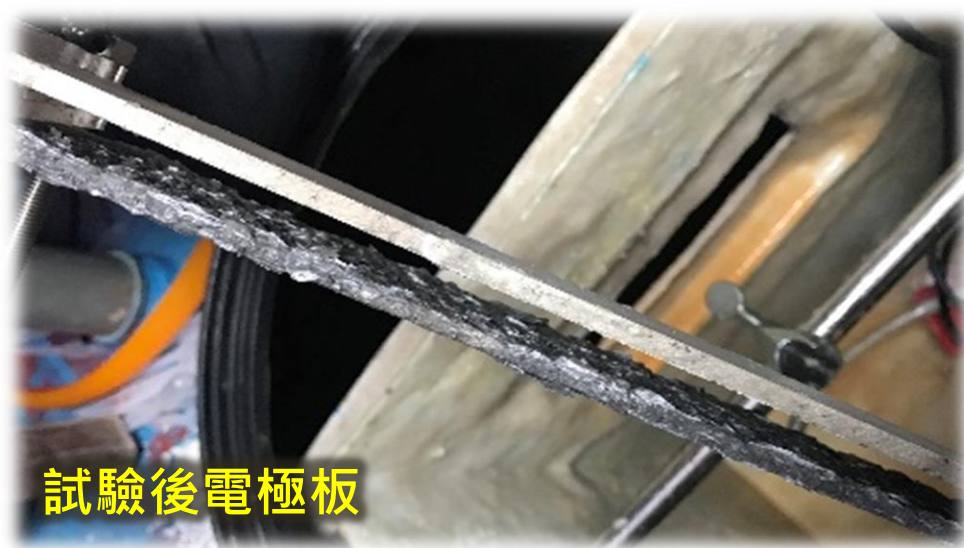
試驗過程



流量量測



電解中槽體



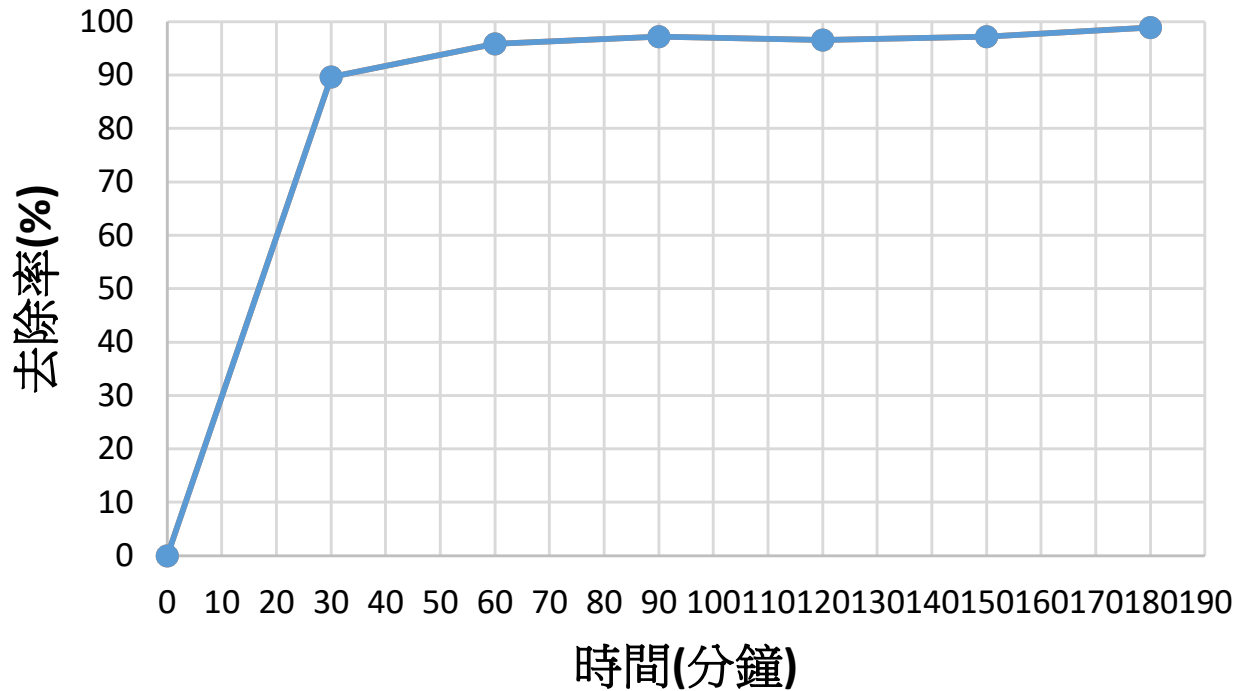
試驗後電極板



模場試驗成果

第一次試驗結果

磷酸鹽去除率

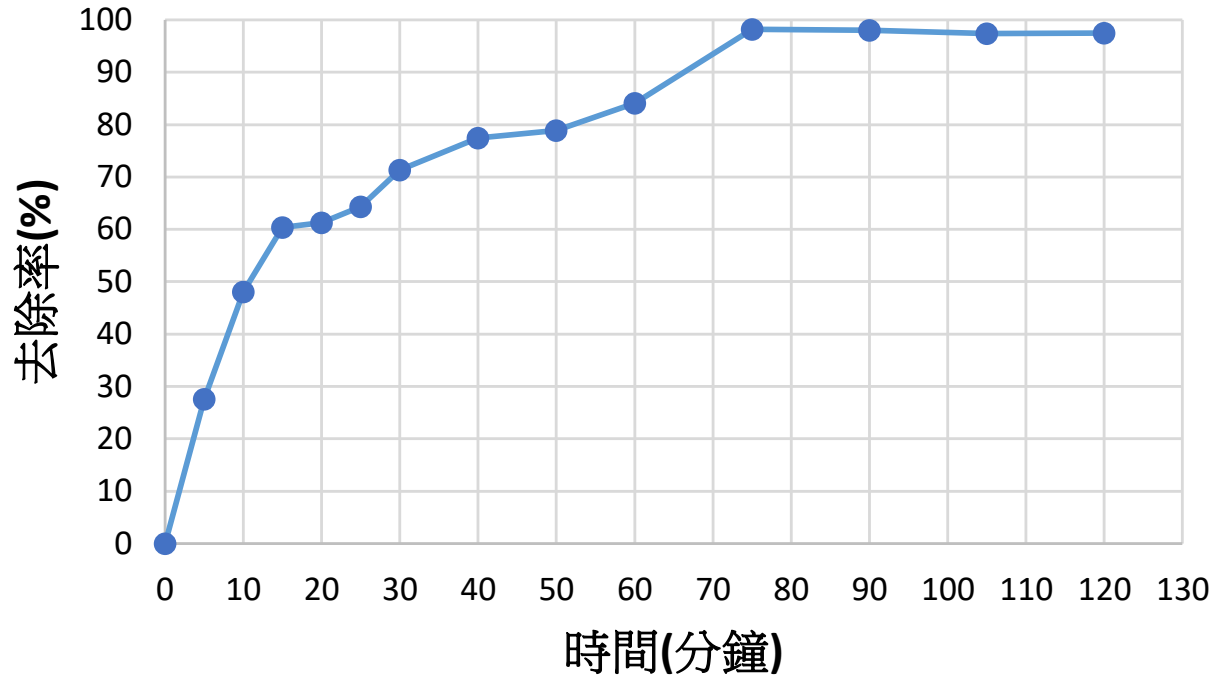


採樣時間(分鐘)	磷酸鹽(mg/L)	去除率(%)
0	43.66	—
30	4.52	89.6%
60	1.82	95.8%
90	1.23	97.2%
120	1.50	96.6%
150	1.23	97.2%
180	0.48	98.9%

- 實驗條件：電流5A、批次處理、未攪拌
- 去除率高於預期，30分鐘後達89.6%，推測與攪拌與取樣方式有關
- 操作1小時已接近處理極限，因此後續試驗將以2小時進行操作並縮短採樣間隔

第二次試驗結果

磷酸鹽去除率

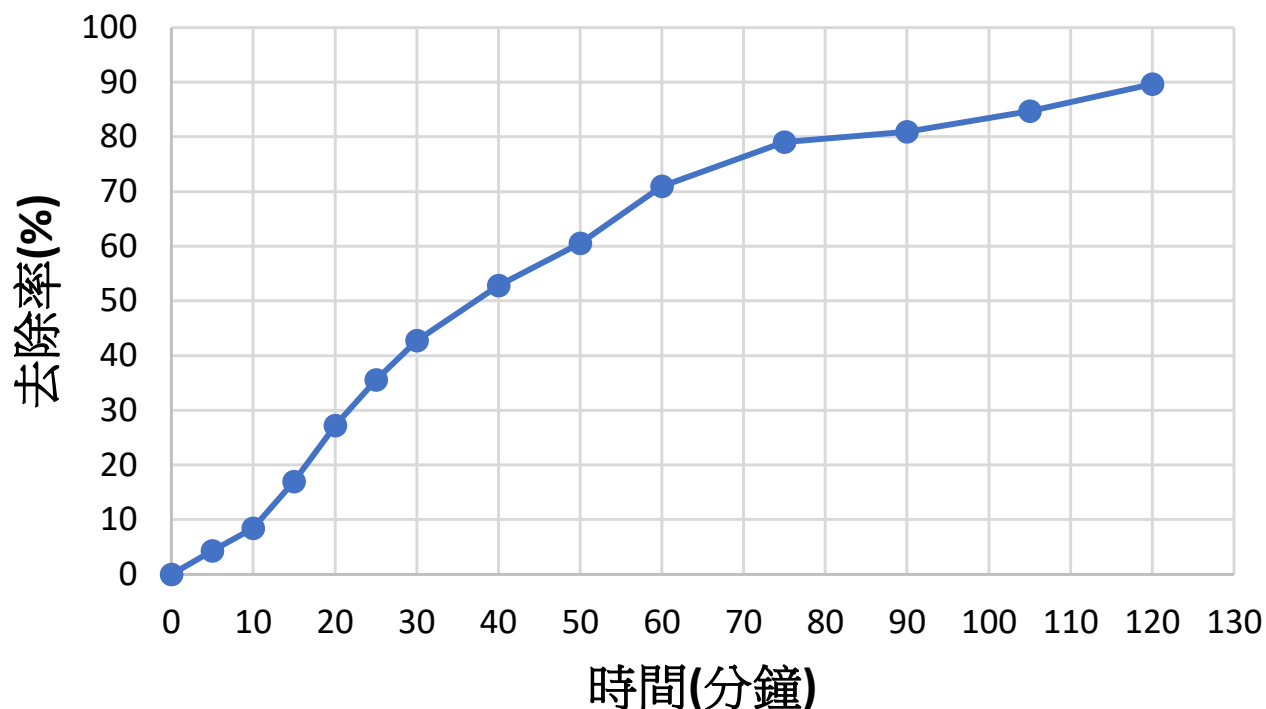


採樣時間 (分鐘)	磷酸鹽 (mg/L)	去除率 (%)
0	35.44	—
5	25.68	27.5
10	18.42	48.0
15	14.05	60.4
20	13.73	61.3
25	12.64	64.3
30	10.16	71.3
40	8.00	77.4
50	7.48	78.9
60	5.64	84.1
75	0.64	98.2
90	0.70	98.0
105	0.91	97.4
120	0.90	97.5

- 實驗條件：電流5A、批次處理、有攪拌
- 15分鐘時達60.4%，30分鐘達到71.3%，後則緩步上升，直到75分鐘後達穩定
- 總去除率約介於97%~98%之間，去除效率良好

第三次試驗結果

磷酸鹽去除率

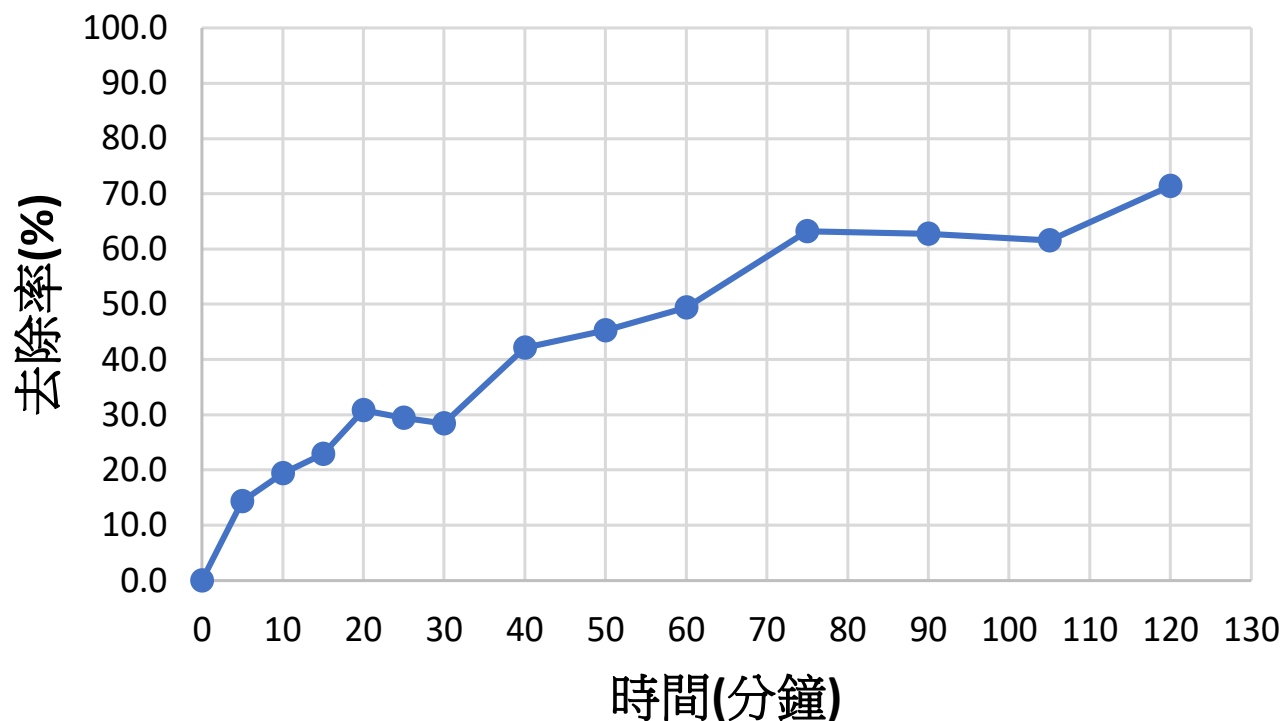


採樣時間 (分鐘)	磷酸鹽 (mg/L)	去除率 (%)
0	37.40	—
5	35.80	4.3
10	34.24	8.4
15	31.07	16.9
20	27.22	27.2
25	24.09	35.6
30	21.41	42.8
40	17.64	52.8
50	14.75	60.6
60	10.86	71.0
75	7.82	79.1
90	7.15	80.9
105	5.72	84.7
120	3.87	89.7

- 實驗條件：電流3A、批次處理、有攪拌
- 30分鐘時去除率達42.8%，60分鐘去除率則達到71.0%，120分鐘時去除率達89.7%
- 依5A試驗結果，120分鐘時去除率尚未達到去除極限

第四次試驗結果

磷酸鹽去除率



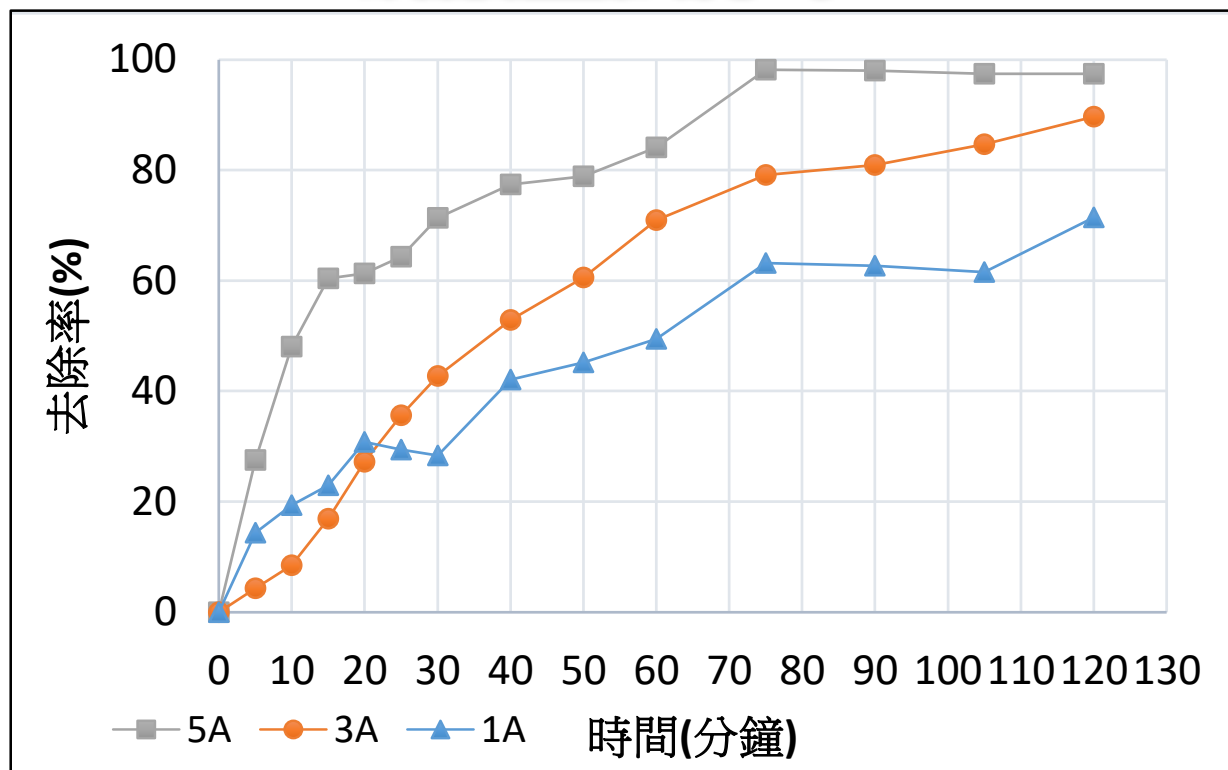
採樣時間 (分鐘)	磷酸鹽 (mg/L)	去除率 (%)
0	22.22	0.0
5	19.02	14.4
10	17.91	19.4
15	17.12	22.9
20	15.38	30.8
25	15.69	29.4
30	15.91	28.4
40	12.86	42.1
50	12.17	45.2
60	11.23	49.4
75	8.18	63.2
90	8.28	62.7
105	8.55	61.5
120	6.35	71.4

- 實驗條件：電流1A、批次處理、有攪拌
- 30分鐘時去除率達28.4%，60分鐘去除率則達到49.4%，120分鐘時去除率達71.4%
- 依5A試驗結果，120分鐘時去除率尚未達到去除極限



批次試驗結果分析

磷酸鹽去除率

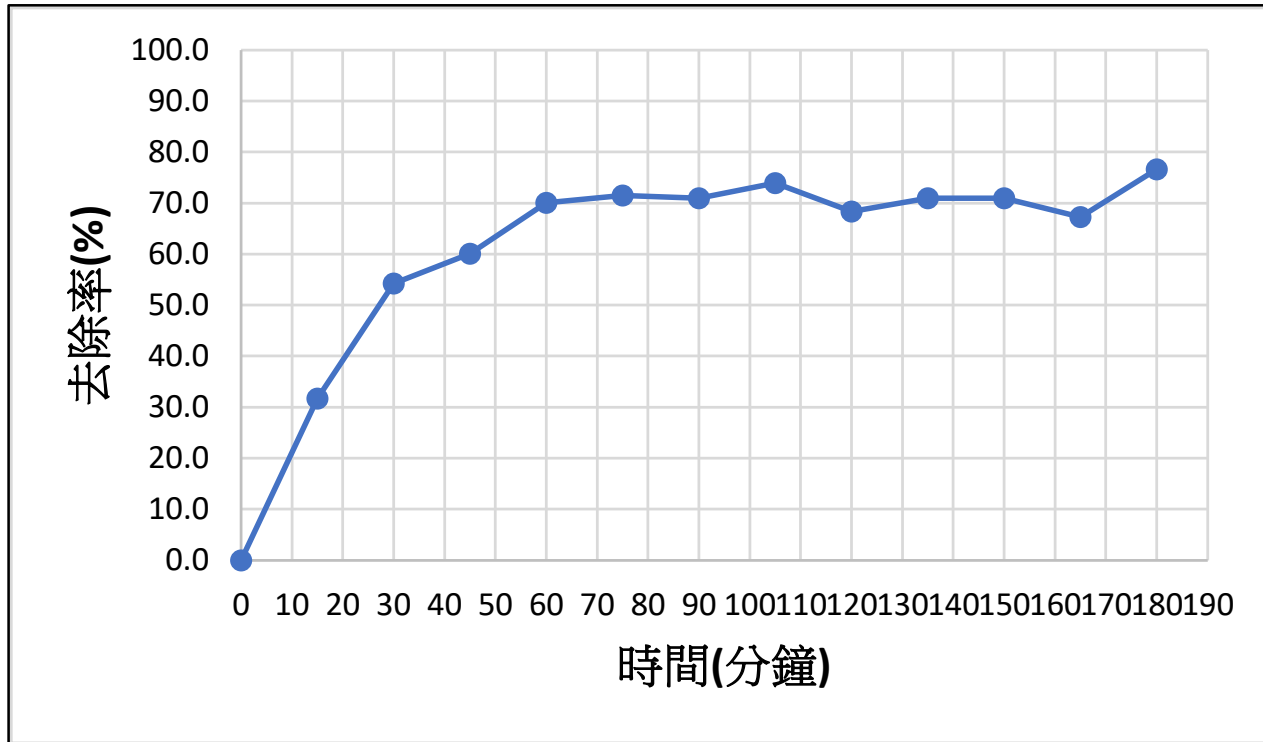


- 相同處理時間時去除率與電流呈現正相關
- 上升速率差異不大，顯示三種電流量主要影響為鎂離子之釋出，而未造成其他干擾
- 處理極限約為去除率98%，磷酸鹽濃度約0.5mg/L



連續流試驗結果分析

磷酸鹽去除率



採樣時間 (分鐘)	磷酸鹽 (mg/L)	去除率 (%)
0	40.57	0.0
15	27.73	31.6
30	18.57	54.2
45	16.18	60.1
60	12.16	70.0
75	11.56	71.5
90	11.77	71.0
105	10.58	73.9
120	12.83	68.4
135	11.78	71.0
150	11.79	70.9
165	13.26	67.3
180	9.49	76.6

- 實驗條件：電流5A、連續進流、停留時間1小時
- 60分鐘時去除率達70%，後續穩定於70%上下跳動
- 較批次試驗去除率低約10%，推測原因連續流混合效果較差

設置及操維成本分析

項次	項目	金額(元)	說明
1	除磷槽體成本	65,000	槽體尺寸長1.9m*寬1.2m高1.4m (以本研究詢價結果估算)
2	管線及槽體裝設	35,000	槽體及管線裝設施工費 (模場安裝實際價格)
3	馬達及電源供應器之成本	10,000	進流泵、攪拌泵及5A電源供應器
4	總設置費用	110,000	初設費用

日處理量0.2CMD、總平均設置成本為550,000元/CMD

項次	項目	金額(元)	說明
1	電極板損耗成本(年)	3,000	兩片電極約1,000元，使用4個月更換
2	電費(年)	650	操作電壓30V、電流5V，功率150W每日 操作4小時
3	污泥處理(年)	2,000	一年抽泥一次
4	簡易維護費用(年)	2,000	馬達、極板更換維護
5	平均每年操作維護	7,650	

日處理量0.2CMD、操維單位成本約為105元/CMD



結論與建議

● 電解除磷效果良好，去除率與電流量及停留時間成正相關

依模場試驗結果顯示，由電解鎂金屬合成尿糞石去除尿液中磷之方法**效果良好**，在足夠之停留時間及電流量條件下，**去除率最高可達98%**，且可藉由停留時間之縮短適當調整所需之去除率，**為可持續推廣研發之除磷方法**。

● 電極於電解過程中易產生腐蝕物，影響污泥成分且加速耗損

由於鎂電極活性較高，於電解過程中除釋出鎂離子外，亦同時**受腐蝕作用影響**，因此加速了電極的損耗，也連帶影響鳥糞石之收集，故建議後續可藉由**調整電極板形狀來減少腐蝕物剝落情形**。

● 尿液經清洗水稀釋後濃度過低，連帶影響處理效益

本研究所收集之尿液磷酸鹽濃度約為**30~50mg/L**之間，相較文獻之**250mg/L**為低，判斷主要因素為小便斗自動沖洗及每日手動清潔之水量稀釋造成，也連帶影響去除效率及尿糞石產量，建議後續可**配合尿液收集方式之改進**以提升整體效能。



簡報完畢

敬請指教