

111 年度臺中市外埔綠能生態園區 整建營運移轉案履約管理計畫

期末成果報告書(完稿)

機關名稱 : 臺中市政府環境保護局

廠商名稱 : 逢甲大學

中 華 民 國 1 1 1 年 1 2 月 3 0 日

目錄

目錄	1
圖目錄	2
表目錄	2
壹、 前言	3
貳、 摘要	4
參、 工作項目及執行成果說明	5
一、 111 年履約期間總表	5
二、 專項成果說明	7
1. 現場設備操作狀況監控	7
2. 每月文獻重點整理	10
3. 破權申請事宜	20
4. 沼渣沼液肥料化	24
5. 園區相關參數資訊管理系統整合展示	27
肆、 結果與建議	31
伍、 參考資料	32
陸、 附件	33

圖目錄

圖 1、脫水機修復前後沼液回流量及地下水用量	10
圖 2、NaCl 對廚餘整個消化過程中可溶性碳水化合物和蛋白質變化的影響	12
圖 3、不同濃度 NaCl 對廚餘厭氧消化甲烷累積量的影響	12
圖 4、廚餘/WAS 共消化與廚餘消化之間甲烷最大產量的比較	13
圖 5、左為單一階段系統，中和右分別為二階段系統中的第一和第二階段反應器	14
圖 6、沼液蒸餾、低溫結晶、晶體分離和乾燥製程流程圖。	16
圖 7、DCMD 模塊的實驗設置	17
圖 8、a)6 g/L MLVSS，b)12 g/L MLVSS，c)流動模擬結果	17
圖 9、(a)累積甲烷產量和 (b)驗證實驗的每日甲烷產量(pH 7.32，F/M 比 1.87).....	18
圖 10、不同操作階段的 VFAs 變化。	19
圖 11、抵換專案申請規模。	22
圖 12、申請計畫型抵換專案流程圖。	23
圖 13、抵換專案規畫期程。	24
圖 14、沼液檢測數據與各種類肥料申請之標準比較分析	25
圖 15、左：陳俊位博士講解有機液肥的使用；右：廠區草坪澆灌示範	26
圖 16、使用沼液調製液肥配方及流程圖	27
圖 17、肥料登記證申辦流程。	27
圖 18、資訊管理分析系統	28
圖 19、資訊管理分析系統登入介面	28
圖 20、緩衝槽監測及採樣檢測數據	30
圖 21、整體績效項目統計	30

表目錄

表 1、計畫交付工作項目列表	4
表 2、採樣分析總表-1	7
表 3、採樣分析總表-2	9
表 4、7~9 月地下水沼液回流用量統計平均值	10
表 5、文獻回顧及建議事項整合表	11
表 6、各製程中的基本參數	15
表 7、不同運行階段性能之參數匯總表	19
表 8、碳權申請議題統整表	21
表 9、沼渣檢測數據與申請雜項堆肥規定之標準	25
表 10、相關設備、項目操作參數彙整	29

壹、前言

「臺中市外埔綠能生態園區」地處大安溪畔，原為「台中縣外埔鄉垃圾堆肥處理示範實驗廠」因營運期間惡臭頻傳，屢屢遭附近民眾抗爭，2008 年停止營運閒置近 10 年，形成髒亂環境並一度淪為治安死角。「臺中市政府環境保護局(以下簡稱環保局)」鑒於此有其重整之必要性，並落實循環經濟，同時將地區廚餘、農業剩餘資材妥善去化，引進新的廚餘厭氧發電技術，依據促參法引入民間資源參與「臺中市外埔綠能生態園區 ROT(整建-營運-轉移)案」方式全力推動綠能發電，於 2017 年與民間機構禾山林綠能股份有限公司合作規劃設計綠能發電廠並於 2019 年 7 月正式營運，成為全國首座生質能源廠。外埔綠能園區收運生廚餘，經厭氧消化處理，將可有效完備台中市廚餘處理能力，減輕焚化廠之處理負荷並維護本市空氣品質，共創環保、農民、經濟發展多贏局面。

2018 年 10 月外埔綠能生態園區整建(土木)工程完工，同年 11 月進行園區設備安裝查驗與試運轉，逐步實現全國首座「廚餘厭氧」的生質能源廠，園區採全程密閉負壓等方式，讓臭味不外溢；2019 年 7 月 9 日本業(厭氧設備)開始營運，園區於 2020 年 6 月 15 日開始發電、售電，經逐步調校，同年 9 月發電狀況趨於穩定，售電收入每天約可向台電收取近 4 萬元。

為使「臺中市外埔綠能生態園區整建營運移轉案」推動順遂並有效監督與協助民間機構依據投資契約及相關計畫書辦理各項工作，環保局故而委託逢甲大學，就履約過程提供專業諮詢服務、協助各項應辦理事項之監督、查核及管理事宜。並協助審視民間機構應送文件與相關應辦事項，適時邀集民間機構召開履約管理會議，以瞭解實際進度，並協助解決執行困難。

貳、摘要

本計畫依據契約內容摘要量化交付工作項目如表 1 所示，據以交付工作產出量化成果。

表 1、計畫交付工作項目列表

項次	工作內容	執行進度		
		目標數	完成數	達成率
一	定期召開履約管理會議(每季至少召開 1 次)。	2	2	100
二	定期至外埔綠能生態園區訪視、查核、查驗及監督，每月至少 2 次。(12 月計畫結束前完成)	12	10	83
三	月工作報告。(12 月計畫結束前完成)	6	6	100
四	營運績效評估評分準則。	1	1	100
五	相關會議記錄。	依需求	7	100
六	辦理園區相關歷程圖像紀錄。	24	38	158
七	建立內部完整之財務查核機制及流程表。	1	1	100
八	委託專業機構至少 1 次檢查民間機構財務狀況報告 1 式。	1	1	100
九	相關文宣設計簡介含中文、英文、日文、韓文版本 4 式各 200 份。	4	4	100
十	就本案例外埔綠能生態園區建置之相關製程設備，運用資訊管理相關系統技術整合相關參數、監測、營運成果等數據，並加以分析呈現之資訊管理平台 1 式。	1	1	100
十一	每月至少 1 次檢測數據以監督園區營運狀態，4 次逢甲大學實驗室檢測報告，2 次環保署認證之檢驗機構檢測報告。(12 月計畫結束前完成)	6	6	100
十二	專家學者深度查核	1	1	100
十三	每月整理提供 1 則國內外相關期刊、論文...等文獻或相關資訊。(12 月計畫結束前完成)	6	6	100
十四	營運績效評估評委員會會議及監督委員會各 1 場次，共 2 次會議報告	2	2	100
十五	本案結束前辦理 1 場次辦理技術轉移或業務檢討會議。(12 月計畫結束前完成)	1	1	100
十六	期末成果報告書初稿 3 份，應含前言、摘要、工作項目及執行成果說明(含履約期間總表)、結果與建議等。	1	1	100

參、工作項目及執行成果說明

一、111 年履約期間總表

111 年度臺中市外埔綠能生態園區整建營運移轉案履約管理計畫							
序號	工作項目	契約規定 應辦理數	執行進度	完成率	截至111年12月 31日進度說明	附件光 碟編號	
			累計				
1	定期召開履約管理會議(每季至少召開1次)	2次	2次	100%	已完成	1	
2	協助辦理工程、試運轉、營運等各階段履約進度期程 控管(每月至少2次訪視、查核、查驗及監督)	12次	10次	83%	已完成	2	
3	審查(閱)民間機構依契約規定提送之相關文件	無	14項	100%	已完成	3	
4	協助民間機構相關證照、許可申請及協調事宜	無		100%	已完成	4	
5	掌握民間機 構財務及資 產狀況(契約 期間至少1次 檢查民間機 構財務狀況)	建立內部完整之財務查核機制及流程。 (8月底前完成)	1式	1式	100%	已完成	5-1
		適時注意民間機構資金籌措情形、協助 辦理其他民間機構財務及資產狀況掌握 之相關工作。	無		100%	已完成	5-2
		督導民間機構如期確實繳交土地租金、 固定權利金、變動權利金、稅捐等費	無	民間機構如期繳 交	100%	已完成	5-3
		契約期間委託專業機構至少1次檢查民 間機構財務狀況。(11月底前完成)	1次	1次	100%	已完成 (9/23財務查)	5-4
6	配合本案協商、協調等相關工作	無	11項	100%	已完成	6	
7	辦理園區各 項歷程文字	辦理全案大事記文字紀錄及全案資料管 理工作(含整理、分類、存檔等)	無		100%	已完成	7

111 年度臺中市外埔綠能生態園區整建營運移轉案履約管理計畫							
	工作項目	契約規定 應辦理數	執行進度	完成率	截至111年12月 31日進度說明	附件光 碟編號	
			累計				
8	紀錄、圖像紀錄及資料彙整工作	針對本案不同重要時間點進行圖像紀錄，每月至少4組紀錄，含重點文字描述約20字。	24組	38組	158%	已完成	8
9	辦理本案說明會、宣導及相關行銷推廣工作	利用本案文字、圖像及影像紀錄等資料，配合機關辦理本案相關報告及簡報，協助行銷推廣工作	無	協助機關製作7份簡報，配合機關1次採訪活動，撰寫新聞稿1份，已撰寫3篇FB文案	100%	已完成	9-1
		辦理本案相關文宣設計，包含但不限於園區簡介(含中文、英文、日文、韓文版本，11月底前完成)	1 式	1 式	100%	已完成 (11/8完成)	9-2
10	檢測及監督民間機構製程操作參數條件與技術相關事宜	定期至外埔綠能生態園區採樣，每月至少1次檢測數據以監督園區營運狀態。(7、9、10、12月各1次)	4次	4	100%		10-1
		定期至外埔綠能生態園區採樣，其中每季至少1次送交環保署認證之檢驗機構檢測。(建議於8月、11月各1次)	2次	2	100%	已完成	10-2
		就本例外埔綠能生態園區建置之相關製程設備，運用資訊管理相關系統技術整合相關參數、監測、營運成果等數據，並加以分析呈現。(11月底前完成)	1 式	1 式	100%	已完成 (11/8完成、 11/28函文)	10-3
		針對園區製程操作參數條件與技術方面，提供專業人員審查、諮詢等。	無	1場	100%		10-4
11	專家學者深度查核	契約期間至少辦理1場次專家學者深度查核園區營運及技術。本項經費含專家學者出席費、交通費及餐費等。(11月)	1場	1場	100%	已完成	11
12	國內外相關文獻資訊	每月至少整理提供1則國內外相關期刊、論文…等文獻或相關資訊。	6則	6則	100%		12
13	協助機關辦理營運績效評估與監督委員會之相關工作	協助本案於適當時機成立營運績效評估委員會與監督委員會、工作小組等組織，及其他與營運績效評估與監督委員會之相關作業。	無	2件	100%	9/26成立營運績效評估委員會、11/8成立監督委員會	13-1
		辦理營運績效評估委員會會議1場次(已展延預計於9月辦理)、下半年營運監督委員會1場次(預計於11月辦理)。必要時，機關得視需要要求臨時召開本項次	2場	2場	100%	已完成	13-2
		111年7月底前建立營運績效評估評分準則。(已展延至於8月3日提送)	1 式	1 式	100%	已完成	13-3
14	派駐人員相關工作事項	提供1名派駐工程師於外埔生態園區或機關指定地點，全職投入計畫工作。協助辦理工程、試運轉、營運等各階段履約進度期程控管。	6月	5月	83%		14
15	其他行政支援及物力	1. 本案相關報告製作及印刷費等相關費用。	無		100%	已完成	
		2. 執行本案所需相關設施及物力費用。	無		100%	已完成	
		3. 配合本案其他相關的必要業務。	無		100%	已完成	
		4. 配合機關辦理每月過磅紀錄結算、變動權利金結算及衍生物去化相關事宜。	無		100%	已完成	15-4
		5. 協助機關召開各項會議及各單位參訪園區事宜。	無		100%	已完成	

111年度臺中市外埔綠能生態園區整建營運移轉案履約管理計畫						
工作項目		契約規定 應辦理數	執行進度	完成率	截至111年12月 31日進度說明	附件光 碟編號
			累計			
16	綠色採購(契約價金1%)	20,403元	已購入49,067元 的碳粉。	240%	已完成	16
17	工作月報暨工作成果報(每月10日前)	6份	6份	100%	已完成	17
18	業務檢討會議(本案計畫結束前)	1次	1次	100%	已完成	18

二、 專項成果說明

1. 現場設備操作狀況監控

本計畫依據契約內容補充投標須知第三、(四)、1.定期至外埔綠能生態園區採樣並分析，結果如表 2 及表 3。緩衝槽在緩衝槽總固體(TS)的均值落在 73~81 g/L，揮發性固體(VS)在 64~72 g/L，代表有約 88%的有機物質可以轉化為生質沼氣；在酸化槽的數據可以看到其 pH 值的均值在 4.7 的酸性範圍，而揮發性有機酸(VFAs)的總量由約 150 mg/L(緩衝槽)提升到約 530 mg/L，代表酸化槽有正常進行酸化作用；消化槽部分由於採樣口設置在底部，其壓力過大，若採樣會造成壓力波動影響反應器內的壓力平衡，民間機構不建議使用該採樣口；因此消化槽的反應狀況由後消化槽的分析數據為參照來進行監控，其中氧化還原電位(ORP)在 7、8 月的部分由於不是現場即時檢測造成偏高，但在 9、~10 月改正後，其值維持在-375~-395 mV 之間，厭氧度維持得不錯，導電度(EC)可以代表液體中的鹽的含量，文獻中指出 EC 值高於 6 mS/cm 就會影響產氣量，目前廠內是控制在 17.5 mS/cm 以下，而 VFAs 的總量為 0 mg/L，代表揮發性有機酸已經全部被厭氧甲烷菌消化，要注意後消化槽的 pH 值有兩個月的檢測值超過 8，可能降低甲烷菌的消化能力；藉由監測緩衝槽到後消化槽的 TS、VS 變化量，可以知道目前整個厭氧消化系統的 TS、VS 移除率分別為 73%及 79%，此移除率在廚餘來說是正常的水準(文獻回顧 TS 移除率約在 70.6~87.0%、VS 移除率約在 65.4~91.0%)¹。

表 2、採樣分析總表-1

採樣位置	時間	pH	EC (mS/cm)	Temp (°C)	ORP (mV)	NH ₄ ⁺ -N (g/L)	TCOD (g/L)	SCOD (g/L)	TS (g/L)	VS (g/L)	TDS (g/L)	SS (g/L)	VSS (g/L)	Alk (g CaCO ₃ /L)
緩衝槽	111/7	3.89	8.00	34.40	-2.00	39.17	99.47	23.87	77.6	70.0	10.9	66.7	62.0	ND
	111/8	4.61	8.45	34.60	-30.30	0.95	146.41	100.50	74.4	64.4	15.6	58.8	52.4	ND
	111/8/29	4.20	9.60	30.90	-113.20	0.34	61.60	30.30	37.6	29.6	8.6	28.8	22.1	ND
	111/9	5.51	9.04	30.80	-2.00	1.89	134.65	53.92	81.9	72.5	7.7	74.2	70.0	ND
	111/10	4.52	7.98	31.90	-105.70	19.40	104.52	34.38	73.8	64.8	18.8	54.5	51.8	ND
	111/11	4.53	11.93	29.40	-65.40	1.17	122.44	37.87	67.0	55.4	14.8	52.2	47.4	ND
	111/11/3	4.56	12.44	29.10	-57.50	0.61	57.80	32.60	27.0	19.8	6.9	20.0	14.5	ND
	111/12	5.05	9.65	29.30	-165.40	1.30	100.55	32.03	73.6	65.2	13.4	60.2	58.6	ND
酸化槽	111/7	4.47	10.43	35.70	-55.00	41.24	111.66	22.38	81.8	71.2	12.0	69.8	66.6	ND
	111/8	4.79	10.72	35.60	-95.50	0.92	189.83	59.97	72.4	63.0	10.6	61.8	56.6	ND
	111/8/29	5.00	9.95	35.60	-86.30	0.37	74.00	27.90	14.5	10.8	6.9	7.4	5.5	ND
	111/9	4.69	10.12	31.10	-125.00	1.89	157.03	54.31	65.4	57.9	6.0	59.4	55.6	ND
	111/10	4.73	9.38	32.40	-225.80	2.24	115.07	41.50	70.6	61.1	13.3	57.3	53.3	ND
	111/11	5.29	12.54	35.50	-189.50	1.18	130.32	39.23	52.6	43.9	4.2	48.4	46.0	ND
	111/11/3	5.37	14.06	35.50	-170.90	0.67	63.80	31.40	40.9	29.4	7.1	33.5	23.8	2.59
	111/12	4.68	10.28	30.70	-265.20	1.56	102.17	35.68	61.4	52.2	9.6	51.8	44.3	ND
後消化槽	111/7	7.49	14.19	36.10	-60.00	17.57	9.70	3.82	13.1	8.1	9.4	3.7	3.4	5.70
	111/8	8.06	13.22	35.50	-220.30	1.37	81.48	23.57	47.2	36.4	2.2	45.0	35.8	6.43
	111/8/29	7.60	13.10	36.00	-177.90	0.59	31.10	11.50	28.5	18.9	11.2	16.9	11.0	10.20
	111/9	7.55	13.87	30.50	-375.00	2.86	44.08	21.25	34.4	25.4	5.6	28.8	24.3	6.66
	111/10	8.05	14.13	34.30	-395.40	2.47	13.59	4.88	36.2	27.7	6.0	30.2	26.7	8.30
	111/11	7.60	14.88	35.10	-362.70	1.78	80.90	5.43	41.8	31.2	7.3	34.5	30.7	8.40
	111/11/3	7.61	15.81	34.30	-333.90	1.19	29.70	0.40	28.3	14.5	8.4	19.5	11.3	11.50
	111/12	7.92	13.47	30.60	-395.70	2.00	35.68	5.88	37.6	28.0	12.0	25.6	23.2	6.16
沼液儲槽	111/7	7.92	12.32	33.40	-160.00	13.55	11.19	7.46	22.7	16.9	6.2	17.7	16.5	5.15
	111/8	7.90	13.64	35.80	-179.80	1.00	41.08	24.54	20.8	14.8	3.9	16.9	14.3	4.90
	111/8/29	7.80	13.80	34.20	-181.50	0.98	5.14	3.74	22.1	14.0	8.7	13.2	9.6	8.26
	111/9	7.69	13.45	30.20	-229.00	3.48	37.52	10.23	25.9	18.0	6.7	19.2	16.6	4.92
	111/10	7.94	13.68	32.50	-313.20	2.21	7.26	1.72	15.9	9.8	6.1	9.8	9.1	7.80
	111/11	7.99	15.62	30.30	-341.40	1.69	40.18	3.67	16.6	9.7	5.7	10.9	9.5	7.30
	111/11/3	7.92	16.13	30.20	-327.70	1.12	15.60	1.40	11.4	4.1	8.5	2.5	0.9	7.45
	111/12	7.95	15.34	30.10	-380.30	2.01	35.54	3.28	27.7	19.3	9.4	18.3	14.9	5.12

註： 為委託安美謙德環保股份有限公司檢測之數據。

表 3、採樣分析總表-2

採樣位置	時間	TKN (g/L)	TP (g/L)	PO ₄ ³⁻ (g/L)	Grease (g/L)	Chloride (g/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cu ²⁺ (mg/L)	Zn ²⁺ (mg/L)	Acetic acid (mg/L)	Propionic acid (mg/L)	Butyric acid (mg/L)	Valeric acid (mg/L)	Lactic acid (mg/L)
緩衝槽	111/7	2.60	1.95	0.64	2.67	2.90	1570	-	121	5	93.06	45.02	24.32	ND	-
	111/8	2.80	1.94	0.63	1.61	2.70	2030	137	ND	5	78.15	42.33	19.46	ND	-
	111/8/29	1.63	0.54	0.23	1.60	0.47	1980	-	ND	2	-	-	-	-	-
	111/9	1.50	2.79	0.91	4.25	2.70	1608	124	1	11	52.96	61.85	15.39	14.23	-
	111/10	2.50	3.42	1.11	3.82	2.90	1773	160	ND	5	ND	ND	7.20	ND	123.53
	111/11	2.60	0.69	0.22	1.20	2.70	2013	167	ND	5	97.49	95.87	49.92	ND	ND
	111/11/3	1.22	0.62	0.30	0.04	1.07	2120	-	0	2	-	-	-	-	-
	111/12	2.70	1.12	0.36	3.22	6.24	1785	198	ND	4	9.60	21.82	22.43	34.60	11.65
	111/7	3.00	1.65	0.54	3.57	1.90	85	-	110	4	384.81	153.08	ND	29.86	-
	111/8	3.10	2.46	0.80	2.35	2.23	2001	148	ND	6	366.73	139.27	24.98	22.61	-
酸化槽	111/8/29	1.32	0.45	0.30	5.04	0.02	2	-	1	3	-	-	-	-	-
	111/9	3.00	3.55	1.16	4.69	4.20	1466	131	1	10	322.51	109.33	21.97	21.10	-
	111/10	3.20	5.56	1.81	4.49	4.00	1940	161	ND	4	ND	ND	44.35	118.41	825.70
	111/11	2.80	0.61	0.19	2.85	1.70	1854	214	ND	4	188.12	224.91	73.40	72.49	ND
	111/11/3	1.22	0.29	0.27	1.41	0.90	1800	-	0	1	-	-	-	-	-
	111/12	3.30	1.05	0.34	3.28	1.52	1887	216	ND	9	1.33	10.49	2.43	62.45	30.30
	111/7	1.80	0.16	0.05	0.52	1.06	1706	-	25	1	ND	ND	ND	ND	ND
	111/8	3.10	2.88	0.94	0.49	2.20	1834	313	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	111/8/29	1.77	0.35	0.13	0.67	0.69	2250	-	1	2	-	-	-	-	-
	111/9	2.70	1.31	0.43	2.59	3.30	1513	127	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
後消化槽	111/10	2.60	3.79	1.23	1.15	2.90	1745	140	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
	111/11	3.10	0.87	0.28	1.89	2.10	1857	151	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	111/11/3	1.29	0.19	0.15	0.02	0.74	2260	-	1	2	-	-	-	-	-
	111/12	3.50	0.47	0.15	2.40	1.98	1808	188	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
	111/7	2.20	0.65	0.21	0.60	0.60	1607	-	50	2	ND	ND	ND	ND	ND
	111/8	1.90	0.91	0.30	0.61	1.17	1267	121	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND
	111/8/29	2.11	0.22	0.10	0.04	1.04	1420	-	1	2	-	-	-	-	-
	111/9	2.20	0.96	0.31	2.31	2.60	1427	138	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
	111/10	2.50	0.52	0.17	0.12	1.90	1695	142	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
	111/11	2.00	0.32	0.10	0.48	1.40	1680	141	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
沼液儲槽	111/11/3	1.65	0.39	0.08	0.02	0.87	2120	-	0	0	-	-	-	-	-
	111/12	3.20	0.23	0.07	1.25	1.38	1774	184	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND

註：為委託安美謙德環保股份有限公司檢測之數據。

另外本計畫協助追蹤脫水機修復後沼液回灌及地下水用量，統計脫水機修復前後的沼液回流量及地下水用量如圖 1，7 月份每日地下水用量為 20.96 噸/日 (29.5 噸/工作日)，迴流沼液為 21.74 噸/日 (30.6 噸/工作日)，每 100 噸生廚餘會加 28.9 噸地下水及回流 29.9 噸沼液，水跟沼液迴流的比為 1 : 1.03。原 7 月用水量為 20.96 噸/日 (29.5 噸/工作日)，至 9/12 脫水機設備修繕完成後，截至 10 月平均每日地下水用量約為 9.67 噸/日 (8.3 噸/工作日)，日使用量下降約 10 噸，可以發現在修復前後地下水的用量明顯降低，地下水跟回流沼液的比值由 7 月的 0.96 降至 10 月的 0.17 (表 4)，代表脫水機修復後已確實減少地下水的用量。

7 至 10 月每日生廚餘進廠量平均都約為 105 噸/工作日，在 11 月生廚餘進場量提高且開放加入 10% 熟廚餘做為試驗，故進料量提高至 116.43 噸/工作日。

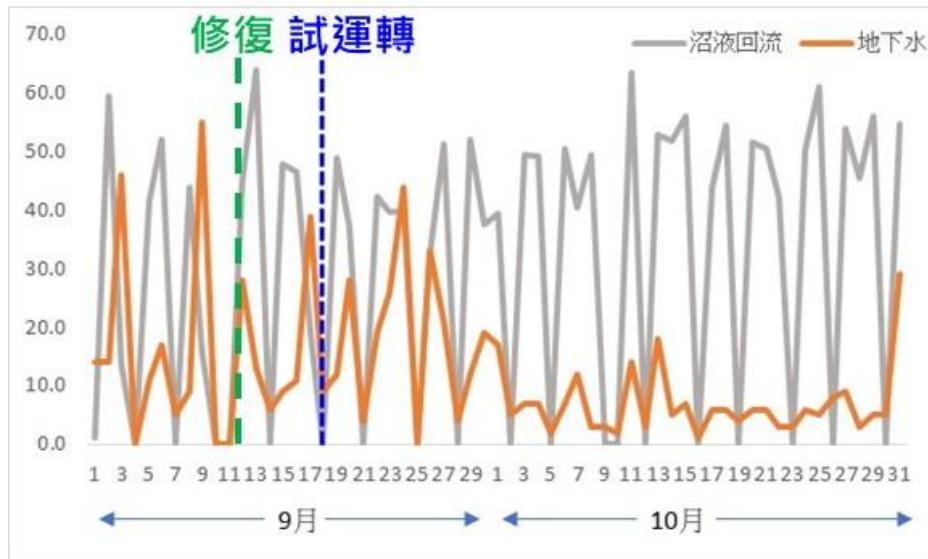


圖 1、脫水機修復前後沼液回流量及地下水用量

表 4、7~9 月地下水沼液回流用量統計平均值

項目	月份		
	7月	9月	10月
地下水	29.5	22.9	8.3
沼液回流	30.6	39.6	48.5
水：沼液	0.96	0.58	0.17
總量	60.1	62.5	56.8

*單位：噸/工作日

2. 每月文獻重點整理

依照契約工作項目，本計畫每月提供一則國內外文獻回顧，摘要說明其內容提供予環保局與民間機構作為技術或管控之參考，統一整理履約期間文獻題目如表 5，針對每篇文獻分項做重點整理。

表 5、文獻回顧及建議事項整合表

月份	文獻題目	建議事項
7 月	鹽度對廚餘厭氧消化生產甲烷的潛在影響 ²	可以添加城市汙水處理的活性污泥(10%)減少廚餘中 NaCl 的抑制作用，增加產氣量。
8 月	一階段和二階段高溫厭氧先導工廠廚餘消化之比較 ³	高溫二階段產氣量較一階段高 17%，可以將二階段納入製程考量。
9 月	將固相分離沼氣消化反應器的出流液轉化為固體 NH ₄ HCO ₃ 肥料之永續程序工程和生命週期評估 <small>錯誤！找不到參照來源。</small>	建議優先選擇 NH ₄ HCO ₃ 的製程，該製程比另一項製程更經濟，而且在生命週期的評估上無論是全球暖化潛勢或優養化都較低。
10 月	用於厭氧廢水蒸餾處理的直接接觸薄膜 ⁵	未來可以考慮外埔綠能園區使用以從沼液中產生較乾淨的回收水來替代補充地下水的可能性。
11 月	優化稻稈和廚餘厭氧共消化產甲烷的製程參數 <small>錯誤！找不到參照來源。</small>	可以混合稻稈共消化，調整 C/N 為 30、pH(7-7.57)和 F/M 比(1.5-2.5)，可增加產沼氣量約 75-95%，也可降低周邊稻稈廢棄物的產生。
12 月	混合配比對中國大陸生廚餘和熟廚餘厭氧共消化的影響 <small>錯誤！找不到參照來源。</small>	將前端生、熟廚餘分開入料，存放於不同緩衝槽各自均質混合後，再將兩原料透過輸送方式進入酸化槽混和調配成需要的比例，生、熟廚餘最佳比例為 1：1。

(1) 7 月文獻：鹽度對廚餘厭氧消化生產甲烷的潛在影響

通過分析氯化鈉(NaCl)對廚餘厭氧消化各步驟的影響，可以清楚地了解低濃度的 NaCl 增加了水解酸化作用(圖 2)但抑制了甲烷的生成，而高濃度的 NaCl 嚴重地抑制了酸化和甲烷化的程序(圖 3)，也就是說 NaCl 的存在嚴重抑制了廚

餘中甲烷的生成，因此有必要找到一種有效的方法來減輕 NaCl 對沼氣生產造成的抑制影響。

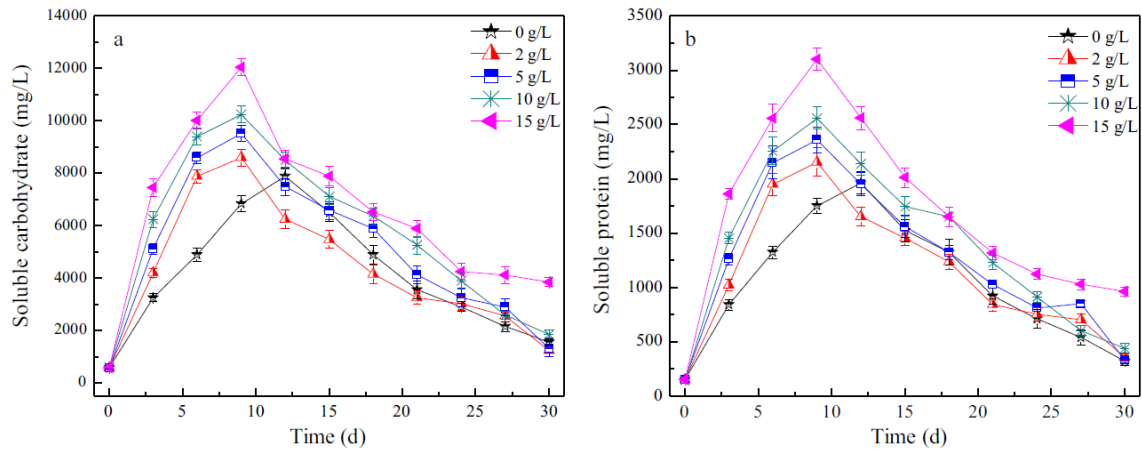


圖 2、NaCl 對廚餘整個消化過程中可溶性碳水化合物和蛋白質變化的影響

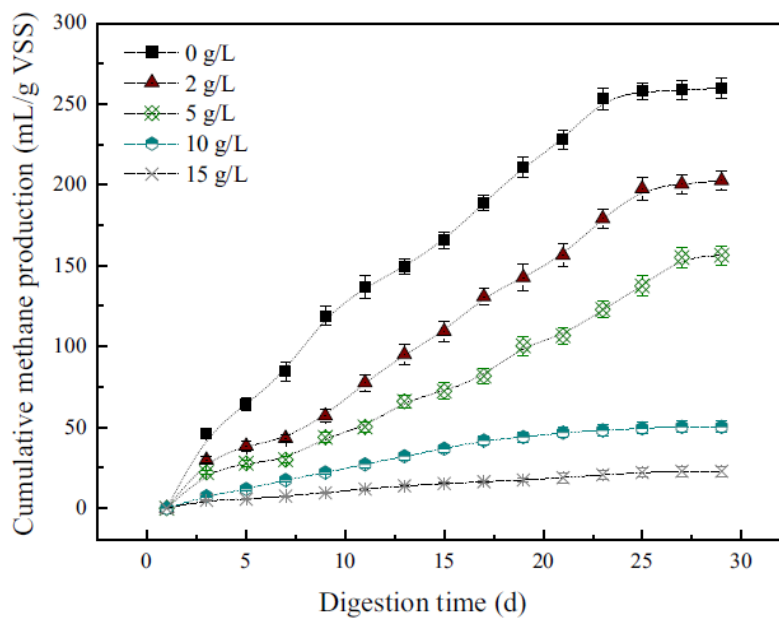


圖 3、不同濃度 NaCl 對廚餘厭氧消化甲烷累積量的影響

Waste activated sludge (WAS) 是一種由城市污水處理廠產生的活性汙泥，它含有大量的有機物。廚餘加上 10% 的 WAS 做共同消化會使微生物間產生協同作用，提高其對鹽度的耐受性並增加沼氣產量。由圖 4 可以發現，無論 NaCl 的劑量是多少，在廚餘和 WAS 的共同消化中甲烷的產生量都高於廚餘單消化中的甲烷產生量。例如在添加 15.0 g/L NaCl 的廚餘單消化中甲烷產量最高，為 22.7

mL/g VSS，而廚餘厭氧共消化和 WAS 的相應產量為 34.6 mL/g VSS，是廚餘消化的 1.5 倍。

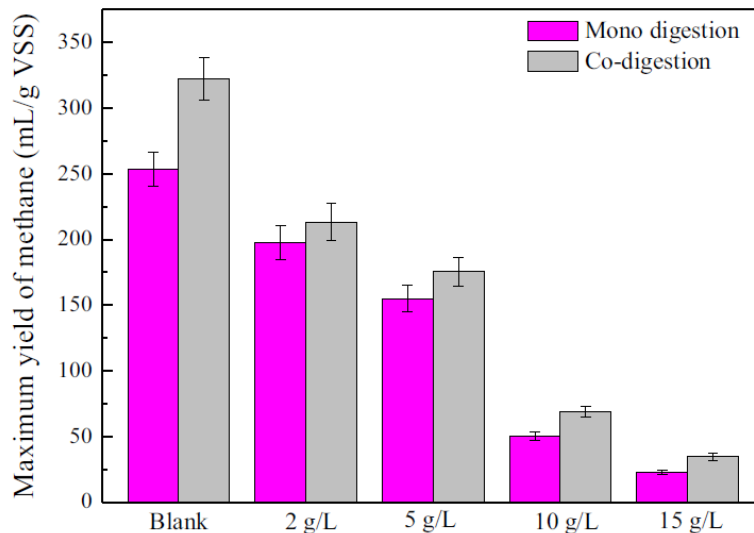


圖 4、廚餘/WAS 共消化與廚餘消化之間甲烷最大產量的比較

NaCl 影響廚餘厭氧消化的甲烷生產，低濃度的 NaCl 增加了水解和酸化過程，但抑制了產甲烷過程，而高濃度的 NaCl 嚴重抑制了酸化和產甲烷過程。建議廚餘和都市廢水活性污泥共消化可以減輕 NaCl 對甲烷產生的抑制作用，共消化系統可以提供較佳的 C/N 條件並增加了碳水化合物的消耗，從而提高了水解、酸化和產甲烷速率。

(2) 8 月文獻：一階段和二階段高溫厭氧先導工廠廚餘消化之比較

本研究於義大利北部污水處理廠進行實驗(圖 5)，由水力停留時間(HRT)和有機負荷率(OLR)的變化決定，以驗證系統的彈性。不鏽鋼連續攪拌槽反應器(CSTR)用於一階段系統，工作體積為 230 L，而二階段系統為兩體積 200 L 和 760 L 的反應器，並通過通過外部熱水浴維持溫度 $55^{\circ}\text{C}\pm 0.1$ ，透過 OLR 約 $3.5 \text{ kg TVS}/\text{m}^3\text{d}$ 來操作兩種不同的 AD(一階段與二階段)和 HRT 20 d，並在穩態下維持 49 天，

表 6 為一階段系統(single stage, SS)和二階段系統中的第一階(first stage, F1)和第二階(second stage, F2)出水量以及氣體產量。



圖 5、左為單一階段系統，中和右分別為二階段系統中的第一和第二階段反應器

- 通過比較兩系統，觀察到二階段系統的去除率比一階段高出 17%，並使用消化液脫水後處理，二階段系統的處理污泥減少了 33%。
- 二階段系統的沼氣產率 ($0.88 \text{ m}^3/\text{kg VS}$) 高於一階段系統 ($0.75 \text{ m}^3/\text{kg VS}$)。
- 整體去除率二階段系統比一階段系統高出 16%。
- 採用二階段而非單一階段系統配置顯著影響甲烷的生產過程。酸化對廚餘起到預處理的作用；它提高了 VFAs 向沼氣的轉化效率，且引進發酵槽的投資回收期不到 1.5 年。

最終這兩實驗結果表示，採用二階段系統而不是一階段系統配置會顯著影響甲烷生產的過程，這主要是由於廚餘在進入一階段反應器和發酵物進入二階段消化器的化學物理特性不同。

表 6、各製程中的基本參數

Parameter	Unit	SS	F1	F2
TS	g/kgw.w.	27 ± 1		15 ± 5
VS	g/kgw.w.	17 ± 1		10 ± 4
COD	gO ₂ /kgTS	806 ± 74	950 ± 55	754 ± 42
Total Nitrogen	gN/kgTS	44 ± 1		33 ± 7
Total Phosphorus	gP/kgTS	12 ± 2		17 ± 2
pH	-	8.0 ± 0.1	4.6 ± 0.3	8.0 ± 0.1
Partial Alkalinity	mgCaCO ₃ /L	3414 ± 91	-	2715 ± 113
Total Alkalinity	mgCaCO ₃ /L	5311 ± 117		4943 ± 241
Free Ammonia	mgNH ₃ -N/L	285 ± 35		385 ± 28
VFAs	mgCOD/L	892 ± 68	9997 ± 3962	548 ± 96
Specific Gas Production (SGP)	m ³ biogas/kgVS	0.75 ± 0.1	-	0.88 ± 0.01
Specific Methane Production (SMP)	m ³ CH ₄ /kgVS	0.45 ± 0.02	-	0.55 ± 0.01
Gas Production Rate (GPR)	m ³ biogas/(m ³ reactord)	2.5 ± 0.2	-	2.6 ± 0.3

SS: single stage.

F1: first stage.

F2: second stage.

(3) 9 月文獻 - 將固相分離沼氣消化反應器的出流液轉化為固體 NH₄HCO₃ 肥料之永續程序工程和生命週期評估

目前沼液還田是最受歡迎的，但存在許多問題例如儲存、運輸和在應用過程中會排放大量的溫室氣體。這項文獻提供一種新設計，從液態沼氣生產過程裡的廢棄物中生產固體氮肥的製程(圖 6)，該製程避免了預處理和施用液體消化液相關的許多問題。固體碳酸氫銨(NH₄HCO₃)是使用固體分離的沼氣消化反應器出流沼液設計的，以生產永續的氮肥，被認為是一種可銷售的肥料，氮含量為 18%，代表了沼氣生產設施的附加值。進行製程設計以優化回收率，幾乎沒有氮損失，開發的製程於 3.3 bar 下進行沼液的蒸餾，冷凝器在 49°C 下運行並使用冷卻水，在 12°C 的結晶器中獲得固體晶體並通過乾燥回收。另外開發了一種開環空氣分離製程以獲得硫酸銨((NH₄)₂SO₄)固體肥料作為比較，透過比較兩種製程的經濟結果表示，NH₄HCO₃ 製程相關的成本以及公用設施的消耗要低得多。

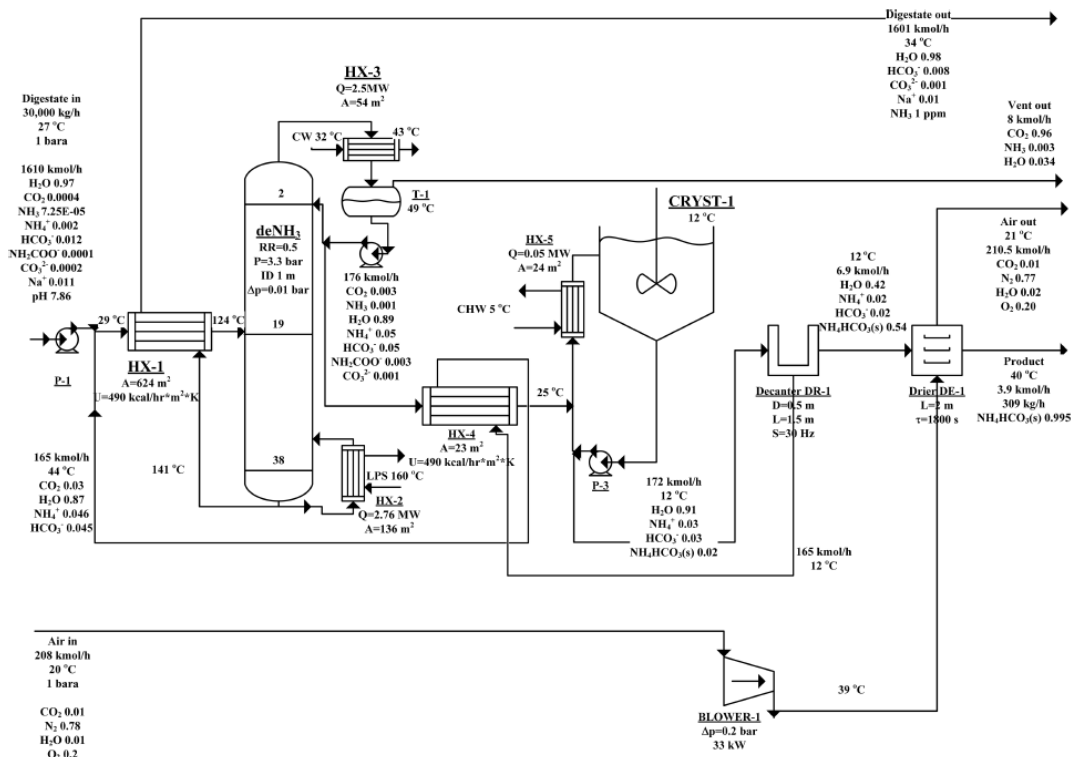


圖 6、沼液蒸餾、低溫結晶、晶體分離和乾燥製程流程圖。

此文獻可提供予民間機構作為沼液去化的解決方案，文獻提供的兩種製程可以優先選擇 NH₄HCO₃ 的製程，該製程比 (NH₄)₂SO₄ 的製程更經濟，而且在生命週期的評估上無論是全球暖化潛勢或優養化都較低。

(4) 10 月文獻 - 用於厭氧廢水蒸餾處理的直接接觸薄膜

本篇文獻使用蒸餾裝置配置上直接接觸膜(DCMD)來處理自高溫厭氧膜生物反應器的出流液。將出流液作為進料，處理含和不含生物質厭氧廢水對批量模式下膜蒸餾的通量和結垢相互作用(圖 7)。在處理不含生物質的出流液時，在 (40–70°C) 的溫度和 0.005、0.008、0.01、0.012 和 0.014 m/s 的掃流速度下，滲透通量變化從 1.41 到 9.22 L/m² h，該階段的 COD 和氨去除率大於 90%。在以 6 和 12 g/L MLVSS 進料中引入生物質的條件下(圖 8)，觀察到在 12 g/L MLVSS 廢水下運行 72 小時後，滲透通量從 2 降至 0.6 L/m² h。結垢觀察得出的結論，在 6 和 12 g/L MLVSS 的負載率下，MD 膜表面的主要污垢是可去除污垢，分別佔總污垢的 71-77.5%。清洗後膜可以恢復 96% 的初始通量。

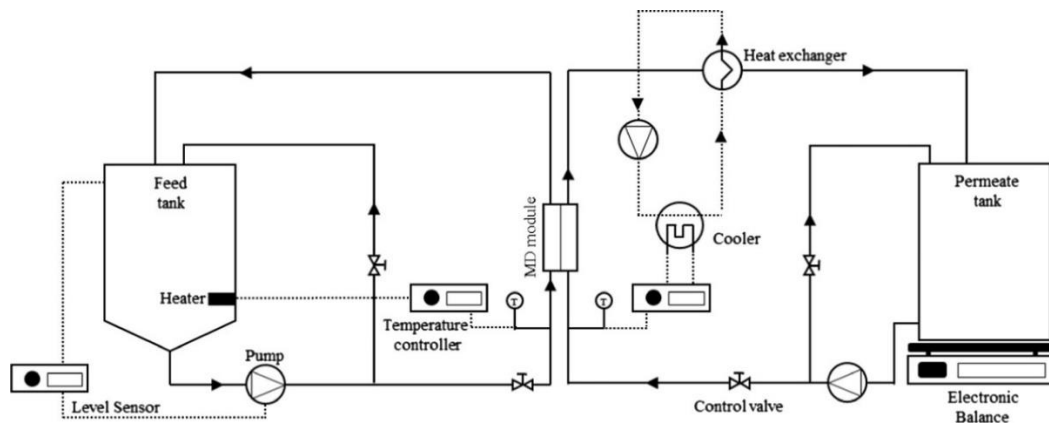


圖 7、DCMD 模塊的實驗設置

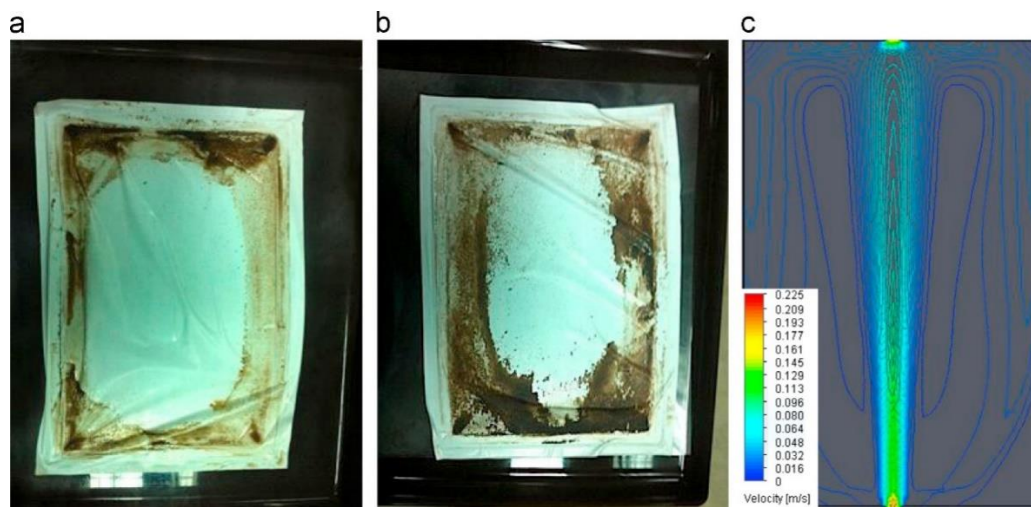


圖 8、a)6 g/L MLVSS，b)12 g/L MLVSS，c)流動模擬結果

這項研究成功地調查了在厭氧廢水中應用 MD 的可能性。MD 和 MDBR 配置的通量為 2.09 和 2-0.6 L/m².h，MD 系統對氨的抑制率為 89.6-96.3%，而 COD 的抑制率為 97.8-99.9%。污垢層還通過覆蓋膜孔減少了有效膜面積。MD 膜上的主要污垢是可去除的污垢，大部分是可溶性的。增加可去除污垢的傳質阻力的效果占總污垢阻力的 71.03-77.59%，然而清潔後的膜可以達到初始通量的 96%。未來可以考慮外埔綠能園區使用以從沼液中產生較乾淨的回收水來替代補充地下水的可行性。

(5) 11 月文獻 - 優化稻稈和廚餘厭氧共消化產甲烷的製程參數

本文獻為在 1 L 厭氧反應器中，評估不同碳氮比(C/N)的條件下混合稻稈和廚餘的共消化產甲烷潛能的實驗。對於 C/N 比為 25、30 和 35 的稻稈與廚餘的

共消化，顯示出相似的甲烷產量 $294.17 \pm 3.78 \text{ mL/g-VS}_{\text{added}}$ ，且比單一廚餘消化增加 71.09% ($134.53 \text{ mL/g-VS}_{\text{added}}$)。在優化共消化的 C/N 比後，本研究還使用計畫複合設計的回歸曲面法 (CCD-RSM) 探索了初始 pH 和食/微比(F/M)的交互作用。優化研究的結果有顯著的相互作用，最佳條件(C/N 30, pH 7.32, F/M 1.87) 的驗證實驗甲烷產量為 $323.78 \text{ mL/g-VS}_{\text{added}}$ 高於單一廚餘消化 94.41% ($166.54 \text{ mL/g-VS}_{\text{added}}$) (圖 9)。

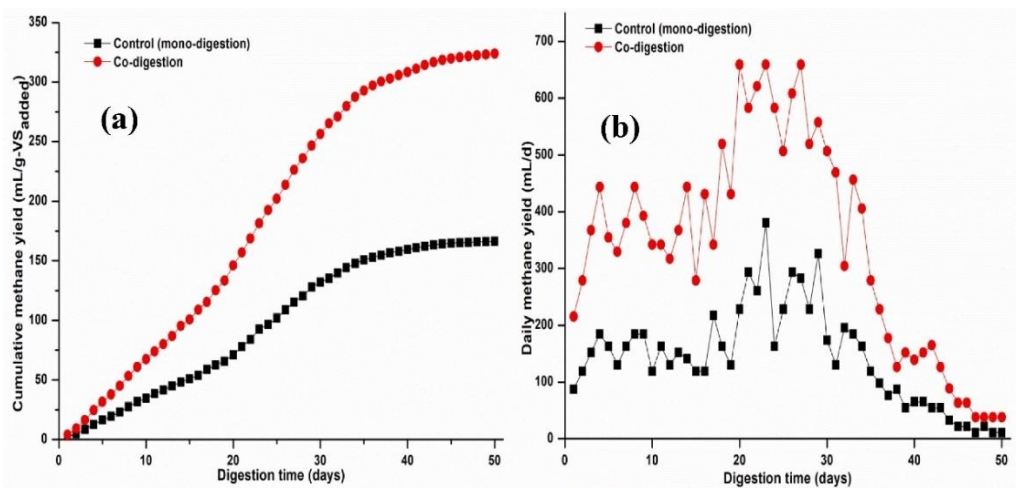


圖 9、(a)累積甲烷產量和 (b)驗證實驗的每日甲烷產量(pH 7.32, F/M 比 1.87)

建議未來外埔綠能園區廚餘可以混合稻稈共消化，如果適當調整 C/N 為 30、pH(7-7.57)和 F/M 比(1.5-2.5)，除了可增加產沼氣量約 75-95%，也可降低周邊稻稈廢棄物的產生。然需建置將稻稈風乾之場域，以及研磨機研磨稻稈至小於 1 mm 的顆粒後儲存，後續以適當的比例加入後續厭氧消化槽。

(6) 12 月文獻 -混合配比對中國大陸生廚餘和熟廚餘厭氧共消化的影響

本文獻研究中國北方城市典型水果和蔬菜殘渣(FVW)和熟廚餘(FW)的生物甲烷產能分別為 0.30 及 $0.56 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$ ，其生物可降解性 FVW 及 FW 分別為 59.3%和 83.6%。FVW 和 FW 厭氧消化實驗是在實驗室規模的連續攪拌反應器(CSTR)下進行，其操作條件為進料有機負荷率(OLR) $3 \text{ kg VS}/(\text{m}^3 \cdot \text{day})$ ，溫度控制在 35°C 。FVW 可穩定消化，沼氣產率為 $2.17 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{day})$ ，甲烷產率為 $0.42 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$ (表 7 中 Phase I)；然而在 FW 方面，長期運行下的會發性脂肪酸的積累導致了厭氧消化過程失效(圖 10 中 Phase V)。在相同的進料有

機負荷率進一步研究了 FVW : FW 比率對共消化穩定性和性能的探討可以發現，在 FVW 和 FW 混合比為 2:1 和 1:1 時，反應器的性能和操作保持穩定，沒有揮發性脂肪酸(VFA)和氨的積累。而提高 FW 的比例含量(FVW 與 FW 的比例為 1:2)，使 VFAs 濃度增加到 1100-1200 mg/L 時，甲烷生成受到輕微抑制。實驗得出最佳 FVW 與 FW 共消化的混合比 1:1 下，甲烷產率為 0.49 m³ CH₄/kg VS，揮發性固體和可溶性化學需氧量(sCOD)去除率分別為 74.9%和 96.1%。

表 7、不同運行階段性能之參數匯總表

	Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV	Phase V
Operation conditions					
Time (days)	0-30	30-60	60-90	90-131	131-178
OLR (kg VS/(m ³ ·day))	3	3	3	3	3
Substrates					
FVW (g VS)	12	8	6	4	0
FW (g VS)	0	4	6	8	12
Effluent characteristics					
TS (%)	3.7	3.3	4.1	4.3	6.5
VS (%)	1.8	2.1	2.5	2.8	4.3
sCOD (g/L)	2.2	1.6	2.6	4.1	21.0
pH	7.37 ± 0.03	7.40 ± 0.03	7.56 ± 0.03	7.73 ± 0.02	7.07 ± 0.14
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	585.3 ± 61.7	608.9 ± 27.0	763.9 ± 25.8	1242.1 ± 60.0	2329.7 ± 143.5
Free ammonia (mg/L)	15.09 ± 2.2	16.90 ± 1.7	32.0 ± 1.0	70.5 ± 5.3	29.8 ± 7.5
VFAs (mg/L)	69.7 ± 11.42	181.7 ± 33.60	170.64 ± 44.00	1216.5 ± 77.15	8887.0 ± 754.05
Digester performances					
sCOD removal (%)	96.3	97.4	96.1	94.7	73.3
GPR (m ³ /(m ³ ·day))	2.17	2.25	2.35	2.45	0.35
Methane content (%)	60.0	60.5	63.8	61.0	53.7
MPY (m ³ CH ₄ /kg VS)	0.42	0.44	0.49	0.49	0.06

GPR: biogas production rate; MPY: methane production yield.

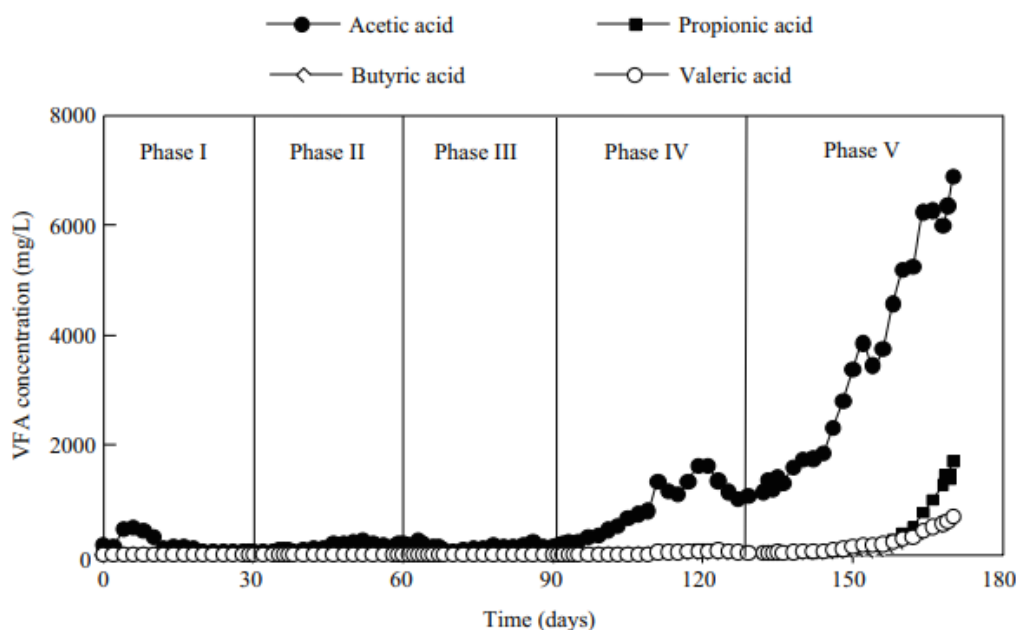


圖 10、不同操作階段的 VFAs 變化。

FVW 和 FW 共消化不僅可以提高厭氧過程的穩定性，而且可以獲得更高的沼氣產量和有機物降解移除率。在綠能生態園區二期整建的部分，建議先將前端生熟廚餘分開入料，各自存放於不同緩衝槽均質混合後，再利用酸化槽將兩原料透過輸送方式混和調配成需要的比例，生、熟廚餘最佳比例為 1:1。若是先行混和再製漿容易將熟廚餘中可利用的有機質與生廚餘中的雜質一起排出，可能會導致雜質載運的提高。

3. 碳權申請事宜

「碳權」簡而言之就是「排碳的權利」，通常以一公噸的碳排放量來作計算單位。根據碳權所產生的方式不同，又分為以下兩種：一是透過政府強制性的總量管制與交易（Cap and Trade）產生；另一種則是在自願性市場產生，時常被企業用作碳抵換（Carbon Offset）的手段。

(1) 總量管制與交易（Cap and Trade）所產生的碳權

此種碳權來自於強制性的管制措施，在此機制下，政府會為排放總量訂定上限，並根據不同產業別，核配給不同的企業碳排放的額度，假如企業的排放超過了額度，就需要在碳交易市場中購買碳權，彌補超額的排放。假如企業減碳相當成功，排放量低於核配額度，多出的額度就會轉換成碳權，可讓企業在碳交易市場中拍賣，獲得利潤。世界上第一個碳交易機制—歐盟碳交易市場（EU ETS, European Union Emission Trading System）即是屬於此類型，其他採用碳交易系統(ETS)的代表地區還有美國區域溫室氣體倡議制度(Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI)、南韓、紐西蘭等。企業若能在減碳上搶得先機，不僅對減緩氣候變遷有所貢獻，企業營收也可能因碳權的交易而有所成長。

(2) 自願性的碳市場所產生的碳權

第二種碳權來自自願性碳市場，當企業主動透過不同的減碳、再生能源或碳捕捉、造林等專案，向境內或是國際的機構申請認證，即可獲得碳權。較廣為人知的機構例如：黃金標準（Gold Standard）、VCS（Verified Carbon Standard），臺灣也有行政院環保署的溫室氣體減量與抵換管理機制，企業可在此平臺申請碳權認證或刊登碳權交易資訊。

(3) 碳費與碳稅

碳稅與碳費不同於上述碳交易市場的「以量制價」(控制碳排放總量，讓市場的供需來決定排碳的價格)，而是由「以價制量」的方式來促進減排，透過直接對每噸的碳排放訂價，由控制價格高低來影響排放程度。收取碳稅的國家包含了英國、加拿大、北歐五國、新加坡、日本等。大多數政府實行碳稅(Carbon tax)，由財政機關統一徵收，稅收入國庫後可視為整體政府的財政收入，用途包含社會福利、所得稅減免、發展各項低碳的基礎建設等。而臺灣於 2022 年修正的《溫室氣體減量及管理法》(將更名為《氣候變遷因應法》)草案中擬實行的「碳費(Carbon fee)」較為特別，規畫預計由環保署執行，向碳排大戶收取碳費並成立氣候基金，由於其行政上的限制只得專款專用，用於發展低碳、綠能、補助產業轉型等措施上。

(4) 碳交易、碳費、碳稅，都是碳定價

無論是上述提及的碳交易系統、碳費或碳稅，其實都是藉由「將碳排放貼上價格標籤」的原理，提供企業經濟上的誘因，進而達到實質減少溫室氣體排放的目標，這個概念也是目前國際公認最有效的減碳工具：碳定價(Carbon price)。

本計畫於 111 年 10 月 21 日邀請南極碳資產管理有限公司至外埔綠能園區與環保局及民間機構共同討論，針對碳權如何申請、歸屬、範圍界定、減排量、註冊年限及花費做較深入的探討，以上議題整理成表 8。

表 8、碳權申請議題統整表

議題項目	建議
申請國內或國際碳權？	國際碳權：完工 1 年以內可申請(二期)； 國內碳權：需在並網 5 年內申請(一期)。
碳權歸屬？	碳權歸屬可透過比例原則分配，第一期建議由民間機構為主體申請。
範圍界定？	本廠可以”大門到大門(Gat-to-gate)”為範圍，僅考慮廠內碳排，不計算載運廚餘之碳排。
本廠可以減排量？	粗估一年可以減排 16,000 噸 CO ₂ < 20,000 噸 CO ₂ e/年，屬於微型規模抵換專案。
碳權註冊年限？	分 7 年(展延型)及 10 年(固定型)，若申請 7 年制，每 7 年需確證一次，內部查證多次，得展延兩次共 21 年。(國內碳權註冊約需 1~1.5 年)
查驗的花費？	國內查驗約 50 萬(需提早預約)，國際查驗約 300~400 萬

(5) 環保署溫室氣體排放額度抵換專案

依溫室氣體減量及管理法（擬更名為氣候變遷因應法）第 3 條第 15 款，「為取得抵換用途之排放額度，依中央主管機關認可之減量方法提出計畫書，其計畫書經中央主管機關核准及查驗機構確證，且所有設備、材料、項目及行動均直接與減少排放量或增加碳匯量有關的專案。」

抵換專案類型：抵換專案依照申請者資格分為計畫型及方案型，計畫型抵換專案申請資格為專案實際執行者或投資者，而方案型抵換專案申請資格為整合管理專案及分配減量額度之單一權責機關（構）；依照申請規模分為大型、小型、微型(如圖 11)，本省外埔綠能生態園區適用計畫型微型專案，差別在於申請資料中的外加性分析（法規、財務、技術、普遍）得僅進行**法規外加性**即可，加快申請期程。

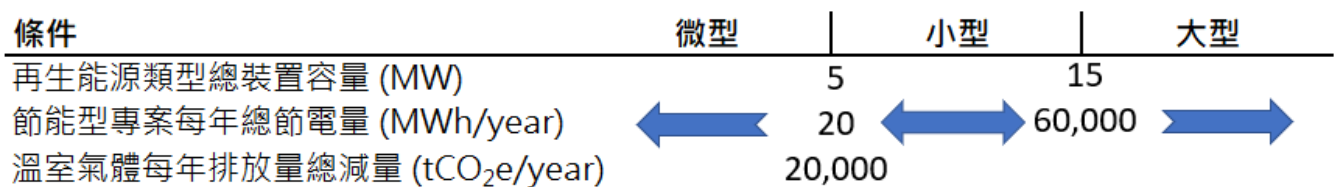


圖 11、抵換專案申請規模。

除依溫室氣體抵換專案管理辦法第 4 條第 2 項規定以下二種情況者不得申請抵換專案註冊外，其餘不限申請對象：

- A. 已向中央有關機關提出**再生能源憑證**申請之再生能源發電設備；
- B. 民國 108 年 12 月 27 日(含)後，屬**公告第一批**應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源且溫室氣體年排放量平均達 2.5 萬公噸 CO₂e 以上之全廠（場）。

申請抵換專案分為**註冊申請**及**額度申請**，註冊申請依環保署認可之減量方法提出專案計畫書，並選擇環保署核可之查驗機構進行計畫書確證，經查驗機構確證通過後，始得向環保署申請註冊；完成註冊後，依照註冊通過之專案計畫書執行專案並進行監測，並依實際監測結果計算減量績效且提出監測報告書，並選擇環保署核可的查驗機構進行監測報告書的查證，查證通過後得向環保署申請減量額度，流程如圖 12。申請期程方面，微型抵換專案註冊申請方面，撰寫計畫書、委託查驗機構確證計畫書及登錄上傳約需時 6~7 月，環保署預審、多次審議會(經驗上至少 2 次)，約需時 6~8 月，**總計註冊申請約需時**

1~1.5 年，費用在 300 萬左右；額度申請方面，撰寫監測報告書(收集數據 6~12 月)、委託查驗機構確證監測報告書及登錄上傳約需時 12~16 月，費用每次約在 50 萬左右，環保署預審、多次審議會(經驗上至少 2 次)，約需時 6~8 月，總計註冊申請約需時 1.5~2 年。

申請流程

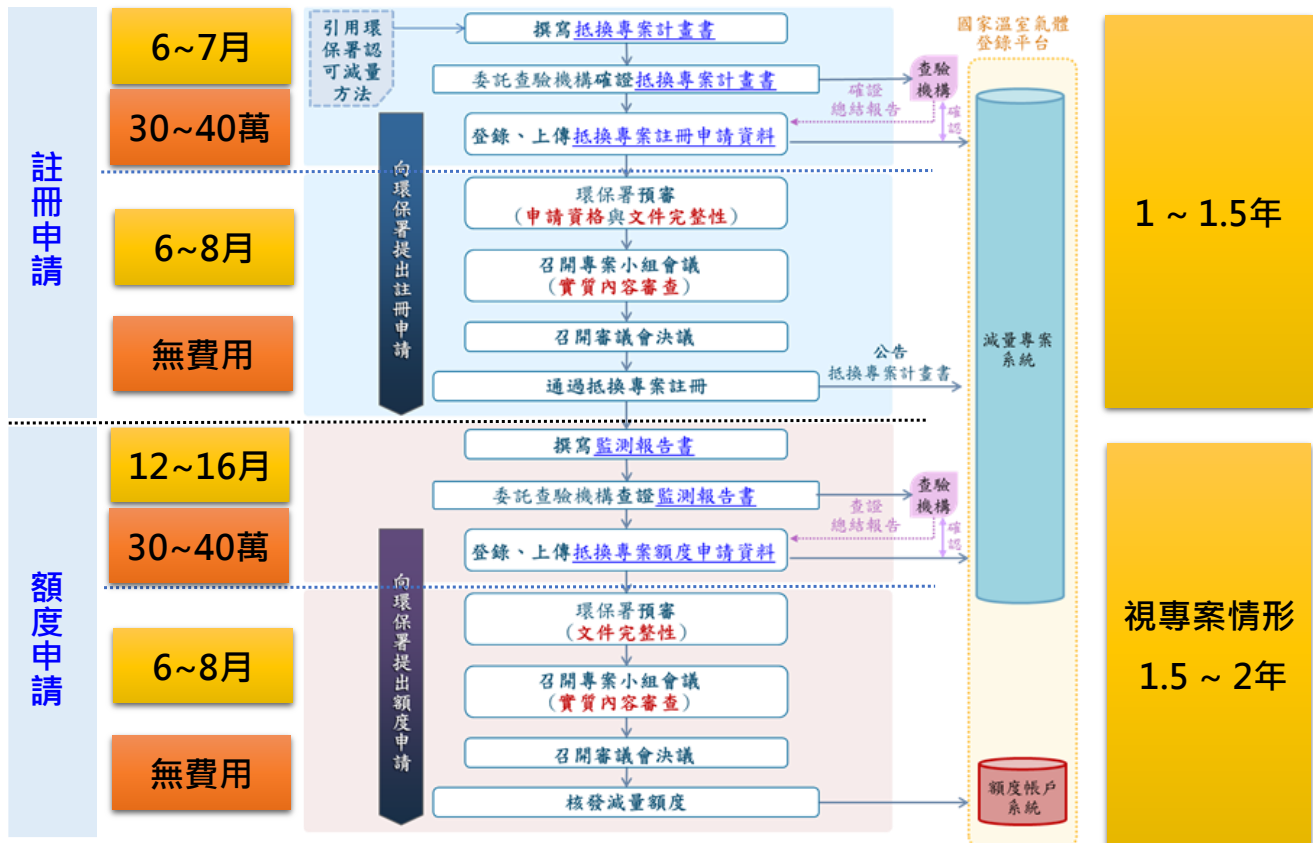


圖 12、申請計畫型抵換專案流程圖。

(6) 建議規劃期程

外埔綠能生態園區整建維運案始於 106 年 8 月止於 131 年 8 月，共計 25 年，並網售電始於 109 年 6 月，最晚註冊通過日應於 114 年 6 月前，由於專案執行期間必須涵蓋完整之計入期，最算以最快速度完成申請，也無法涵蓋 3 個計入期，因此至多展延一次，除非環保局與民間機構延長合約增加專案執行期，才得做第二次展延，規劃期程如圖 13。本計畫建議在申請碳權事宜上需要盡快決定碳權的歸屬，因為無論是國內或國際的碳權申請都有其時效性，再者本案為 ROT 案，建議碳權歸屬可以由民間機構為申請主體，依照契約比例原則做碳權歸屬的分配。

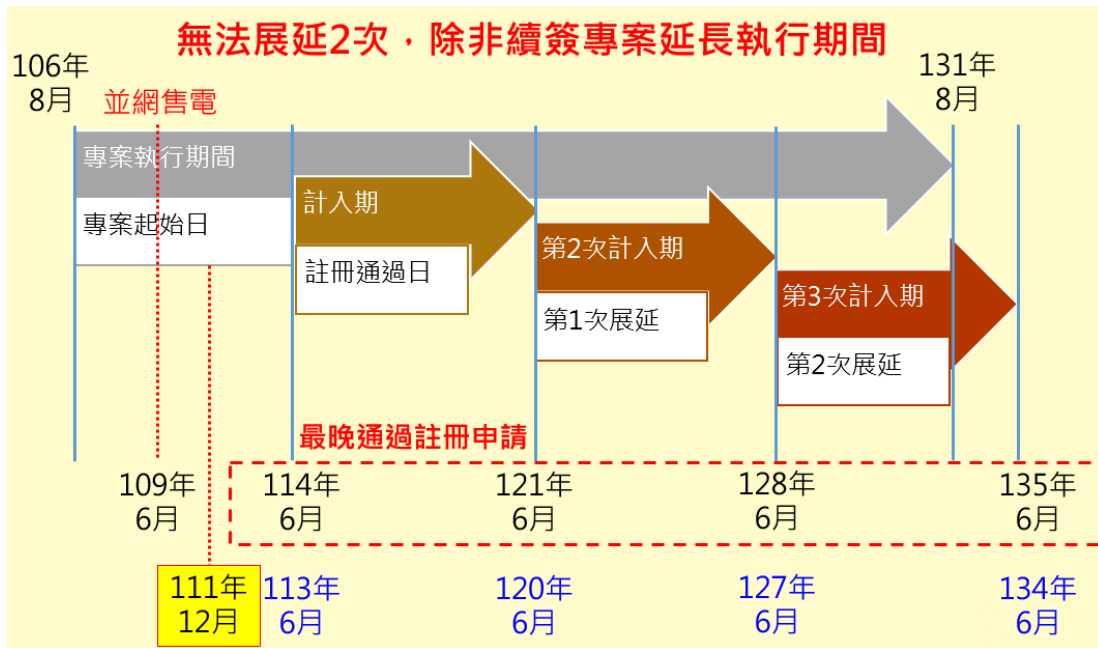


圖 13、抵換專案規畫期程。

4. 沼渣沼液肥料化

農牧資源循環及農業淨零排放已是政府近年積極推動的議題，行政院環保署參酌國外畜牧糞尿資源化作法，改變以往傳統將畜牧糞水視為廢棄物加強管制之作法，採取推動畜牧糞尿資源化利用策略。自 105 年起推動畜牧糞尿沼液沼渣作為農地肥分，減少畜牧糞尿排入河川，已有良好成效。臺中市外埔綠能生態園區使用厭氧醱酵產沼氣技術，同樣會生成沼液與沼渣，為了有效資源化及提高其附加價值，台中市環保局亦想將其更進一步肥料化，因此本計畫配合環保局於 111 年 11 月 18 日召開專家學者諮詢沼渣沼液肥料化會議。會中針對目前外埔綠能生態園區的沼渣沼液成分含量，對照目前肥料規格，做深度探討及可行性評估，現況分析結果如下：

- (1)、 沼渣在申請雜項肥料標準，全氮稍高導致碳氮比較低(參考表 9)。
- (2)、 沼液比較符合家用園藝複合肥料，但全磷酞較低(參考圖 14)；由於料源為生廚餘基本上重金屬污染物不會超標。
- (3)、 目前沼液申請液態雜項有機質肥料與液態有機質肥料的標準上較難達標，尤其是磷的成分較低。

表 9、沼渣檢測數據與申請雜項堆肥規定之標準

項目	單位	109.3.25採樣 (沼渣暫存區)	109.4.22採樣 (沼渣暫存區)	環設餘樂園採樣 (外埔沼渣)	109.3.19 禾山林送驗 (沼渣)	110.1.20 禾山林送驗 (沼渣)	行政院農業委員會公告農投糧字第 1091068958A號 各類肥料品目及規格之-雜項堆肥(品目編 號5-11)規定標準
有機質	%	82.2	80.6	80.6	-	83.80	50.0%以上
全氮	%	5.3	5.20	5.10	-	4.30	0.6%以上，5.0%以下
全磷酐	%	2.6	2.6	2.7	-	2.00	0.3%以上，6.0%以下
全氧化鉀	%	1.3	1.3	1.4	-	1.70	0.3%以上，4.0%以下
砷	mg/kg	0.9	0.5	1.0	0.29	-	不得超過25.0 mg/kg
汞	mg/kg	0.4	0.3	0.4	0.23	-	不得超過1.0 mg/kg
鎘	mg/kg	0.5	0.5	<0.3	0.16	-	不得超過2.0 mg/kg
鉻	mg/kg	39	36	38	8.92	-	不得超過150 mg/kg
銅	mg/kg	54	54	60	14.60	-	不得超過100 mg/kg
鎳	mg/kg	6.7	6.9	7.0	1.30	-	不得超過25.0 mg/kg
鉛	mg/kg	-	8	6	1.46	-	不得超過150 mg/kg
鋅	mg/kg	187	188	190	56.00	-	不得超過500 mg/kg
水分	%	60.60	60.20	69.20	-	-	40.0%以下
鈉	%	未檢測	0.2	未檢測	-	-	不得超過4.0%
氯	%	未檢測	0.2	未檢測	-	-	不得超過6.0%
酸鹼值	無單位	7.9	8	8	-	-	5.0以上，9.0以下
碳氮比	無單位	9	9	9	-	10.00	10以上，20以下

沼渣成分與肥料成分符合狀況 全氮稍高(標準5%以下，測值5.2%左右)、水分較高(標準40%，測值65%左右)、碳氮比稍低(標準10以上20以下，測值9)，不完全符合雜項堆肥(品目編號5-11)規定標準。

- 不完全符合家庭園藝用複合肥料(品目編號6-03)規定標準
 - 全磷：應在0.1%以上，目前檢測分析數值<0.029%(未達標)
 - 水溶性磷酐：應在0.1%以上，目前檢測分析數值<0.1%(未達標)
- 不完全符合液態雜項有機質肥料(品目編號5-14)規定標準，有機質、全氮、全磷酐及全氧化鉀偏低不足
 - 全氮、全磷酐及全氧化鉀合計量應在1.0%以上，目前檢測分析數值<0.5%(未達標)
 - 全氮、全磷酐、全氧化鉀個別含量0.1%以上，得登記之，目前檢測分析數值全磷酐<0.1%(未達標)
- 不完全符合液態有機質肥料(品目編號5-15)規定標準，有機質、全氮、全磷酐及全氧化鉀偏低不足
 - 全氮、全磷酐及全氧化鉀合計量應在1.0%以上，10.0%以下，目前檢測分析數值<0.5%(未達標)
 - 全氮、全磷酐、全氧化鉀個別含量0.1%以上，得登記之，目前檢測分析數值全磷酐<0.1%(未達標)

圖 14、沼液檢測數據與各種類肥料申請之標準比較分析

與會委員建議整理如後：

- (1)、因現在出產之沼液還是有未醱酵完之有機質，為確保出產品質，沼液需再經消化菌醱酵完全(一般多以好氧曝氣醱酵)，將氨氮轉化為硝態氮才能去除臭味、讓植物吸收利用
- (2)、肥料種類品目及規格中，液態肥料者有明確規定限制不可以添加廚餘，可能會因為被檢舉而被撤銷肥料證。(法規面的限制)

- (3)、 建議沼渣未來申請固態有機質肥料品目編號 **5-11 之雜項堆肥**，沼液申請品目編號 **5-14 之液態雜項有機質肥料**。
- (4)、 沼液的市場有限，需進行市調與評估。
- (5)、 沼渣與沼液肥分不足部分或許可用鄰近農業廢棄物質調整，如沼渣可與后里的杏鮑菇木屑混合，可降低水分與增加氮磷鉀等養分，沼液可與魚市場下腳料、外埔地區的米糠或糖蜜等混和醱酵(配合微生物)可增加養分。

本計畫亦於 12 月 23 日舉辦沼液澆灌宣傳說明會，邀請台中農改所副研究員陳俊位博士教導與會農民如何利用沼液進行農田澆灌(圖 15)，或者是沼液加上乳清蛋白(即期奶粉)、海草粉及糖蜜廢液再加入木黴菌，依照固定比例混合後靜置 2 周做二次醱酵(圖 16)，便製成有機液肥可直接使用，會中向農民宣導農地澆灌政策及好處，提高農民的參與意願，會後部分農民亦希望進一步聯繫得知相關澆灌申請宜，整理如附件供台中市環保局參考。



圖 15、左：陳俊位博士講解有機液肥的使用；右：廠區草坪澆灌示範

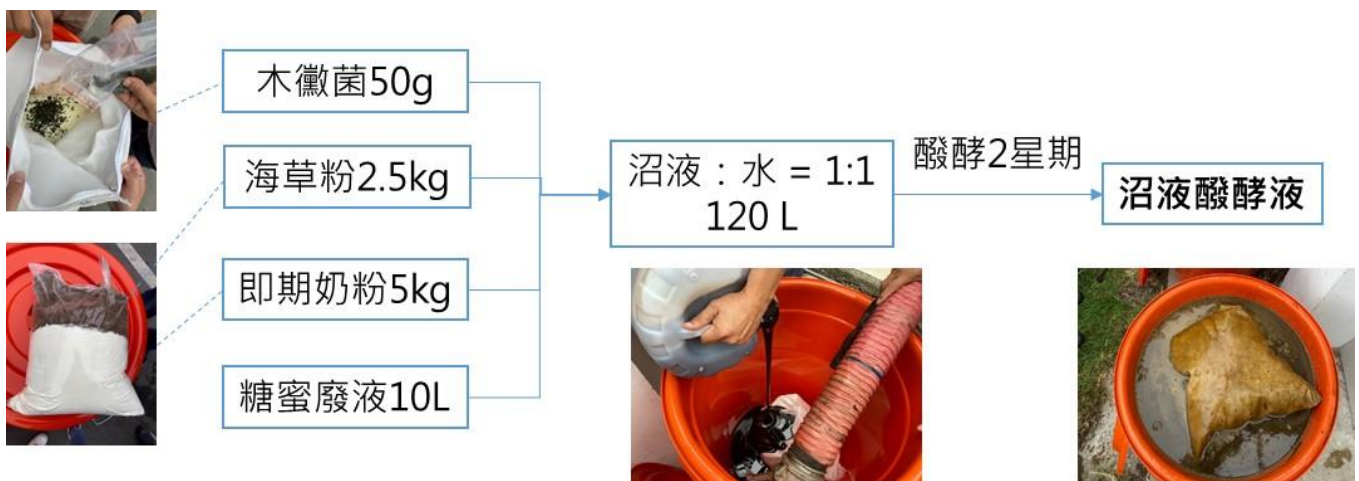


圖 16、使用沼液調製液肥配方及流程圖

肥料證的申辦流程參考圖 17，在選定適合登記之肥料項目後就將樣品送檢驗單位開立檢驗報告，檢驗機構目前僅接受國立中興大學土壤調查試驗中心、財團法人台灣商品檢驗驗證中心及台灣檢驗股份有限公司高雄分公司三間，樣品送檢到報告完成約需時 20 日，收到報告後自行檢視各項目是否符合該品目之限值，若符合就填具申請書並檢附相關資料一併寄送至農委會農糧署，其中檢驗報告效期需在一年內開立之檢驗報告，經過約 7 日的審核通過就會核發肥料登記證，全程需時約 30 日。

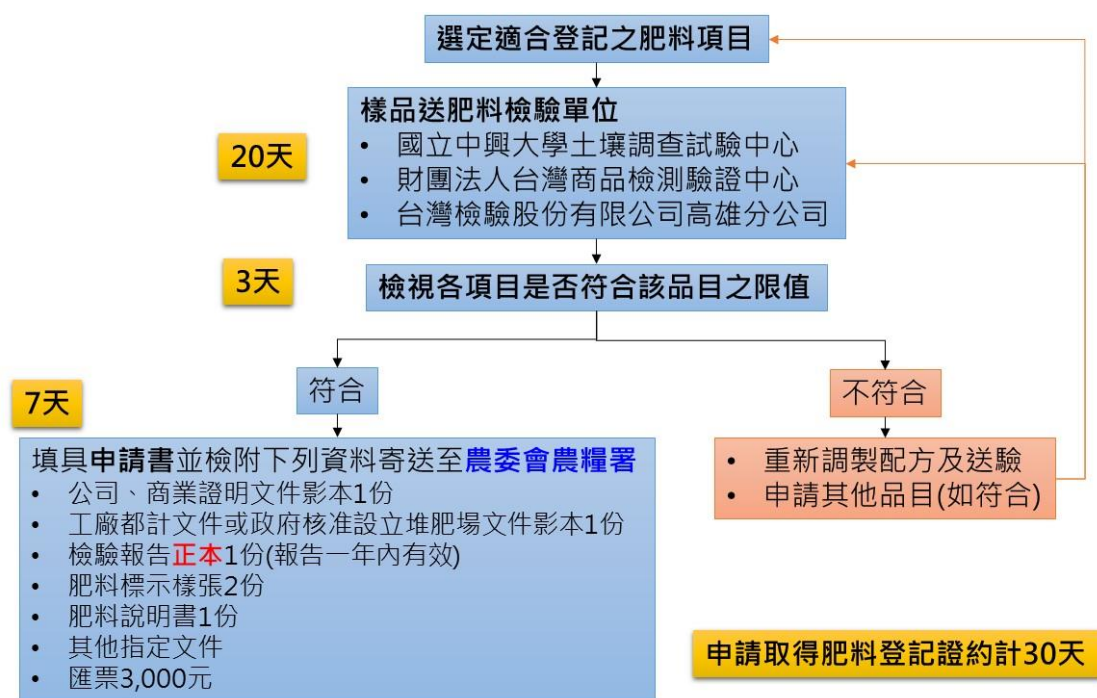


圖 17、肥料登記證申辦流程。

5. 園區相關參數資訊管理系統整合展示

就本案外埔綠能生態園區建置之相關製程設備，規劃運用資訊管理相關系統技術整合相關參數、監測、營運成果等數據，並加以分析呈現。

(1) 整合外埔綠能生態園區建置之製程設備相關操作參數

外埔綠能生態園區主要以厭氧設備做為廠區技術核心建置相關設備系統，本案將相關設備之監控數據以資訊管理介面加以整合，結合廚餘厭氧消化系統流程圖標示相關設備，提供使用者點選以互動式操作提供智慧監控資訊，資訊內

容包含設備監控數據、檢測數據紀錄及整體績效項目等，本案建置資訊管理分析系統如圖 18 所示。

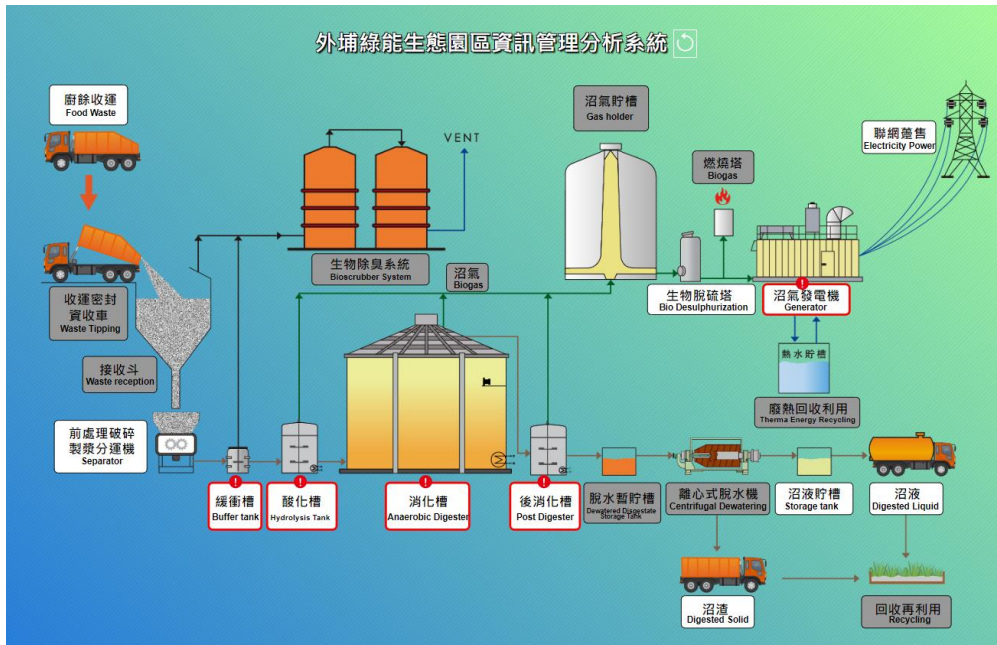


圖 18、資訊管理分析系統

本案建置之資訊管理分析系統內部監控數據並非公開資料，故以登入介面及供內部使用之帳號密碼登入，防止外部人員使用，如圖 19 所示；蒐集相關設備、項目操作參數彙整如表 10。

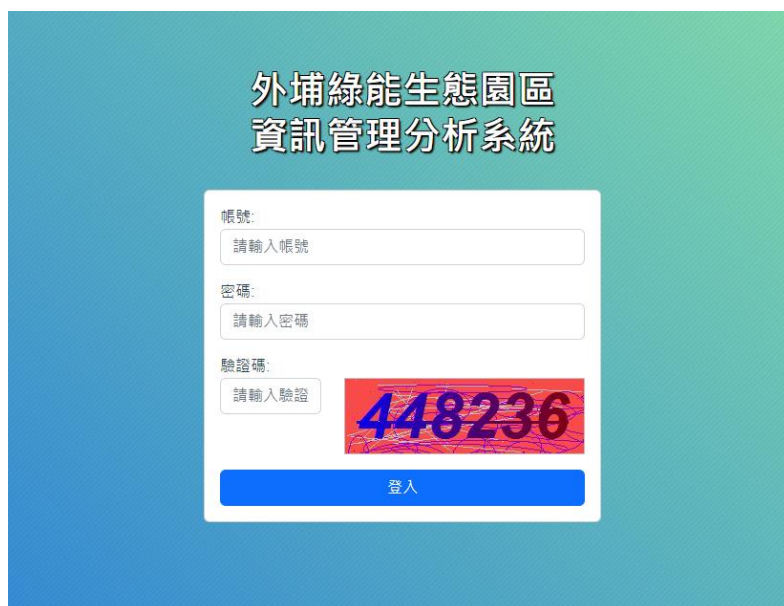


圖 19、資訊管理分析系統登入介面

表 10、相關設備、項目操作參數彙整

相關設備、項目	操作參數
廚餘收運	廚餘進料量、廚餘基質特性分析參數
前處理破碎製漿分運機	雜質載運量、實際進料量與雜質占比
緩衝槽	溫度、pH、ORP、導電度、水質檢測
酸化槽	溫度、pH、ORP、導電度、水質檢測
消化槽	溫度、pH、ORP、導電度、鹼度、水質檢測
後消化槽	溫度、pH、ORP、導電度、水質檢測
沼液貯槽	水質檢測
沼液	沼液載運量
沼渣	沼渣載運量
生物脫硫塔後	沼氣量
沼氣發電機	沼氣量、每頓廚餘產氣量、發電度數(kWh)、每公噸廚餘發電量
聯網躉售	躉購費用(含營業稅 5%)(元)、費用予市府(20%)(元)、減碳量(kg)

(2) 整合相關監測數據、營運成果數據並統計分析

彙整相關設備上傳資料、採樣檢測數據及營運成果統計，加以整合分析，相關設備數據每月由駐點人員彙整上傳供系統展示，提供使用者互動式點選查詢及統計，快速檢視歷史數據及營運成果數據進行分析。以緩衝槽為例，點選可檢視相關數據紀錄包含溫度、pH、ORP、導電度及水質檢測，其中溫度、pH、ORP、導電度四項數據為緩衝槽、酸化槽、消化槽、後消化槽共有數據，則一併顯示於圖表中，如最新數據非於最適值則有警示通知，如圖 20 所示。

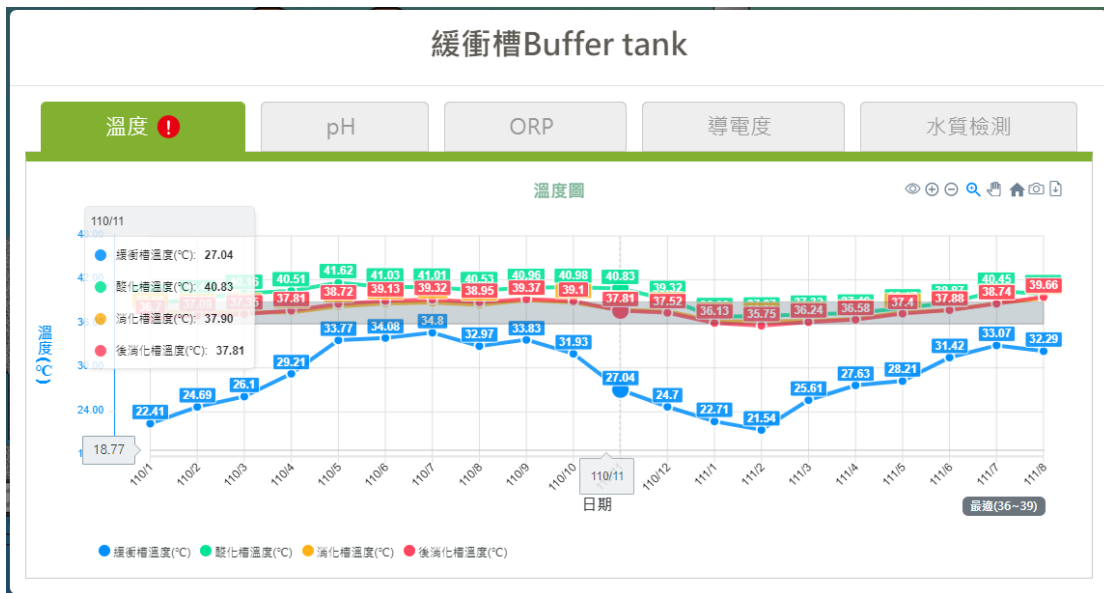


圖 20、緩衝槽監測及採樣檢測數據

蒐集相關營運成果整體績效項目包含累積處理廚餘量、累積發電度數、累積減少 CO₂e 等，顯示目前營運績效項目統計如 b 圖 21 所示。



b 圖 21、整體績效項目統計

此系統已依照 111 年 11 月 16 日「111 年度第 2 次臺中市外埔綠能生態園區整建營運移轉案履約管理會議」會議紀錄修訂完成，整套系統已於 11/18 開發完成，後續將在 12 月交接會議時辦理系統的教育訓練已供相關人員操作學習使用。

環保局將可透過此系統檢視每月設備檢驗數據資料是否在正常範圍值裡、每月進料量以及發電量是否符合預期，並也可提供管理單位檢視整體運作情形，未來再進行檢核時，也可提供專家學者初步檢視以作歷史數據參考分析。

肆、 結果與建議

本案為「臺中市外埔綠能生態園區整建營運移轉案」之履約管理計畫，就民間機構履約過程提供專業諮詢服務、協助各項應辦理事項之監督、查核及管理事宜。該生態園區主要技術為厭氧醱酵轉化廚餘有機質為沼氣，並利用沼氣發電躉售於台電公司，將賣電收入以 2 成回饋環保局。然此一過程會產生沼渣、沼液及有機雜質，須由環保局協助後續處理。另外也會因為將沼氣回收再發電減少二氧化碳排放而產生碳權，在未來的碳交易市場可以獲得額外的收入。綜觀以上技術與營運模式，本計畫建議重點整理如下：

1. **增加共消化基質提升沼氣產量：**建議未來外埔綠能園區廚餘可以混合稻稈共消化，如果適當調整 C/N 為 30、pH(7-7.57)和 F/M 比(1.5-2.5)，除了可增加產沼氣量約 75-95%，也可降低周邊稻稈廢棄物的產生。然需建置將稻稈風乾之場域，以及研磨機研磨稻稈至小於 1 mm 的顆粒後儲存設施，後續以適當的比例加入後續厭氧消化槽。另可考慮逐步增加熟廚餘進料比例至生熟廚餘比例為 1:1。
2. **增加前處理設備減少有機雜質：**可建置將破碎壓濾或亞臨界水解設備，增加廚餘有機物降解或液化為小分子的比例，減少有機雜質重量，將降解液體儲存於緩衝槽，重新進入產沼氣製程，可增加沼氣產量。
3. **現址增加沼渣沼液肥料化製程：**經過厭氧醱酵 45 天後，其沼渣沼液異味以大幅度降低，可嘗試於現址再製成肥料，提供周邊農民使用，減少目前去化沼渣沼液車輛進出的耗損及碳排量增加，建議沼渣未來申請固態有機質肥料品目編號 5-11 之雜項堆肥，沼液申請品目編號 5-14 之液態雜項有機質肥料。然沼液的市場有限，需進行市調與評估。另外也可回流部分沼液生產固體氮肥(NH₄HCO₃)，園區使用從沼液中產生較乾淨的回收水來替代補充地下水，減少地下水的使用量。
4. **盡速申請碳權增加收入及提升國際形象：**申請碳權事宜上需要盡快決定

碳權的歸屬，無論是國內或國際的碳權申請都有其時效性，本案為 ROT 案，建議碳權歸屬可以由民間機構為申請主體，依照契約比例原則做碳權歸屬的分配；另外註冊年限可以選用展延型，展延兩次可註冊共 21 年，本案簽約時效正好還有約 20 年。註冊申請整個流程跑完大約需 400 萬，但若是只有註冊申請而沒有額度也無法將其變為碳權，建議整個都須規劃，期程大約 3.5 年，若只有註冊申請的費用大約 300 萬左右(時程約 1.5-2 年)，之後每次驗證約需 50 萬元。

5. **再生能源協作園區整體考量可再增加收入：**本園區幅員遼闊，建築物也為合格建築，屋頂應可增加架設太陽能板，加裝太陽能板產生的綠電，可增加再生能源躉購收入。
6. **善用園區資訊管理整合系統：**環保局將可透過此系統檢視每月設備檢驗數據資料是否在正常範圍值裡、每月進料量以及發電量是否符合預期，並也可提供管理單位檢視整體運作情形，未來再進行檢核時，也可提供專家學者初步檢視以作歷史數據參考分析。未來也可以考慮增加物聯網功能，統合廚餘回收車之進出場管理系統，減少廚餘回收車之等待時間。

伍、參考資料

1. Wang, L., Shen, F., Yuan, H., Zou, D., Liu, Y., Zhu, B., & Li, X. (2014). Anaerobic co-digestion of kitchen waste and fruit/vegetable waste: Lab-scale and pilot-scale studies. *Waste management*, 34(12), 2627-2633.
2. Zhao, J., Liu, Y., Wang, D., Chen, F., Li, X., Zeng, G., & Yang, Q. (2017). Potential impact of salinity on methane production from food waste anaerobic digestion. *Waste Management*, 67, 308-314.
3. Micolucci, F., Gottardo, M., Pavan, P., Cavinato, C., & Bolzonella, D. (2018). Pilot scale comparison of single and double-stage thermophilic anaerobic digestion of food waste. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1376-1385.
4. Drapanauskaite, D., Handler, R. M., Fox, N., & Baltrusaitis, J. (2020). Transformation of Liquid Digestate from the Solid-Separated Biogas

- Digestion Reactor Effluent into a Solid NH_4HCO_3 Fertilizer: Sustainable Process Engineering and Life Cycle Assessment. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 9(1), 580-588.
5. Jacob, P., Phungsai, P., Fukushi, K., & Visvanathan, C. (2015). Direct contact membrane distillation for anaerobic effluent treatment. Journal of Membrane Science, 475, 330-339.
 6. Kainthola, J., Kalamdhad, A. S., & Goud, V. V. (2020). Optimization of process parameters for accelerated methane yield from anaerobic co-digestion of rice straw and food waste. Renewable Energy, 149, 1352-1359.
 7. Lin, J., Zuo, J., Gan, L., Li, P., Liu, F., Wang, K., ... & Gan, H. (2011). Effects of mixture ratio on anaerobic co-digestion with fruit and vegetable waste and food waste of China. Journal of Environmental Sciences, 23(8), 1403-1408.
 8. 經濟部能源局 – 再生能源資訊網
<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=200&id=4556>
 9. 溫室氣體抵換專案管理辦法
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0020101>
 10. 行政院環境保護署 – 溫室氣體減量抵換資訊平台
<https://ghgtransaction.epa.gov.tw/Index>
 11. 肥料種類品目及規格（摘錄） - 行政院農業委員會
 12. 肥料登記證申請及核發辦法
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=M0030043>

陸、 附件

「外埔綠能生態園區沼液澆灌宣傳說明會」想得知沼液申請方式的農友聯絡資訊

姓名	電話	Email	備註
曾鈺光	0928-011727	mixegg945@gmail.com	曾先生表示他的農田是在河川地，屬於第三河川局，這樣可不可能以澆灌？
陳歆妤	0910-920503	ty0551733@gmail.com	
邱極闊	0911-115055	4299380@yahoo.com.tw	任職於外埔綠能生態園區。表示需要提供土地地籍謄本影本可能對有些農友會有困難，有些農友的農地是租的，要請土地所有人申請，多一道程序。並且在地很多地主與農民是用口頭承租的方式執行，建議是否可以僅提供地主名字與地號即可？
陳品宏	0900-606888	martin891015@gmail.com	
蘇基旺	0933-183373		
徐銘錫	0928-337639		
張裕豐	0908-096155	sun11171220@gmail.com	
陳進財	0919-278540		
顏佑儒	0937-707208		
陳麗花	04-26312589	lily52685268@gmail.com	
	0952-157966		