

# 雞糞生質能燃燒發電與雞糞堆肥溫室氣體產量之 評估研究

蘇忠楨<sup>1,5</sup> 徐世勳<sup>1</sup> 王淑音<sup>2</sup> 黃大駿<sup>3</sup> 孫世勤<sup>4</sup> 廖明村<sup>4</sup> 蕭為澤<sup>1</sup> 許聖民<sup>1</sup> 蕭哲仁<sup>1</sup>

## 摘要

本計畫總目標擬對畜禽糞之再利用，規劃集中雞糞燃燒發電廠及沼氣工廠，將畜禽糞便轉變成再生電能、再生燃料（沼氣或生質甲烷）以及有機質肥料，並提出低碳排之區域性畜牧資源再利用方式與最佳策略。目前禽糞的處理方式多以土地利用為大宗，但因禽類的區域集中飼養特性，導致附近的土地施肥利用易達飽和狀態，因此亟思開發減碳效率更佳之再利用方式。本研究係彙整針對國內蛋雞飼養密度最高之彰化縣，及肉雞飼養密度最高之雲林縣，進行區域性畜禽糞燃燒發電之評估和經濟效益分析；研究發現，兩地區發電廠之營運設立欲具有投資可行性，都需要政府對於初始機械設備或電力收購價格，予以適當幅度之補貼。另外，在原料供給面上亦需相關法令的增訂或修改，使得雞糞原料之供給得以有條件取得或是無償取得，方具有成本降低以利投資之作用。同時，本研究亦比較國內不同蛋雞糞處理方式之溫室氣體產生量。選擇具代表性之簡易堆置法、堆置堆肥及機械翻堆之蛋雞糞處理方式進行比較，結果顯示機械翻堆的堆肥熟成度最高，所產生的溫室氣體也相對較少，但機械翻堆的過程中使用機械所產生的二氧化碳為三種堆肥方法中最多。若能降低機械的用電，必然可以減少溫室氣體產量。

**關鍵詞：**情境分析、投資可行性、補貼、溫室氣體。

## 前言

隨著科技的進步與人口的成長，人類對於能源的需求與日俱增，但有限的化石燃料存量，隨著大量開採及使用，供給與需求逐漸無法達到平衡，未來將面臨化石能源耗盡的危機。各國近來均有意識地重視能源安全問題，在能源多樣性及全球暖化等議

---

1 國立台灣大學 動物科學技術學系，農業經濟學系。

2 中國文化大學 生物科技研究所。

3 嘉南藥理科技大學 環境資源管理系。

4 中興工程顧問股份有限公司。

5 通訊作者 電子信箱：jjsu@ntu.edu.tw；電話：02-33664142。

題上進行評估，藉以了解各種再生能源對於自身國家的可行性。本研究主題擬對雞糞之再利用，規劃集中雞糞燃燒發電廠及沼氣工廠，將雞糞轉變成再生電能，並提出低碳排之區域性雞糞資源再利用方式與最佳策略。

目前台灣地區禽糞的處理方式多以土地利用為大宗，但因禽類的區域集中飼養特性，以致於附近的土地施肥利用易達飽和狀態，若施肥量超過土地所需則會造成土地汙染以及地下水的水源汙染等問題，是當前需重視及改善之議題。但區域集中性的特點反而在燃燒發電的原料收集上降低運輸所需成本。

全國雞隻飼養數量的前五名縣市分別為：彰化縣、屏東縣、台南市、雲林縣以及嘉義縣，其中彰化縣所佔的規模有全國的 26.14%、屏東縣佔有的規模為 16.47%、台南市佔有的規模為 12.82%、雲林縣佔有的規模為 11.01%而嘉義縣佔有規模則為 9.21% (表 1)。本研究分別針對彰化縣以及雲林縣兩個地區來作雞糞燃燒發電規劃，因彰化地區蛋雞、肉雞的分配比例約為 70.2%比 29.8%，可知彰化縣是以蛋雞為主要飼養大宗，而雲林地區蛋雞、肉雞分配比例則約為 4.2%比 95.8%，可知雲林縣是以肉雞為主要飼養大宗，選定此兩個類型差異較大的地區，分別作為燃燒發電廠之特性設定上可有顯著的不同，比較起來才能容易觀察彼此的差異性是否顯著 (表 2 與 3)。

商業模式的規劃需具備投資獲利性才有實行的可能，於此，商業效應分析將分成三大部分來做探討分析：原料供給、產品收益、投資營運。另外，本文也討論了雞糞堆肥的溫室氣體產量評估。

目前我國的養雞場主要分為肉雞場與蛋雞場，其對於雞糞的處理也有所不同。肉雞場採統進統出，通常以堆置堆肥及機械翻堆堆肥為最常見 (黃，1990)。蛋雞場之雞舍，無論是傳統式雞舍或是高床式雞舍，雞糞掉至地板一定量後，再用人工予以清除或鏟裝機清除雞糞。兩種飼養方式產生的雞糞多以簡易堆置法、堆置堆肥及機械翻堆堆肥。簡易堆置法採用平鋪曝曬 10-14 天進行乾燥處理後賣出，為一般蛋雞場最常見的雞糞處理方式。除簡易堆置法外，搜集蛋雞糞後再進行堆肥為另一種常見的處理方式。蛋雞糞進行堆肥又可分成堆置堆肥法及以機械翻堆堆肥 (後簡稱：機械翻堆法) 兩種。堆置堆肥法主要將搜集的蛋雞糞加入調整材後以 1.2 至 2.0m 高度堆置發酵，發酵期間以推土機進行翻堆，發酵時間約為 18 週；機械翻堆法採通常將蛋雞糞加入調整材後置入 1m 高的發酵溝渠進行發酵，發酵期間以自動化機械進行翻堆，發酵時間約為 12 週。

聯合國糧農組織於 2013 年發表的研究報告指出，全球家畜供應鏈 (livestock supply chains) 所產生的溫室氣體排放約 7.1 億噸，占全球溫室氣體排放的 14.5%，其中飼料生產和加工占 45%、乳牛消化過程的排氣占 39%、糞便分解占 10%，其餘則占 6%。聯合國糧農組織更建議採用最佳的動物管理和糞便處理技術，並且充分利用沼氣發電機

表 1. 臺閩地區養雞飼養數量排名表

排名	縣市別	在養數	百分比(%)
	臺閩地區	91,597,585	100.00
1	彰化縣	23,947,241	26.14
2	屏東縣	15,083,391	16.47
3	臺南市	11,744,312	12.82
4	雲林縣	10,081,647	11.01
5	嘉義縣	8,438,218	9.21
6	高雄市	5,731,537	6.26
7	南投縣	4,543,160	4.96
8	臺中市	2,636,571	2.88
9	苗栗縣	2,270,470	2.48
10	桃園縣	2,267,503	2.48
11	宜蘭縣	1,762,186	1.92
12	新竹縣	1,591,610	1.74
13	臺東縣	705,632	0.77
14	花蓮縣	419,473	0.46
15	新北市	146,393	0.16
16	金門縣	116,327	0.13
17	嘉義市	40,974	0.04
18	新竹市	36,709	0.04
19	澎湖縣	27,457	0.03
20	連江縣	3,200	0.00
21	基隆市	1,951	0.00
22	臺北市	1,623	0.00

資料來源：農委會統計及出版品-畜禽統計調查結果

表 2. 民國 101 年蛋雞飼養場數及在養隻數

縣市別	飼養場數(所占全國百分比)	在養隻數(所占全國百分比)
彰化縣	802 (47.09%)	16,809,929 (45.47%)
雲林縣	36 (2.11%)	427,300 (1.16%)

資料來源：農委會統計及出版品暨本研究整理

表 3. 民國 101 年肉雞飼養場數及在養隻數

縣市別	飼養場數(所占全國百分比)	在養隻數(所占全國百分比)
彰化縣	444 (10.8%)	7,137,312 (13.06%)
雲林縣	667 (16.22%)	9,654,347 (17.67%)

資料來源：農委會統計及出版品暨本研究整理

和省電裝置，有助畜牧業增加效率、減少能源浪費，並減少碳排放達 30% (FAO, 2013)。聯合國糧農組織的建議可看出糞便利用於發電可做為減少碳排放以達到溫室氣體的減量。目前德國、美國、荷蘭、印度、日本及中國等都相繼投入以禽畜糞做為能源的技術 (蘇, 2008ab)。我國對於以禽畜糞做為能源等相關技術則處於起步的階段，許多問題仍有待克服，如禽畜糞處理過程中衍生的環境衛生問題、發電量是否合乎效益等，仍有非常大的發展空間。本研究首先彙整雞糞生質能發電的規劃及投資效益，再比較三種常見的蛋雞糞便處理方式所產生的溫室氣體量的差異，以做為禽畜糞燃燒發電之基礎資料。

## 國內、外雞糞特性資料彙整 (孫等, 2013)

### 一、國內雞糞特性彙整

依據 2009 年畜產研究文獻，雞隻 (畜試土雞、來亨蛋雞、紅羽土雞) 經飼餵適合不同雞種之飼糧後，排泄物磷含量約在 3.30–5.92%；鉀含量約在 2.24–3.3%；總氮含量以畜試土雞最高，平均為 7.62%，依序為紅羽土雞 4.77%，來亨蛋雞為 4.34%，研究指出雞糞總氮含量與飼糧總氮含量、蛋白質利用率及排泄物含水率有關；含水率以來亨蛋雞排泄物含水量高 (74.29%)，依序為紅羽土雞及畜試土雞；排泄物中重金屬含量，鉛約在 0.12–3.25 ppm，鎳約在 0.11–1.13 ppm，鉻約在 0.49–9.91 ppm。

另由該研就可顯示，排泄物中銅、鋅、鐵及錳等礦物元素含量大約為飼糧礦物元素量之 2–5 倍之多，顯示二價陽離子礦物元素具有蓄積排泄之現象，其中紅羽土雞公雞飼料中鐵含量為 77.81 ppm，但排泄物中鐵含量達 2,420 ppm，研究推論可能係因老舊代謝架上鐵屑污染雞糞所造成。相關數據所示，亦可知不同雞隻種類之雞糞會因飼糧組成不同而有所差異 (表 4)。

由於商業場飼養白肉雞通常採取平飼，並鋪上適量的墊料(我國雞農大多使用粗糠作為墊料，粗糠具有保暖、吸取糞便中水分，保持乾燥維持羽毛美觀等功用)，故亦將墊料納入研究，結果顯示墊料含水率 45–61%；各組墊料中灰分含量介於 15–18%之間；總氮、總磷均相近。本計畫已將該研究所進行之 6 組不同飼糧樣品進行平均，結果彙整詳表 4 所示。

此外，針對國內養雞場抽樣進行蛋雞糞及肉雞糞之熱值採樣分析，其結果詳見表 4 所示。其中針對蛋雞糞方面，係選取中部之小型蛋雞場針對其產出之蛋雞糞，依其露天堆積腐熟以產製堆肥之曝曬日數不同分別採樣分析，由表 5 之比較結果可知，在曝曬期間均為晴天之天候，且堆積厚度小於 1 公尺，日照得充分穿透雞糞堆積層之前提下，蛋雞糞隨曝曬日數增加，其含水率明顯降低，熱值亦隨之增加。

### 二、國外雞糞特性彙整

表 4. 國內雞糞特性資料彙整

項目	來亨 蛋雞	資料來源 1 (2009 年)				資料來源 2 (2011 年)	
		畜試土雞		紅羽土雞		白肉雞	墊料
		公	母	公	母	6 組樣品 平均	6 組樣品 平均
Moisture, %	74.29	43.80	51.68	57.85	46.62	58.34	53.96
Ash <sup>(註 1)</sup> , %	假設 10	假設 10	假設 10	假設 10	假設 10	8.72	7.71
Comb <sup>(註 1)</sup> , %	15.71	46.19	38.32	32.15	43.38	32.94	38.33
乾基 N%	4.34	8.17	7.07	4.99	4.54	3.72	1.77
換算 N % wet <sup>(註 1)</sup>	1.12	4.59	3.42	2.10	2.42	1.55	0.81
乾基 P%, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.41	3.3	4.42	5.61	5.92	1.61	0.76
乾基 K%, as K <sub>2</sub> O	2.24	3.06	3.3	2.6	2.82	4.04	0.76
乾基 Cu ppm	51.02	57.35	91.06	66.94	69.58	59.17	36.00
乾基 Zn ppm	409	347	499	604	644	245	160.67
乾基 Fe ppm, as Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	201	205	204	2420 <sup>(註 3)</sup>	329		
乾基 Mn ppm	310	338	464	374	400		
乾基 Pb ppm	0.45	0.12	0.17	0.92	3.25		
乾基 Cd ppm	0.22	0.11	1.13	0.16	0.23		
乾基 Cr ppm	2.01	0.49	0.49	2.15	9.91		

資料來源 1：雞排泄物量及其成分含量之研究，畜產研究 42(4)：291~298，2009。

資料來源 2：白肉雞銅鋅排泄量之研究，畜產研究 44(2)：163-174，2011。

註 1：表格內灰色處為本計畫假設推估數值。

註 2：資料來源 2(2011 年)之詳細樣品數據。

註 3：鐵含量偏高，可能因老舊代謝架上鐵屑污染雞糞所造成。

表 5. 蛋雞場附設堆肥曝曬場之雞糞堆肥熱值分析

雞糞堆積日數	水分	濕基熱值 (cal/g)	乾基熱值 (cal/g)
1	67.2%	811	2,475
6	44.0%	1,412	2,522
10	26.7%	1,774	2,420

依據日本九州宮崎縣南國興產株式會社之實廠案例，該公司為一綜合經營之廢棄物資源回收公司，廠址集中設置包括：斃死禽畜化製廠、寵物飼料廠、食用油脂廠、豬牛皮醃製廠、雞糞焚化發電廠、豬糞廢水處理廠及肥料工廠，各工廠間資源充分循環再利用，以達最大經濟效益。

其中雞糞焚化發電廠係於 2002 年完成，進料之雞糞可以根據雞的類型分為肉雞雞糞、蛋雞雞糞兩種類型，有關雞糞特性資料請詳表 6 所示，顯示肉雞雞糞之低位發熱

量 (1,930kcal/kg) 高於蛋雞雞糞 (1,215kcal/kg)，肉雞雞糞之可燃分 (51.58%) 高於蛋雞雞糞(40.84%)，含水分皆約 39%、蛋雞雞糞灰分高 (19.93%)於肉雞雞糞 (8.61%)、雞糞之濕基 C 18–25%、H 2–4%、O 18–22%、N 約 2%。

此外，日本於 2003 年在日本西南部九州宮崎縣湯郡川南町設置日本最大的雞糞發電廠，2005 年 5 月開始營運。該雞糞發電廠之進料肉雞雞糞 LHV 1,900 kcal/kg，平均水分 43% (25–60%)、灰分約 10%，乾基 C 39–41%、H 5–6%、O 34–36%、N 3–4%、P 1%~2%、K 2%，彙整詳表 6 所示。

另依據美國雞糞焚化發電研究文獻，由表 2-3 可知進料之肉雞雞糞特性，元素分析 N 約 2–3%、S 約 0.3–0.4%、Cl 約 0.6–0.8%，研究指出雞糞燃燒時，雞糞中之 N 會轉換成氮氣(N<sub>2</sub>)並從燃灰中逸散，幾乎不留存於燃灰中。工業分析(三成分分析)之水分約 27%、可燃分約 57–60%、灰分約 14–16%。肉雞雞糞之低位發熱量頗高，約 2,000 kcal/kg。

在中國大陸部分，依據能源與環境期刊某文獻針對南方某雞場所作之肉雞雞糞成分及燃燒特性測試，顯示肉雞雞糞之低位發熱量平均值為 2,498 kcal/kg 左右，有關元素分析及工業分析詳表 6。

綜合前述，可知雞糞性質與雞隻之種類及其飼養方式有甚大關係，以前表 4 及表 6 肉雞與蛋雞之比較為例，肉雞雞糞之可燃分及濕基低位發熱量(LHV, Lower Heating Value) 較蛋雞為高，主要因為肉雞之養雞場其雞舍一般以粗糠 (稻殼) 作為墊料，當雞隻出售後，雞糞與粗糠一起清出，故相較於蛋雞之雞糞而言，肉雞雞糞組成中粗糠含量甚高，雞糞比例少，造成肉雞雞糞之可燃分及濕基低位發熱量(LHV)較蛋雞較高，低位發熱量約為 2,000 餘 kcal/kg，與臺灣國內生活垃圾燃燒熱值相當(2,000~2,400 kcal/kg)、且約為一般煤炭熱值 (6,000 kcal/kg) 之一半，可見肉雞可以提供較良好的焚燒熱值，極易燃燒。

### 三、國內養雞場之基本資料分析

基於雞糞能源化設施之設置地點，應儘可能靠近雞糞產源以降低清運費用之經濟效益考量，故需瞭解及掌握國內養雞場之分布及規模情形，以利評估潛在之設置廠址地點，供為相關評估分析之辦理依據。

#### 1. 全國養雞場之分布及飼養數量

依據農委會統計彙整之「畜牧類農情調查統計結果(101 年)」，經統計彙整 101 年度台閩地區養雞場共計 5,777 處，雞隻飼養數量約 9,160 萬隻 (表 1)。如就雞之種類區分，可再區分為蛋雞 (包括蛋雞及蛋種雞) 及肉雞 (包括肉種雞、白肉雞、紅羽土雞、黑羽土雞、烏骨雞、珍珠雞、鬥雞、閩雞) 兩種，其中蛋雞之養雞場共計 1,703 處，蛋雞飼養數量約 3,700 萬隻，肉雞之養雞場共計 4,113 處，肉雞飼養數量約 5,460 萬隻。

表 6. 國外雞糞特性資料彙整

項目	單位	資料來源 1		資料來源 2	資料來源 3	資料來源 4			
		(日) 南國興產		(日) MBR 雞糞發電廠	(中國大陸) 南方 某雞場	肉雞(broiler)			
		肉雞 (broiler)	蛋雞 (hen)	肉雞 (broiler)	肉雞 (broiler)	(美) Tyson Farm Ave. (8 組樣品)	(美) Perdue Farm Ave. (8 組樣品)	(美) Mountaire Farm Ave. (8 組樣品)	
數量	t/d								
工業 分析	Moisturer	%	39.81	39.23	43	26.90~35.00	26.2	27.3	27.4
	Ash	%	8.61	19.93	10.00	11.75~13.90	14.2	14.6	15.7
	Comb	%	51.58	40.84	47.00	49.21~77.62	59.6	58.2	57.1
	Volatile Matter	%				36.21~67.30	49.4	48.3	47.3
	Fixed Carbon	%				13.00~10.32	10.2	9.9	9.8
元素 分析 (濕基)	C	%	24.51	17.87	24.31	26.59~30.40	27.93	28.16	27.22
	H	%	3.35	2.09	3.65	3.53~3.62	3.79	3.8	3.72
	O <sub>(by diff.)</sub>	%	21.71	18.00	21.27	20.79~23.00	24.23	22.04	22.43
	N	%	1.59	2.36	1.82	1.81~1.85	2.65	3.03	2.69
	S	%	0.08	0.09		0.43~0.45	0.33	0.37	0.33
	Cl	%	0.34	0.43			0.67	0.8	0.71
發 熱 量	HHV <sub>(dry)</sub>	kcal/kg					3,599	3,683	3,556
	HHV <sub>(wet)</sub>	kcal/kg					2,653	2,664	2,576
	LHV <sub>(wet)</sub>	kcal/kg	1,930	1,215	1,900	2,498	2,291	2,295	2,211
	by calc.								

資料來源 1：鷄糞燃料焚流動層ポイラ発電フ<sup>o</sup>ランみ，タクマ技報 Vol.10, No.2, 2002。

資料來源 2：鷄糞焼却による バイオマス発電と資源循環，みやざきバイオマスリサイクル株簡報。

資料來源 3：利用雞糞發電推進循環經濟建設，中國大陸能源與環境刊物。

資料來源 4：Economic and Technical Feasibility of Energy Production from Poultry Litter and Nutrient Filter Biomass on the Lower Delmarva Peninsula -Appendix B Fertilizer Nutrient Value of Broiler Litter Ash。

如以總雞隻飼養數量多寡排序，則各縣市中飼養數量比例超過全國總飼養數量之 10%者依序為：彰化縣(約 2,395 萬隻，26.14%)、屏東縣(約 1,508 萬隻，16.47%)、台南市(約 1,174 萬隻，12.82%)、雲林縣(約 1,008 萬隻，11.01%)，故如欲雞糞能源化設施，該四個縣市應為優先考量設置選擇。

## 2. 主要養雞縣市之養雞場分布及飼養數量

依據「建立區域性畜禽糞生質能發電模式之研究計畫」第一年期末報告收集彙整之國外實廠成功案例經驗，雞糞能源化設施(焚化爐)之設置規模至少在 300 噸/日以上，始符合經濟效益；如國內外雞糞特性資料，以雞糞產量 0.1 公斤/隻·日計算，則雞糞能源化設施(焚化爐)之服務範圍應至少飼養 300 萬隻雞。

彙整前述彰化縣、屏東縣、台南市、雲林縣等 4 個主要養雞縣市之養雞場分布及飼養數量可知，除彰化縣之芳苑鄉及二林鎮之飼養雞隻超過 300 萬隻，其餘屏東縣、台南市、雲林縣之轄區內，並無任一個鄉鎮市之飼養雞隻數量超過 300 萬隻。

### 3. 雞糞能源化設施 (焚化爐) 潛在設置地區及設置方式

故由農委會「農業統計資料查詢之國內養雞場現況」資料可知，如欲設置雞糞能源化設施(焚化爐)，則於彰化縣可考量於芳苑鄉或二林鎮擇 1 處鄉鎮設置；惟如於屏東縣、台南市、雲林縣之轄區內，則無論設置於何鄉鎮市，均須跨鄉鎮市收集雞糞，始得維持該雞糞能源化設施(焚化爐)運作所需雞糞量。

#### 國內區域性雞糞能源化設施之詳細規劃與評估分析(孫等，2013)

##### 一、雞糞能源化設施設置模式規劃評估及建議

因應本計畫規劃於國內設置區域性集中雞糞能源化設施構想，經評估可能採取全量焚化發電、熱電共生利用、委託垃圾焚化廠焚化發電等三種模式 (表 7) 辦理，並分別評析說明如下。

##### 1. 模式一：全量焚化發電模式

按美國明尼蘇達州 Fibrominn 發電廠係採向養雞戶收購雞糞 (10 美元/噸)，並自行負擔集運卡車運費 (3.3 美元/噸-哩) 方式，每日焚化處理 2,100 噸雞糞(火雞糞約佔 50~75%，其餘多為蛋雞糞)及木材廢棄物，總發電量 62MW，扣除用於電廠運作所需，淨產電量為 55MW。該電廠年售電量約 450,000MWh，售電價格 89 美元/MWh，換算約新台幣 2.67 元/度，廠內設置有 SNCR+排煙脫硫+袋濾式集塵器等空氣污染防治設備，焚化廢氣須經處理至符合空氣污染物排放標準後始得排放，雞糞燃灰經篩選後可供為肥料出售 (70 美元/噸)。

本模式係參考前述美國實廠案例作法，在主要養雞縣市地區，興建營運區域性集中雞糞能源化設施。能源化設施包括焚化爐、廢熱回收發電設施及相關污染防治設施。焚化雞糞之廢熱蒸汽全數轉換為電力，經併聯系統出售予台電公司，焚化燃灰作為肥料出售再利用。

經評估如於鄰近雞糞產源地區設置區域性集中雞糞能源化設施，將得減少雞糞清運成本支出；同時焚化雞糞之廢熱蒸汽經氣電共生設備轉為電能，可申請就近經台電公司併聯系統回饋售予台電公司；雞糞之焚化燃灰經適當混合稀釋其他料源(農業廢棄物)，得作為肥料出售再利用，故本模式應具經濟效益及成案可行性，其詳細規劃內容詳見後分析說明。

##### 2. 模式二：熱電共生利用模式

按依據日本九州宮崎縣南國興產株式會社之實廠案例，該公司為一綜合經營之廢棄物資源回收公司，廠址集中設置包括：斃死禽畜化製廠、寵物飼料廠、食用油脂廠、豬牛皮醃製廠、雞糞焚化發電廠、豬糞廢水處理廠及肥料工廠，各工廠間資源充分循環再利用，以達最大經濟效益。



表 7. 國內設置區域性集中雞糞能源化設施可行模式及評估分析

模式別	模式一 — 全量焚化發電模式	模式二— 熱電共生利用模式	模式三— 委託垃圾焚化廠焚化發電模式
內容說明	參考美國實廠案例作法，在主要養雞縣市地區，興建營運區域性集中雞糞能源化設施。能源化設施包括焚化爐、廢熱回收發電設施及相關污染防治設施。	參考日本實廠案例作法，於化製廠興建營運區域性集中雞糞能源化設施。能源化設施包括焚化爐、廢熱回收發電設施及相關污染防治設施。焚化雞糞之廢熱蒸汽供為化製廠蒸煮滅菌及乾燥使用，剩餘轉換為電力，經併聯系統出售予台電公司。焚化燃灰作為肥料出售再利用。	將雞糞集中清運送交既有垃圾焚化廠焚化發電，不自行興建營運區域性集中雞糞能源化設施。
可行性評析	於鄰近雞糞產源地區設置區域性集中雞糞能源化設施，得減少清運成本支出。焚化廢熱蒸汽經氣電共生設備轉為電能，可申請就近經台電公司併聯系統回饋售予台電公司。焚化燃灰經適當混合稀釋其他料源(農業廢棄物)，得作為肥料出售再利用。考量農業廢棄物收集與集運成本，故僅以雞糞為主要燃燒原料。	化製廠接收之斃死禽畜，與雞糞同為民眾嫌惡物質，故將雞糞能源化設施設置於化製廠，預期外界較無反對意見。廢熱蒸汽欲提供化製廠使用，須將雞糞能源化設施設置於化製廠，否則熱量因運具過長散失，管線埋設及設施設置用地須承租或價購，不符經濟效益。國內化製廠無多餘空地供設置設施，且蒸汽需求有限，多數廢熱蒸汽仍轉換為電力，與模式一無區別。考量農業廢棄物收集與集運成本，故僅以雞糞為主要燃燒原料。	垃圾焚化廠屬於廢棄物處理行業，接收焚化處理雞糞係以「廢棄物」視之，除須付費委託處理外，其因焚化雞糞之廢熱蒸汽轉換為電力之售電收入，視為攤提操作營運廠商內部成本，不發生潛在收益。雞糞併同廢棄物焚化處理，燃灰組成已受影響，重金屬含量偏高，恐難作為肥料再利用，且其後續之處置或再利用均含於操作營運廠商內部成本，亦不發生潛在收益。
建議	優先採行	暫緩採行	僅為雞糞無法再利用之應急備案

茲以熱電共生利用方面為例(圖 1)，雞糞焚化發電廠 (300 噸/日) 產生之廢熱蒸汽 (41 噸/小時)，約將近 70% (27.3 噸/小時) 用於其他周邊機械設備及廠區其他製造工廠 (如化製廠高溫蒸煮) 使用，剩餘蒸汽 (13.5 噸/小時) 始用於發電利用。

本模式係參考前述日本實廠案例作法，於化製廠興建營運區域性集中雞糞能源化設施。能源化設施包括焚化爐、廢熱回收發電設施及相關污染防治設施。焚化雞糞之廢熱蒸汽供為化製廠蒸煮滅菌及乾燥使用，剩餘轉換為電力，經併聯系統出售予台電公司，焚化灰作為肥料出售再利用。

因化製廠接收之斃死禽畜與雞糞同為民眾嫌惡物質，故將區域性集中雞糞能源化設施設置於化製廠，預期外界較無反對意見。惟如欲將焚化雞糞之廢熱蒸汽提供化製廠使用，須將區域性集中雞糞能源化設施就近設置於化製廠，否則若設置距離過遠，除因蒸汽輸送管線過長，熱量將因對流及輻射等途徑散失外，管線埋設及設施設置用地亦須承租或價購，並不符合經濟效益。

另由於國內化製廠廠區均無多餘空地可供設置雞糞能源化設施，且其設置規模過小蒸汽需求有限(1.5–6.5 噸/小時)，如以同樣設置 1 座 300 噸雞糞焚化廠等比例估算，其蒸汽需求與產出量比例尚不足 15%，以致絕大多數廢熱蒸汽仍轉換為電力，經併聯系統出售予台電公司，與模式一幾無區別。故經評估後本模式建議暫緩採行。

### 3. 模式三：委託垃圾焚化廠焚化發電模式

本模式係將雞糞集中清運送交既有垃圾焚化廠焚化發電，不自行興建營運區域性集中雞糞能源化設施。

因垃圾焚化廠屬於廢棄物處理行業，其接收焚化處理雞糞係以「廢棄物」視之，除須付費委託其處理外，其因焚化雞糞之廢熱蒸汽轉換為電力之售電收入，視為攤提操作營運廠商內部成本之一部分，故並不發生潛在收益。同時，因雞糞併同廢棄物焚化處理，焚化灰組成已受廢棄物組成影響，預期重金屬含量偏高，恐已難作為肥料再利用，且其後續之處置或再利用均含於操作營運廠商內部成本之一部分，亦並不發生潛在收益。

基於本模式並無經濟效益，故本模式建議不予採行，僅得視為雞糞若無法再利用時之應急處理備案。

## 二、雞糞能源化設施 (全量發電模式) 詳細規劃

由前述國內養雞場現況資料可知，如採模式一 (全量發電模式) 設置一座符合經濟效益規模 (300 噸/日) 雞糞能源化設施 (焚化爐) 於主要養雞地區，則則雞糞能源化設施(焚化爐)之服務範圍應至少飼養 300 萬隻雞。彰化縣可於芳苑鄉或二林鎮擇 1 處鄉鎮設置；惟如於屏東縣、台南市、雲林縣之轄區內，則無論設置於何鄉鎮市，均須跨鄉鎮市收集雞糞，始得維持設置雞糞能源化設施(焚化爐)運作所需雞糞量。

故本計畫爰假定如下兩種情境 (圖 2) 進行如下各小節之雞糞能源化設施 (全量發電模式) 之詳細規劃：

**情境 1**：於彰化縣芳苑鄉內，設置 1 座 300 噸/日之區域性集中雞糞焚化發電示範廠，供處理芳苑鄉內養雞場 (養雞數 876.7 萬隻) 產出之雞糞。

**情境 2**：於雲林縣之崙背鄉、虎尾鎮、二崙鄉三個鄉鎮內，設置 1 座 300 噸/日之三鄉鎮聯合區域性集中雞糞焚化發電示範廠，供處理該三個鄉鎮內養雞場 (養雞數 342.3 萬隻) 產出之雞糞。

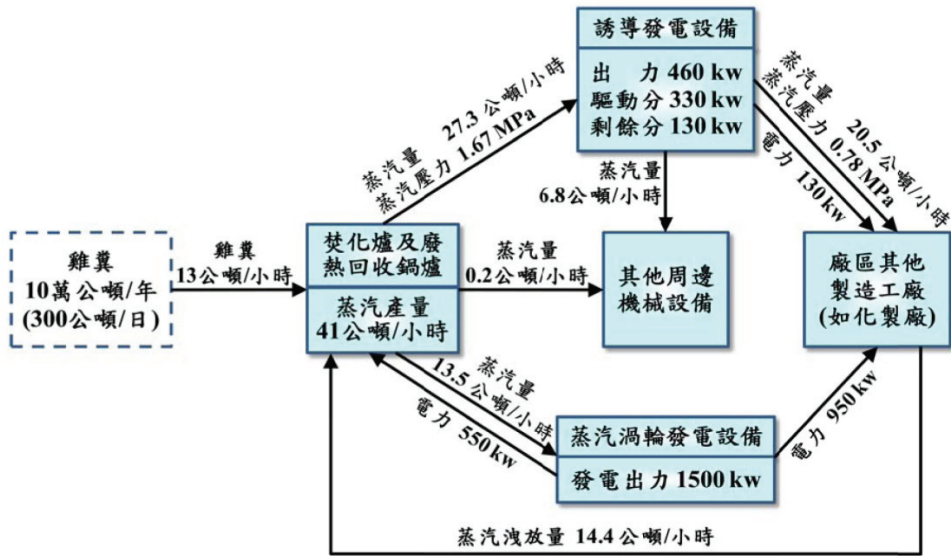


圖 1. 日本南國興產株式會社雞糞熱電共生利用示意圖



圖 2. 國內設置雞糞焚化發電示範廠之兩種設定情境

## 1. 雞糞設計性質及處理流程設定與調整

### (1) 雞糞設計性質設定

按由前述內容可知雞糞性質與雞隻之種類及其飼養方式有甚大關係，茲以肉雞與蛋雞之比較為例，肉雞之養雞場其雞舍一般以粗糠(稻殼)作為墊料，當雞隻出售後，雞糞與粗糠一起清出，故相較於蛋雞之雞糞而言，肉雞雞糞組成中粗糠含量甚高，雞糞比例少，工業分析(三成分)之可燃分及濕基低位發熱量(LHV)亦較高。

故於配合前述情境 1 及情境 2 進行雞糞能源化設施(全量發電模式)之詳細規劃起始，即應分別就該兩個不同服務範圍之雞糞設計性質(輸入端)先予以決定，供為後續處理流程設定、質量平衡試算及主要設備功能設定之辦理依據。

經前述整理彰化縣芳苑鄉及雲林縣崙背鄉、虎尾鎮、二崙鄉之蛋雞及肉雞飼養數量如表 8 所示。由表中可知情境 1—於彰化縣芳苑鄉內，設置區域性集中雞糞焚化示範廠時，其服務轄區範圍內之蛋雞與肉雞飼養數量比例約為 87%：13%；情境 2—於雲林縣之崙背鄉、虎尾鎮、二崙鄉三個鄉鎮內，設置三鄉鎮聯合區域性集中雞糞焚化示範廠時，其服務轄區範圍內之蛋雞與肉雞飼養數量比例約為 5%：95%。故依據各情境之蛋雞與肉雞飼養數量比例，爰設定本計畫情境 1(蛋雞為主)及情境 2(肉雞為主)之雞糞設計性質，詳如表 9。

### (2) 雞糞之允收標準及進廠後之前處理

按本計畫規劃之雞糞焚化發電廠為雞糞專燒廠，其處理對象單純，僅為不同數量比例之肉雞糞與蛋雞糞，不似事業廢棄物焚化廠，因不確定進廠廢棄物是否有不適焚化處理對象(如有害廢棄物等)，故有訂定進廠「允收標準」之必要，以供研判於不造成設施傷害或排放超標前提下，決定是否接收處理之依據。考量本計畫性質及接收對象單純(肉雞糞與蛋雞糞)，若於收集清運階段無不適焚化雜質(如有害廢棄物等)混入，亦未接收其他廢棄物進廠，暫不訂定「允收標準」。

表 8. 情境 1 及情境 2 之蛋雞與肉雞飼養數量比例

情境別	服務轄區範圍	總在養雞隻數	蛋雞在養雞隻數	肉雞在養雞隻數	
情境 1	彰化縣芳苑鄉	8,767,000	7,643,500	1,123,500	
		(100%)	(87%)	(13%)	
		崙背鄉	1,844,500	0	1,844,500
	虎尾鎮	912,700	106,000	806,700	
情境 2	雲林縣	666,400	56,600	609,800	
		二崙鄉	666,400	56,600	609,800
		小計	3,423,600	162,600	3,261,000
		(100%)	(5%)	(95%)	

表 9. 情境 1 及情境 2 之雞糞設計性質列表

雞糞設計性質項目		單位	情境 1(蛋雞為主)			情境 2(肉雞為主)		
			蛋雞	肉雞	合計	蛋雞	肉雞	合計
		t/d	261	39	300	15	285	300
工業 分析	水分(Moisture)	%	40	35	39.35	40	35	35.25
	灰分(Ash)	%	15	9	14.22	15	9	9.30
	可燃分(Combustibles)	%	45	56	46.43	45	56	55.45
元素 分析	碳(C)	%	18	25	18.91	18	25	24.65
	氫(H)	%	3	4	3.13	3	4	3.95
	氧(O)	%	21.02	25.12	21.55	21.02	25.12	24.92
	氮(N)	%	2	1	1.87	2	1	1.05
	硫(S)	%	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	氯(Cl)	%	0.3	0.4	0.39	0.4	0.3	0.31
濕基低位發熱量(LHV <sub>(wet)</sub> )		kcal/kg	1,500	2,200	1,591	1,500	2,200	2,165

其次，因雞糞性質尚稱單純，於焚化處理時主要考慮因素為其含水率（影響發熱量）及氮含量，因蛋雞糞之含水率及氮含量均較肉雞糞為高，故本計畫已依據設廠地區及肉雞糞與蛋雞糞數量比例不同，分別研訂情境 1（蛋雞糞為主）及情境 2（肉雞糞為主）之進廠雞糞設計性質，分別據以進行處理流程設定、質量平衡試算與主要設備功能設定，故暫不訂定進廠「允收標準」。

至於雞糞性質對於焚化發電廠操作之影響，當在日後建廠完成接收處理雞糞時，操作單位須視進廠雞糞之實際性質（含水率及含氮量）及焚化與污染防治設施、鍋爐與發電設施等操作狀況，適時調整肉雞糞與蛋雞糞接收進廠數量及比例，並於廠內貯坑進行以靜置瀝乾水分及抓斗抓取混拌方式，調整均勻化擬進料焚化之雞糞性質。

### (3) 處理流程設定與調整

經參考日本雞糞焚化發電廠實廠案例處理流程，規劃前述兩種情境雞糞焚化後全量發電處理流程（圖 3 與圖 4）。雞糞進廠後將先投入儲坑暫存，再由吊車抓取後，經進料器送入燃燒爐焚化處理，焚化後高溫廢氣先經廢熱回收鍋爐回收熱能，以及噴水冷卻塔降溫（必要時於前端設置多管旋風集塵器，先行濾除較大顆粒之粒狀物）後，再經乾式洗煙塔（噴注消石灰及活性碳）去除氯化氫、硫氧化物等酸性氣體並吸附去除重金屬及戴奧辛等微量有機物，再經過袋濾式集塵器過濾除塵後，符合排放標準之處理後排氣經煙囪排放。

另為去除因高溫燃燒產生之熱氮氧化物（Thermal NO<sub>x</sub>），故採用 SNCR 尿素脫硝技術，於燃燒爐高溫區噴注尿素水溶液，以進行排煙脫硝。至於高溫廢氣經鍋爐熱交換產出之過熱蒸汽，則透過蒸汽渦輪機及發電機將熱能轉換為電力，經併聯電力系統饋送予台電公司。

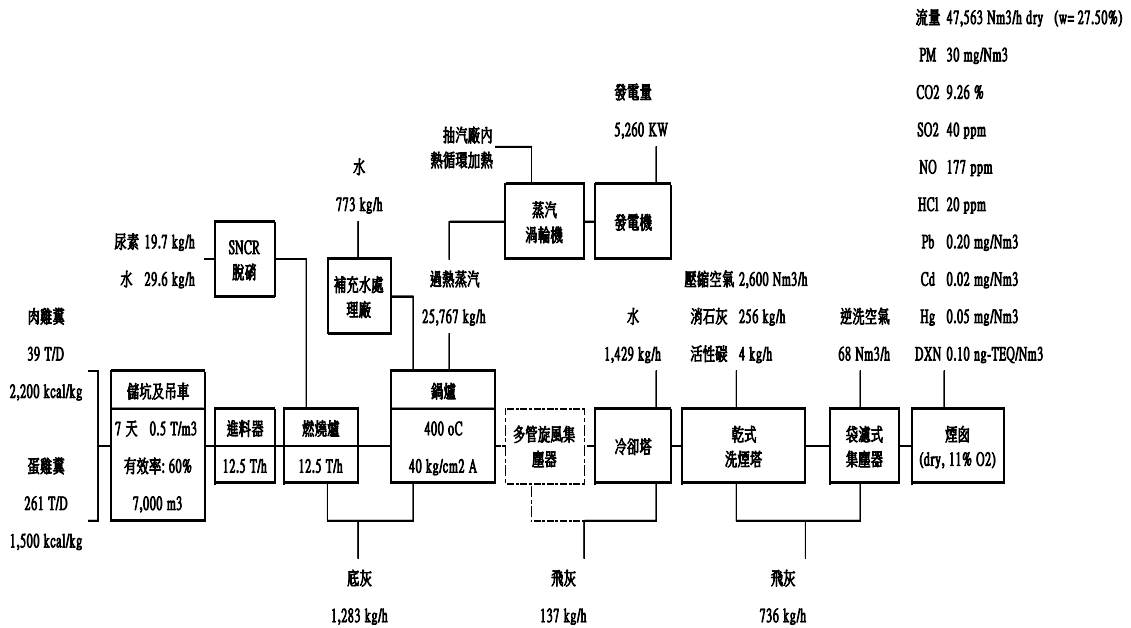


圖 3. 情境 1－彰化縣芳苑鄉雞糞焚化發電示範廠(300TPD)處理流程暨主要功能參數

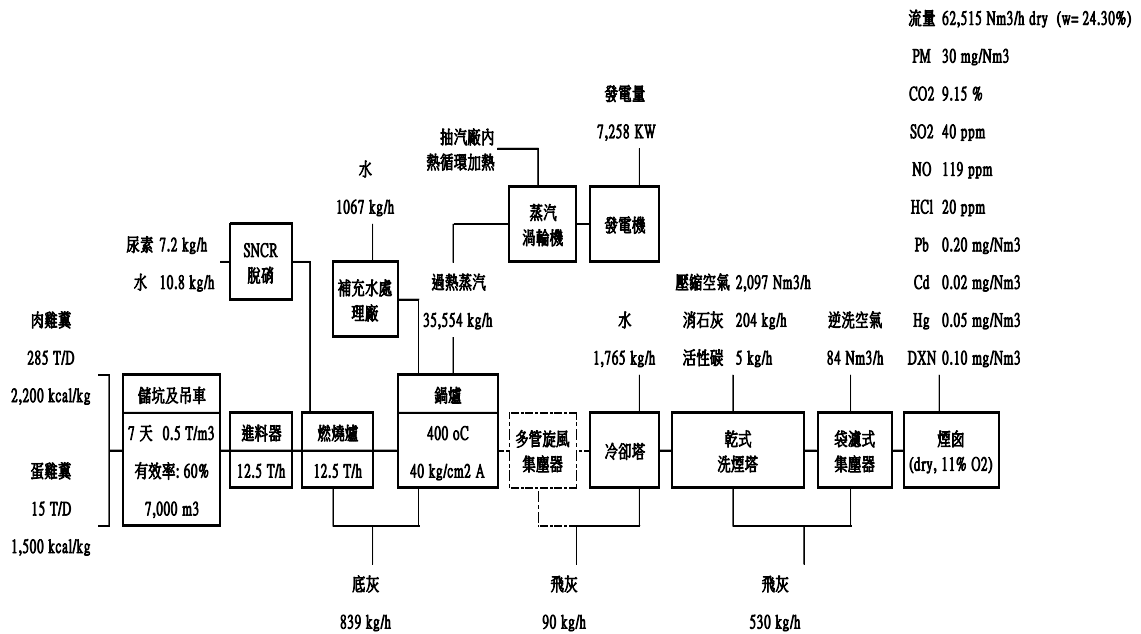


圖 4. 情境 2－雲林縣崙背鄉、虎尾鎮、二崙鄉三鄉鎮聯合雞糞焚化發電示範廠(300TPD)處理流程暨主要功能參數

## 2. 質能平衡試算及主要設備功能設定

就第 3.2 節設定之情境 1 及情境 2，以表 9 之雞糞設計性質作為設計輸入(design input)，配合圖 3 與 4 之設定處理流程進行雞糞焚化發電示範廠之質能平衡試算，經依試算結果設定主要設備功能，詳見表 10 與 11 之焚化發電設施基本資料所示。

試算過程之邏輯依序說明如下：

- (1) 由雞糞設計性質，計算焚化所需之理論及實際助燃空氣量，以及於焚化爐燃燒室之原始廢氣組成及濃度。
- (2) 由焚化爐燃燒室進出物質熱量平衡計算，求得理論燃燒廢氣溫度，供為研判是否尚須添加輔助燃料。
- (3) 由燃燒室內一氧化氮(NO)濃度及法規排放限值標準(180 ppm)，計算於燃燒室採行尿素脫硝(SNCR)技術時之尿素溶液使用量。
- (4) 配合設定之鍋爐(BL)入口及出口廢氣溫度、鍋爐進口補充水與鍋爐出口蒸汽之溫度與壓力，計算高溫廢氣經蒸汽渦輪發電機(TG)進行熱能回收轉換之發電量。
- (5) 由設定之噴水冷卻塔(QC)入口及出口溫度，計算經廢熱回收後廢氣降溫時所需之噴霧冷卻水需求量，以及經噴水稀釋後之噴水冷卻塔出口廢氣組成及濃度。
- (6) 由噴水冷卻塔出口硫氧化物(SO<sub>2</sub>)及氯化氫(HCl)濃度及法規排放限值標準(40 ppm 及 20 ppm)，計算於乾式除酸設施(DS)採行排煙脫硫除氯技術時之消石灰(Ca(OH)<sub>2</sub>)使用量。
- (7) 由噴水冷卻塔出口重金屬(Pb/Cd/Hg)及戴奧辛(PCDD/F)濃度及法規排放限值標準(0.20/0.02/0.05 mg/Nm<sup>3</sup> 及 0.10 ng/Nm<sup>3</sup>)，計算於乾式除酸設施(DS)噴注活性碳吸附去除重金屬及戴奧辛時之 PAC 活性碳使用量。
- (8) 由乾式除酸設施(DS)出口廢氣組成及濃度，以及設定之氣布比(A/C)，計算袋濾式集塵器(BF)出口廢氣組成及濃度與所需濾布面積，以及由袋濾式集塵器收集得之總排灰量。

## 3. 建設費用及年操作維護費用概算與成本效益分析

經參依前述質能平衡試算結果，進行情境 1 及情境 2 設置區域性集中雞糞焚化發電示範廠之建設費用及年操作維護費用概算，並納入購料費及收入之估算及評析(表 10 與 11)，分別說明如下。

### (1) 焚化發電設施基本資料

按情境 1 及情境 2 之建設費用及年操作維護費用概算，係基於如下之焚化發電設施基本資料進行估算：

#### a. 設計焚化處理量及設計熱值

參依表 9 雞糞設計性質列表，於設計焚化處理量 300 噸/日，分別計算於情境 1 及情境 2 之不同肉雞糞及蛋雞糞比例(情境 1—39 噸/日：261 噸/日，情境 2—285

表 10. 情境 1 之建設費用及年操作維護費用概算表

項目	肉雞糞	蛋雞糞	其他生質物	合計	說明		
數量(噸/日)	39	261		300			
LHV 熱值(kcal/kg)	2,200	1,500		1,591			
儲存與進料	儲坑及吊車抓斗						
燃燒爐	氣泡式流動床		24 h/d	12,500 kg/h			
	SNCR 脫硝				尿素用量 19.73 kg/h	9 元/kg	
鍋爐	直立式				用水量 29.60 kg/h	11 元/m <sup>3</sup>	
	溫度	400°C					
出口過熱蒸汽	壓力	40 kg/cm <sup>2</sup>			蒸汽量之 3% =	補充水量 773kg/h	
	產量	約 25,767 kg/h				11 元/m <sup>3</sup>	
蒸汽渦輪發電機出力	約 5,260 kwh/h				除廠內自用蒸汽外，全量發電(廠內用電量約 20%，101 年電力排放係數 0.532 kgCO <sub>2</sub> /KWH)		
空氣污染防治設備	噴水冷卻塔/多管旋風集塵器				需水量約 1,429 kg/h	11 元/m <sup>3</sup>	
	乾式洗煙塔				Ca(OH) <sub>2</sub> 用量	約 256 kg/h	
					PAC 用量	約 4.1 kg/h	
	袋濾式集塵器				濾布面積	約 1,140 m <sup>2</sup>	
	排放廢氣濃度(dry, 11%O <sub>2</sub> )				煙道出口排放廢氣量(wet)		
	PM	30 mg/Nm <sup>3</sup>	PCDD/F	0.1 ngTEQ/Nm <sup>3</sup>	44,348 Nm <sup>3</sup> /h	52,994 kg/h	4.5%O <sub>2</sub>
SOx	40 ppm	Pb	0.20 mg/Nm <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> 含量(wet)			
NOx	177 ppm	Cd	0.02 mg/Nm <sup>3</sup>	9.95%	0.6934 kg-CO <sub>2</sub> /kg		
HCl	20 ppm	Hg	0.05 mg/Nm <sup>3</sup>				
煤灰	自燃燒室及鍋爐之底灰量			1,283 kg/h	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 約 20%	As 約 85 mg/kg	
	自冷卻塔之飛灰量約			137 kg/h	K <sub>2</sub> O 約 15%	Cu 約 255 mg/kg	
	自袋濾式集塵器之飛灰量(含反應物及未反應物)			736 kg/h	K <sub>2</sub> O 約 24%	Mn 約 2,548 mg/kg	
	小計約 2,156kg/h					Zn 約 1,699 mg/kg	
人事	管理人員		10 人	薪資 45,000 元/月/人			
	4 班次操作維護人員		40 人	薪資 35,000 元/月/人			
	小計		50 人				
初設投資	建設費	機電設備		540,000,000 元	占 80%	225 萬元/TPD 攤提壽命 20 年 攤提壽命 40 年 不計折舊	
		土建設施		135,000,000 元	占 20%		
		土地		15,000,000 元	約 1 公頃		
		小計		690,000,000 元			
	攤提折舊費	機電折舊		37,994,981 元/年	攤提年金係數 0.07036		折現率 3.5%
土建折舊		6,321,683 元/年	攤提年金係數 0.04683		折現率 3.5%		
小計		44,316,665 元/年					
操作維護費	維護費	機電維護		16,200,000 元/年	建設費之 3.00%		
		土建維護		675,000 元/年	建設費之 0.50%		
		小計		16,875,000 元/年			
	人事費	管理人員		6,525,000 元/年	14.5 個月/年		
		4 班次操作維護人員		18,200,000 元/年	13.0 個月/年		
		小計		24,725,000 元/年			
	化學藥劑費	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>		1,406,403 元/年			
		Ca(OH) <sub>2</sub>		12,159,567 元/年			
		PAC		491,262 元/年			
		其他		3,000,000 元/年			
		小計		17,057,232 元/年			
	用水費	製程用水		194,415 元/年			
		清洗用水		181,500 元/年	50 m <sup>3</sup> /d		
生活用水		40,150 元/年	200 l/人/天				
小計		416,065 元/年					
用電費(停機維修期間外購電力)			300,000 元/年				
以上合計			59,373,296 元/年				
			600 元/噸				
保險費			29,687 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 0.05%			
管理費			5,937,330 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 10%			
利稅			2,968,665 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 5%			
總計			68,308,978 元/年				
			690 元/噸				
購料費	購料費用(含收集)		59,400,000 元/年	600 噸	若僅處理本身或股東同業養雞場之雞糞(如同採共同聯合體系)，得暫不計購料費用		
	運輸費用		5,940,000 元/年	3.0 元/噸/km	單程 10 km		
	儲存費用		8,910,000 元/年	3 元/噸/日	平均儲存 30 日		
	合計		74,250,000 元/年				
			750 元/噸				
收入	售電收入		66,655,371 元/年	廠內自用電力 20%	售電費 2 元/度		
			673 元/噸				
	售灰(肥料)收入		42,694,140 元/年	2,500 元/噸	是否具肥料收入及單價高低，與適用肥料品目之法規及市場有關		
			431 元/噸				
合計			109,349,511 元/年				
			1,105 元/噸				



表 11. 情境 2 之建設費用及年操作維護費用概算表

項目	肉雞糞	蛋雞糞	其他生質物	合計	說明		
數量(噸/日)	285	15		300			
LHV 熱值(kcal/kg)	2,200	1,500		2,165			
儲存與進料	儲坑及吊車抓斗						
燃燒爐	氣泡式流動床		24 h/d	12,500 kg/h			
	SNCR 脫硝				尿素用量 7.23 kg/h	9 元/kg	
鍋爐	直立式				用水量 10.85 kg/h		
					11 元/m <sup>3</sup>		
出口過熱蒸汽	溫度	400°C		蒸汽量之 3%	補充水量 1,066kg/h	11 元/m <sup>3</sup>	
	壓力	40 kg/cm <sup>2</sup>					
	產量	約 35,554 kg/h					
蒸汽渦輪發電機出力	約 7,258 kwh/h			除廠內自用蒸汽外，全量發電 (廠內用電量約 20%，101 年電力排放係數 0.532 kgCO <sub>2</sub> /KWH)			
空氣污染防制設備	噴水冷卻塔/多管旋風集塵器				需水量約 1,765 kg/h	11 元/m <sup>3</sup>	
	乾式洗煙塔				Ca(OH) <sub>2</sub> 用量	約 204 kg/h	6.0 元/kg
	袋濾式集塵器				PAC 用量	約 5.2 kg/h	15 元/kg
	排放廢氣濃度(dry,11%O <sub>2</sub> )				濾布面積	約 1,140 m <sup>2</sup>	
	PM	30 mg/Nm <sup>3</sup>	PCDD/F	0.1 ngTEQ/Nm <sup>3</sup>	54,375 Nm <sup>3</sup> /h	煙囪出口排放廢氣量(wet)	66,155 kg/h
SOx	40 ppm	Pb	0.20 mg/Nm <sup>3</sup>		CO <sub>2</sub> 含量(wet)		
NOx	119 ppm	Cd	0.02 mg/Nm <sup>3</sup>	10.58%	0.9038 kg-CO <sub>2</sub> /kg		
HCl	20 ppm	Hg	0.05 mg/Nm <sup>3</sup>				
煤灰	自燃燒室及鍋爐之底灰量約		839 kg/h	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 約 19%	As 約 82 mg/kg	需符合適用之肥料標準	
	自冷卻塔之飛灰量約		90 kg/h	K <sub>2</sub> O 約 15%	Cu 約 246 mg/kg		
	自袋濾式集塵器之飛灰量 (含反應物及未反應物)		530 kg/h	K <sub>2</sub> O 約 25%	Mn 約 2,463 mg/kg		
	小計約 1,458kg/h				Zn 約 1,642 mg/kg		
人事	管理人員		10 人	薪資 45,000 元/月/人			
	4 班次操作維護人員		40 人	薪資 35,000 元/月/人			
	小計		50 人				
建設費	機電設備		600,000,000 元	占 80%	攤提壽命 20 年		
	土建設施		150,000,000 元	占 20%	250 萬元/TPD	攤提壽命 40 年	
	土地		15,000,000 元	約 1 公頃	約 1,500 元/m <sup>2</sup>	不計折舊	
	小計		765,000,000 元				
攤提折舊費	機電折舊		42,216,646 元/年	攤提年金係數 0.07036		折現率 3.5%	
	土建折舊		7,024,092 元/年	攤提年金係數 0.04683		折現率 3.5%	
	小計		49,240,738 元/年				
操作維護費	機電維護		18,000,000 元/年	建設費之 3.00%			
	土建維護		750,000 元/年	建設費之 0.50%			
	小計		18,750,000 元/年				
	人事費	管理人員		6,525,000 元/年	14.5 個月/年		
		4 班次操作維護人員		18,200,000 元/年	13.0 個月/年		
		小計		24,725,000 元/年			
	化學藥劑費	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>		515,574 元/年			
		Ca(OH) <sub>2</sub>		9,716,879 元/年			
		PAC		616,180 元/年			
		其他		3,000,000 元/年			
		小計		13,848,632 元/年			
	用水費	製程用水		247,650 元/年			
		清洗用水		181,500 元/年	50 m <sup>3</sup> /d		
		生活用水		40,150 元/年	200 l/人/天		
		小計		469,300 元/年			
	用電費(停機維修期間外購電力)		300,000 元/年				
	以上合計		58,092,931 元/年				
保險費		29,046 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 0.05%				
管理費		5,809,293 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 10%				
利稅		2,904,647 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 5%				
總計		66,835,918 元/年					
		675 元/噸					
購料費	購料費用(含收集)		59,400,000 元/年	600 元/噸	若僅處理本身或股東同業養雞場之雞糞(如同採共同聯合體系)，得暫不計購料費用		
	運輸費用		5,940,000 元/年	3.0 元/噸/km	單程 10 km		
	儲存費用		8,910,000 元/年	3 元/噸/日	平均儲存 30 日		
	合計		74,250,000 元/年				
		750 元/噸					
收入	售電收入		91,974,327 元/年	廠內自用電力 20%		售電費 2 元/度	
			929 元/噸				
	售灰(肥料)收入		28,875,618 元/年	2,500 元/噸	是否具有肥料收入及單價高低，與適用肥料品目之法規及市場有關		
			292 元/噸				
合計		120,849,944 元/年					
		1,221 元/噸					

噸/日：15 噸/日)時，其設計 LHV 熱值(情境 1：1,591 仟卡/公斤，情境 2：2,165 仟卡/公斤)。

b. 燃燒爐、鍋爐及蒸汽渦輪發電機

燃燒爐將採適用如雞糞、污泥等均質(homogenous)廢棄物焚化處理之氣泡式流動床爐體，以 24 小時/日運轉換算，處理能力為 12,500 公斤/小時。因採用 SNCR 尿素脫硝技術，故由質能平衡試算可知於燃燒爐噴注之尿素用量(情境 1：19.73 公斤/小時，情境 2：7.23 公斤/小時)及用水量 (情境 1：29.60 公斤/小時，情境 2：10.85 公斤/小時)。

鍋爐將採用直立式鍋爐以節省用地面積，並設定鍋爐出口過熱蒸汽條件為 400°C 及 40kg/cm<sup>2</sup>，由質能平衡試算可知，於前述雞糞 LHV 設計熱值條件下，鍋爐出口過熱蒸汽量 (情境 1：25,767 公斤/小時，情境 2：35,554 公斤/小時)，鍋爐補充水用量 (以蒸汽量之 3%計算，情境 1：773 公斤/小時，情境 2：1,066 公斤/小時)。

鍋爐產出之過熱蒸汽經扣除廠內自用量(以 20%計算)，其餘均經蒸汽渦輪發電機發電，則蒸汽渦輪發電機出力分別為 5,260 kwh/h(情境 1)及 7,258 kwh/h (情境 2)。

c. 空氣污染防制設備

承前述說明，雞糞焚化發電示範廠之空氣污染防制設備流程組合為：SNCR 尿素脫硝(去除 NO)+多管旋風集塵器(分離大粒徑粒狀物)+噴水冷卻塔(高溫廢氣降溫)+乾式洗煙塔(去除 SO<sub>2</sub>/HCl)+噴注活性炭吸附/袋濾式集塵器(去除粒狀物/重金屬/戴奧辛)，故質能平衡試算結果可知，於符合「廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準(95.12.25 修正公告)」之各項空氣污染物排放限值下，情境 1 及情境 2 之空氣污染防制設備操作所需之用水量、消石灰(Ca(OH)<sub>2</sub>)用量、PAC 活性炭用量及袋濾式集塵器所需濾布面積詳如表 10 與 11。

d. 燃灰

由圖 3 與 4 之設計處理流程可知，雞糞焚化後產生之燃灰，來自於燃燒爐及鍋爐處收集得之底灰，以及於多管旋風集塵器/噴水冷卻塔/乾式洗煙塔/袋濾式集塵器等處收集得之飛灰，由質能平衡試算可知燃灰產生量分別為 2,156 公斤/小時(情境 1)及 1,458 公斤/小時(情境 2)。

e. 人事

參考國內外雞糞等廢棄物焚化發電設施之營運管理組織，假定其運作需管理人員 10 人，操作維護人員 40 人(分 4 班次操作)。

(2) 初設投資

### a. 建設費

按情境 1 及情境 2 雖均為設置 1 座 300 噸/日之雞糞焚化發電示範廠，但因兩者雞糞設計性質及 LHV 熱值不同，故燃燒後之總熱負荷量及廢氣產量亦不相同(情境 2 > 情境 1)，兩者直接影響燃燒爐及空氣污染防治設備設置等級及規模，並將反映於建設費與爾後之操作維護費。

故參考國內外雞糞等廢棄物焚化發電設施之興建費用，如以設置規模每噸/日之單位造價分別為新台幣 225 萬元(情境 1)及 250 萬元(情境 2)計算，則設置 1 座 300 噸/日之雞糞焚化發電示範廠約需新台幣 6.75 億元(情境 1)及 7.5 億元(情境 2)。假定機電設備及土建設施分別佔 80%及 20%比例計算，則兩者約需新台幣 5.4 億元及 1.35 億元(情境 1)，以及新台幣 6.0 億元及 1.5 億元(情境 2)。

至於設廠用地方面，經參考相關實廠案例經驗，以 1 公頃計算；因可能設廠地點未知，故暫以新台幣 1,500 元/m<sup>2</sup> 計算，則土地取得成本約新台幣 1,500 萬元。

### b. 攤提折舊費

前述建設費如考量攤提折舊(土地屬於永久資財，不考慮折舊)，以機電設備及土建設施攤提壽命(n)分別為 20 年及 40 年，以及折現率(i)取 3.5%時，計算機電設備及土建設施攤提年金係數(p， $p=[i \times (1+i)^n] / [(1+i)^n - 1]$ )分別為 0.07036 及 0.04683，故可分別求得機電設備及土建設施之折舊費，兩者合計折舊費分別為 44,316,665 元/年(情境 1)及 49,240,738 元/年(情境 2)。如以有效營運日數 330 天/年，換算為單位處理量之折舊費用，則分別為 448 元/噸 (情境 1) 及 497 元/噸 (情境 2)。

## (3) 操作維護費

### a. 維護費

經參考焚化廠實廠經驗，機電機電設備及土建設施之維護費分別以建設費之 3.0%及 0.5%計算，則合計維護費分別為 16,875,000 元/年 (情境 1) 及 18,750,000 元/年 (情境 2)。

### b. 人事費

如以前述管理人員 10 人及操作維護人員 40 人 (分 4 班次操作)，兩者薪資分別為 45,000 元/月/人及 35,000 元/月/人，以及 14.5 個月/年及 13 個月/年敘薪，則人事費分別為 24,725,000 元/年 (情境 1) 及 24,725,000 元/年 (情境 2)。

### c. 化學藥劑費

空氣污染防治設備操作須使用尿素 (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)、消石灰 (Ca(OH)<sub>2</sub>) 及 PAC 活性碳，該等化學藥劑單價以 9 元/kg、6 元/kg 及 15 元/kg 計算，乘以質能平衡求得之使用量，可知化學藥劑費分別為 17,057,232 元/年 (情境 1) 及 13,848,632 元/年 (情境 2)。

#### d. 用水費及用電費

雞糞焚化發電示範廠之用水包括製程用水、清洗用水及生活用水三部分。製程用水指 SNCR 尿素脫硝技術調藥用水、鍋爐補充水及噴水冷卻塔用水等，其用水量詳見表 10 與 11；清洗用水以  $50 \text{ m}^3/\text{天}$  計算；生活用水則以  $200 \text{ L}/\text{人}/\text{天}$  乘以總人數 (50 人) 計算。如單位水價以  $11 \text{ 元}/\text{m}^3$  計算，則用水費合計分別為 416,065 元/年(情境 1)及 469,300 元/年 (情境 2)。

另因雞糞焚化發電示範廠正常運轉時，其需用電力 (約僅佔總發電量之 20%) 可由廠內發電量支應，多餘電力則透過輸配線路饋送予台電公司，故僅於每年停機維修期間須外購電力，其用電費概估約 30 萬元/年 (情境 1、2)。

#### e. 操作維護費總計

前述四項操作維護費合計分別為 59,373,296 元/年(情境 1)及 58,092,931 元/年(情境 2)，如再計入保險費 (以 0.05%計)、管理費 (以 10%計) 及利稅(以 5%計)，操作維護費總計分別為 68,308,978 元/年(情境 1)及 66,835,918 元/年(情境 2)，換算為單位處理量之操作維護費用，則分別為 690 元/噸(情境 1)及 675 元/噸(情境 2)。

#### (4) 購料費

購料費用初步評估應包括購料(含收集)、運輸及儲存三部分費用。其中購料單價暫以 600 元/噸估算，則計算購料費用為 59,400,000 元/年(情境 1、2)。惟倘若未來示範廠採共同處理體系方式操作營運，若僅處理本身或股東同業養雞場之雞糞，或得不計購料費用。

運輸費用部分，配合情境 1 及情境 2 之假設，暫以單程運距 10 公里及參考廢棄物之運輸單價 3 元/噸/公里，則計算運輸費用為 5,940,000 元/年(情境 1、2)。

至於儲存費用部分，因配合雞隻之飼養及收成模式，雞糞並非每日清理及運輸。以蛋雞為例，通常約累積 1~2 個月始清理雞舍刮除下方空間出糞；至於肉雞則係於該批仔雞飼養成長(洋雞約 6 週、土雞約 12 週)後，配合出售時一併清理雞舍，將雞糞(含墊料)刮除出糞。惟焚化爐為 24 小時連續操作運轉，故須有穩定儲存設(措)施以確保進料雞糞連續供應不致斷料，故除於焚化發電示範廠內設置必要之雞糞儲存空間(儲坑)外，亦慮及於養雞場為配合供料需要可能增加之場內儲存(抑或於場外另租儲倉暫存)支出，爰暫以 3 元/噸/日之儲存單價及平均 30 日之儲存時間，概估儲存費用為 8,910,000 元/年(情境 1、2)。

故三者合計 74,250,000 元/年，換算為單位處理量之購料費用，則為 750 元/噸(情境 1、2)。

### (5) 收入

焚化發電示範廠之收入來自能資源之再利用，包括售電收入及售灰(肥料)收入。其中售電收入方面，由質能平衡試算之發電量，經扣除廠內自用電量(以 20%計)，並以售電價格 2 元/度計算，分別求得售電收入為 66,655,371 元/年(情境 1)及 91,974,327 元/年(情境 2)，換算為單位處理量之售電收入，則分別為 673 元/噸(情境 1)及 929 元/噸(情境 2)。

售灰(肥料)收入方面，因雞隻等家禽之消化效率甚差 (僅約 3~4 成)，故雞糞內殘留養份頗高，且其組成與雞隻原食入之飼料組成高度相關，而雞糞經焚化後之燃灰，除有機物組成破壞分解外，其餘無機物元素組成多仍殘留，故由國外相關文獻資料顯示(詳見之後分析說明)，應得以作為化學肥料之無機性摻配原料再利用。故由質能平衡試算之燃灰產生量，並以單位售價 2,500 元/噸計算，分別求得售灰 (肥料) 收入為 42,694,140 元/年 (情境 1) 及 28,875,618 元/年 (情境 2)，換算為單位處理量之售灰 (肥料) 收入，則分別為 431 元/噸 (情境 1) 及 292 元/噸 (情境 2)。

故兩者合計分別為 109,349,511 元/年 (情境 1) 及 120,849,944 元/年 (情境 2)，換算為單位處理量之收入，則分別為 1,105 元/噸 (情境 1) 及 1,221 元/噸 (情境 2)。

## 4. 蒸汽再利用與售電效益及減碳效益評估

### (1) 蒸汽再利用與售電效益評估

#### a. 雞糞焚化後以發電再利用為主，蒸汽再利用僅限廠內少量使用

按由第 3.1 節之分析說明，可知採行模式二—熱電共生利用模式，將雞糞焚化廢氣經熱交換產生之高溫蒸汽先進行廠外再利用，剩餘蒸汽再用於發電之構想，因受限於廠外之蒸汽需求端(化製廠)用量有限，且蒸汽輸送管線不宜過長以免熱能喪失，以及蒸汽輸送管線埋設與焚化發電設施設置用地取得問題等諸多限制，無論經濟效益及可行性均不高，難有成案機會，故建議以方案一—全量焚化發電模式，雞糞焚化廢氣經熱交換產生之高溫蒸汽，除少部分廠內自用(例如助燃空氣預熱等，約佔 20%)外，其餘全數經蒸汽渦輪發電機轉換為電力再利用，較為可行。

#### b. 雞糞焚化發電之售電效益評估

雞糞焚化發電之售電效益依據表 10 與 11 試算結果分析如下：

情境 1：

$$5,260\text{kw}\cdot\text{h}/\text{h}\times 24\text{h}/\text{d}\times 330\text{d}/\text{y}\times (1-20\%)=33,327,360\text{ kw}\cdot\text{h}/\text{y}$$

情境 2：

$$7,258\text{kw}\cdot\text{h}/\text{h}\times 24\text{h}/\text{d}\times 330\text{d}/\text{y}\times (1-20\%)=45,986,688\text{ kw}\cdot\text{h}/\text{y}$$

亦即於情境 1 及情境 2 時，經扣除約 20%之廠內自用量外，雞糞焚化之發電量，每年分別有 33,327,360 度及 45,986,688 度電可出售予台電公司。

## c. 雞糞焚化發電之售電適用之躉購費率及售電收入探討

至於售電價格方面，按依據「再生能源發展條例」相關規定，雞糞用於焚化發電，應可認定為「再生能源」之「生質能」，則其再生能源發電設備產出之電能，似應得以適用經濟部公告較優惠之再生能源發電設備之躉購費率（詳見表 12）2.8240 元/度（再生能源類別為廢棄物）。

惟經查「再生能源發展條例」第三條第九項再生能源發電設備定義：「指除非川流式水力及直接燃燒廢棄物之發電設備外，申請中央主管機關認定，符合依第四條第三項所定辦法規定之發電設備。」雞糞若採直接焚化發電，其發電設備不屬於再生能源發電設備。

另由「再生能源發電設備設置管理辦法」第三條及第四條規定，再生能源發電設備中之「生質能發電設備」，係指「利用農林植物、沼氣或經處理之有機廢棄物作為料源，轉換為電能之發電設備。」其定義應係指如厭氧醱酵產生沼氣等之發電設備，顯然不包括焚化發電設備。至於「廢棄物發電設備」，則係指「利用一般廢棄物或一般事業廢棄物，經處理製成較直接燃燒可有效減少污染及提升熱值之燃料作為料源，轉換為電能且發電效率達百分之二十五以上之發電設備。」，雖然包括如雞糞等廢棄物之焚化發電設備，但卻規定於焚化前須先經處理（例如製成 RDF 等）以提升發電效率，則雞糞直接焚化發電設備亦不適用。

故由前述評析可知，雞糞雖可視為「生質物」，雞糞用於焚化發電亦可認定為「再生能源」中之「生質能」，然如欲適用經濟部公告較優惠之再生能源發電設備之躉購費率，雞糞須採厭氧醱酵產生沼氣等之發電方式，其發電設備始得視為再生能源發電設備中之「生質能發電設備」。如採焚化時則須於焚化前先經如製成 RDF(Refuse Derived Fuel, 垃圾衍生燃料)等必要之前處理，其發電設備始得視為再生能源發電設備中之「廢棄物發電設備」，所發電力始得適用前開經濟部公告再生能源發電設備躉購費率 2.8240 元/度。

表 12. 經濟部公告 102 年再生能源(太陽光電除外)發電設備電能躉購費率

再生能源類別	分類	裝置容量級距	躉購費率(元/度)
風力	陸域	1 瓩以上不及 10 瓩	7.3562
		10 瓩以上*	2.6258
川流式水力	離岸	無區分	5.5626
		無區分	2.4652
地熱能	無區分	無區分	4.8039
		無區分	2.4652
生質能	無厭氧消化設備	無區分	2.8014
		有厭氧消化設備	2.8014
廢棄物	無區分	無區分	2.8240
其他	無區分	無區分	2.4652

\* 未加裝低電壓持續運轉能力(LVRT)者，躉購費率為 2.5924 元/度。

惟因雞糞本身之性質即已呈粉體狀態，且 LHV 熱值甚高，於實務上適合採流動床式焚化爐直接焚化處理，並無須如其他能源密度較低之廢棄物（例如生活垃圾等），必須先製成 RDF 以提高焚化時能源密度之必要，故以此研判雞糞焚化發電示範廠所發電力，將無法適用前述再生能源發電設備之躉購費率。

故經參酌 101 年度全國 24 座運轉中垃圾焚化廠操作營運申報資料統計彙整結果，以其合計售電所得與售電量之比值（4,550,039,017 元/2,346,993,385 度 $\div$ 1.9387 元/度），概取雞糞發電之售電費率為 2.0 元/度，分別求得情境 1 及情境 2 之售電收入為 66,655,371 元/年及 91,974,327 元/年，如換算為單位處理量之售電收入，則情境 1 及情境 2 分別為 673 元/噸及 929 元/噸。

## (2) 減碳效益評估

承前所述，如雞糞可視為「生質物」，以及雞糞用於焚化發電可認定為「再生能源」之「生質能」前提下，則雞糞焚化之排碳應屬於「碳中和」，亦即其排碳量應為「零」。

至於因雞糞焚化發電產出之「淨輸出電力」（即扣除廠內自用量之售電量），得折抵台電公司之發電排碳量，亦即為「負」碳排放。依據經濟部能源局公告之 101 年度我國電力排放係數（1 kWh=0.532 kg CO<sub>2</sub>e），分別計算於情境 1 及情境 2 時，每年得折抵台電公司發電之排碳量如下：

情境 1：

$$33,327,360 \text{ kWh/yr} \times 0.532 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 17,730,155 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

情境 2：

$$45,986,688 \text{ kWh/yr} \times 0.532 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 24,464,918 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

亦即於情境 1 及情境 2 時，雞糞焚化發電產出之淨輸出電力，每年分別可折抵台電公司發電之排碳量為 17,730,155 及 24,464,918 kg CO<sub>2</sub>e/yr。

## 三、雞糞能源化設施（熱電共生利用模式）規劃

承前述第 3.1 節說明，模式二（熱電共生利用模式）雖經評估後與模式一（全量焚化發電模式）差異不大而建議暫緩採行，惟為完整瞭解計，本計畫仍針對本模式進行如下規劃，以瞭解其與前述模式一（全量焚化發電模式）間之差別。

經初擬 1 座設置容量 300 噸/日之雞糞焚化熱電共生廠處理流程暨主要功能參數如圖 5 所示，假定其設置於某具有蒸汽需求之工廠內，以便其雞糞焚化後經廢熱回收鍋爐產生之高溫蒸汽能就近供應該廠使用。至於進廠雞糞量假定肉雞糞與蛋雞糞為 2:1，其餘試算條件均假設與第 3.2 節模式一（全量焚化發電模式），則經質能平衡及成本效益分析試算後，彙整如表 13 所示。

由表中可知，模式二（熱電共生利用模式）因部分蒸汽直接抽取供蒸汽需求廠使用緣故，經與雞糞進料組成較類近之表 11 模式一（全量焚化發電模式）之情境 2（肉雞糞

為主) 相比較，其供蒸汽渦輪發電機發電之出力相對較小，連帶其售電收入亦因應減少；惟因此減少蒸汽需求廠為產生高溫蒸汽之支出。

經綜合評析兩者之差異，模式二 (熱電共生利用模式) 之收入項 (1,182 元/噸) 略小於模式一 (全量焚化發電模式) 之情境 2 (1,221 元/噸)，支出項 (507 元/噸+694 元/噸+870 元/噸=2,071 元/噸) 則略大於模式一 (全量焚化發電模式) 之情境 2 (497 元/噸+675 元/噸+750 元/噸=1,922 元/噸)。顯示如就經濟效益而言，模式一 (全量焚化發電模式) 仍略優於模式二。

#### 四、雞糞能源化設施(委託垃圾焚化廠焚化發電模式) 規劃

##### 1. 垃圾焚化廠餘裕處理量及雞糞產生量探討

針對雞糞採行模式三 (委託垃圾焚化廠焚化發電模式) 進行再利用之規劃，首要之務為瞭解目前全國垃圾焚化廠之餘裕量。彙整 101 年度全國垃圾焚化廠廢棄物處理情形統計，可知全國合計垃圾焚化廠餘裕處理量約 2,090 噸/日，如依據地區分布檢視之，則由表 14 可發現主要餘裕量集中於北部及南部地區，合計高達九成，中部及東部地區之餘裕量則甚有限。

至於全國雞糞產量及其分布情形，則可由表 1 各縣市飼養雞隻數量，乘以平均雞糞產生量 (以 0.1 公斤/隻·日計算) 求得，並彙整如表 14 所示。由表中可知全國雞糞量約 9,146 噸/日，主要集中於中部及南部地區，合計高達九成，北部及東部地區產量較有限。

由前述數據可知全國垃圾焚化廠之餘裕量 (2,090 噸/日) 實遠小於全國雞糞量 (9,146 噸/日)，故如欲採行模式三處理雞糞，亦僅限於焚化廠餘裕量大於雞糞量之地區或縣市，由表 14 知僅北部地區垃圾焚化廠餘裕量大於雞糞量。

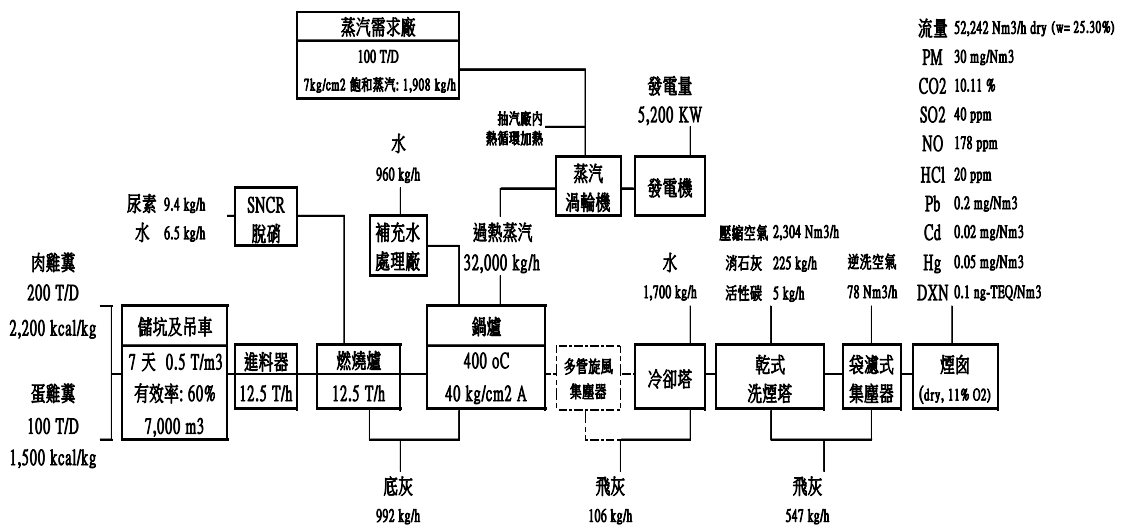


圖 5. 雞糞焚化熱電共生廠(300TPD)處理流程暨主要功能參數



表 13. 雞糞焚化熱電共生廠建設費用及年操作維護費用概算表

項目	肉雞糞	蛋雞糞	其他生質物	合計	說明
數量(噸/日)	200	100		300	
LHV 熱值(kcal/kg)	2,200	1,500		1,967	
儲存與進料	儲坑及吊車抓斗				
燃燒爐	氣泡式流動床, 12,500 kg/h, 24h/d				
	SNCR 脫硝				尿素用量 9.42 kg/h 用水量 6.46 kg/h
鍋爐	直立式				9 元/kg 11 元/m <sup>3</sup>
出口過熱蒸汽	溫度	400°C			蒸汽量 3%補充水量 960 kg/h
	壓力	40 kg/cm <sup>2</sup>			蒸汽需求廠消耗蒸汽量 1,900 kg/h
	產量	約 32,000 kg/h			小計 2,860 kg/h
蒸汽渦輪發電機出力	約 5,200 kwh/h				蒸汽需求廠處理量(100 T/D)、燃油消耗(30 l/T)、燃油熱量(9,200 kcal/l)、飽和蒸汽條件(7 kg/cm <sup>2</sup> )、管線損失 5%(廠內用電量約 20%, 101 年電力排放係數 0.532 kg CO <sub>2</sub> /KWH)
空污防制設備	噴霧冷卻塔/多管旋風集塵器				需水量約 1,700 kg/h
	乾式洗煙塔				Ca(OH) <sub>2</sub> 用量 約 225 kg/h
	袋濾式集塵器				PAC 用量 約 5 kg/h
	排放廢氣濃度(dry, 11%O <sub>2</sub> )				濾布面積 約 1,300 m <sup>2</sup>
	PM	30 mg/Nm <sup>3</sup>	PCDD/F	0.1 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	煙囪出口排放廢氣量 約 51,000 Nm <sup>3</sup> /h 或 62,000 kg/h, wet, 4.4%O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> 含量 10.39%或 0.8311 kgCO <sub>2</sub> /kg
	SOx	40 ppm	Pb	0.2 mg/Nm <sup>3</sup>	
	NOx	180 ppm	Cd	0.02 mg/Nm <sup>3</sup>	
HCl	20 ppm	Hg	0.05 mg/Nm <sup>3</sup>		
煤灰	自然燒室及鍋爐之底灰量約 992 kg/h				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 約 15% As 約 90 mg/kg
	自冷卻塔之飛灰量約 106 kg/h				K <sub>2</sub> O 約 21% Cu 約 260 mg/kg
	自袋濾式集塵器之飛灰量(含反應物及未反應物)約 547 kg/h				CaO 約 26% Mn 約 2,600 mg/kg
	小計約 1,645 kg/h				Zn 約 1,700 mg/kg
人事	管理人員			10 人	薪資 45,000 元/月/人
	4 班次操作維護人員			40 人	薪資 35,000 元/月/人
建設費	機電設備			612,000,000 元	占 80%
	土建設備			153,000,000 元	占 20%
	土地			0 元	約 1 公頃 約 1,500 元/m <sup>2</sup>
攤提折舊費	機電折舊			43,060,979 元/年	攤提年係數 0.07036
	土建折舊			7,164,574 元/年	攤提年係數 0.04683
	小計			50,225,553 元/年	折現率 3.5%
操作維護費	機電維護			18,360,000 元/年	營運日數 330 日/年
	土建維護			765,000 元/年	建設費之 3.00%
	小計			19,125,000 元/年	建設費之 0.50%
	管理人員			6,525,000 元/年	14.5 個月/年
	4 班次操作維護人員			18,200,000 元/年	13.0 個月/年
	小計			24,725,000 元/年	
	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>			671,312 元/年	
	Ca(OH) <sub>2</sub>			10,692,000 元/年	
	PAC			594,000 元/年	
	其他			3,000,000 元/年	
用水費	製程用水			397,830 元/年	
	清洗用水			181,500 元/年	50 m <sup>3</sup> /d
	生活用水			40,150 元/年	200 l/人/天
	小計			619,480 元/年	
用電費(停機維修期間外購電力)				300,000 元/年	
以上合計				59,726,792 元/年	
保險費				603 元/噸	
管理費				29,863 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 0.05%
管理費				5,972,679 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 10%
利稅				2,986,340 元/年	以上合計(不含保險、管理費)之 5%
總計				68,715,674 元/年	
				694 元/噸	
購料費	購料費用(含收集)			59,400,000 元/年	600 元/T 若僅處理本身或股東同業養雞場之雞糞(如同採共同聯合體系), 得暫不計購料費用
	運輸費用			17,820,000 元/年	3.0 元/T/km 單程 30 km
	儲存費用			8,910,000 元/年	3 元/T/日 平均儲存 30 日
合計				86,130,000 元/年	
				870 元/噸	
收入	售電收入			65,894,400 元/年	廠內自用電力 20% 售電費 2 元/度
	售灰(肥料)收入			666 元/噸	
	售蒸汽需求廠蒸汽收入			32,571,000 元/年	2,500 元/噸 是否具有肥料收入及單價高低, 與適用肥料品目之法規及市場有關
	合計			329 元/噸	
				18,513,000 元/年	
				187 元/噸	以蒸汽需求廠燃油量(100T/D x 330 D/年 x 30 l/T)支出(22 元/l)之 85 折計價
合計				116,978,400 元/年	
				1,182 元/噸	

## 2. 雞糞委託垃圾焚化廠處理之成本效益評析

經比照前述模式一（全量發電模式）及模式二（熱電共生利用模式）之評估方式，進行模式三（委託垃圾焚化廠焚化發電模式）之成本效益評析（表 15）。表 15 亦比照模式一及模式二之假設，以 300 噸/日雞糞量為例，且肉雞糞與蛋雞糞數量為 2：1。

表 14. 各地區焚化廠餘裕量與雞糞量之比較

地區別	焚化廠餘裕量(A) (噸/日)		雞糞量(B) (噸/日)(註 1)		差異量(A-B) (噸/日)
北部地區(苗栗以北)	1,116	53.4%	632	6.9%	484
中部地區(台中~嘉義)	205	9.8%	4,969	54.3%	-4,764
南部地區(台南以南)	765	36.6%	3,256	35.6%	-2,491
東部地區(宜蘭~台東)	4	0.2%	289	3.2%	-285
合計	2,090	100%	9,146	100%	-7,056

註 1：雞糞量假設雞糞產生率為 0.1 公斤/日·隻。

表 15. 雞糞委託焚化廠焚化發電模式之成本效益評析

項目		肉雞糞	蛋雞糞	合計	說明	
基本資料	數量(噸/日)	200	100	300		
	LHV 熱值(kcal/kg)	2,200	1,500	1,967		
支出 (元/日)	購料費用(含收集)	-	-	-	600 元/T	若以廢棄物型式交付處理，得不計購料費用；另若屬於具價值之資材，則應反應其另行販售之收入(機會成本)
	運輸費用	36,000	18,000	54,000	3.0 元/T/km	單程約 30km
	儲存費用	18,000	9,000	27,000	3 元/T/日	平均儲存 30 日
	焚化廠進廠接收處理費(tipping fee)	400,000	200,000	600,000	2,000 元/T	
	小計	454,000	227,000	681,000		
		2,270 元/T	2,270 元/T	2,270 元/T		
潛在收入 (元/日) (註 2)	售電(註 1)	142,350	71,175	213,525	365 度/T	2 元/度
	販售灰	-	-	-	因參雜屬有害之垃圾焚化飛灰，不具肥料價值，故無收入	
	小計	142,350	71,175	213,525		
		712 元/T	712 元/T	712 元/T		

註 1 由於雞糞之熱值與目前垃圾焚化廠之進廠垃圾類近(約 2000kcal/kg)，故單位售電量及單位電價直接參考 101 年度 24 座焚化廠之全年平均營運資料。

註 2 垃圾焚化廠屬於廢棄物處理行業，無論接收的廢棄物是否具熱值得進行能源回收，因焚化廠營運單位尚須支出分攤之維修、藥品、燃灰清理、人事、管理等費用，故並不會額外再考慮售電收益(或多少已經反映在 tipping fee 內)，一律以進廠接收處理費計價；因此，實務上「模式三」並不會發生潛在收入，表內數字僅供參考。

因垃圾焚化廠屬於廢棄物處理行業，無論接收的廢棄物是否具熱值得進行能源回收，因焚化廠營運單位尚須支出分攤之維修、藥品、燃灰清理、人事、管理等費用，故並不會額外再考慮售電收益（或多少已經反映在其進廠接收處理費內），故一律以進廠接收處理費計價，實務上並不會發生潛在收入，故表中售電收入之估算僅供參考。

此外，因雞糞與廢棄物混合焚化處理後產出之燃灰，亦因混雜垃圾焚化後濃縮產生之重金屬及戴奧辛等有害物質成份，必須依據相關環保法令規定處分，已無法再進行肥料化再利用。

故如將雞糞進廠接收處理費再加計運輸及儲存費用，雞糞委託焚化處理總支出相當於 2,270 元/噸，因毫無任何收益，故僅得視為當其他資源化再利用方式無法解決雞糞去化問題時，應急處理之備案。

## 五、雞糞能源化設施設置地點建議

針對雞糞能源化設施(焚化發電廠)設置地點之規劃，本計畫經透過農委會建置之「台灣農地資訊服務網」中之「台灣農地資訊系統」(<http://talis.coa.gov.tw/talis/MainPageIMS.asp>)，分別就彰化縣芳苑鄉(情境 1)以及雲林縣崙背鄉、二崙鄉及虎尾鎮(情境 2)，進行線上養雞場地理位置分布情形查詢，並以各該轄區範圍內，各養雞場之飼養雞隻數為加權因子，經加權計算後，以大多數養雞場距離最短，日後清運費用最低之原則，規劃建議可供設置雞糞能源化設施(焚化發電廠)之適當區位。

開設置地點建議區位，僅為就養雞場分布位置及其飼養雞隻數之加權計算後之規劃建議，日後若農委會確定設置雞糞能源化設施(焚化發電廠)時，仍應實地進行現地勘查，瞭解實際環境空間分布、地形地貌、交通狀況、及是否具有環境敏感區位等條件後，再進行較為詳盡之設廠地點選址規劃。

## 區域性雞糞燃燒發電之經濟效益情境分析

一個商業模式的規劃需具備投資獲利性才有實行的可能，於此，商業模式將分成三大部分來做探討區域性畜禽糞燃燒發電之獲利性：原料供給面、產品收益面、投資營運面。

### 一、情境設定

#### 1. 原料供給面

首先在原料供給面假設出三種可能情境進行模擬：

- a. 直接向雞農購買原料(雞糞)作為燃燒發電之用。
- b. 因環境衛生意識日益高漲，養雞戶清理出之雞糞氣味問題常使附近居民不滿，所以部分雞農同意若是可以協助其清理雞舍雞糞工作，則無償提供雞糞作為發電廠

原料。

- c. 若因相關法令之施行 (如：禁止直接使用乾雞糞於農地等)，則可無償取養雞戶之雞糞。

## 2. 產品收益面

產品的收益則有兩個來源，分別為售電收益以及售灰 (肥料) 收益，在此假設兩種情境進行模擬：

- a. 此種燃燒發電方式為直接以雞糞當作原料來燃燒，故只能以躉購價格 2 元/度來計算。
- b. 若相關法規能使此種燃燒發電方式，適用再生能源發電躉購費率之廢棄物類別，則可以躉購價格 2.8240 元/度來計算。

## 3. 投資營運面

先列出每年皆需花費的營運成本，而關於初始設備之投資成本，則進行三種情境的模擬：

- f. 全由潛在投資者支付
- g. 政府補助 50%，其餘由潛在投資者支付
- h. 政府補助 70%，其餘由潛在投資者支付。

## 二、年收益表分析

首先，以年收益表的方式來作呈現，初始之設備費用需以年金折舊攤提法 (amortization of depreciation) 估算：年金折舊攤提法是為把資本設備等一開始便投入的固定成本，以適當之折現率 (此設定為 5%) 及使用壽命 (分別設 20 年及 40 年) 為依據，攤提分配出固定成本於每期產生的折舊金額，此方式是為了合理表達廠商對於廠內設備所負擔的每年實際資本成本，必須對所購置之設備總支出作攤提折現步驟，方便於會計面向上的紀錄。

$$K*[i(1+i)^n]/[(1+i)^n-1]$$

## 三、投資報酬分析

接著，本研究的分析欲以常用於財務領域方面相關(如:股票、債券、基金等等)的投資報酬分析及表格來作為投資可行性的評判依據：

1. 現金流量表(statement of cash flows)為會計上常用之報表，即將每一期所可能發生的所有成本及收益列出，好觀察出現金在各期的流入、流出情形。
2. 淨現值法(net present value, NPV)為一種用來表達各方案的整體淨效益之方式，將每一期所發生之現金流動以適當之折現率 (此設為 5%) 折算回當期來看，然後以各期折現之收益和減掉各期折現之成本和，大於零則表此方案具有投資可行性。

$$\sum_{t=0}^n R_t / (1+i)^t - \sum_{t=0}^n C_t / (1+i)^t$$

3. 內部報酬率(internal rate of return, IRR)為令各期收益折現和等於各期成本折現和的潛在報酬利率，若此求出之潛在報酬率大於該方案預設之適當報酬門檻(此設定為5%)，則表示該方案具有投資的可行性。

$$\sum_{t=0}^n R_t / (1+i^*)^t - \sum_{t=0}^n C_t / (1+i^*)^t = 0 \rightarrow i^*$$

4. 折現還本期間(discount payback period)為將各期發生之收益與支出全部折回以現值表達，再計算收益可抵消成本時所需耗費之時間，從而得知該投資方案得花多少時間方得以還本，可作為投資決策的判斷依據。

#### 四、彰化縣與雲林縣設置雞糞燃燒發電廠之經濟效益情境分析結果

##### 1. 彰化縣情境分析結果

- (1) 情境 b-d-h，即以清理雞舍作為交換原料之代價，電力收購價格以 2 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%；然此情境下，實則政府初始設備之費用補貼 57% (critical point)以上即開始具有投資可行性。
- (2) 情境 c-d-h，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%；然此情境下，實則政府初始設備之費用補貼 52% (critical point)以上即開始具有投資可行性。
- (3) 情境 b-e-g，即以清理雞舍作為交換原料之代價，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 50%；然此情境下，實則政府初始設備之費用補貼 6% (critical point)以上即開始具有投資可行性。
- (4) 情境 b-e-h，即以清理雞舍作為交換原料之代價，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%。
- (5) 情境 c-e-g，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 50%；然此情境下，實則政府初始設備之費用補貼 1% (critical point)以上即開始具有投資可行性。
- (6) 情境 c-e-h，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%。

##### 2. 雲林縣情境分析結果

- (1) 情境 C-D-G，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%；然此情境下，實則政府初始設備費用補貼 35% (critical point)以上即開始具有投資可行性。

- (2) 情境 C-D-H，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%。
- (3) 情境 B-E-G，即以清理雞舍作為交換原料之代價，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 50%；然此情境下，實則政府初始設備補貼 34% (critical point)以上即開始具有投資可行性。
- (4) 情境 B-E-H，即以清理雞舍作為交換原料之代價，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%。
- (5) 情境 C-E-F，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備費用由投資者支付。
- (6) 情境 C-E-G，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 50%。
- (7) 情境 C-E-H，即因相關法令之之施行可免支付購料費，電力收購價格以 2.824 元/度計算，且初始設備之費用由政府補助 70%。

## 雞糞溫室氣體產量評估

### 一、材料與方法

為瞭解簡易堆置法、堆置堆肥法及機械翻堆法等三種常見的蛋雞糞便的處理方式，所產生的溫室氣體量的差異，進行三種蛋雞糞處理過程中溫室氣體的採集與分析。

#### 1. 堆肥場基本資料

本次研究簡易堆置法採樣地點為臺中市烏日區的 A 蛋雞場，其雞糞採用平鋪曝曬 10~14 天，每週以堆土機翻堆 1 次，為一般蛋雞場最常見的雞糞處理方式。堆置法採樣地點為彰化縣的 B 蛋雞場之附設堆肥場，進料頻度為每 2 天一次，每次進料約為 150,000 隻一天之蛋雞糞便量。B 場在蛋雞糞加入調整材後開始進行堆置發酵，堆置後每週以推土機翻堆 2 次，發酵時間為 18 週。機械翻堆法採樣地點為彰化縣的 C 蛋雞場之附設堆肥場。C 場為溝渠式發酵，在蛋雞糞加入調整材後進入溝渠中堆置，堆置後每週以自動化機械進行 1 次，發酵時間為 12 週。本次氣體採樣乃配合三種蛋雞糞處理流程，進行不同發酵期程間溫室氣體的採樣。

#### 2. 氣體樣本收集與分析

##### (1) 氣體樣本收集

參考楊 (1998) 及孫與賴 (1998) 水稻田溫室氣體採氣罩及黃 (2000) 堆肥採氣罩設計，改良成家禽糞尿處理過程中之採氣罩。採氣罩分為兩部分，一部分為採氣罩下方長寬各 30 公分，高 10 公分之鋼架，另一為長寬各 30 公分，高 40 公分之壓克力盒，內容配有一風扇、溫度計與採氣口。

堆肥氣體採集時，將採氣罩鋼架插入堆肥中 10 公分後，將四周以水封的方式後，再將壓克力盒置於採氣罩鋼架上，將穩定壓力的塑膠袋接上後等待 3 分鐘，採集 0 小時樣品。並等待塑膠袋微漲後(約 30 分鐘)，採集樣品並計錄氣體累積之時間。在採集氣體同時採集堆肥之樣品，進行水分、灰分之測定，以做為後續數值堆估。

## (2) 溫室氣體產量估算

樣品經由氣相色層分析儀所量測到的氣體濃度單位為 ppm，再經由公式(1)進行單位換算，將 ppm 轉換為  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。再將採樣罩內的 0 分鐘與累計所採集之氣體樣品相減後，除上採樣時間與採氣罩體積，即可換算成單位時間所採集到氣體的重量( $\text{mg}/\text{hour}$ )，再將每小時所採集到氣體的重量 ( $\text{mg}/\text{hour}$ ) 乘上 24 小時，即為一日之堆肥單一柱狀體(採氣罩下體積)每日溫室氣體釋放重量 ( $\text{mg}/\text{day}$ ; 公式 2)。將採氣罩下方堆肥單一柱狀體每日溫室氣體釋放重量 ( $\text{mg}/\text{day}$ ) 除以採氣罩下方堆肥乾重 (kg)，即可得到每日每公斤乾雞糞發酵後，釋放溫室氣體的釋放重量( $\text{mg}/\text{day}/\text{kg DM compost}$ )。

依據該堆肥之水分及灰分含量，可推估採氣罩下方堆肥之雞隻數。堆肥單一柱狀體每日溫室氣體釋放重量 ( $\text{mg}/\text{day}$ ) 除以採氣罩下方堆肥之雞隻數，即可得到每隻雞一日糞便量於受測當日之溫室氣體釋放重量 ( $\text{mg}/\text{day}/\text{bird}$ )。將每隻雞每日糞便發酵後釋放溫室氣體釋放重量 ( $\text{mg}/\text{day}/\text{bird}$ )，利用 Origin 6.0 (MicroCal) 統計軟體，求出雞隻一日糞便量在整個發酵處理所排放所之氣體總量。

$$C = C_{\text{ppm}} \times M/V \dots\dots\dots \text{公式(1)}$$

C：溫室氣體濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$C_{\text{ppm}}$ ：GC 所定量出的氣體濃度(ppm)

M：氣體分子量

V：氣體莫耳體積

$$D = [(C_x - C_0)/V_c/T] \times 24 \dots\dots\dots \text{公式(2)}$$

D：堆肥單一柱狀體每日溫室氣體釋放重量( $\text{mg}/\text{day}$ )

$C_0$ ：GC 所定量出的氣體濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$C_x$ ：GC 所定量出的氣體濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$V_c$ ：採氣罩體積( $\text{m}^3$ )

T：採氣時間(h)

## 二、不同堆肥方式產生溫室氣體產量評估

考量堆置堆肥法、機械翻堆法及簡易堆置法三種製作堆肥之方式製作堆肥時所利

用能源產生的溫室氣體。簡易堆置法—每週翻堆 1 次，每次消耗約 10 公升柴油，每次翻堆量約 500 噸，翻堆機燃燒柴油每公升產生 2.606 公斤 CO<sub>2</sub>，若以平均日曬 4 週計算，簡易堆肥法製作堆肥，每噸堆肥製成需產生二氧化碳 (1 次/週×10 公升/次×2.606 kg-CO<sub>2</sub>e/500 噸) × 4 週 = 0.209 kg-CO<sub>2</sub>e/噸。堆置堆肥法—每週平均翻堆 2 次，每次消耗約 10 公升柴油，每次翻堆量約 500 噸，若以翻堆機燃燒柴油每公升產生 2.606 公斤 CO<sub>2</sub> 平均製程 18 週計算，以堆置堆肥法製作堆肥，每噸堆肥製成需產生二氧化碳 2 次/週×10 公升/次×2.606 kg-CO<sub>2</sub>e/500 噸) × 18 週 = 1.876 kg-CO<sub>2</sub>e/噸。機械翻堆法—通常每週翻堆一次，每次翻堆量約 250 噸，每次用電約 424 度，每度電約產生 0.62 公斤 CO<sub>2</sub>e，製成期間共 12 週，每噸堆肥製程會產生二氧化碳當量為 424 kWh×0.62 kg-CO<sub>2</sub>e/kWh/250 噸×12 週= 12.618 kg-CO<sub>2</sub>e/噸。三種製作堆肥方式，所利用能源產生的溫室氣體以機械翻堆法產生的溫室氣體最多 (12.618 kg-CO<sub>2</sub>e/噸)，簡易堆置法最少 (0.209 kg-CO<sub>2</sub>e/噸)，雞糞僅為風乾並無腐熟。

總結得出每噸雞糞堆肥之溫室氣體產量，簡易堆置法、堆置堆肥法及機械翻堆法製作之堆肥每噸雞糞 (生雞糞，含水) 產生溫室氣體分別為 1.519、12.375 與 16.193 kg-CO<sub>2</sub>e/噸。三種方式中雖以機械翻堆法製作產生的溫室氣體最多，但其主要來自使用機械所產生的二氧化碳。因此，若能降低機械的用電，必然可以減少溫室氣體產量。

## 結論

### 一、雞糞能資源化設施之規劃

本計畫模擬於彰化縣芳苑鄉 (情境 1，蛋雞糞為主) 及於雲林縣崙背鄉、二崙鄉及虎尾鎮三鄉鎮間 (情境 2，肉雞糞為主)，設置 1 座 300 噸/日雞糞焚化發電廠，分別就前述模式一及模式二，進行雞糞設計性質及處理流程設定、質量平衡試算及主設備功能設定。

雞糞經焚化爐 (氣泡式流動床) 焚化後廢氣先經鍋爐回收廢熱轉為電能，並經噴水冷卻降溫後，再經乾式洗煙塔及袋濾式集塵器處理至符合排放標準後經煙囪排放，並採 SNCR 技術進行排煙脫硝。設廠所需用地面積約 1 公頃，以供為焚化廠、行政管理及維修保養等功能分區配置使用。至於設廠地點，於情境 1 建議位於芳苑鄉功湖路草湖段、東至芳草路文津段、西側及南側至舊趙甲排水之間；於情境 2 建議位於崙背鄉靠近二崙鄉交界、台糖鐵路以北之間。

依據文獻資料顯示，焚化後燃灰 C 及 N 已大幅降低，組成以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 及 K<sub>2</sub>O 為主，具作為磷、鉀肥再利用潛力，惟因同時濃縮凝集重金屬，故宜作為化學肥料之無機成分摻配原料，藉與其他料源混合稀釋降低重金屬含量，以符合農委會相關肥料品目規格要求。



售電效益方面，經試算情境 1 及情境 2 之售電效益分別約 3,333 萬度/年及 4599 萬度/年，售電收入約 6,665 萬元/年及 9,197 萬元/年。減碳效益方面，因焚化雞糞淨輸出電力得折抵台電公司發電排碳量則分別約 1,773 萬噸/年及 2,446 萬噸/年二氧化碳當量。

## 二、區域性雞糞燃燒發電之經濟效益情境分析

免購料費情形亦可於養雞戶成為該燃燒發電計畫之投資者時達成，即發電廠於政府補助一定金額後，投資者可由養雞戶、雞肉商、能源公司、電力公司及廢棄物清理業等可能之關係事業中，挑選二或三者來共同投資剩餘之初始設備費用，以及日後之共同營運成本。

政府相關部門可參考上述所歸納出具有投資可行性之結論，選擇其中最可能以法令或預算加以實現的情境，並藉由上述所設算出之設備補助額臨界值(critical point)為參考依據，斟酌可負擔能力以調整相關細額。

## 三、雞糞堆肥溫室氣體產量研究

針對三種常見的堆肥處理方式，機械堆法的堆肥熟成度為三種堆肥方法最高的處理方式，因此該方法所產生的溫室氣體也相對較少，但是以機械翻堆的過程中，使用機械所產生的二氧化碳為三種堆肥方法最多的處理方式。因此，若能降低機械的用電，必然可以減少溫室氣體產量。因此未來若將蛋雞糞進行堆肥發酵，可以機械翻堆法優先使用。堆置堆肥法因堆置的方式不同，也會使得堆肥熟成度不穩定，而長期處於厭氧狀態下的堆肥，也會產生大量的溫室氣體，如甲烷。因此，除非能定期進行翻堆以降低其厭氧的程度，否則除非有其必要性，較不建議以堆置堆肥法進行處理。最後，簡易堆置法雖然在堆置的過程中所產生的溫室氣體為三種堆肥方法中最低的方法，但是其雞糞堆肥熟成度低，若使用於農地的施肥，可能會在土壤內進行厭氧發酵，對農作物產生不良的影響。此外，厭氧發酵也會釋放出大量的溫室氣體。

## 誌謝

本計畫之完成承蒙農委會「建立區域性畜禽糞生質能發電模式之研究計畫」(計畫編號：102 農科-14.1.6-牧-U1)之經費補助，特此致謝。

## 引用文獻

- 孫世勤、廖明村，2013。『雞糞資源化(燃燒發電廠)相關設備細部規劃及資料收集結案報告』，中興工程顧問公司。
- 黃大駿、蔡政達、李昇儒、史歲元、王淑音，2013。不同蛋雞糞處理方式溫室氣體產生量之比較，嘉南藥理科技大學環境資源管理系。
- 徐世勤、蘇忠楨、許聖民、蕭為澤，2013。區域性畜禽糞燃燒發電之經濟效益情境分析研究報告，國立台灣大學農業經濟學系。

- 蘇忠楨，2008a。畜牧業沼氣生物脫硫系統開發及世界沼氣工廠市場評估，農業生技產業季刊，16: 60-72。
- 蘇忠楨，2008b。養豬場生質能源產業化及關鍵技術新思維，創新深耕：生技成果產業化季刊(微生物生技)，37-45 (2008/9)。
- 黃大駿，2000。台灣地區肉雞產業溫室氣體排放，中國文化大學 碩士論文。
- 農委會(行政院農業委員會)，2008。禽畜糞堆肥製作及施用手冊。
- 農委會(行政院農業委員會)，2013。http://www.coa.gov.tw/。
- 環保署(行政院環境保護署)，2011。國家通訊，臺北市。
- 環保署(行政院環境保護署)，2013。http://www.epa.gov.tw/。行政院環境保護署。
- 孫志鴻、賴朝明編，1998。畜牧溫室氣體測定講習會 論文暨講義集(二)實習操作，國立臺灣大學全球變遷研究中心，台北市。
- 楊盛行，1998。溫室氣體與農業生產，畜牧溫室氣體測定講習會 論文暨講義集(一)，國立臺灣大學全球變遷研究中心，台北市，78-101。
- 魏國彥、許晃雄，1997。全球環境變遷導論，國立臺灣大學全球變遷研究中心。
- 行政院農業委員會，2013。『農委會統計及出版品-畜禽統計調查結果』，台北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2013。『農委會統計及出版品-雞隻飼養場數及在養隻數』，台北：行政院農業委員會。
- 行政院經濟部能源局，2008。『永續能源政策綱領』，台北：經濟部能源局。
- 行政院經濟部能源局，2012。『2011年能源統計年報』，台北：經濟部能源局。
- 行政院經濟部台灣電力公司，2013。「統計資料-歷年平均電價」，台北：經濟部。(http://203.69.131.46/upfile/file/statistical\_data/avg\_price.pdf)。
- 呂涵靜，2008。「台灣疏伐木生產酒精和電力之成本效益分析」，碩士論文，台灣大學森林環境暨資源學系。
- 余政達、楊明浩、李英裕、蔡宏達，2006。「地方再生能源之潛力與經濟評估」，『中華民國環境保護學會學刊』，29(1): 11-28。
- 藤間雅幸，2010。「日本宮崎縣互利共生的肉雞產業與雞糞發電介紹」，『畜產專論』，8期: 13-19。
- FAO. 2013, <http://www.fao.org>. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- J. Hough. 1997. Global Warming. Lion Publishing Inc., Oxford.
- J. R.V. Flora and C. Riahi-Nezhad. 2006. Final Report of Availability of Poultry Manure as a Potential Bio-fuel Feedstock for Energy Production (URL: <http://www.scbiomass.org/Resources/Documents/Poultry%20Litter%20Final%20Report.pdf>)
- A. Whitting. 2007. Availability of Poultry Litter as an Alternative Energy Feedstock: The Case of Mississippi. (URL: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/34840/1/sp07wh01.pdf>).

# Poultry Litter-to-Energy: an Analysis of Economic Benefit and Greenhouse Gas Production Scenario

Jung-Jeng Su<sup>1,5</sup>, Shih-Hsun Hsu<sup>1</sup>, Shu-Yin Wang<sup>2</sup>, Da-Ji Huang<sup>3</sup>, Shih-King Sun<sup>4</sup>,  
Ming-Tsun Liao<sup>4</sup>, Wei-Tse Hsiao<sup>1</sup>, Sheng-Ming Hsu<sup>1</sup>, and Che-Jen Hsiao<sup>1</sup>

## Abstract

The objectives of this project are focused on re-utilization technology of livestock animal manure for planning centralized poultry manure power plants and biogas plants as well as proposes optimal strategies for low carbon emission localized livestock resource re-utilization. Both power plant and biogas plant can make animal manure to electricity, renewable energy (e.g. biogas or bio-methane), and organic fertilizers. Poultry litters are mostly used in farms which centralize at some regions nowadays, therefore, developing regional re-utilization models with low carbon emission is well needed. This research integrates the results of the economic benefit scenario analysis of power generation from poultry litters combust of laying hens or broilers in Taiwan. Investment is worth only if the government subsidizes related equipment or the purchased price for electricity. Moreover, government also needs to revise the regulations about raw material supplication, to make it possible to obtain poultry litters in lower price or for free. This study also compares the greenhouse gases (GHG) emission of different manure management methods: simple fermentation (A), compost turned with bucket loader (B), and compost with automatic turner (C). Results showed that the manure form method C was well-fermented with lowest GHG emission. Although method C produces some GHG from automatic turner, method C is the prior manure management method applied if the mechanical electricity cost could be reduced.

**Keywords:** Scenario analysis, Investment feasibility, Subsidy, Greenhouse gas (GHG).

---

1 Dept. of Animal Science and Technology, National Taiwan University.

2 Graduate Institute of Biotechnology, Chinese Culture University.

3 Dept. of Environmental Resources Management, Chia Nan University of Pharmacy and Science.

4 Sinotech Engineering Consultants Ltd.

5 Corresponding Author, Email: jjsu@ntu.edu.tw ; Tel: 02-33664142.