

我國中部地區發展分散式氣態生質能之潛力

林秋裕¹ 賴奇厚^{2*} 楊鎮源³ 蔡皓安³ 賴美蓉⁴

摘 要

中部地區的區域產業特色，例如畜牧與農業相對普及於北部地區，因此在考量減低民生電力需求上，優先考量採用可以利用廚餘、農畜廢棄物與糞便產製沼氣之方式，作為分散式氣態生質能源供應、使用，甚具意義。兩階段厭氧發酵反應，可同時產生氫氣與甲烷氣。若將氫氣與甲烷氣混合，則會形成另一種高熱質且潔淨的新能源-生質氫烷氣(bio-hythane)。本文統計中部地區的廚餘及禽畜糞等氣態生質能料源產量，分別評估台中市廚餘料源與彰化縣及雲林縣之禽畜糞料源的氣態生質能產製潛能與佔民生用電之比例。結果顯示，台中市以廚餘料源進行厭氧發酵產氫與甲烷，則每年發電量可達8,324,991 kWh，可取代台中市約0.33%的家戶用電量。若以雞糞、豬糞尿與牛糞為分散式氣態生質能源廠之料源，彰化縣以芳苑鄉、大城鄉、竹塘鄉最具建置潛能(超過民生用電100%)；雲林縣則以崙背鄉佔民生用電之比例最高(達112%)，較具建置氣態生質能源廠潛能。

關鍵詞：分散式能源、氣態生質能、廢棄物產能源

1. 前 言

隨著全球暖化問題日趨嚴重，「節能減碳」已成為全世界刻不容緩的環境使命，以致各國都積極推動抗暖化的綠色能源產業。電力供應則通常被視為影響能源使用，甚至導致環境議題的最重要的一環(林秋裕等，2012)。在台灣中部地區，大部分的電力來自傳統大型集中式的火力發電廠。對於耗電量大的工業區來說，其用電對環境造成的碳排放污染量程度更是可觀；因此提升工業區能源使用效率或能源供應方式，從節能減碳觀點而言，是個相當重要且有意義之議題。

集中供電式的電廠，以當今講求高效能以及節能的觀點看來，實不甚理想。相對地，

改以分散式能源(Distributed Energy)既可就近供應負載需求，亦可提高能源效率；若使用再生能源則更可降低污染排放。中部地區的區域產業特色，例如畜牧與農業相對普及於北部地區，因此在考量減低工業區電力需求上，優先考量採用可以利用工業區內有機廢水、農畜廢棄物與糞便產製沼氣之方式，作為分散式氣態生質能源供應、使用，甚具意義(蔣本基等，2011)。

2007年Gattrell and Gupta (Gattrell and Gupta, 2007)定義hythane是氫氣10-60% (v/v)與甲烷之混合氣體，此氣體加入內燃機燃燒時比天然氣燃燒具有許多優勢，例如增加燃燒效益：氫氣與甲烷混合(3：7以內)，燃燒效率可提高20-30%，既可減少燃料消耗，也顯

¹逢甲大學 環境工程與科學系 講座教授/兼綠色能源發展中心 主任

²逢甲大學 綠色能源科技碩士學位學程 助理教授

³逢甲大學 水利工程與資源保育學系 大學生

⁴逢甲大學 都市計畫與空間資訊學系 教授

*通訊作者, 電話: 04-24517250#6225, E-mail: chlay@fcu.edu.tw

收到日期: 2015年10月28日

修正日期: 2016年02月01日

接受日期: 2016年04月01日

著減少CO、CO₂以及氮氧化物等汙染物之排放(Alavandi and Agrawal, 2008)。因此，氫烷氣是未來最具潛力的氣態替代能源之一。目前文獻顯示，具最佳燃燒效益的氫烷氣組成爲甲烷44.8%、二氧化碳38.7%、氫氣16.5%(Porpatham *et al.*, 2007)。目前氫烷氣之產製均由天然氣經觸媒轉換而得，效率低且非屬永續燃料。氣態生質能源係將有機物質轉化成的氫氣、甲烷氣或是氫烷氣。傳統的厭氧程序在實廠應用上是以操作單一反應槽將水解酸化菌群與甲烷菌群共培養，來達到有機物的穩定化和生質氣體的回收，但這兩大微生物族群無論在生理特性、營養需求、生長動力特性，以及對於培養環境的敏感程度等皆有很大不同，故在操作運轉上維持消化效率的穩定性是仍需改善的問題。為了放大規模以推廣更廣泛的實際應用，在1971年由Pohland等人提出了兩階段式操作的反應槽，以各自最適化的環境分離培養水解酸化菌以及甲烷菌群，來加強整體程序的控制及消化表現的穩定性(鄭幸雄，2015)，亦可同時產生氫氣與甲烷氣。若將氫氣與甲烷氣混合，則會形成另一種高熱質且潔淨的新能源-生質氫烷氣(bio-hythane)。此種以厭氧微生物法來生產氣態生質能源的技術，是一種可以產出質、量兼具的bio-hythane biofuel永續製程(Cavinato *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010)；且具有低能耗、高能源效率與可處理廢棄物等優勢，故漸受各國重視(Mamimin *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2015)。另一方面，此種兩階段的厭氧發酵技術可利用有機廢棄物為料源，故可利用此技術配合各區域的有機廢棄物的料源特性，以建置適合各地的分散式氣態生質能場。國內利用生物性有機廢棄物產製氣態生質能源物質之技術均甚為成熟，將本土技術直接應用於本土料源而供在地使用，最合乎節能減碳之意義；也可以藉此形成新興產業(林秋裕等，2012)。

2. 我國氣態生質能源技術發

展現況

台灣開始利用厭氧消化處理汙泥大約是1965年開始，1965~1971年間推廣利用廚餘生質能源回收技術，當時興建許多厭氧消化槽處理廚餘。環保署統計資料顯示，全台一年廚餘回收量共約80萬公噸，佔所有廢棄物的比例為約35%，平均每月為66,267公噸。廚餘佔所有廢棄物的回收率為11.67%。廚餘的回收處理方式分為養豬處理、堆肥處理與其他處理方式。其中，養豬處理佔71.3%、堆肥處理為28.4%、其餘如掩埋與焚化則佔<1%。就掩埋而言，廚餘為高濃度有機物，造成掩埋場之高有機負荷及滲出水處理問題。如能將廚餘與農業廢棄物進行資源化回收biogas(沼氣)，既可避免焚化或掩埋所產生的二次污染問題，更符合21世紀資源永續經營之環保趨勢。

厭氧消化(厭氧發酵)早期以產甲烷為主。臺北市是全國最早推動廚餘回收再利用之都市，但並不適合發展廚餘養豬或堆肥之再利用方式。因此於2005年委託財團法人工業技術研究院，建構兩相式廚餘厭氧發酵模場及運轉操作。其發酵過程由酸化槽(3 m³)及甲烷槽(12 m³)串連而成，料源為廚餘，每天可產生質氣體20-22 m³，為台灣首座廚餘厭氧發酵模場。2010年屏東科技大學執行行政院環保署補助屏東縣政府計畫，於六塊厝水資源中心設置「廚餘厭氧發酵示範系統」，由該校環工系郭文健教授代為研發及操作。廚餘厭氧發酵所產出之生質氣體以沼氣發電機轉換成氣態生質能；厭氧發酵後之殘留物，固相為固肥提供能源作物栽培用(如狼尾草、芒草及油菜等)，液相為液肥提供水生植物栽培(如空心菜、水芙蓉及布袋蓮等)。

位於南臺灣的石安牧場，於2013年耗資3.5億元引進丹麥技術興建再生能源廠(圖1)，並於2014年正式運轉。該廠設計處理量為每日處理雞糞80公噸及160公噸的廢水，年處理量為2.92萬公噸雞糞與5.84萬公噸廢水。該再生綠能廠

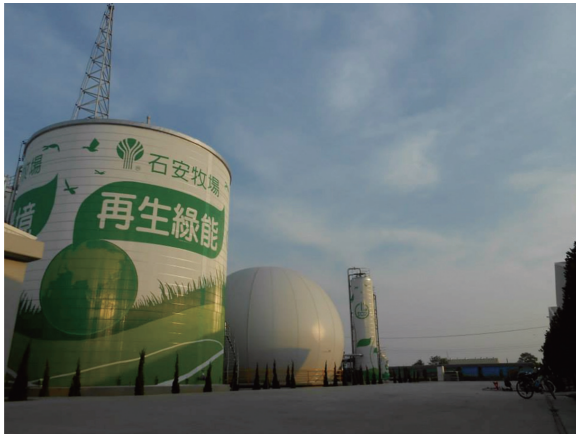


圖1 高雄石安牧場運用厭氧醱酵技術建造再生綠能廠

藉由厭氧消化產生沼氣，並全用於發電，而發電產生之餘熱則回收維持厭氧消化槽的溫度外，亦供給養雞場所需之熱能。此外，副產品沼液則供農業使用，而少量沼渣則作為堆肥的原料。估計每年可減少溫室氣體排放3.2萬公噸

CO_{2e}，約減少廠內75%的碳排放量(2013石安牧場永續發展報告書)。

逢甲大學綠色能源發展中心團隊，2005年起由經濟部能源局補助於2008年建造國內第一座「高速率厭氧生物產氫模場」，建立高速率厭氧產氫關鍵技術。2012年完成串連產氫、產甲烷、二氧化碳分離與養藻之整合系統，建立非糧料源之複合式生質能源整合技術。之後，整合高速率厭氧產氫技術與高速率厭氧產甲烷技術成功開發「高效率厭氧生物產製氫烷氣技術(Hydrogenation & Methanation Technology, HyMeTek)。該技術具有(1)高有機負荷處理能力、(2)低建置成本、(3)低污泥產出、(4)高COD (Chemical Oxygen Demand)降解效率及(5)高能源化效益等優勢。本團隊應用該項技術，已成功開發(1)桌上型氣態能源製造系統、(2)行動型氣態能源製造系統與(3)商轉型氣態能源



圖2 逢甲大學(1)桌上型氣態能源製造系統、(2)行動型氣態能源製造系統與(3)商轉型氣態能源製造系統等三種規模產品

製造系統等三種規模產品(圖2)。其中,桌上型規模產品已贈送印尼與越南等研究單位,行動型產品正推廣至東南亞市場,商轉型技術則於2013年在桃園南亞食品工廠完成建造「商業化氣態生質能源技術驗證廠」,成果經驗均屬世界領先。

3. 我國中部地區氣態生質能源含量

有機廢棄物包含廚餘、禽畜糞(尿)、食品廢棄物、下水道污泥等,因該等有機物質含量相當豐富,惟上開有機廢棄物含水量高,不適合併同一般垃圾進入焚化廠焚燒,遂將廚餘、禽糞(尿)等有機廢棄物透過生質技術轉換成生質能源,以儼然成為國內未來發展重點項目。

廚餘之有機成分包含碳水化合物、蛋白質及油脂類等,來源則為吃剩的食物殘渣,因所含之成份與人類的食物特性相似,故含有豐富的油脂及湯水,主成分為水分(70%~90%)以及有機物(10%~30%);後者如油脂、醣類(澱粉、纖維素等)、有機酸、蛋白質、核苷酸、木質素、骨頭等;也含有貝殼類及鈉鹽等無機物質(林學正與陳昭湘,2001)。廚餘中之木質素、骨頭、貝殼及油脂為微生物較不易分解代謝的物質。另外,畜牧產業每年所排放出的禽畜糞尿亦相對可觀。本文彙整中部地區(苗栗縣、台中市、彰化縣、南投縣與雲林縣)之廚餘與禽畜

糞尿之產量,做為評析氣態生質能源潛能之參考。

3.1 廚餘產量

依據「一般廢棄物回收清除處理辦法」定義,回收廚餘係指丟棄之生、熟食物及其殘渣或有機性廢棄物,並經主管機關公告之一般廢棄物。而不同於一般垃圾中之廚餘類,本項指的係於源頭(產出端)已回收分類者,依其再利用方式,可分成養豬廚餘(熟廚餘)、堆肥廚餘(生廚餘)兩類(產出端)。中部地區103年度總廚餘回收量達114,445公噸,其中堆肥廚餘16,529公噸、養豬廚餘97,728公噸、其他再利用則僅有188公噸,整體廚餘回收率有6.52%。而養豬廚餘佔所有再利用方式的70~94%,中部地區的平均佔比為85%。其中,以台中的廚餘產量最高,有46,657公噸,廚餘回收率為5.77%(表1)。

3.2 禽畜糞尿產量

家禽與畜牧飼養過程除提供人類食物來源外,同時產生可觀的排泄物,該等廢棄物如未妥善處理容易產生惡臭及廢水等二次污染問題。若能透過生質技術轉換回收能源,兼具能源及環保雙重效益。我國中部地區家畜類(豬、牛、羊)、家禽類(雞、鴨及鵝)之禽畜糞液的潛在數量調查推估如下。

3.2.1 豬糞尿

表1 中部地區103年度各縣市之廚餘產量及回收率

縣市別	堆肥廚餘 (公噸)	養豬廚餘 (公噸)	其他再利用 (公噸)	廚餘產量 (公噸)	廚餘回收率 (%)
臺中市	5,007	41,647	3	46,657	5.77
苗栗縣	3,582	9,146	—	12,728	7.23
彰化縣	1,193	18,128	—	19,321	4.93
南投縣	2,482	18,781	174	21,437	11.41
雲林縣	4,265	10,026	11	14,302	7.48
小計	16,529	97,728	188	114,445	6.52

*資料來源：行政院環保署環保統計資料庫。

依農委會統計資料顯示，102年飼養豬隻總飼養頭數將近581萬頭，以雲林縣、屏東縣及彰化縣為飼養大戶，飼養頭數達360萬頭，佔全國62%。中部地區即有260萬頭。豬糞產量係依豬糞產出因子1.5 kg/頭/日，中部地區每日豬糞產量約為3,919,560公斤；若豬糞資源再利用率為43% (表示豬糞剩餘率為57%)，則102年中部地區的豬糞尿潛在剩餘量約為每日2,234公噸(表2)。

3.2.2 牛糞

102年中部地區牛隻總飼養頭數將近5.2萬頭，以雲林縣及彰化縣為飼養大戶，飼養頭數達4.4萬頭，佔全中部地區的86%。牛糞產量依牛糞產出因子20 kg/頭/日，計算出中部地區每日牛糞產量為954,480公斤；若牛糞資源再利用率為20% (表示牛糞剩餘率為80%)，則102年中部地區的牛糞潛在剩餘量約為每日764公噸(表3)。

3.2.3 羊糞

102年台灣地區羊隻總飼養羊隻數逾16萬隻，飼養業群落以彰化縣、台南縣及高雄市為主。其中，中部地區總飼養羊隻數約為7萬隻，依羊糞產出因子20 kg/頭/日與資源再利用率為20% (表示牛糞剩餘率為80%)推估，102年中部羊糞剩餘量為1,108 噸/日(表4)。

3.2.4 家禽糞

參考國內外文獻，假設每隻雞每日排糞量約0.1公斤，鴨和鵝排糞量假設與雞排放量相同。此外，受清運及市場因素之影響，假設家禽糞尿有效獲取率為50%，另因家禽飼養環境與飼養方式之特性，在糞便處理較為單純，並以直接乾燥作為糞肥或堆肥處理為主，假設再利用率為70%，計算可得家禽糞之資源化再利用率 = $(1-70\%) \times 50\% = 15\%$ 。表5為彙整102年中部地區家禽糞產出情形，總飼養隻數逾4.6

表2 102年中部地區豬糞尿潛在剩餘量推估結果

縣市別	飼養豬隻數量 (頭)*	豬糞尿產出 因子(kg/頭/日)	豬糞尿產量 (公斤/日)	資源化再利用 率(%)	豬糞尿剩餘量 (公斤/日)
台中市	157,575	1.5	236,363	43	134,727
苗栗縣	66,324	1.5	99,486	43	56,707
南投縣	82,911	1.5	124,367	43	70,889
彰化縣	838,822	1.5	1,258,233	43	717,193
雲林縣	1,467,407	1.5	2,201,111	43	1,254,633
小計	2,613,039		3,919,560		2,234,149

*資料來源：農委會農業統計資料庫。

表3 102年中部地區牛糞潛在剩餘量推估結果

縣市別	飼養牛隻數量 (頭)*	牛糞產出因子 (kg/日/頭)	牛糞產量 (公斤/日)	資源化再利用 率(%)	牛糞剩餘量 (公斤/日)
台中市	3,722	20	74,440	20	59,552
苗栗縣	2,523	20	50,460	20	40,368
南投縣	1,050	20	21,000	20	16,800
彰化縣	28,535	20	570,700	20	456,560
雲林縣	11,894	20	237,880	20	190,304
小計	47,724		954,480		763,584

*資料來源：農委會農業統計資料庫。

表4 102年中部地區羊糞潛在剩餘量推估結果

縣市別	飼養羊隻數量 (頭) *	羊糞產出因子 (kg/日/頭)	羊糞產量 (公斤/日)	資源化再利用 率(%)	羊糞剩餘量 (公斤/日)
台中市	6,845	20	136,900	20	109,520
苗栗縣	6,531	20	130,620	20	104,496
南投縣	6,015	20	120,300	20	96,240
彰化縣	26,159	20	523,180	20	418,544
雲林縣	23,578	20	471,560	20	377,248
小計	69,128		1,382,560		1,108,956

*資料來源：農委會農業統計資料庫。

表5 102年中部地區家禽類潛在剩餘量推估結果

縣市別	飼養家禽數量*				產出因子 (kg/日/隻)	資源化再利 用率(%)	家禽糞剩餘 量(公斤/日)
	雞(隻)	鴨(隻)	鵝(隻)	總計(隻)			
台中市	2,377,251	90,334	30,482	2,498,067	0.1	15	212,336
苗栗縣	2,580,529	18,690	10,509	2,609,728	0.1	15	221,827
南投縣	4,176,950	379,386	18,381	4,574,717	0.1	15	388,851
彰化縣	23,689,215	1,316,961	74,983	25,081,159	0.1	15	2,131,899
雲林縣	9,706,024	979,378	819,587	11,504,989	0.1	15	977,924
小計	42,529,969	2,784,749	953,942	46,268,660			3,932,836

*資料來源：農委會農業統計資料庫。

億隻，家禽糞剩餘量每天約3,932噸。

4. 我國中部地區氣態生質能源之發電潛能

台灣現行的廚餘回收方式已臻成熟，未來若設置分散式氣態生質能發電廠，亦可透過目前廚餘收集方式進行運送，惟廚餘之產生量與居民人口分布息息相關，考量運輸成本，台中都會區應較適合採用廚餘作為氣態生質能源廠之主要料源；另依表2~表5的統計資料顯示，彰化縣及雲林縣之禽畜糞產量較高，故針對彰化縣及雲林縣，規劃以禽畜尿為主要料源的氣態生質能廠。同時推估該分散式氣態生質能廠之發電潛能佔民生用電之比例。

4.1 廚餘

依台中市統計資料庫顯示，104年10月

台中市都會區人口總數達2,738,553人，總戶數為705,722戶，以台電統計之平均家戶用電量298 kWh/戶/月計算，估計每年用電量達2,523,661,872 kWh。而台中市每年的廚餘產量有48,312噸，若應用兩階段之產氫與產甲烷技術處理廚餘，以每公噸廚餘可產生氫氣0.67 m³與甲烷氣56 m³計算(Tseng *et al.*, 2013)，每年之最大產氫與產甲烷量分別為32,369 m³與2,705,482 m³。氫氣可透過燃料電池發電(發電效率1.33 kWh/m³)，沼氣以沼氣發電機發電(發電效率：1.5 kWh/m³)，則每年發電量可達8,324,991 kWh，可取代台中市約0.33%的家戶用電量(表6)。

4.2 禽畜糞

本文探討有較高產量的農畜牧廢液(包括豬糞、牛糞與雞糞)之產製氣態生質能潛能。

表6 台中市以廚餘產製氣態生質能源之發電潛能

區域別	人口數 ^a	戶數 ^a	估計用電量 ^b (kWh/y)	廚餘產量 (噸/y) ^c	廚餘發電 效益 (kWh/y)	佔民生用電 量之供給 比例(%)
中區	19,103	7,887	28,203,912	451	77,686	0.28
東區	75,084	27,340	97,767,840	1,772	305,342	0.31
南區	121,515	46,719	167,067,144	2,868	494,162	0.30
西區	115,723	45,110	161,313,360	2,731	470,608	0.29
北區	147,360	58,453	209,027,928	3,478	599,265	0.29
西屯區	221,254	82,220	294,018,720	5,222	899,768	0.31
南屯區	163,935	59,574	213,036,624	3,869	666,670	0.31
北屯區	263,795	94,433	337,692,408	6,226	1,072,768	0.32
豐原區	166,635	52,615	188,151,240	3,933	677,650	0.36
東勢區	51,300	17,310	61,900,560	1,211	208,620	0.34
大甲區	77,702	22,700	81,175,200	1,834	315,989	0.39
清水區	86,093	26,388	94,363,488	2,032	350,112	0.37
沙鹿區	89,233	27,822	99,491,472	2,106	362,881	0.36
梧棲區	56,970	17,112	61,192,512	1,344	231,678	0.38
后里區	54,219	15,638	55,921,488	1,280	220,491	0.39
神岡區	65,158	18,881	67,518,456	1,538	264,976	0.39
潭子區	106,315	35,411	126,629,736	2,509	432,348	0.34
大雅區	93,509	28,324	101,286,624	2,207	380,270	0.38
新社區	25,107	7,509	26,852,184	593	102,102	0.38
石岡區	15,298	4,904	17,536,704	361	62,212	0.35
外埔區	31,818	9,372	33,514,272	751	129,393	0.39
大安區	19,578	5,400	19,310,400	462	79,617	0.41
烏日區	72,241	23,079	82,530,504	1,705	293,780	0.36
大肚區	56,534	16,949	60,609,624	1,334	229,905	0.38
龍井區	76,445	22,285	79,691,160	1,804	310,877	0.39
霧峰區	64,558	19,676	70,361,376	1,524	262,536	0.37
太平區	183,467	60,837	217,553,112	4,330	746,100	0.34
大里區	207,880	67,475	241,290,600	4,906	845,380	0.35
和平區	10,724	4,424	15,820,224	253	43,611	0.28
總計	2,738,553	705,722	2,523,661,872	48,312	8,324,991	0.33

^a資料來源：內政部統計處^b家戶用電量：298 kWh/戶/月(台電公司產銷概況)^c各區廚餘產量係依台中市總廚餘產量*(各區人口數/台中市總人口數)計算之

4.2.1 豬糞尿

若應用兩階段之產氫與產甲烷技術處理豬糞尿，沼氣產率 $25 \text{ m}^3/\text{噸}$ (離島地區廢棄物能資源化設施應用及焚化廠區域供冷熱媒合鏈結專

案工作計畫期末報告)。彰化縣養豬業以芳苑鄉、二林鎮、大城鄉為飼養大戶，全縣飼養頭數達83.8萬頭。102年彰化地區的豬糞尿電能效益約為 $119,276 \text{ kWh/d}$ (表7)。

雲林縣養豬業以麥寮鄉、二崙鄉、褒忠鄉

表7 102年彰化縣以豬糞尿產製氣態生質能源之發電效益

鄉鎮	數量	豬糞尿剩餘量 (kg/d)	沼氣產量 ^a (m ³ /d)	總能源效益 ^b (MJ/d)	電能效益 (kWh/d)
彰化市	4,001	3,421	86	2,048	569
鹿港鎮	2,582	2,208	55	1,322	367
和美鎮	4,500	3,848	96	2,304	640
線西鄉	3,510	3,001	75	1,797	499
伸港鄉	7,778	6,650	166	3,982	1,106
福興鄉	5,370	4,591	115	2,749	764
秀水鄉	37,584	32,134	803	19,239	5,344
花壇鄉	8,223	7,031	176	4,209	1,169
芬園鄉	7,462	6,380	160	3,820	1,061
員林鎮	9,533	8,151	204	4,880	1,356
溪湖鎮	32,360	27,668	692	16,565	4,601
田中鎮	15,375	13,146	329	7,870	2,186
大村鄉	20,133	17,214	430	10,306	2,863
埔鹽鄉	39,540	33,807	845	20,240	5,622
埔心鄉	22,176	18,960	474	11,352	3,153
永靖鄉	36,026	30,802	770	18,442	5,123
社頭鄉	5,535	4,732	118	2,833	787
二水鄉	3,892	3,328	83	1,992	553
北斗鎮	6,767	31,436	786	18,821	5,228
二林鎮	2,547	70,578	1,764	42,256	11,738
田尾鄉	3,978	63,251	1,581	37,869	10,519
埤頭鄉	9,649	25,350	634	15,177	4,216
芳苑鄉	213,182	182,271	4,557	109,128	30,313
大城鄉	77,025	65,856	1,646	39,429	10,953
竹塘鄉	31,422	26,866	672	16,085	4,468
溪州鄉	28,672	24,515	613	14,677	4,077
總計	838,822	717,193	17,930	429,392	119,276

*a 單位豬糞產沼氣量：25 m³/噸(中興工程顧問股份有限公司，2014)，b 沼氣熱值：5720 kcal/m³

及土庫鎮為飼養大戶，飼養頭數達145萬頭。102年雲林地區的豬糞尿電能效益約為208,657 kWh/d (表8)。

4.2.2 牛糞

彰化縣養牛業以福興鄉為飼養大戶，全縣總飼養頭數達2.8萬頭。102年彰化地區的牛糞尿電能效益約為54,670 kWh/d (表9)。

雲林縣養牛業以崙背鄉為飼養大戶，全縣

總飼養頭數達1.2萬頭。102年雲林縣的牛糞尿電能效益約為22,787 kWh/d (表10)。

4.2.3 雞糞

彰化縣養雞業以芳苑鄉及二林鎮為飼養大戶，全縣總飼養頭數達23,689,215頭。102年彰化地區的雞糞尿電能效益約為803,705 kWh/d (表11)。

雲林縣養雞業以崙背鄉及虎尾鎮為飼養大

表8 102年雲林縣以豬糞尿產製氣態生質能源之發電效益

鄉鎮	數量	豬糞尿剩餘量 (kg/d)	沼氣產量 ^a (m ³ /d)	總能源效益 ^b (MJ/d)	電能效益 (kWh/d)
斗六市	42,646	36,462	911.56	21,830	6,064
斗南市	22,451	19,196	479.89	11,493	3,192
水林鄉	71,163	60,844	1,521.11	36,428	10,119
虎尾鎮	73,694	63,008	1,575.21	37,724	10,479
西螺鎮	75,327	64,405	1,610.11	38,560	10,711
土庫鎮	115,200	98,496	2,462.40	58,971	16,381
古坑鎮	32,610	27,882	697.04	16,693	4,637
大埤鄉	46,075	39,394	984.85	23,586	6,552
北港鎮	6,086	5,204	130.09	3,115	865
莿桐鄉	9,962	8,518	212.94	5,100	1,417
林內鄉	48,942	41,845	1,046.14	25,053	6,959
二崙鄉	225,243	192,583	4,814.57	115,302	32,028
崙背鄉	96,853	82,809	2,070.23	49,579	13,772
口湖鄉	32,569	27,846	696.16	16,672	4,631
麥寮鄉	248,538	212,500	5,312.50	127,226	35,341
東勢鄉	62,742	53,644	1,341.11	32,118	8,922
台西鄉	21,112	18,051	451.27	10,807	3,002
元長鄉	65,476	55,982	1,399.55	33,517	9,310
四湖鄉	60,029	51,325	1,283.12	30,729	8,536
褒忠鄉	110,689	94,639	2,365.98	56,662	15,739
總計	1,467,407	1,254,633	31,366	751,164	208,657

*a 單位豬糞產沼氣量：25 m³/噸(中興工程顧問股份有限公司，2014)，b 沼氣熱值：5720 kcal/m³

戶，全縣總飼養頭數達9,706,024隻。102年雲林地區的雞糞尿電能效益約為329,297 kWh/d (表12)。

4.2.4 以禽畜糞產製氣態生質能源佔民生用電量之供給比例

若以雞糞、豬糞尿與牛糞為分散式氣態生質能源廠之料源，全彰化縣的總發電量為977,650 kWh/d，可供給26%的民生用電。其中，芳苑鄉、大城鄉、竹塘鄉佔民生用電之比例可超過100%，該三個鄉鎮最具建置以禽畜糞為料源之氣態生質能源廠的潛能(表13)。

若以雞糞、豬糞尿與牛糞為分散式氣態生質能源廠之料源，整個雲林縣的總發電量為560,741 kWh/d，可供給24%的民生用電。

其中，崙背鄉佔民生用電之比例最高，可達112%，以崙背鄉最具建置以禽畜糞為料源之氣態生質能源廠的潛能(表14)。

5. 分散式氣態生質能源的發展困境與建議

5.1 發展困境

上述結果顯示，我國可用來作為氣態生質能之料源充足，亦具有相關之技術。但分散式氣態生質能源的發展，仍有下列困境：

(1) 政策面

生質能源利用具有雙重效益，一方面可以去化廢棄生質物，一方面可以減少化石能源使

表9 102年彰化縣以牛糞產製氣態生質能源之發電效益

鄉鎮	數量	牛糞尿剩餘量 (kg/d)	沼氣產量 ^a (m ³ /d)	總能源效益 ^b (MJ/d)	電能效益 (kWh/d)
彰化市	659	10,544	189.79	4,545	1,263
鹿港鎮	238	3,808	69	1,642	456
和美鎮	350	5,600	101	2,414	671
線西鄉	3	48	1	21	6
伸港鄉	122	1,952	35	841	234
福興鄉	11,224	179,584	3,233	77,414	21,504
秀水鄉	2,751	44,016	792	18,974	5,271
花壇鄉	166	2,656	48	1,145	318
芬園鄉	655	10,480	189	4,518	1,255
員林鎮	9	144	3	62	17
溪湖鎮	134	2,144	39	924	257
田中鎮	980	15,680	282	6,759	1,878
大村鄉	-	-	-	-	-
埔鹽鄉	430	6,880	124	2,966	824
埔心鄉	-	-	-	-	-
永靖鄉	-	-	-	-	-
社頭鄉	-	-	-	-	-
二水鄉	-	-	-	-	-
北斗鎮	11	176	3	76	21
二林鎮	3,207	51,312	924	22,119	6,144
田尾鄉	62	992	18	428	119
埤頭鄉	50	800	14	345	96
芳苑鄉	6,588	105,408	1,897	45,439	12,622
大城鄉	725	11,600	209	5,000	1,389
竹塘鄉	152	2,432	44	1,048	291
溪州鄉	19	304	5	131	36
總計	28,535	456,560	8,218	196,811	54,670

*a 單位牛糞產沼氣量：18 m³/噸(中興工程顧問股份有限公司，2014)，b 沼氣熱值：5720 kcal/m³

用，降低溫室氣體排放，當前我國對於生質能源利用，較少有整合計畫，探討提升生質能源利用效率的示範，如區域生質能源中心之配合基礎建設與法規相當多，不是單一部會可以完成，有必要制訂整合型推動計畫，以增加政策成功機會。

(2) 經濟面

A. 生質能源料源供應來源不穩定及建置與集成成本高

透過不同生質能源技術之研發，強化生質能利用之潛力，並對於各項技術之經濟效益逕行評估。氣態生質能源廠需具一定規模才有經濟效益，故初期之建設成本高。另一方面，由於我國國土面積雖小，對於相關料源分布廣，若要開發分散式氣態能源廠，則需進一步評估最具經濟效益之蒐集範圍。

B. 市場競爭導致料源成本高

廚餘與禽畜糞等生質能料源因具再利用價

表10 102年雲林縣以牛糞產製氣態生質能源之發電效益

鄉鎮	數量	牛糞尿剩餘量 (kg/d)	沼氣產量 ^a (m ³ /d)	總能源效益 ^b (MJ/d)	電能效益 (kWh/d)
斗六市	0	-	-	-	-
斗南市	1,470	23,520	423	10,139	2,816
水林鄉	0	-	-	-	-
虎尾鎮	0	-	-	-	-
西螺鎮	0	-	-	-	-
土庫鎮	0	-	-	-	-
古坑鎮	0	-	-	-	-
大埤鄉	0	-	-	-	-
北港鎮	0	-	-	-	-
莿桐鄉	0	-	-	-	-
林內鄉	0	-	-	-	-
二崙鄉	0	-	-	-	-
崙背鄉	8,187	130,992	2,358	56,467	15,685
口湖鄉	2,237	35,792	644	15,429	4,286
麥寮鄉	0	-	-	-	-
東勢鄉	0	-	-	-	-
台西鄉	0	-	-	-	-
元長鄉	0	-	-	-	-
四湖鄉	0	-	-	-	-
褒忠鄉	0	-	-	-	-
總計	11,894	190,304	3,425	82,035	22,787

*a 單位牛糞產沼氣量：18 m³/噸(中興工程顧問股份有限公司，2014)，b 沼氣熱值：5720 kcal/m³

值，故目前尚屬有價料源。若欲作為氣態生質能之料源，則須與目前市場競爭，可能導致料源成本提高，進而影響氣態生質能源之產製成本。

C. 需降低生質能與傳統化石能源之成本差異

厭氧發酵後的沼渣、沼液可作為後續堆肥產品，可直接施肥於田，但受到法令(肥料法、資源回收再利用法、土壤處理標準及地下水污染防治法等)限制，使得業者去化受阻，無法提高副產品之再利用價值。再者，應盡快實施碳稅交易，以提高生質能源之經濟效益，降低開發成本。

D. 生質能源之躉購電價無法反映成本

依據目前我國再生能源躉購電價，沼氣發電雖逐年提升，應參採其他國家以溢價方式購

電(購/售點價比率大於100%)，以鼓勵沼氣發電。

(3) 法規面

為將生質能源副產物有效再利用與提高附加價值，我國正研擬「資源循環利用法」規劃整併「廢棄物清理法」與「資源回收再利用法」二法，強化資源回收、循環再生之理念，以物質生命週期循環為基礎，自物質進入生產製造、再使用、回收、再利用至最終妥善處置，納入5R精神包括：A.減量(Reduce)：源頭減量，減少製造端之原料使用量及消費端之廢棄資源產生量。B.再使用(Reuse)：物品丟棄前應予以再使用。C.回收再利用(Recycle)：將廢棄資源資源化為可用之物質。D.能源回收(Energy Recovery)：無法再利用者，進行能源

表11 102年彰化縣以雞糞產製氣態生質能源之發電效益

鄉鎮	數量	雞糞剩餘量 (kg/d)	沼氣產量 ^a (m ³ /d)	總能源效益 ^b (MJ/d)	電能效益 (kWh/d)
彰化市	250,590	21,300	1,278.01	30,606	8,502
鹿港鎮	349,300	29,691	1,781	42,663	11,851
和美鎮	18,880	1,605	96	2,306	641
線西鄉	259,200	22,032	1,322	31,658	8,794
伸港鄉	51,300	4,361	262	6,266	1,740
福興鄉	167,400	14,229	854	20,446	5,679
秀水鄉	221,770	18,850	1,131	27,086	7,524
花壇鄉	12,341	1,049	63	1,507	419
芬園鄉	318,300	27,056	1,623	38,876	10,799
員林鎮	50,274	4,273	256	6,140	1,706
溪湖鎮	105,000	8,925	536	12,824	3,562
田中鎮	117,738	10,008	600	14,380	3,995
大村鄉	462	39	2	56	16
埔鹽鄉	850,320	72,277	4,337	103,856	28,849
埔心鄉	29,300	2,491	149	3,579	994
永靖鄉	169,200	14,382	863	20,666	5,740
社頭鄉	242,700	20,630	1,238	29,643	8,234
二水鄉	1,000	85	5	122	34
北斗鎮	990,494	84,192	5,052	120,976	33,605
二林鎮	3,578,964	304,212	18,253	437,125	121,424
田尾鄉	266,690	22,669	1,360	32,573	9,048
埤頭鄉	1,305,200	110,942	6,657	159,414	44,282
芳苑鄉	8,940,500	759,943	45,597	1,091,969	303,325
大城鄉	2,593,592	220,455	13,227	316,774	87,993
竹塘鄉	2,385,200	202,742	12,165	291,322	80,923
溪州鄉	413,500	35,148	2,109	50,504	14,029
總計	23,689,215	2,013,583	120,815	2,893,337	803,705

*a 單位雞糞產沼氣量：60 m³/噸(中興工程顧問股份有限公司，2014)，b 沼氣熱值：5720 kcal/m³

回收。E. 國土再造(Land Reclamation)。

(4) 技術面

未來可依據區域性有機料源特性，開發分散式氣態能源工廠。國際上雖已有農業廢棄物、廚餘與都市汙泥之共醱酵技術的實績，我國慣用國際大廠技術，缺乏本土建廠技術。惟需依據我國區域料源特性，開發本土的複合料源的共醱酵技術，以建置高效率之生質能電廠。

5.2 建議

對於目前之發展困境，建議如下：

(1) 創造有利經濟誘因及條件

考量相關推動須各部會配合，建議應加強跨部會協商頻率及力度，藉以整合相關推動資源，創造合適生質能推動環境。初步建議之推動措施為「提高經濟誘因」，茲說明如下：

建議能源主管機關、目的事業主管機關及

表12 102年雲林縣以雞糞產製氣態生質能源之發電效益

鄉鎮	數量	雞糞剩餘量 (kg/d)	沼氣產量 ^a (m ³ /d)	總能源效益 ^b (MJ/d)	電能效益 (kWh/d)
斗六市	444,000	37,740	2,264.40	54,229	15,064
斗南市	353,900	30,082	1,805	43,224	12,007
水林鄉	742,500	63,113	3,787	90,687	25,191
虎尾鎮	937,600	79,696	4,782	114,516	31,810
西螺鎮	319,800	27,183	1,631	39,060	10,850
土庫鎮	437,800	37,213	2,233	53,472	14,853
古坑鎮	817,650	69,500	4,170	99,866	27,740
大埤鄉	779,700	66,275	3,976	95,230	26,453
北港鎮	251,900	21,412	1,285	30,766	8,546
莿桐鄉	80,135	6,811	409	9,787	2,719
林內鄉	275,000	23,375	1,403	33,588	9,330
二崙鄉	521,700	44,345	2,661	63,719	17,700
崙背鄉	1,943,000	165,155	9,909	237,313	65,920
口湖鄉	331,579	28,184	1,691	40,498	11,249
麥寮鄉	251,960	21,417	1,285	30,774	8,548
東勢鄉	-	-	-	-	-
台西鄉	489,400	41,599	2,496	59,774	16,604
元長鄉	324,000	27,540	1,652	39,572	10,992
四湖鄉	161,800	13,753	825	19,762	5,489
褒忠鄉	242,600	20,621	1,237	29,631	8,231
總計	9,706,024	825,012	49,501	1,185,468	329,297

*a 單位雞糞產沼氣量：60 m³/噸(中興工程顧問股份有限公司，2014)，b 沼氣熱值：5720 kcal/m³

環保主管機關等單位初期應提供投入生質物能源化產業鏈之有利經濟誘因及條件，建立消費市場及生質產業；待生質物能源化於市場逐漸具競爭力後，再考量退場機制。

A. 獎勵補助措施

包括規劃提供生質物料源集運或貯存之補助或協助、事業投入生質物能源化設備效率提升(如發電等)或二氧化碳排放減少之獎勵補助、檢討提高再生能源電能躉購費率中生質能源費率、研議熱能利用、燃氣利用或運輸燃料使用之補貼可行性、規劃區域既有及規劃能源供應網絡(電網、熱冷網、氣網、運輸燃料加氣站等)連結生質物能源化設備之補助，以及提供技術及應用研發補助，如開發產業技術計畫、中小企業創新研發計畫、創新科技應用與服務

計畫及其他等。

B. 租稅減免措施

包括規劃投入生質物能源化事業之稅額減免或扣減優惠(如新興重要策略性產業優惠、購買設備與技術投資抵減優惠、進口設備免稅等)、給予投入生質物能源化事業之優惠資金融貸、低利貸款、延長還款期限等財務金融協助措施，以及研析排碳稅、燃料稅制等環境稅制導入之可行性。

(2) 健全法令及配套措施

A. 檢討修正及新訂相關法令(如訂定厭氧消化沼渣沼液施用於農地之標準)，以降低生質物能源化發展障礙。

B. 配合生質物能源化應用型態需求，視需求公告促進使用，擴大市場使用需求。

表13 102年彰化縣以禽畜糞產製氣態生質能源佔民生用電之供給比例

鄉鎮	人口數	估計用電量 (kWh/d)	電能效益(kWh/d)				佔民生用電 量之供給 比例(%)
			雞糞	豬糞尿	牛糞	小計	
彰化市	234,947	745,954	8,502	569	1,263	10,333	1.39
鹿港鎮	86,275	237,506	11,851	367	456	12,674	5.34
和美鎮	90,931	259,220	641	640	671	1,951	0.75
線西鄉	17,065	42,842	8,794	499	6	9,299	21.70
伸港鄉	36,221	94,734	1,740	1,106	234	3,080	3.25
福興鄉	47,669	124,455	5,679	764	21,504	27,947	22.46
秀水鄉	39,352	103,863	7,524	5,344	5,271	18,139	17.46
花壇鄉	45,867	135,977	419	1,169	318	1,906	1.40
芬園鄉	24,011	68,341	10,799	1,061	1,255	13,115	19.19
員林鎮	124,653	382,294	1,706	1,356	17	3,078	0.81
溪湖鎮	55,735	159,152	3,562	4,601	257	8,420	5.29
田中鎮	42,569	128,796	3,995	2,186	1,878	8,058	6.26
大村鄉	36,412	107,350	16	2,863	-	2,878	2.68
埔鹽鄉	33,045	89,311	28,849	5,622	824	35,295	39.52
埔心鄉	34,899	103,019	994	3,153	-	4,147	4.03
永靖鄉	38,128	107,439	5,740	5,123	-	10,863	10.11
社頭鄉	43,557	126,710	8,234	787	-	9,021	7.12
二水鄉	15,715	53,004	34	553	-	587	1.11
北斗鎮	33,208	103,724	33,605	5,228	21	38,854	37.46
二林鎮	52,038	147,172	121,424	11,738	6,144	139,306	94.65
田尾鄉	27,649	78,106	9,048	10,519	119	19,686	25.20
埤頭鄉	30,928	88,585	44,282	4,216	96	48,593	54.85
芳苑鄉	34,461	100,416	303,325	30,313	12,622	346,260	344.83
大城鄉	17,610	52,915	87,993	10,953	1,389	100,334	189.61
竹塘鄉	15,739	45,942	80,923	4,468	291	85,682	186.50
溪州鄉	30,590	88,417	14,029	4,077	36	18,142	20.52
總計	1,289,274	3,775,243	803,705	119,276	54,670	977,650	25.90

^a資料來源：內政部統計處^b家戶用電量：298 kWh/戶/月(台電公司產銷概況)

C. 配合生質物能源化應用型態需求，研訂相關標準規範。(如訂定燃料標準、車輛相容性規範、車輛排放標準等)。

D. 提供單一服務窗口，加快民間投資流程。

(3) 建構區域生質能源中心，推動區域能源整合系統

A. 因地制宜興設厭氧消化廠

(a) 都會區興建廚餘厭氧消化廠

考量都會地區人口稠密、缺乏其他合適生質料源，故建議選擇興建廚餘專用厭氧消化廠。此推動方式由清潔隊負責相關清運工作，可仿效垃圾隨袋徵收方式，提高廚餘回收率。

(b) 興建共消化厭氧消化廠

中、南部禽畜糞蘊含量豐富，有禽畜糞處理問題，故建議以廚餘為保證交付噸數，興建

表14 102年雲林縣以禽畜糞產製氣態生質能源佔民生用電之供給比例

鄉鎮	人口數	估計用電量 (kWh/d)	電能效益(kWh/d)				佔民生用電 量之供給比 例(%)
			雞糞	豬糞尿	牛糞	小計	
斗六市	108,262	370,722	15,064	6,064	-	21,128	5.70
斗南市	45,778	156,231	12,007	3,192	2,816	18,016	11.53
水林鄉	26,679	101,062	25,191	10,119	-	35,310	34.94
虎尾鎮	70,405	240,208	31,810	10,479	-	42,289	17.61
西螺鎮	47,08	143,825	10,850	10,711	-	21,561	14.99
土庫鎮	29,546	91,565	14,853	16,381	-	31,234	34.11
古坑鎮	32,478	108,551	27,740	4,637	-	32,377	29.83
大埤鄉	19,809	67,000	26,453	6,552	-	33,005	49.26
北港鎮	41,297	158,000	8,546	865	-	9,412	5.96
莿桐鄉	29,363	91,973	2,719	1,417	-	4,135	4.50
林內鄉	18,921	58,805	9,330	6,959	-	16,289	27.70
二崙鄉	28,165	88,943	17,700	32,028	-	49,728	55.91
崙背鄉	25,652	84,443	65,920	13,772	15,685	95,377	112.95
口湖鄉	28,673	95,390	11,249	4,631	4,286	20,166	21.14
麥寮鄉	44,034	138,193	8,548	35,341	-	43,889	31.76
東勢鄉	15,582	57,236	-	8,922	-	8,922	15.59
台西鄉	24,756	86,976	16,604	3,002	-	19,606	22.54
元長鄉	26,988	93,204	10,992	9,310	-	20,303	21.78
四湖鄉	24,980	88,824	5,489	8,536	-	14,025	15.79
褒忠鄉	13,441	43,766	8,231	15,739	-	23,970	54.77
總計	654,809	2,364,918	329,297	208,657	22,787	560,741	23.71

^a資料來源：內政部統計處^b家戶用電量：298 kWh/戶/月(台電公司產銷概況)

厭氧消化設備，並開放收受其他適合厭氧消化處理之生質廢棄物(如禽畜糞)，藉以擴大參與誘因，吸引公民營機構及國營事業投入。可由清潔隊負責廚餘清運工作，而禽畜糞則由產源方(畜牧業者)自行或共組合作社來負責清運。

盡快建立跨部會協商溝通合作機制，優先推動屬環保署職掌之廢棄生質物能源化，藉以達到污染防治及能源再利用之效益，對象包括廚餘(含廢食用油)、水肥及下水污泥。再農委會協商合作，將禽畜糞(豬、牛、羊、雞、鴨、鵝)與農林剩餘資材及納入規劃，以發揮生質廢棄物能源化最大效益。

B. 規劃生質廢棄物收集運送方式減少能源消

耗

考量目前禽畜糞受限缺乏合適集運方式而無法完整利用，故建議各目的事業主管機關及地方應依其權責進行評估及規劃，必要時應建置相關後勤系統(含集運、貯存及前處理)，如資材可考慮造粒減積、相關運輸工具燃料亦可考慮使用生質柴油或壓縮天然氣，以降低能源消耗。

C. 厚植本土化建廠技術

各縣市先評估合適料源與行政區或特定產業鏈，以示範型式推動建構區域生質能源中心，且視情況整合轄內能源產出及使用，據以建置區域能源整合系統。為使地方推動有更多

資源可使用，建議以促參(Build-Own-Operate, BOO/Build-Operate-Transfer, BOT)、能源服務公司(Energy Service Company (ESCO)及中央挹注相關基金(水污費、空污費)等方式據以推動。

6. 結 論

台灣地小人稠，又缺乏能源自主，以厭氧醱酵技術產製氣態生質能源具有可有效處理廢棄物與產製綠色能源之雙重目的，更應積極規劃與建置分散式氣態生質能源廠。我國可依據區域料源特性，規劃適合該區域之氣態生質能源發電廠。在能源主管機關、目的事業主管機關及環保主管機關等單位初期提供投入生質物能源化產業鏈之有利經濟誘因及條件下，以扶植我國生質產業逐漸茁壯。再藉由我國雄厚之研發與製造能力，進軍生質能源料源豐富的東南亞地區，讓此新興產業，變成台灣的明日之星。

參考文獻

- 2013石安牧場永續發展報告書，2014，http://www.shihanfarm.com.tw/csr_1.asp?cat=1。
- 中興工程顧問股份有限公司，2014，離島地區廢棄物能資源化設施應用及焚化廠區域供冷熱媒合鏈結專案工作計畫，行政院環境保護署專案計畫，台北。
- 內政部統計處，<http://www.moi.gov.tw/stat/index.aspx>，2015年11月1日。
- 台灣電力公司產銷概況，<http://www.taipower.com.tw/content/govern/govern01.aspx?MType=5&MSType=14>，2015年11月2日。
- 林學正、陳昭湘，2001，廚餘發酵為有機堆肥之初步可行性研究。台肥月刊 二月號: 39-43
- 林秋裕、賴奇厚、吳柔賢，2012，淺談厭氧生物產氫技術，國家石材雜誌，第113期，pp. 32-37。
- 農委會農業統計資料庫，<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx>，2015年11月1日。
- 蔣本基、張慶源、林秋裕，2011，推廣農林及都市與事業廢棄物之生質能源應用策略規劃，行政院環境保護署專案計畫，台北。
- 鄭幸雄，2015，兩段式高溫厭氧生物共消化程序開發應用，中工高雄會刊 第22卷 第2期。
- 環境保護署環保統計資料庫，<http://210.69.101.110/epa/stmain.jsp?sys=100>，2015年11月1日。
- Alavandi S and Agrawal A, 2008, Experimental study of combustion of hydrogen-syngas/methane fuel mixtures in a porous burner, *International Journal of Hydrogen Energy* 33(4), 1407-1415.
- Cavinato C, Fatone F, Bolzonella D, Pavan P, 2010, Thermophilic anaerobic co-digestion of cattle manure with agro-wastes and energy crops: Comparison of pilot and full scale experiences, *Bioresource Technology*, 101(2), 545-550，
- Costa JC, Oliveira JV, Pereira MA, Alves MM, Abreu AA, 2015, Biohythane production from marine macroalgae *Sargassum* sp. coupling dark fermentation and anaerobic digestion, *Bioresource Technology* 190, 251-256
- Gattrell M, Gupta N, 2007, Electrochemical reduction of CO₂ to hydrocarbons to store renewable electrical energy and upgrade biogas, *Energy Conversion and Management*, 48(4), 1255-1265.
- Lee D.Y., Ebie Y., Xu K.Q., Li Y.Y., Inamori Y., 2010, Continuous H₂ and CH₄ production from high-solid food waste in the two-stage thermophilic fermentation process with the

- recirculation of digester sludge. *Bioresour. Technol.* 101:p. 542-547.
- Mamimin C, Singkhala A, Kongjan P, Suraraksad B, Prasertsane P, Imaif T, O-Thong S, 2015, Two-stage thermophilic fermentation and mesophilic methanogen process for biohythane production from palm oil mill effluent, *International Journal of Hydrogen Energy* 40(19), 6319-6328.
- Porpatham E, Ramesh A, Nagalingam B, 2007, Effect of hydrogen addition on the performance of a biogas fuelled spark ignition engine, *International Journal of Hydrogen Energy* 32(12), 2057-2065.
- Tseng YT, Chi YC, Leu HJ, Lay CH, Chen CC, Lin CY, 2013, Using room temperature stored kitchen waste for hydrogen production by anaerobic fermentation. *Asia BioHydrogen & BioEnergy 2013 & Asia Bio-HyLinks meeting*, Osaka, Japan, November 22-24.

Potential Study for Developing Distributed Bio-gaseous Energy Plant in Central Taiwan

Chiu-Yue Lin¹ Chyi-How Lay^{2*} Zhen-Yuan Yang³ Hao-An Cai³ Mei-Jung Lai⁴

ABSTRACT

According the industrial characteristics of the central Taiwan, such as animal husbandry and agriculture is relatively popular compared with the northern Taiwan. Therefore, to consider reducing electricity demand on people's livelihood, it is very meaningful to use food waste, farm livestock waste to produce the bio-gaseous energy as energy source for a decentralized bio-gaseous plant. Two-stage anaerobic fermentation technology could produce bio-hydrogen and methane simultaneously. Mixing hydrogen and methane would become a new fuel-bio-hythane which has high heating value. This study summarized the annual amounts of kitchen waste and livestock waste to analyze the bio-gaseous energy production potential in central Taiwan. The results showed that the kitchen waste from Taichung city could be covert into bio-hydrogen and methane to generate annual power of 8,324,991 kWh, which could replace 0.33% of electricity consumption on people's livelihood. Using livestock waste including chicken drop, pig manure and cow dung to be the feedstock of bio-gaseous energy production system in Changhua County and Yunlin County. Fangyuan, Dacheng, and Chutang townships in Changhua county have the most potential to using bio-gaseous energy to replace the more than 100% of electricity for the livelihood in the townships. Moreover, the replace ratio could reach about 112% on Lenbei township in Yunlin county.

Keywords: Distributed Energy, bio-gaseous energy, waste to energy

¹ Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Feng Chia University.

² Assistant Professor, Master's Program of Green Energy Science and Technology, Feng Chia University.

³ Student, Department of Water Resources Engineering and Conservation, Feng Chia University.

⁴ Professor, Department of Urban Planning and Spatial Information, Feng Chia University.

*Corresponding Author: Phone: +886-4-24517250#6225, E-mail: chlay@fcu.edu.tw

Received Date: October, 28, 2015

Revised Date: February 1, 2016

Accepted Date: April 1, 2016