

# 全球氣候變遷下畜牧業節能減碳策略

蘇忠楨  
台灣動物科技研究所應用動物組

<http://www.youtube.com/watch?v=ZwEMKecU8ks&feature=related>

# 吃素救地球?!

維持生態平衡

Be Veg! Go Green!  
Save The Planet

<http://classes.yes123.com/2009/10/how-to-stop-climate-change.html>

## 永續能源政策綱領— 節能減碳行動方案

### 貳、政策目標

一、節能：  
每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上。


二、減碳：  
全國二氧化碳排放減量，於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量。

台灣經濟論衡  
2008.10\_Vol. 6\_No. 10

## 主要溫室氣體

- ü 甲烷[Methane (CH<sub>4</sub>)]
- ü 二氧化碳[Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>)]
- ü 氧化亞氮[Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O)]


Ø 甲烷→二氧化碳→植物、藻類吸收  
Ø 二氧化碳→植物、藻類吸收  
Ø 氧化亞氮→????

ATIT 

## 能源環境稅開徵首年汽油多8.96元

【2009.10.19 聯合報/記者賴昭穎、許玉君/台北報導】

### 開徵能源稅10年內對油價影響



年次	汽油 (元/公升)	柴油 (元/公升)
開徵	8.96	6.13
第1年	10.87	8.09
第2年	12.78	10.05
第3年	14.69	12.01
第4年	16.60	13.97
第5年	18.51	15.92
第6年	20.42	17.88
第7年	22.33	19.84
第8年	24.24	21.80
第9年	26.15	23.76
第10年		

註：表列金額僅為能源稅額，仍需依當時價格另加上每公升油價。  
資料來源/中經院 製表/許玉君

賦改會研擬新版能源及環境稅，今天即將出爐！  
溫室氣體稅額定為每公噸二氧化碳七百五十元，並建議全面開徵；  
未來加計能源稅後，開徵第一年，每公升汽柴油將課徵各八點九  
六元與六點一三元的能源與環境稅，且逐年增加。

## 綠能產業盼課徵能源稅 鼓勵台灣發展替代能源

2009.10.20中央廣播電台(撰稿·編輯：劉靜瑛)



賦改會19日開會討論能源稅及環境稅，財政部次長張盛和會後表示，將優先推動能源稅與環境稅中的溫室氣體稅，預估最快明年立法，2011年推動。

## 聯合國FAO對於畜牧業溫室氣體減量措施

(Chapter 3, Livestock's Long Shadow---environmental issues and options, LEAD/FAO, 2006)

AITT



### 聯合國FAO對於溫室氣體減量措施

1. 減碳與降低二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放：
  - ☐ 強化農業生產效率以降低伐林。
  - ☐ 恢復耕地土壤之有機碳源。
  - ☐ 利用植樹回復由受損草地所流失之土壤有機碳。
2. 藉由改善效率與飼養降低腸內發酵甲烷(CH<sub>4</sub>)排放：
  - ☐ 利用更好之營養與遺傳育種方式，以提升畜牧生產效率。
  - ☐ 使用飼料添加劑或補充品以改善飼料之消化率。
  - ☐ 增加飼料中澱粉或可快速發酵碳水化合物之比例，以降低CH<sub>4</sub>之生成。
  - ☐ 改善管理方式也可以提升生產效率，並降低溫室氣體排放(US-EPA)：包括改善放牧管理、土壤測試後添加土壤改良劑與肥料、牛飼糧中補充必要之營養素、提供適當水源與保護水質及改善基因性狀與繁殖效率等。
  - ☐ 其他技術：包括刺激醋酸生成菌之生長，以降低氫氣之產生、由反芻動物瘤胃清除原生動物、以疫苗方式降低甲烷生成菌量等。

### 聯合國FAO對於溫室氣體減量措施

3. 藉由改善糞便管理與沼氣利用降低CH<sub>4</sub>排放：
  - ☐ 提升飼料中C/N比可以降低CH<sub>4</sub>之排放：高含N飼料會放出較高之CH<sub>4</sub>。
  - ☐ 降低糞尿儲存溫度可以降低CH<sub>4</sub>之排放：將糞尿由室內儲存槽移(溫度較高)至室外儲存槽(溫度較低)。
  - ☐ 利用厭氣消化槽產生沼氣(65%CH<sub>4</sub>與35%CO<sub>2</sub>)，可以直接燃燒用於加熱或照明、使用改造過之鍋爐去啟動內燃機或發電機。厭氣消化後之沼液與沼渣，可以施用於稻田，降低農地CH<sub>4</sub>之排放。在熱帶地區也可以使用沼氣燃燒驅動空調系統。厭氣消化也可以降低動物糞便之臭氣並殺死病原菌。
  - ☐ 利用好氣堆肥處理也可以降低CH<sub>4</sub>之排放。

### 聯合國FAO對於溫室氣體減量措施

4. 降低氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)排放與氨氣(NH<sub>3</sub>)揮發之技術：
  - ☐ 提供適量之飼料蛋白質或胺基酸以降低N<sub>2</sub>O排放：將不同年齡或階段之動物分別集中飼養，依不同階段動物提供不同蛋白質含量之飼料。
  - ☐ 利用密閉式桶槽儲存動物糞便或在開放儲存槽表面覆蓋一層天然覆蓋物。
  - ☐ 糞便先儲存6個月或經過厭氣消化槽處理後，再施用在草地可以降低N<sub>2</sub>O排放。
  - ☐ 將糞泥迅速注入淺層土壤中，也會降低排放至大氣中的氮達50%。
  - ☐ 作物輪種方式可以使不同農作物有效利用土壤中之氮源，減少N<sub>2</sub>O排放。
  - ☐ 糞便儲存時，若添加硝化作用(nitrification)抑制劑(NIs)，可以降低施用與儲存階段之N<sub>2</sub>O排放。
  - ☐ 改善土壤物理性以降低土壤濕度，可以顯著減少N<sub>2</sub>O排放。

## 吃素救地球？！



Be Veg! Go Green!  
Save The Planet

<http://pleasestay.blogspot.com/2009/10/how-to-stop-climate-change.html>

### 牲畜比汽車產生更多溫室氣體

聯合國糧食及農業組織 (FAO) 指出，牲畜產生的溫室氣體比汽車還要多，各國必須採取措施遏止這種趨勢。  
糧農組織在這份題為《**牲畜的巨大陰影：環境問題與選擇**》(Livestock's Long Shadow-Environmental Issues and Options) 的報告中說，牲畜飼養業快速發展，牲畜產生的溫室氣體已經超過了汽車。如果用二氧化碳的排放量衡量，牲畜比汽車排放多18%；如果用一氧化二氮衡量，則人類活動(包括飼養牲畜)釋放的一氧化二氮65%來自牲畜、一氧化二氮的「全球變暖潛勢」(Global Warming Potential) 則是二氧化碳的296倍。  
此外，人類活動產生的甲烷，37%來自反芻牲畜的消化道，甲烷的溫室效應是二氧化碳的23倍；人類活動產生的氨有64%來自牲畜，氨是導致酸雨的重要原因之一。  
牲畜不僅產生溫室氣體效應，而且與森林爭地，目前地球土地面積30%都被牲畜飼養業佔用；全球可耕地中，33%被用於種植牲畜飼料作物。牲畜飼養業還導致了土地和水質的品質退化。  
糧農組織正尋求解決問題的辦法，目前的方案包括：改進飼料從而減少甲烷、**建立生物工廠加強對牲畜糞便的迴圈利用**、提高牲畜飼養和飼料種植的效率、加強牧場合理化管理、利用定價和徵稅調節畜牧業、加強植樹造林、加強土地和水資源管理等。

摘錄自11月29日聯合國網站新聞中心

### 澳計劃開展減少牛羊甲烷排放的研究

澳大利亞將啟動一項利用袋鼠消化道內的菌群，減少牛、羊甲烷排放的研究計劃。

甲烷是一種溫室氣體。澳大利亞昆士蘭州政府基礎工業部長蒂姆·馬爾赫林當天發表聲明說，很多人沒有意識到，牛、羊排出了大量甲烷，對地球的氣候造成影響。在澳大利亞，牛、羊打嗝等行為排出的甲烷佔澳洲溫室氣體排放總量的14%。

馬爾赫林說，昆士蘭州將研究能否把袋鼠消化道內的菌群移植到牛、羊體內，利用該菌群產生甲烷量較少的特點，降低牛、羊的甲烷排放。昆士蘭州將為此撥款71萬美元，整個研究項目為期3年。

據專家介紹，袋鼠菌群之所以可能幫助降低牛、羊的甲烷排放，是因為把它們移植到牛、羊消化道內後，將會殺死牛、羊消化道內原先大量產生甲烷的細菌，並取而代之。

科學界一直存在牛、羊要為全球變暖負部分責任的觀點。有研究發現，牛、羊等動物打嗝、直腸排氣所排出的甲烷，佔全球甲烷排放量的約20%。

摘錄自2009年4月7日新華網報導

### 飲水加大蒜精 牛少放甲烷

溫室效應有20%，來自畜牧業，特別是牛排出的甲烷，有科學家發現，只要在牛喝的水當中，添加大蒜精，就可以大幅減少牛身上排出，對環境有害的物質。

很難想像，可愛的牛竟然是造成地球溫室效應的元兇之一，因為，只要牛兒反芻打嗝或放屁，空氣裡就充滿了甲烷，製造牛飼料的過程，也會排放大量二氧化碳，為了地球著想，專家想出了這招解決辦法，在牛喝的水裡添加大蒜精，減少牛消化系統中、會產生甲烷的細菌。

牛的第一個胃是用來消化牧草的，而牧草在牛的胃裡發酵時，會產生甲烷，其中有80%會透過牛的打嗝，散發到空氣中，不過，加了大蒜精的水會影響乳牛的乳品質，目前，這也是環保專家們所遇到的最大難題。

專家警告，未來的100年地球會增加攝氏4.5度，如果，全球年產量高達150萬噸的大蒜，會有助於畜牧業的碳中和，也肯定將有效遏止地球暖化

摘錄自2009年9月15日民視報導

### 動物糞便---污染物或是資源



A TIT

### 沼氣成份

甲烷(Methane)	60~80%
二氧化碳(Carbon Dioxide)	16~38%
氮氣(Nitrogen Gas)	1~2%
氫氣(Hydrogen Gas)	1%
硫化氫(Hydrogen Sulfide)	0.2~0.5%
水氣(Moisture)	0.2%



A TIT

### 減排溫室氣體 歐盟加入甲烷市場化伙伴計畫

歐盟執委會9月25日加入美國等20個國家共同減少溫室氣體甲烷排放的行列，共同研發甲烷收集再利用的方式，並推廣以甲烷為燃料源。

甲烷為天然氣的主要成分，佔所有人類活動所排放之溫室氣體總量的16%。作為溫室氣體的一種，甲烷把太陽熱能保留在地表的能力，是二氧化碳的20倍之譜；然而若能將垃圾掩埋場、煤礦場與動物養殖所產生的甲烷收集起來，甲烷便成為乾淨燃料。



摘譯自2007年9月25日ENS美國，華府報導；蔡泰怡編譯；蔡麗伶審校

### 世界沼氣工廠之市場評估

未來所有能源混合將是具有可再生性與永續性，因此再生能源的生產與保存，將是下個20年成長最快速的能源市場領域。世界性能源市場量將由2007年的958億美金增加到2010年的1,244億美金，並將在2015年達到1,981億美金(Helmut Kaiser University, 2008)。

預測未來世界沼氣工廠市場德國仍將站在領導地位，2015年起德國、中國、美國、印度及日本等國將大幅發展沼氣市場。中國將繼德國之後成為世界第二大沼氣工廠市場，美國也緊追在後。德國沼氣單元在2005年生產29億kWh的電力或約等於太陽能電池的3倍發電量。新電廠承諾將生質能源推展到一個新的水準，即使用所有標準化模組將可以生產2萬kWh電力，德國Nawaro公司之沼氣單元可以滿足一個小城市的電力需求(Herder, 2007)。

A TIT

**經濟部溫室氣體減量資訊網**

積極推動再生能源，提高自主能源比例

1. 風力發電：目前國內風力發電累計裝置容量為37.66萬瓩（共198座機組），年發電量約10.17億度電，可供25萬4千戶家庭用電，能源貢獻度為25萬公秉油當量，可有效減少60.39萬公噸的二氧化碳。
2. 太陽光電：目前國內包括陽光屋頂、陽光校園、偏遠離島緊急防災之累計設置系統達408件，裝置容量達4,291kW，年發電量達515萬度，約可減少3,280公噸二氧化碳排放。
3. 太陽能熱水器：經濟部能源局補助安裝太陽能熱水器累積設置量已達178萬平方公尺，約43.3萬戶，普及率達5%，全年可節省530萬桶20公斤家用液化石油氣，減少35萬噸二氧化碳排放。
4. 生質燃料：目前我國亦積極推廣生質燃料使用之生質柴油及生質酒精，自97年7月15日全面販售添加1%生質柴油之專用柴油，預計1年可減少3,820萬公升的化石柴油使用，相當於100萬桶的進口石油，並且可減少溫室氣體CO<sub>2</sub>排放達12.6萬噸/年。  
資料公佈日期2009/3/26

**畜牧廢棄物資源回收利用情形----丹麥**



丹麥 Ribe 沼氣廠內厭氣發酵槽(中間)及糞泥等原料儲存槽(左)外觀



**Ribe 沼氣工廠(Ribe Biogas Ltd.)**

在 Ribe 鎮的沼氣廠，沼氣廠經理 Mrs. Lisbeth Ljungström。該廠於1989~1990年間建造完成，並於1990年開始運作，目前本沼氣廠為 Ribe Biogas 公司所有，設廠投資金額為45.3百萬克郎，政府計畫經費補助12.9百萬克郎，歐洲經濟社團(EEC, European Economic Community)經費補助4.8百萬克郎。

該公司是由許多提供糞泥之農場、一個提供有機廢棄物之食品加工廠、地方電力公司及兩個投顧公司所共同擁有。

該沼氣廠主要之發酵原料為動物糞便(352噸/天)來自69個畜牧場，集運車最長運輸距離為11公里。



**Ribe 沼氣工廠(Ribe Biogas Ltd.)**

- 其他還包括屠宰場之動物內臟、食品廠與魚加工廠之可消化油脂有機廢棄物、製藥廠及家禽屠宰場之廢棄物等共同發酵以生產沼氣。
- 厭氣消化溫度約為53°C，保證持續維持停留時間4小時，以確定被消化後所剩餘之生物污泥符合衛生要求。生物污泥為無病原菌、具營養之液體肥料，將被送回農場施用於農地。
- 所生產之沼氣經由低壓管路系統，傳送到在 Ribe 地區新的汽電共生(CHP, Combined Heat and Power Production)廠。
- 自1996~1997年起，該汽電共生廠可以供應整個 Ribe 市所需要之電力與熱能。



丹麥 LinkoGas 沼氣廠內沼氣儲存袋槽(左)及沼氣脫硫(右)設施外觀



畜牧廢棄物資源回收利用情形----日本



ATT



日本北海道帶廣畜產大學牛糞厭氣醱酵(左)及沼氣脫硫設備(右)

ATT



日本北海道大學動物糞便厭氣醱酵槽(右上)、沼氣儲存袋(左下)及沼氣脫硫設備(左上)

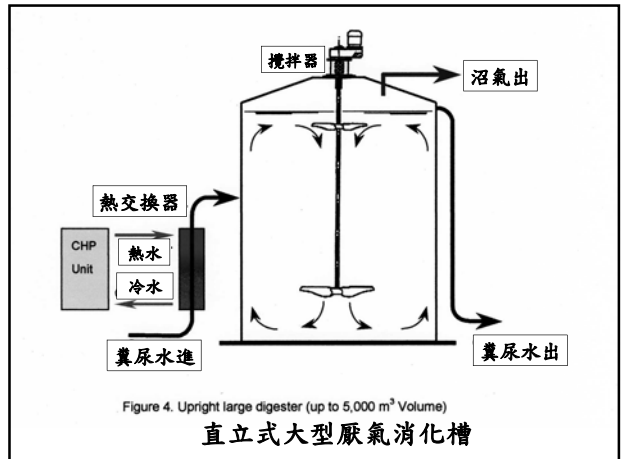


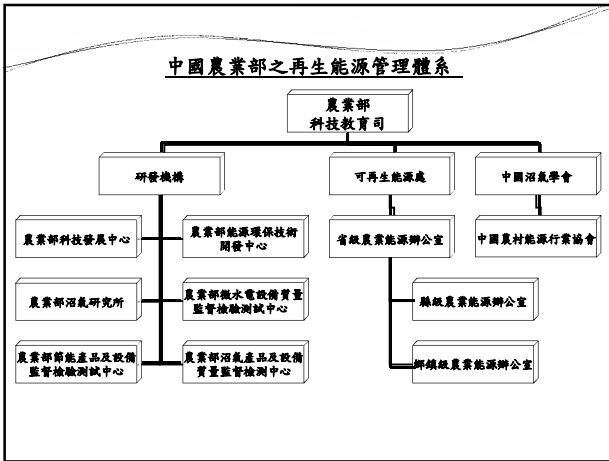
Figure 4. Upright large digester (up to 5,000 m<sup>3</sup> Volume)  
直立式大型厭氣消化槽



日本酪農學園大學牛糞厭氣醱酵槽(左上)、沼氣發電機組(左下)及沼氣脫硫設備(右)



ATT



### 中國政府對於沼氣業在2010及2020年之目標

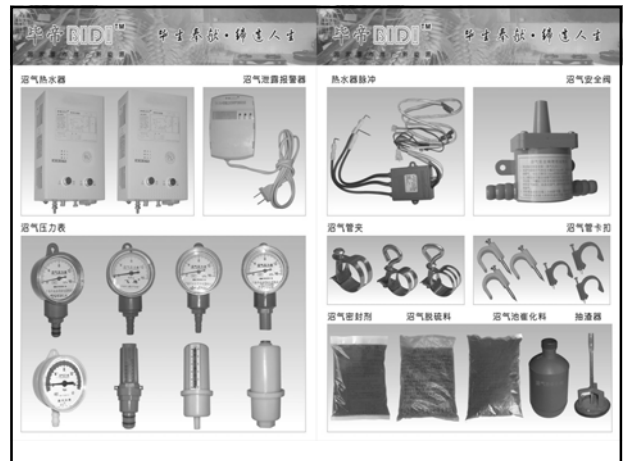
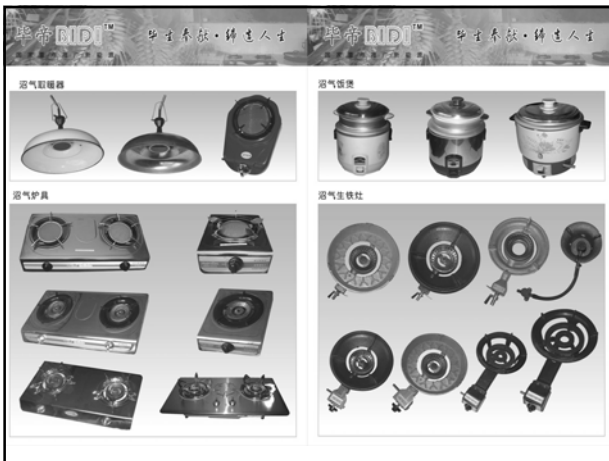
	2010年	2020年	資料來源	備註
再生能源佔全部能源生產之比例	10%	16%	中國電力法規監督評議會(CERC)	
生質能源佔全部再生能源之比例	18.4%	18.5%	中國電力法規監督評議會(CERC)	
沼氣總產量		2.4 × 10 <sup>11</sup> 立方公尺	國家電網公司(State Grid Company)	比2006年增加3倍
掩埋場沼氣	0.2GW	1GW	國家發展改革評議會(NDRC)	580個中100個具潛力之沼氣單元
農業與工業中大型沼氣生產	0.8GW 4700個沼氣單元	3GW	國家發展改革評議會(NDRC)	
都市廢水及衛生污泥處理所產生之沼氣	1.00 × 10 <sup>10</sup> 立方公尺		農業部(MOA)	
鄉村小型家庭規模所產生之沼氣	1.1 × 10 <sup>10</sup> 立方公尺 2.3 × 10 <sup>9</sup> 個沼氣單元	1.8 × 10 <sup>10</sup> 立方公尺 5.6 × 10 <sup>9</sup> 個沼氣單元	國家發展改革評議會(NDRC) 農業部(MOA)	

### 中國養豬、養牛及養雞場規模摘要

動物形式	全部豬、牛、雞場			大型規模之豬、牛、雞場			
	動物總和(10 <sup>6</sup> )	糞便量(10 <sup>6</sup> 噸/年)	尿液量(10 <sup>6</sup> 噸/年)	牧場數量	動物總和(10 <sup>6</sup> )	糞便量(10 <sup>6</sup> 噸/年)	尿液量(10 <sup>6</sup> 噸/年)
豬	233.9409	139.4288	230.0575	5254	39.6714	23.6442	39.0129
乳牛	5.8212	57.3681	25.4969	1485	0.8505	8.3814	3.7251
肉牛	15.2273	355.7097	183.4128	1485	1.3802	32.2415	16.6245
蛋雞	1419.5547	62.1765	0.00	593	49.2025	2.1551	0.00
雞	4122.7354	64.3147	0.00	1715	6.07604	947.86	0.00
總和	5797.2795	37899.78	438.9673	10532	698.7088	7590.07	59.3624

### 中國沼氣市場之規模型式

型式	豬隻在養頭數(頭)	母雞在養數(10,000)	雞隻在養數(10,000)	乳牛在養頭數(頭)	牛隻在養頭數(頭)
中型沼氣廠	3,000	5-20	10-40	200-600	500-1,200
大型沼氣廠	>10,000	>20	>40	>600	>1,200



### 北京德青源生態園2兆瓦雞糞沼氣發電工程

農業部大型沼氣示範項目  
 聯合國發展計畫署/全球環境基金  
 (UNDP/GEF) 大型沼氣發電技術示範工程



處理能力：雞糞212噸/天  
 沼氣產量：700萬立方米/年  
 沼氣發電裝機容量：2兆瓦  
 沼氣發電量：1,400萬千瓦時/年  
 沼渣沼液：年產沼肥18萬噸  
 減排溫室氣體：每年80,000噸CO<sub>2</sub>當量

發酵設備：德國利浦公司  
 發電技術：美國通用公司

<http://www.hzeec.com/ncv2.asp?Id=9>

### 山東民和牧業3兆瓦沼氣發電工程

世界銀行專案，國內規模最大、首個  
 完成CDM交易的農業沼氣發電工程



處理能力：雞糞500噸/天，污水500噸/天  
 沼氣產量：1,000萬立方米/年  
 沼氣發電裝機容量：3兆瓦  
 沼氣發電量：2,000萬千瓦時/年  
 減排二氧化碳氣體：每年85,000噸CO<sub>2</sub>當量

<http://www.hzeec.com/ncv2.asp?Id=10>

### 內蒙古蒙牛澳亞牧場1兆瓦沼氣發電工

農業部大型沼氣示範項目  
 聯合國發展計畫署/全球環境基金  
 (UNDP/GEF) 大型沼氣發電技術示範工程

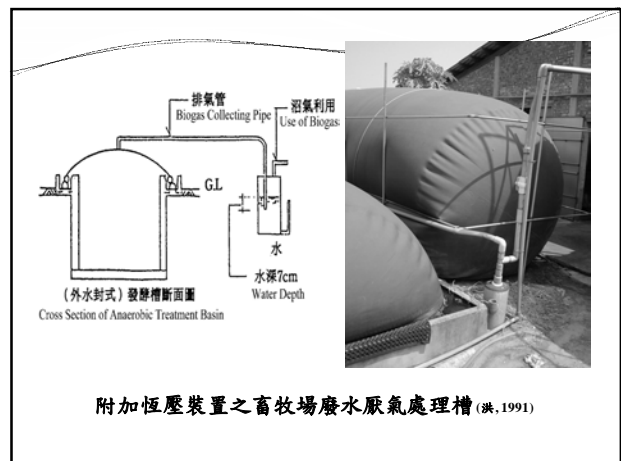
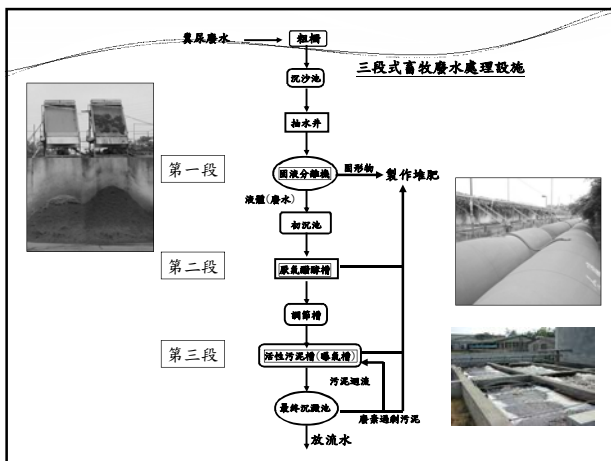


飼養量：10,000頭奶牛  
 處理能力：牛糞280噸/天，TS18%  
 沼氣產量：400萬立方米/年  
 發電量：800萬千瓦時/年  
 年產有機複合肥：8,000噸/天，沼液18萬噸/年  
 減排溫室氣體：每年35,000噸CO<sub>2</sub>當量


<http://www.hzeec.com/ncv2.asp?Id=8>

### 畜牧廢棄物資源回收利用情形----台灣

AITT



附加恆壓裝置之畜牧場廢水厭氣處理槽 (洪, 1991)




### 沼氣成份

甲烷(Methane)	60~80%
二氧化碳(Carbon Dioxide)	16~38%
氮氣(Nitrogen Gas)	1~2%
氫氣(Hydrogen Gas)	1%
硫化氫(Hydrogen Sulfide)	0.2~0.5%
水氣(Moisture)	0.2%


**畜牧場厭氣槽產生之沼氣中硫化氫濃度檢測**

- A牧場：3,600 ppm
- B牧場：3,500 ppm
- C牧場：4,000 ppm
- D牧場：≈ 4,000 ppm
- E牧場：≈8,000 ppm(冬季)





### 硫化氫與二氧化硫VS沼氣利用

- ü 巴西之研究報告也指出，利用三種廢棄物經厭氣消化所產生之沼氣，其平均成分為甲烷(40~75%)、二氧化碳(24~40%)、硫化氫(0.1~0.5%)及氮氣(0.1~0.5%)等，因為沼氣中含硫化氫經燃燒後會產生含硫之氧化物(二氧化硫、三氧化硫及硫酸根)，皆被視為與空污有關之污染物(Salomom and Silva Lora, 2009)。
- ü 內燃機製造廠限制沼氣中硫化氫之濃度為10ppm(或0.0001%)。
- ü 巴西也訂定二氧化硫排放國家標準(24小時內)：一級標準為365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二級標準為100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1ppm = 2,620  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )。沼氣中氮氣經燃燒後所產生之氮氧化物也被視為有害健康與環境之污染物。




### 未經脫硫之沼氣可以發電利用嗎?

可以!!  
但是要經常更換發電機引擎、發電機馬達及勤換機油等，也會產生刺鼻臭味。


### 硫化氫與二氧化硫VS健康

- ü 硫化氫濃度在1ppm即可以被嗅覺察覺，硫化氫在低濃度(<10 ppm)對眼睛及呼吸道具刺激性。暴露在中濃度硫化氫(10-50 ppm)下，可能會導致頭痛、頭暈、視力模糊、嘔吐等。暴露在硫化氫70~150ppm數小時，即會有輕度症狀。若暴露在硫化氫400~700ppm達30分鐘，即會發生危險。若暴露在硫化氫濃度超過700ppm，在30分鐘內即會致命(Hamburg, 1989)。
- ü 沼氣中之硫化氫經燃燒後會產生二氧化硫，美國環保署已經於2009年12月8日訂定新的空污標準，要求環境空氣中之二氧化硫排放濃度須符合法規之標準，即24小時內二氧化硫不得超過50~100ppb (US EPA, 2009)。




### 硫化氫VS健康


- ü 職業安全與健康管理局(OSHA)規定，空氣硫化氫濃度上限值為20 ppm，但是沼氣中硫化氫濃度約為2,000ppm。(台灣畜牧場沼氣之硫化氫濃度在2,000~4,000ppm，冬季沼氣中硫化氫濃度多高於4,000ppm)
- ü 聯合國環境署(United Nations Environmental Programme, UNEP)再生能源專案之沼氣系統指引中特別說明，沼氣必須要有硫化氫去除裝置，才能燃燒利用 ([http://www.energy-base.org/fileadmin/media/base/downloads/tools\\_EDD/edd\\_biogas.pdf](http://www.energy-base.org/fileadmin/media/base/downloads/tools_EDD/edd_biogas.pdf))。



### 台南縣養豬場沼氣發電實例



- ü 民國82年起農委會補助沼氣發電共380台，沼氣回收發電使用，可使用沼氣發電機來發電，但沼氣需先經過純化再利用。
- ü 沼氣發電機零件包括：二手汽車引擎、水箱、排氣管、發電機及控制箱等。使用報廢汽車之引擎，建議以裕隆2000C.C汽油引擎為佳，經整理後購買費用約為2-3萬元，引擎機油建議使用柴油引擎專用機油。
- ü 維護保養：引擎如遇熱燒掉後需磨缸或更換新引擎，磨缸費用約為2萬元，建議直接換新的二手引擎，從82年運作至今共更換過至少3個引擎。運作100個小時約等於汽車跑5000公里，夏天約10天更換機油一次，冬天約1.5個月更換機油一次。柴油機油1桶20公升(1,500元)，一次更換機油約4公升，一桶約可更換5次，因此每月更換機油成本為2,500元。
- ü 牧場每月電費約5萬多元，併行使用沼氣發電後電費降至4萬元左右。採用併聯式發電，夏天每日發電10-12小時，冬天每日發電約3小時，使用25匹馬力(約為20KW)發電機。







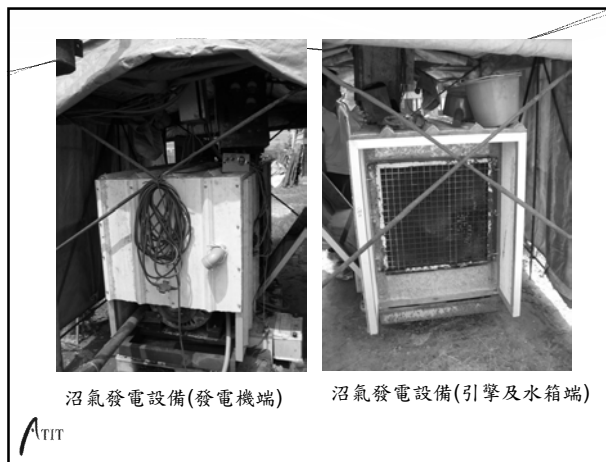
汽油引擎沼氣發電設備



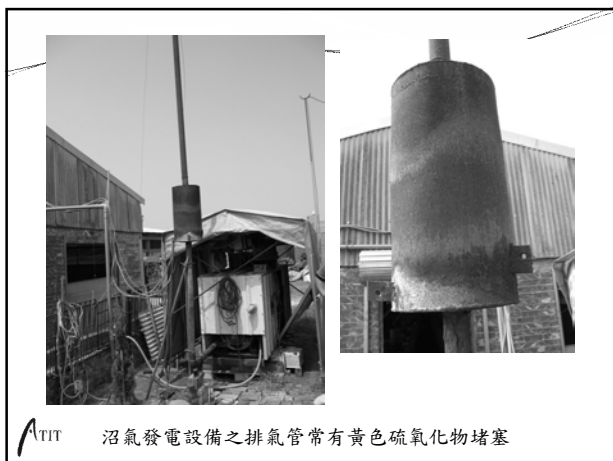
填充式洗滌塔設備

### 苗栗縣海口養豬場沼氣發電實例

◡ 沼氣發電機零件包括：二手汽車引擎、水箱、排氣管、發電機及控制箱等。使用報廢汽車之引擎，為ISUZU 2,700C.C. 柴油引擎，引擎機油建議使用柴油引擎專用機油。  
 ◡ 維護保養：夏天約7天更換機油一次，冬天沼氣都提供紅外線保溫燈使用所以沒有發電。沼氣先經過廢棄機油槽過濾後(會產生黃色塊狀物沉澱)，才進入沼氣發電機使用。  
 ◡ 牧場冬季每月電費約3萬5千多元，夏季使用沼氣發電後電費降至2萬多元左右，每月機油等保養費用約2,000元。夏天每日發電10-12小時，使用30匹馬力可達70-80A(約為40-45KW)發電機。原在養頭數約1,200頭，目前在養900頭，發電使用已達十多年之久。  
 ◡ 沼氣發電時會產生難以忍受之臭氣，人畜均感到身體不適，此為沼氣未脫硫之故。



沼氣發電設備(發電機端)      沼氣發電設備(引擎及水箱端)



沼氣發電設備之排氣管常有黃色硫氧化物堵塞

### 苗栗縣崎頂養豬場沼氣發電實例

◡ 沼氣發電機零件包括：二手汽車引擎、水箱、排氣管、發電機及控制箱等。使用報廢汽車之引擎，為裕隆2,400C.C. 柴油引擎(6缸)，引擎機油建議使用柴油引擎專用機油。截至目前為止，共更換4個引擎、2個發電機及10個穩壓器。  
 ◡ 維護保養：夏天約7天更換機油一次，冬天沼氣都提供紅外線保溫燈使用所以沒有發電。沼氣原先是使用氧化鐵脫硫，目前沼氣完全無脫硫。冬季雖無發電但是未避免硫化氫腐蝕引擎，每隔2-3天仍需發動發電機一次，每次10分鐘。  
 ◡ 牧場冬季每月電費約2萬5千多元，夏季使用沼氣發電後電費降至1萬多元左右。夏天每日發電7-8小時，使用30kW發電機。目前在養2,000頭，發電使用已達十多年之久。夏季沼氣中硫化氫濃度=2,000 mg/L。



柴油引擎沼氣發電設備

### 沼氣為什麼必須脫硫(desulfurization)才能利用?

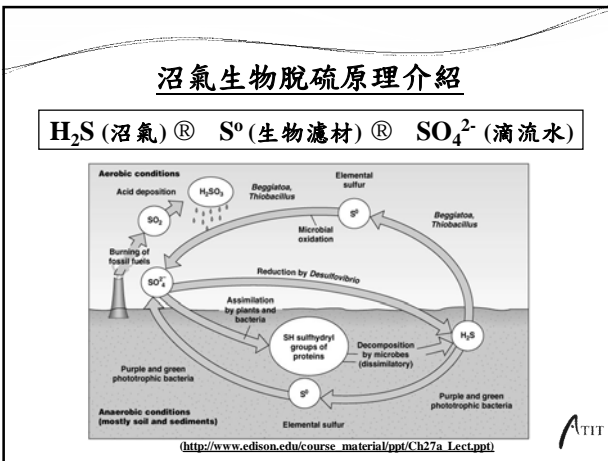
1. 硫化氫與二氧化硫皆會腐蝕引擎與金屬
2. 硫化氫與二氧化硫皆具毒性
3. 二氧化硫會造成環境中之酸雨

### 沼氣純化方法

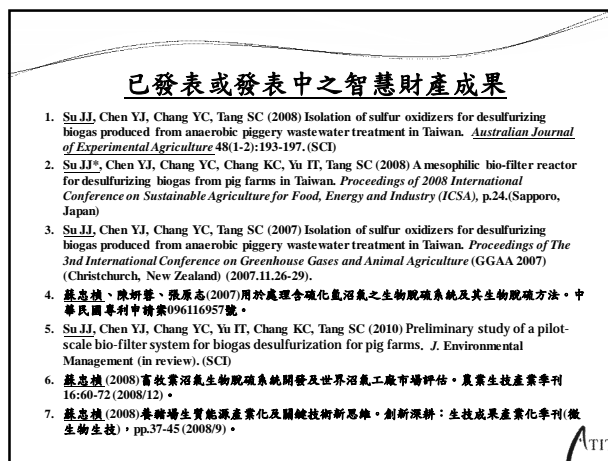
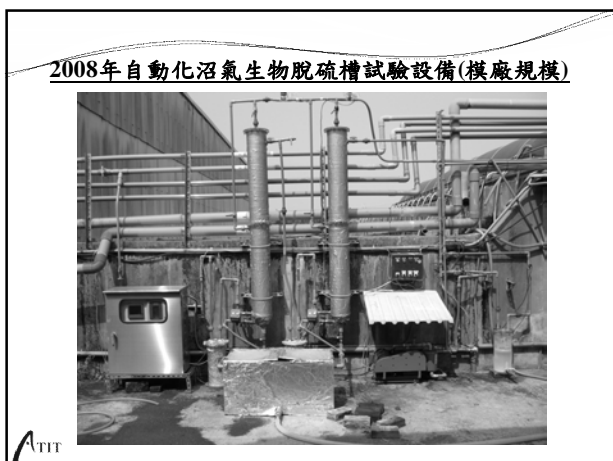
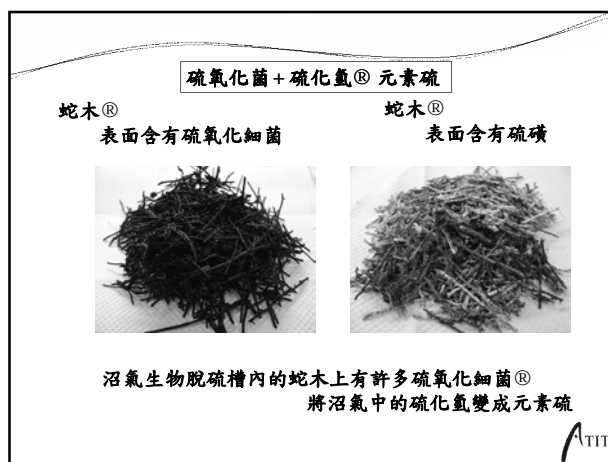
1. 乾式氧化法: (Kapdi et al., 2005)
  - (1) 固體吸收法(Physical Absorption): 顆粒狀氧化鐵、石灰吸收H<sub>2</sub>S → Batch方式處理。
  - (2) 使用空氣與氧氣導入沼氣系統: 2H<sub>2</sub>S + O<sub>2</sub> → 2S<sup>0</sup> + H<sub>2</sub>O (氧氣濃度在6-12%)
2. 液體吸收法(Liquid Absorption):
  - (1) 物理高壓吸收法: 沼氣+水 → 壓縮(60-70 kg/cm<sup>2</sup>) → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S溶於水中。
  - (2) 物理低壓吸收法: 沼氣 → 液態鹼性溶液(NaOH) → 吸收CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>S
  - (3) 化學吸收法: (Kapdi et al., 2005) 沼氣 → FeCl<sub>3</sub>直接加入污泥中 → 吸收H<sub>2</sub>S
3. 生物脫硫法(Bio-desulfurization): (Syed et al., 2006)
  - (1) 生物洗滌槽(Bioscrubber)
  - (2) 生物濾床(Biofilter) → 動科所研發(Su et al., 2008)
  - (3) 生物滴濾塔(Biotrickling filter)

### 沼氣純化方法之比較

	乾式氧化	液體吸收	生物脫硫
原理	利用氧化鐵或金屬氧化物以去除硫化氫，其效率為100公克氧化鐵僅能吸收20公克硫化氫。	以水洗方式去除硫化氫，經過多次水洗後，水中之硫化氫呈飽和，再以空氣將硫化氫驅出。	利用硫氧化菌之降性可將硫化氫氧化成元素硫及硫酸鹽，因此沼氣中之硫化氫經硫氧化菌後之氣化會轉變成元素硫(即硫磺)或硫酸鹽。
優、缺點	優點: 1. 設置成本較低。 缺點: 1. 需要經常更換氧化鐵吸劑。 2. 氧化鐵吸劑硫化效率僅達20%，且需定期之溫度與濕度。 3. 氧化鐵吸劑可以再生，但需經過數次再生使用後，仍需要新氧化鐵吸劑，造成含硫廢棄物之後續處理問題。 4. 使用後之吸劑再生成本較高。	優點: 1. 除硫速度較快。 2. 設置成本較低。 缺點: 1. 操作成本較高，為生物脫硫法之40倍。 2. 需要耗費大量的自來水。 3. 產生大量廢水。 4. 同時耗費電力能源以驅動兩個循環水及通風機。 5. 水洗吸劑後水中之硫化氫呈飽和，再以空氣將硫化氫驅出，所以會造成空氣污染。 6. 夏季氣溫高時水洗效果較差(因為氣體溶解度較低時差)。	優點: 1. 操作簡單且已經自動化。 2. 操作成本較低，為填充式洗滌塔之1/40。 3. 生物脫硫之產物為硫磺與硫酸鹽，分別為主要之化工原料及化學肥料成分。 4. 對於環境無污染。 5. 硫化氫去除效率高達90%以上。 6. 不需要複雜的濾材。 缺點: 1. 設置成本較高。 2. 本學需引進電機維修保養。
佔比(%)	早期工研院曾試用，目前畜試所繼續推廣。	台灣多使用填充式洗滌塔。(因為2009年生物脫硫技術才開始產業化)。	國外生物脫硫、填充式洗滌塔及氧化鐵皆曾使用。台灣則採用填充式氧化鐵。
操作成本	中	高	極少

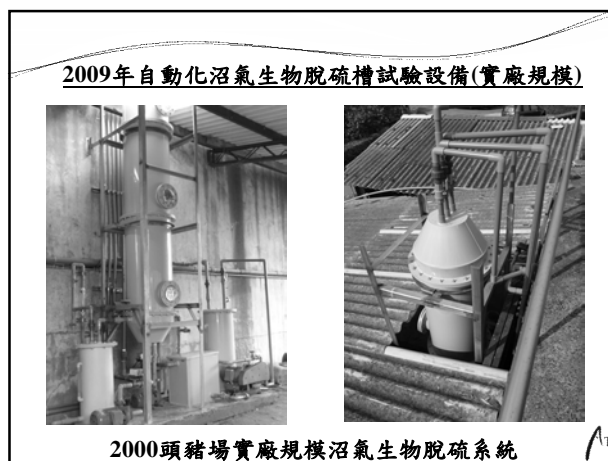


- ### 動科所研發沼氣生物脫硫系統紀要
- 2006年在平順牧場設置簡易生物脫硫槽馴養與分離硫氧化菌株
  - 2007年在平順牧場設置模廠規模(pilot-scale)生物脫硫槽進行現場沼氣生物脫硫試驗(高2.0m×直徑20cm)
  - 2008年在平順牧場設置串聯之模廠規模(pilot-scale)生物脫硫槽進行現場沼氣生物脫硫試驗(高2.0m×直徑20cm×2組)
  - 2009年在平順牧場設置實廠規模(full-scale)生物脫硫槽進行現場沼氣生物脫硫試驗(高4.1m×直徑20''~28'')
  - 2009年1月8日非專屬技術授權給翔森生質能源股份有限公司。



**沼氣生物脫硫反應槽之處理量**

試驗場頭數	2,000頭(含)以下	9,000頭
每組生物濾床尺寸	20''(50.8cm) x 3.6m	28''(71.1cm) x 3.6m
每組生物濾床有效容積(m <sup>3</sup> )	0.73	4.29
生物濾床系統(支/組)	1	3
預估之沼氣量(CMD) [以0.1m <sup>3</sup> /head/day計算]	200	900
實際檢測之沼氣量(CMD)	80~90	350~700
生物濾床預估處理量(CMD) [以流量110L/min與216L/min計算]	160	936



### 沼氣生物純化系統特色

- ü 沼氣中硫化氫經由硫化菌之作用，產生可以回收利用之資源(硫磺等)。
- ü 未經純化之沼氣僅需通過增濕塔及生物濾床，即可以將其中之硫化氫完全去除。
- ü 不需要使用自來水洗滌，也不需要循環水設備，所以可以同時節省水資源及電力資源。
- ü 沼氣生物純化系統僅需每週以養豬場妥善處理後之放流水，將生物濾床內之硫磺沖出，即可以維持穩定之生物脫硫功能。
- ü 經沼氣生物純化系統純化後之沼氣，適合應用於沼氣鍋爐、發電、保溫等及其他應用等。



AITT

### 2009年沼氣生物脫硫槽設備成果發表會(2009.9.4)



AITT

### 聯合報(2009.9.5)

## 動科所研發 沼氣脫硫養豬發電容易了

【記者胡運生／竹南報導】台灣動物科技研究所研發成功「沼氣生物脫硫」技術及系統，讓豬糞尿產生的沼氣，運用更具效益，可成為發電用的生質能源，有助於養豬業降低成本。

這套系統技術已移轉給國內業界，並成功商品化，昨下午發表成果，強調這套新系統提升沼氣發電運用效益，減少溫室氣體排放，對維護生態環保也具意義。

動科所指出，1頭60公斤重的豬，每天產生0.25立方公尺沼氣，以全國650萬頭豬計算，每天產生162萬5000立方公尺沼氣，以0.7立方公尺沼氣可轉換1度電計算，每天可生產22萬度電。

動科所組長吳志楨指出，國內早就研究沼氣生產及再利用，應用在豬糞尿處理，但沼氣含硫化氫，會腐蝕機械，因而難推廣，政府十多年前在各養豬場裝設沼氣發電機，



台灣動物科技研究所研發成功「沼氣生物脫硫系統」，並技術移轉給廠商；昨發表成果，與會人員到平順牧場參觀。記者胡運生攝影

後來都壞了。

動科所研發的生物脫硫技術，利用微生物將沼氣中的硫化氫、氧化成硫磺或硫酸，回收做為化成或化工原料，沼氣中的硫化氫降低後，

利用率大為提升。

動科所表示，生物脫硫系統，比洗滌塔、氧化鐵等脫硫設備更經濟，可節省水、電資源，操作成本僅填充式洗滌塔的四十分之一。

### 2009年自動化沼氣生物脫硫槽試驗設備(1000頭豬場)



## 畜牧場進行碳權交易之可行性

AITT

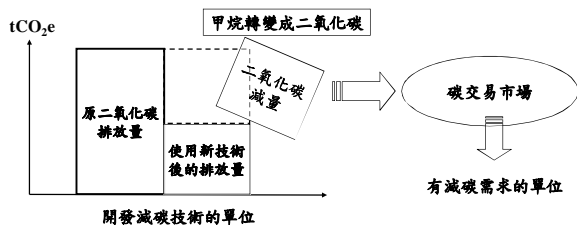


### 沼氣中溫室氣體特性

- ü 沼氣所含之甲烷及二氧化碳，皆為可造成產生溫室效應的氣體，其中甲烷之全球暖化潛勢 (Global Warming Potential, GWP) 更為二氧化碳的23倍，因此，沼氣妥善處理的重要性不容忽視。
- ü 沼氣中的甲烷其熱值與天然氣相當，極具有能源利用價值，若能將沼氣應用於發電所需的燃料，除了可減少天然能源的耗用，更可有效減少溫室氣體。

### 碳排放交易說明

- 自京都議定書正式生效以來，“碳”已成為具交易價值的商品。
- 碳排放交易制度的目的在於鼓勵潔淨能源技術的開發，使碳排放製造者在執行減碳的同時，亦能透過碳額度的銷售以彌補技術開發的投資損失，讓節能減碳可與經濟成長取得平衡。



### 養豬場沼氣發電的溫室氣體減量效益估算

- 根據畜產試驗所的資料，在台灣平均一頭豬一天所產生的沼氣量約為 0.25 m<sup>3</sup>
- 以養豬廠的規模來看：
  - 1000 頭：250 m<sup>3</sup>/d
  - 3000 頭：750 m<sup>3</sup>/d
  - 5000 頭：1250 m<sup>3</sup>/d
- 沼氣熱值約為 5500-5800 kcal/m<sup>3</sup>
- 每年藉由沼氣回收及發電所減少之溫室氣體減量如右表所示。
- 所產生的溫室氣體減量可透過申請碳權的方式於國際市場交易。

養豬場規模	回收甲烷減碳效益 公噸 CO <sub>2</sub> /年	沼氣發電減碳效益 公噸 CO <sub>2</sub> /年	每年總減碳效益 公噸 CO <sub>2</sub> /年
1000	750	400	1150
3000	2250	1200	3450
5000	3750	2000	5750

(\*\*\*以沼氣之熱值估算)

### 養豬場沼氣回收及發電項目碳權銷售效益

- 以平均一噸碳價值 7 美元計算，沼氣回收及發電項目的效益如下表所示。

養豬場規模	回收甲烷減碳效益	沼氣發電減碳效益	每年總減碳效益	10 年預期效益
	公噸 CO <sub>2</sub> /年	公噸 CO <sub>2</sub> /年	公噸 CO <sub>2</sub> /年	新台幣(元)
1000	750	400	1150	2,656,500
3000	2250	1200	3450	7,969,500
5000	3750	2000	5750	13,282,500

### 世界主要氣候交易所

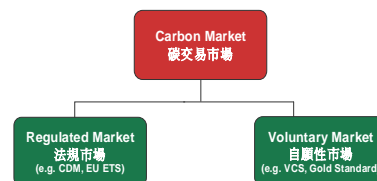


### 國際碳交易市場

國際碳市場可區分為兩大類，以是否受京都議定書轄定為標準，分為「京都市場」(配額市場)和「非京都市場」(自願性市場)。

1. 京都市場主要由歐盟排放貿易體系(EU ETS)、CDM 市場和JI 市場組成
2. 非京都市場包括自願實施的芝加哥氣候交易所(CCX)、強制實施的澳洲新南威爾士溫室氣體減排體系(GGAS)及日本自願性碳交易計畫等。
3. 為確保自願性市場減碳額度的可信度，國際碳排放交易協會(IETA)於2007年11月發佈了「自願性碳標準」(VCS)，奠定自願性市場與京都機制市場未來連結的基礎。

### 碳交易市場的基本架構



- 法規市場：碳額度的需求來自於京都議定書下減量目標的達成(Cap & Trade)。
  - 自願性市場：碳額度的需求來自於企業、民間團體，甚至是個體所自願發起的減碳行動(Carbon Offset)。
- 因為台灣無法簽署京都議定書，因此台灣所執行之碳減量計畫無法納入京都議定書之架構，以清潔發展機制計畫(CDM)之方式執行碳減量計畫。於台灣執行之專案減碳計畫可透過自願性碳標準(VCS 2007.1)產生碳信用額度(VCU)並於自願性碳市場交易。

### 歐洲主要碳排放交易所

- 2009年，歐洲主要的碳排放交易所包括：歐洲氣候交易所(ECX)、法國電力交易所(Powernext)、北歐電力交易所(Nord Pool)、歐洲能源交易所(EEX)、澳洲電力交易所(EXAA)、環境交易所(Bluenext)六大交易中心，均用歐元計價。
- 此外，二級「核證減排額」(CERs)和CER期貨、期權市場增速極快。ECX、Nord Pool已經推出了二級CER現貨和CER期貨交易，其中，ECX於2008年3月推出CER期貨合約後，僅1個月交易量就高達1600萬噸二氧化碳，這部分新增市場主要在歐洲市場進行，以歐元計價。

### 芝加哥氣候交易截至2008年2月發放抵減之信用額度

抵減類別	發放量 (千噸二氧化碳當量)	發放量 (%)
土壤碳	11,609	44.8
甲烷--煤	7,321	28.2
甲烷--垃圾掩埋	2,856	11.0
林業	1,475	5.69
可再生能源	1,140	4.40
甲烷--家畜	795	3.07
廢棄物處理--氫氟碳化物銷毀	728	2.81
效能	2	0.03
總計	25,926	100

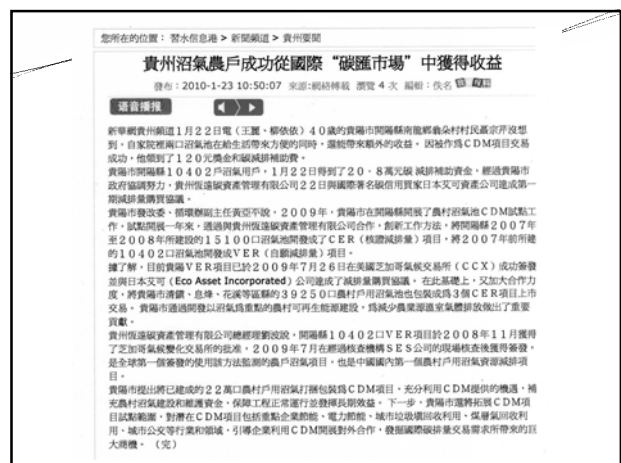
(<http://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/013/k2516c.pdf>)

表1.芝加哥交易所已註冊之抵減量(公噸二氧化碳當量；Mt CO<sub>2</sub>e)

抵減類別	已註冊之抵減量 (截至2009年1月)	已註冊之全額抵減量 (2003-2009年)
農業甲烷	7,800	959,800
農業土壤碳	131,900	15,970,900
煤炭甲烷	170,400	16,860,400
能源效率	-	1,974,300
林業	-	7,852,200
燃料轉換	-	1,451,900
垃圾掩埋場甲烷	18,900	4,468,000
破壞臭氣物質	9,100	621,100
再生能源	92,400	5,078,700
廢棄物處理--氫氟碳化物銷毀	255,700	983,500
總計	686,200	55,950,800

### 中國主要碳排放交易所

- 中國已成立的交易市場代表分別為：北京環境交易所(簡稱：北交所)、上海環境能源交易所(簡稱：上交所)以及天津排放權交易所(簡稱：天交所)。
- 中國成為全球第二大碳排放資源國，2008年CDM產生的核證減排量的成交量已佔84%(2006年佔61%，其次為印度的12%，巴西4%)。





### 首家溫室氣體認證機構出爐

2010-04-03 工商時報【記者薛孟杰／台北報導】

環保署2日宣布，已核准財團法人全國認證基金會（IAF）為台灣第一家溫室氣體認證機構，一旦溫室氣體減量法過關，國內溫室氣體減量機構都需經過類似認證基金會這樣的機構進行認證才能執行業務，對台灣的溫室氣體減量具有重要意義。

環保署溫室氣體減量管理辦公室執行秘書蕭慈娟說明，溫室氣體認證，是查核溫室氣體減量工作是否落實的基礎，由於溫室氣體檢驗機構，必須要先通過溫室氣體認證之後，檢驗結果才有公信力，因此**認證標準必須重要能夠符合國際規範**。

蕭慈娟說明，除IAF之外，另外還有9家申請溫室氣體認證機構仍在審核中。

根據世界銀行2006年評估報告，溫室氣體市場在2006年時價值已突破240億美金，京都議定書碳抵銷市場價值約55億美金，自願減排市場價值約1億美金，不難看出，隨著環保意識抬頭，碳排交易市場日益蓬勃的趨勢。

不過，由於台灣並沒有合格認證溫室氣體檢驗單位的機構，再加上溫室氣體減量法也還沒有完成立法，因此，民間機構針對溫室氣體減量進行的檢驗結果，還僅止於參考，亦無法提供國外單位接洽。

為了解決該問題，環保署提出3種認證機構資格，除了經過環保署審核許可外，通過聯合國氣候變化綱要公約認可，簽訂溫室氣體多邊相互承認協議之國際認證論壇（IAF）會員機構，也具有認證能力。

不過，一旦溫減法過關，具備上述前兩項資格的，也必須通過環保署認證許可，才算具備認證溫室氣體減量機構的資格。

資料來源：<http://news.chinatimes.com/CMoney/News/PageContent/0,4993,11050701+122010040300266,00.html>

## 國內首次畜牧場溫室氣體減量計畫書

ATIT

### 平順養豬場糞肥處理系統沼氣回收溫室氣體減量專案專案計畫書

平順養豬場糞肥處理系統沼氣回收  
溫室氣體減量專案  
專案計畫書 v.05b

(一) 專案名稱：平順養豬場糞肥處理系統沼氣回收溫室氣體減量專案  
 \*文件編號：05b  
 \*文件日期：九十八年十一月二十日  
 \*專案詳細說明：(編號)：(專案編號)

專案參與方名稱	參與單位性質	角色說明
平順牧場(平順養豬場)	私人企業	本減量專案所有權人
台灣動物科技研究所	研究機構	專案合作者
翔森生質能源公司	私人企業	專案合作者
環科工程顧問股份有限公司	輔導機構	「抵換專案計畫書輔導專案」之計畫書撰寫單位

平順牧場  
中華民國九十八年十一月二十日

(二) 專案推動組織：  
 平順養豬場管理委員會 翔森生質能源公司(協助)  
 環科工程顧問公司(協助) 台灣動物科技研究所(協助)  
 環科工程顧問公司(協助) 翔森生質能源公司(協助) 平順牧場(協助)

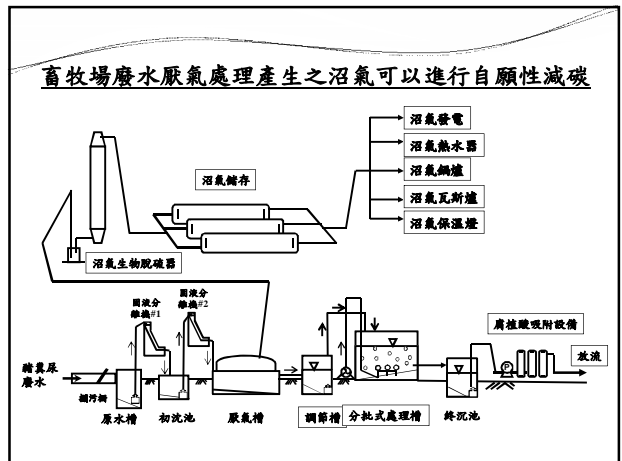
(四) 專案活動之技術說明：

(1) 專案活動地點：  
 本減量專案活動地點位於中國農業發展區，面積120,843公頃，光增24,649公頃，詳細位置請參閱下列圖示。  
 本減量專案參與者之公司設立管理台架圖如下圖所示。

圖六：平順養豬場地理位置圖

(2) 專案活動之技術說明：  
 本減量專案係透過沼氣處理及沼氣回收與沼氣發電系統實施減量。平順養豬場每年產生大量糞便，經由沼氣處理及沼氣回收與沼氣發電系統，詳細可參閱下列圖示。

圖七：減量專案技術圖



### 減量方法(基線和監測方法)引用

本專案利用沼氣回收發電，替代並取代養豬場外購電力，進而減少燃料投入之溫室氣體排放量，主要引用聯合國已批准之小規模清潔發展機制(CDM)減量方法：

- AMS-III.H. 第13版“廢水處理之甲烷氣回收”(Methane recovery in wastewater treatment, Version 13)
- AMS-I.D. 第14版“併網之再生能源發電”(Grid connected renewable electricity generation, Version 14)。

### VCS 專案計畫流程圖

#### 步驟 1. 由計畫發起者建構計畫活動

• 計畫提案者應為專案計畫準備計畫描述文件(PD)、監測計畫、及計畫名稱證明文件。

PD      監測計畫      計畫名稱

#### 步驟 2. 確認

• 由確認單位為 VCS PD 執行確認作業。

• 進行外加性評估。

確認報告

#### 步驟 3. 查證及驗證

• 由查證單位進行排放減量之查證作業，並根據 VCS 規定提出查證報告，並於查證報告中提供查證聲明書。

查證報告

#### 步驟 4. 註冊

• 計畫提案者於 VCS 認可之註冊單位進行開戶，並簽署 VCS 計畫條款 (VCS Program Terms and Conditions)。  
 • 計畫提案者應提出其 VCS PD、確認及查證報告、計畫名稱證明文件、及 VCS 計畫條款至 VCS 註冊單位。  
 • VCS 註冊單位檢查相關文件無誤後提送至 VCS 計畫資料庫，並請求核發 VCU 序號。  
 • VCS 計畫資料庫確認該計畫並未重複註冊後即核發 VCU 序號至 VCS 註冊單位。  
 • 計畫提案者繳交 VCS 註冊費用至 VCS 註冊單位。

VCS 註冊費用

#### 步驟 5. VCU 額度核發

• VCS 註冊單位核發 VCU 至計畫提案者之帳戶。

• VCS 註冊單位將相關文件存放於相關保管單位。

核發 VCU

### 預期減量成果(僅估算一台30kW發電機效益)

年份	年排放減量估計值(公噸CO <sub>2</sub> 當量)
2010年1月~2010年12月	3,163
2011年1月~2011年12月	3,163
2012年1月~2012年12月	3,163
2013年1月~2013年12月	3,163
2014年1月~2014年12月	3,163
2015年1月~2015年12月	3,163
2016年1月~2016年12月	3,163
總排放減量估計值(公噸CO <sub>2</sub> 當量)	22,141
計入期總年數	7年
計入期年平均排放減量估計值(公噸CO <sub>2</sub> 當量)	3,163

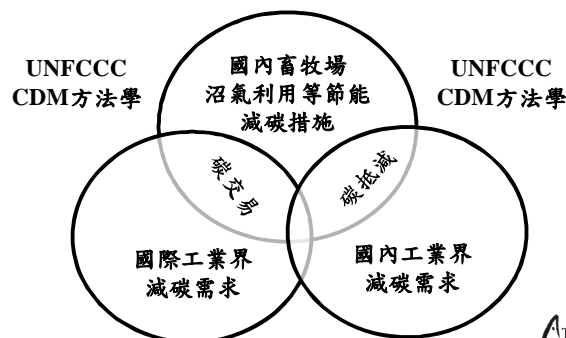
### 養豬場沼氣利用之『節能』效益

1. 以在養豬隻總頭數為 6,500,000 頭，平均日產糞尿量 4.47kg/頭計算，則糞尿產量為 29,055,000kg/日，平均每天約可以產生 1,625,000 m<sup>3</sup>沼氣；又以每 0.7 立方公尺沼氣經由沼氣發電機轉換可以生產 1 度電計算，則每天約可以生產 2,321,429 度電。使用 2.4 元/度費率計算，則每天約可以節省 5,571,430 元電費，可以直接且快速地降低養豬業之生產成本。
2. 依照 2007 年農委會統計資料顯示在養 500~5,000 頭以上之豬場，總頭數 5,315,995 頭(佔 86.5%)，則每天仍可以節省 4,819,287 元電費。

### 養豬場沼氣利用之『減碳』效益


1. 以在養頭數約為 6,500,000 頭，相當於每天 1,625,000 m<sup>3</sup>/day 的沼氣量，換算為二氧化碳當量，則每年台灣養豬業所產生的減碳效應，預估約為 7,512,000 公噸 CO<sub>2</sub>e/年。
2. 畜牧場藉由沼氣利用(例如沼氣發電、沼氣鍋爐及沼氣熱水器等)並經過國際認證單位確證後，所獲得之碳信用額度，可以與工業界進行「碳抵減」活動，或在國際氣候市場(芝加哥氣候交易所、中國天津氣候交易所等)進行「碳交易」，以協助工業減碳。

### 畜牧場進行碳抵減與碳交易模式









**畜牧業之努力方向**

 Ü善用畜牧場生質能源

- 降低生產成本
- 協助降低溫室效應之影響

Ü創造環保與產業發展雙營

Ü畜牧產業永續經營



**敬請指教**

台灣動物科技研究所 蘇忠楨  
Tel: 037-585958  
E-mail: [jjs01@mail.atit.org.tw](mailto:jjs01@mail.atit.org.tw)  
[jjs01@ms9.hinet.net](mailto:jjs01@ms9.hinet.net)