

出國報告（出國類別：考察）

## 107 年度德國及丹麥畜牧糞尿 再利用現地考察

姓名職稱：汪士鈞 主任環境工程師、

葉宗震 薦任技士

派赴國家：德國、丹麥

出國期間：107 年 10 月 8 日 至 10 月 20 日

報告日期：108 年 1 月

## 目次

摘要.....	2
壹、目的.....	3
貳、過程（行程）.....	4
參、考察成果.....	5
肆、心得及建議事項.....	20
伍、附錄.....	23

## 摘要

本次出國人員為行政院環境保護署水質保護處汪士鈞主任環境工程師、葉宗震 薦任技士，參訪行程於 107 年 10 月 8 日出發，107 年 10 月 20 日返臺，共計 13 日（含交通），參訪地點包括德國梅爾斯托爾夫(Dummerstorf)的養豬實驗所、Rück Biogas 及 Agro Energie 等沼氣廠、德國再生資源推動機構（Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. FNR）、丹麥 Ribe 沼氣廠，並參加於德國施韋比施哈爾（Schwäbisch Hall）所舉辦的 2018 年「畜牧糞肥與沼液沼渣處理與利用進展」研討會。主要考察內容包括德、丹兩國跨部會推動畜牧糞尿資源化利用、畜牧糞尿厭氧消化與沼液沼渣資源化等最新技術。

本次考察拜會德國再生資源推動機構，瞭解其推動畜牧糞尿厭氧消化背景，例如德國所受到的氨氮土壤地下水污染現況、探討畜牧糞尿沼液沼渣中的重金屬是否亦對德國造成困擾、補助畜牧糞尿厭氧消化的政策施行細節(例如電價補貼、沼氣場進料規範等)、依該地農業所需而訂定的 6 個月以上貯存設施規範等政策工具。並拜訪德、丹合計共 4 處的沼氣場，考察當地推動畜牧糞尿厭氧消化的應注意事項，包含處理場選址問題、成本分析問題等，從運作數十年的各場汲取經驗，以了解未來推動畜牧糞尿資源化將面臨的問題。最後參與「畜牧糞肥與沼液沼渣處理與利用進展」研討會，該會議邀請德、法、日等國參與，分享應用各種最新技術，例如真空蒸發技術、薄膜處理技術等，於畜牧糞尿資源化產品分離等創新作為。相關考察資料經蒐集彙整，製做成本報告，期望能提供為未來畜牧廢水資源化政策推動所需之關鍵技術，並早日達成畜牧廢水零排放之目標。

## 壹、目的

本次考察德國及丹麥畜牧糞尿資源化推動經驗，並掌握國際間有關畜牧糞尿經厭氧發酵後沼液沼渣再利用之最新科技及成功案例，作為規劃我國推動畜牧糞尿資源化政策與制度之參考。

考察行程拜訪德國再生資源推動機構（Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. FNR）及丹麥 Ribe 沼氣廠（Ribe Biogas A/S），並參加 2018 年 10 月 16 至 18 日於德國施韋比施哈爾（Schwäbisch Hall）所舉辦的 2018 年「畜牧糞肥與沼液沼渣處理與利用進展」國際研討會暨商品展與實廠觀摩，擷取國際間有關畜牧糞尿資源化推動經驗，供我國推動畜牧糞尿資源化管理之參考，考察行程各地點如圖 1。

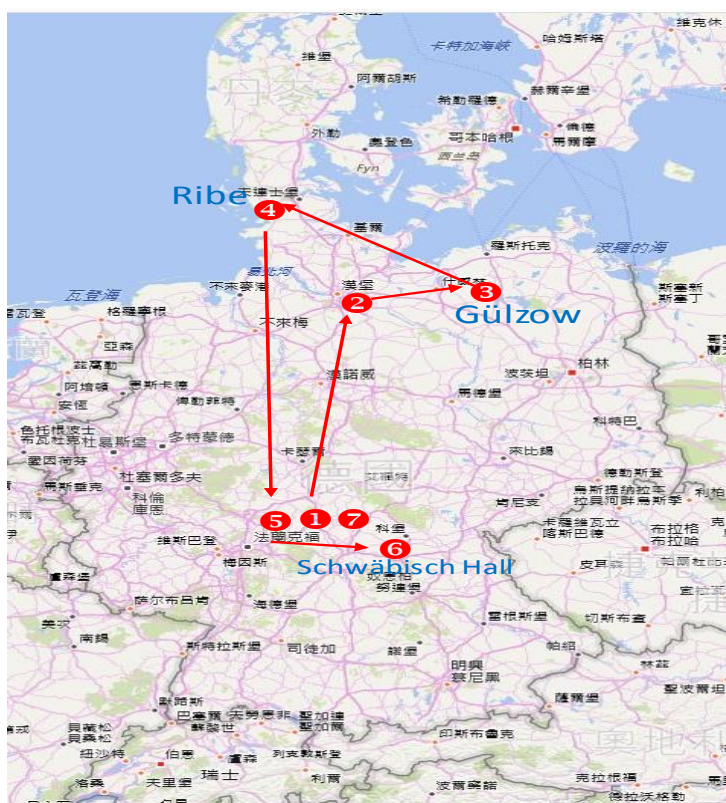


圖 1 德國及丹麥考察行程

## 貳、過程（行程）

本次考察自 107 年 10 月 8 日至 10 月 20 日，共 13 日，出國行程內容摘要如下表。

表 1 德國及丹麥考察重點

日期	考察重點
107.10.08~10.09	啟程，出發至德國法蘭克福機場抵達法蘭克福機場後，轉搭德航到漢堡，再由漢堡搭德鐵到羅斯托克（Rostock）下榻飯店
107.10.10	拜訪度梅爾斯托爾夫(Dummerstorf)的沼氣廠(Gut-Dummerstorf)及養豬實驗所（Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, FBN）及再生資源推動機構（Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., FNR）
107.10.11	移動日，由漢堡搭火車到丹麥里柏（Ribe）
107.10.12	參觀丹麥沼氣公司（Biogas A/S）位於里柏（Ribe）的工廠。
107.10.13	移動日，由丹麥比隆機場搭德航到德國法蘭克福機場，轉搭德鐵經斯圖加特（Stuttgart），到研討會地點施韋比施哈爾（Schwäbisch Hall-Hessental）
107.10.14~10.15	田野考察與資料彙整
107.10.16~10.17	2018年「畜牧糞肥與沼液沼渣處理與利用進展」國際研討會
107.10.18	參觀德國沼氣廠Rück Biogas GmbH & Co. KG（以下簡稱Rück Biogas）及Agro Energie Hohenlohe GmbH & Co. KG（以下簡稱Agro Energie）
107.10.19~10.20	返程

## 參、考察成果

本次出國訪問德國及丹麥進行畜牧糞尿管理的相關機構，包括研究單位(德國的養豬實驗所及 FNR)、學術研討會(International Biogas and Bioenergy Center of Competence, IBBK)及第一線的處理業者(包括丹麥的 Ribe Biogas A/S 及德國 FBN、Rück Biogas 及 Agro Energie)，由上而下實地瞭解畜牧糞尿的處理技術、沼液沼渣的再利用方式及政策與管理等各種輔導措施，並將德國、丹麥畜牧糞尿管理現況與我國推動沼液沼渣再利用所遭遇之困境進行比較，規納可行的政策方向並提出建議，考察成果如下。

### 一、考察重點

- (一) 實地參訪德國收集畜牧糞尿進行厭氧發酵處理的實廠，包括：位於德國北部城市梅爾斯托爾夫(Dummerstorf)的萊布尼茨畜產動物所(Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, FBN)、位於德國中部梅爾肯多夫(Merkendorf)的沼氣廠 Rück Biogas、Agro Energie 及位於丹麥西部城市里柏(Ribe)的沼氣公司(Biogas A/S)，藉由收集各實廠現階段運作資料，提供我國推動畜牧糞尿資源化的方向。
- (二) 拜訪德國北部居爾措夫-普呂岑(Gülzow-Prüzen)的德國聯邦糧食農業部(BMEL)下的再生資源局(Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., FNR)，了解歐盟近年來推動畜牧糞尿資源再利用之政策歷程、方法、成果及推動過程所遭遇問題與解決對策。
- (三) 參加 2018 International Conference on Progress in the Treatment and Use of Manure and Digestate，收集最新的畜牧糞尿厭氧處理與再利用技術，比較德國與我國之間的差異性。並與學者專家交流有關畜牧糞尿資源化推動政策及相關獎勵輔導措施、沼液沼渣農地肥分使用及其改善水體環境之效益等課題。

## 二、考察各單位介紹

### (一) 沼氣工廠

德國萊布尼茨畜產動物所(FBN)的沼氣廠，以該廠飼養的 700 餘頭牛產出的畜牧糞尿，添加該廠種植產出之甜菜根、牧草、廢棄菜葉等作為補充料源進行 2 階段厭氧發酵，產出之生值沼氣純化發電後售至電網中。Rück Biogas 公司則收集鄰近畜牧糞尿、牧草、廢棄菜葉等將厭氧處理後之沼液沼渣先用離心機分離，再利用真空析出、化學脫硫等方式，將沼液及生值沼氣分離成肥料（含氮部分）、化工原料（含硫部分）、水及純化後生質沼氣作為發電用途。該廠 2014 年以前還使用批次式反應槽，之後才改善成現今的自動化設備，投資金額估計達 1.1 百萬歐元。Agro Energie 使用原料包括各約占 1/3 的能源作物、液體/固體畜牧糞尿及蔬菜類廢棄物等，經厭氧發酵程序所產生的沼液沼渣，可透過太陽能乾燥及利用微型天然氣渦輪機運轉所排出廢熱，轉換成高品質的有機肥料。

丹麥里柏沼氣公司 Biogas A/S，係由多家農場及 1 家食品加工廠、地方電力公司及 2 家投顧公司所共同擁有，於 1990 年開始運作。該廠投資金額為 453 萬克郎（約新台幣 2 億 5,821 萬元），政府補助 129 萬克郎（約新台幣 7,353 萬元），歐洲經濟共同體（EEC, European Economic Community）補助 48 萬克郎（約新台幣 2,736 萬元）。惟運作至今尚需政府進行電力補貼始能持續運作。

### (二) 德國再生資源推動機構（FNR）

FNR 於 1993 年由德國聯邦糧食農業部成立，機構性質屬於一個專責統籌管理各項計畫的組織，旨在支持可再生資源領域的研究和開發，目前包含推動資源化等計畫在內，共計有 600 個專案計畫執行中。該機構位在德國居爾措夫-普呂岑（Gülzow-Prüzen）小鎮（如圖 2），行政區屬於梅克倫堡-西波美恩州（Mecklenburg-Vorpommern）、羅斯托克（Rostock）。考量其工作內容包含規劃及補助各邦辦理資源化工作、

統籌再生資源策略方向等，與本署業務性質類似，因此本次考察特地拜訪 FNR。

### 三、德國、丹麥畜牧糞尿資源化各面向比較

(一) 技術面：德國與丹麥的畜牧糞尿處理已達高度系統及規模化，包括處理周期、進料比例、沼氣純化技術、產品規格等，分述如下：

1. 處理週期最適化：厭氧發酵週期和好氧處理週期均比我國更為長久，以德國 FBN 沼氣場為例，2 階段發酵達 115 天；丹麥 Ribe Biogas A/S 亦停留 30 天。停留時間長一來有效符合放流水標準及歐盟的有機肥料成分規範，二來則為符合德國限制於冬天不得澆灌沼液沼渣之規定。
2. 料源多元化：以德國 FBN 沼氣場為例，除了本身 700 頭牛產出的畜牧糞尿，亦添加自身種植產出之甜菜根、牧草、廢棄菜葉等，其中以自身或週圍農場生產之甜菜根作為厭氧消化之料源，並將厭氧發酵後之沼渣渣液再回歸農地澆灌的循環模式，值得我國參考。丹麥 Ribe Biogas A/S 除收集豬糞尿、甜菜根外，亦收及廚餘等有機物以提高沼氣生產效率，惟進料配方視工廠操作方式而有不同
3. 產品規格及工廠布置系統化：德國及丹麥沼氣純化技術以化學除硫方式(硫化亞鐵)與我國生物菌除硫方式不同，丹麥 Ribe Biogas A/S 已操作達 20 年以上，近年來因生質沼氣 (Biogas) 的減碳效益，該公司特別引進沼氣純化技術，並將處理畜牧糞尿產出的生質沼氣輸送至天然氣管線使用；德國 Rück Biogas 公司更將畜牧糞尿處理利用真空析出、化學脫硫等方式，達成肥料 (含氮部分)、化工原料 (含硫部分)、水及純化後生質沼氣發電，並將產出之電力送至電網售電。
4. 為提高沼液沼渣的附加價值，並避免施用上惡臭問題，部分工廠也研發出純化系統，最終的沼渣狀如棉絮，不含水分，亦無臭味，而



沼液則用以提煉出化工原料（如氮、磷等），並直接銷售給化工廠。此一純化技術能提高沼液沼渣產品之附加價值，估計將是未來德國發展的主流。

## （二）政策面：

1. FNR 曾統計各種料源進行厭氧消化的產氣量，並彙整如圖 2，由再生資源局年報，發現畜牧糞尿本身厭氧消化的產氣量比直接甜菜根等料源的產氣量少。與本趟考察拜訪之沼氣廠皆有另外添加甜菜根、玉米桿、廚餘等共發酵之現況相符。
2. 因為畜牧糞尿沼氣產出量少，FNR 為加強沼氣場使用畜牧糞尿，因而規範發電補助（詳如圖 3）包含：
  - （1）現行規定補助新廠 20 年、舊廠 10 年。
  - （2）電價補助 13.05-23.14 分/Kwh，逐年減少 1~0.5%補助(=4.7 -8.33NTD/Kwh)<sup>1</sup>。
  - （3）玉米桿等添加物有重量限制(50%以下)，強制沼氣場使用畜牧糞尿作為原料。
3. 因應畜牧業造成的空污問題，德國亦有聯邦排放控制法等相關法規進行規範，包括：
  - （1）規範對象：1500 頭豬或 4500 頭仔豬或 560 頭母豬以上畜牧場。
  - （2）控制方式：沼液沼渣貯存區須使用氣密措施使排放量減少 85-90%
  - （3）異味控制方式：排放氣體不得超出異味標準、未達標準農戶須安裝空氣淨化設備，或者搬遷等規定。

---

<sup>1</sup> 德國一般民生用戶電價 0.3 EU/Kwh(=10.8 NTD/Kwh)，參考資料：  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity\\_price\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics)

## BIOGAS YIELDS OF SELECTED SUBSTRATES

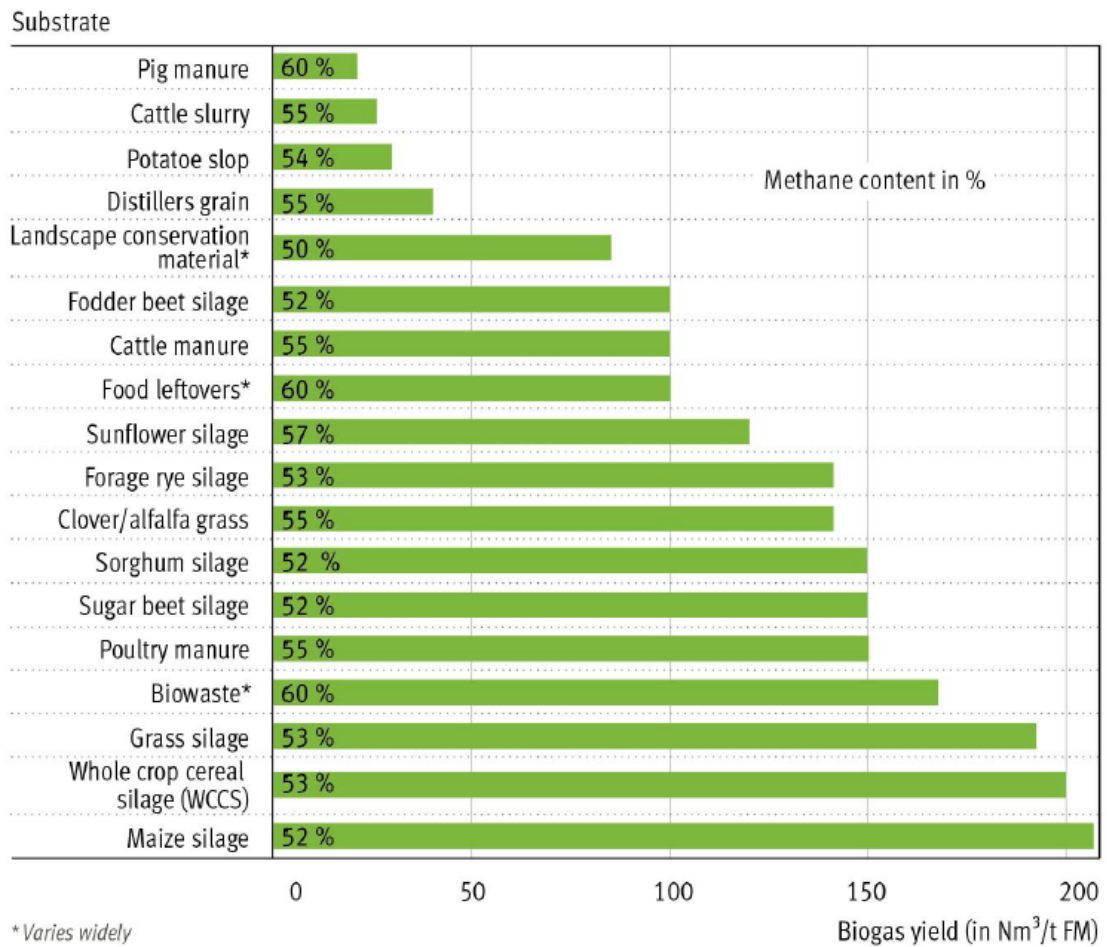


圖 2-各種進料的沼氣產出量化資料

資料來源：FNR

# APPENDIX

## Renewable Energy Sources Act (EEG) 2017

(effective from 01.01.2017)

With the amended EEG 2017 the promotion for electricity from biomass will be tendered annually. (tender deadline 1 September).

### Path for further expansion of electricity from biomass

#### Gross capacity increase for new and existing plants

- 2017–2019 – annual 150 MW installed capacity
- 2020–2022 – annual 200 MW installed capacity (waste wood plants are excluded from promotion)

#### Funding period

- for new plants 20 years
- for existing plants one-time additional 10 years

#### Conditions

- needs-based and flexible electricity generation
- limited use of grain and maize
  - 2017 and 2018 max. 50 percent by weight
  - 2019 and 2020 max. 47 percent by weight
  - 2021 and 2022 max. 44 percent by weight

#### Remuneration (startup of operations 2017)

##### Maximum values for tenders (market premium)

- for new plants 14.88 ct/kWh
  - for existing plants 16.9 ct/kWh
- (degression rate 1 % per year)

##### Feed-in remuneration (without tenders)

- for small plants up to 150 kW = 13.32 ct/kWh
  - for small manure plants = 23.14 ct/kWh
  - for plants for biowaste up to 500 kW = 14.88 ct/kWh
  - for plants for biowaste > 500 kW to 1 MW = 13.05 ct/kWh
- (degression rate 0.5 % half-yearly)

Without participation at direct marketing:  
reduction of remuneration by 0.2 ct/kWh

圖 3-各種沼氣場補助策略

資料來源：FNR

(三) 資源化產品面：本次參訪德、丹兩國畜牧糞尿處理從技術、再利用到創造產品附加價值的過程，都有系統化的規劃和研發；相較之下，我國的利用方式尚處於啟蒙階段，處理技術及農民對於沼渣沼利用仍有疑慮；惟仍摘錄本次考察所見資源化產品差異性如下：

1. 德國因為有地下水氮氮污染問題，故對於沼液沼渣澆灌有一定的限制(如圖 4)。畜牧糞尿處理過後的沼液與沼渣，為符合德國政府肥料法，於冬季 11 月至隔年 1 月的氮肥禁用令規定<sup>2</sup>，提供畜牧糞尿予沼氣場及澆灌沼液沼渣的農場，亦須設置一定規模的貯存槽，以配合農耕時令的調節（冬季不可澆灌）之需，彙整德國肥料法規範如下：

- (1) 單位土地沼液沼渣肥料使用上限：170 kg N/ha。
- (2) 農地氮肥及磷肥規範：60 kg /ha (2021 年後為 50 kg /ha)。
- (3) 沼液沼渣貯存設施規範：至少貯存 6 個月以上（沼氣廠 2020 年起至少貯存 9 個月以上）。
- (4) 沼渣產品則須經下列檢驗後方得作農肥使用（詳表 2）。

表 2 畜牧糞尿純化後用作肥料需符合「肥料法」相關規定表

重金屬	德國限制規定(mg/Kg)*	台灣限制規定**(mg/Kg)
鉛	150	150
鎘	1.5	2
鉻	100	150
銅	100	100
鎳	50	25
汞	1	1
鋅	400	250

參考資料:

[\\*https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/\\_4.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/_4.html)

\*農業循環經濟中的德國施肥規範與堆肥品質管理體系，林穎禎，2017

\*<https://www.nature.com/articles/s41598-017-07317-2/tables/3>

\*\*農委會肥料種類品目及規格

<sup>2</sup> Federal Ministry of Justice and Consumer Protection,  
[https://www.gesetze-im-internet.de/Teilliste\\_E.html](https://www.gesetze-im-internet.de/Teilliste_E.html)



圖 4-(左)德國地下水氮氮污染問題-調查德國地下水,約 37%屬於地下水質較差(紅色區域),其中 27%是硝酸鹽(NO<sub>3</sub>)超標;(右) Biogas Wipptal公司將畜牧糞尿製成錠狀肥料,減少異味且作為產品銷售

參考資料：

(左) Water Resource Management in Germany (2013)

(右) <https://www.biwi.it/>

2. 資源化後的產品包含純化後的沼氣及沼氣發電,前者有輸送管線直接配送到沼氣公司,發酵過程產出的熱氣亦可直售終端用戶供暖;後者產出之電力可直接連網售電,兩者資源化產品均有便利的輸送管線。
3. 由於沼氣工場和畜牧場、農場之間建立了密切的伙伴關係,在料源供應和肥分施用,鮮有料源不足和去處無所的問題。沼液沼渣精煉處理程序如圖 5,沼液精煉處理後的產物占比典型案例為(1)蒸餾液 60%、(2)濃縮沼液 25%、(3)固態物 12%及(4)硫酸銨溶液 3%。沼液精煉處理的效益包括:(1)減少 70%貯存體積需求、(2)大量降低運輸成本、(3)將沼液精煉為多種高質化產品及(4)

效率熱利用全年無休，再精煉處理程序如圖 6 所示，可客製化生產多種特定肥分需求的有機肥料。

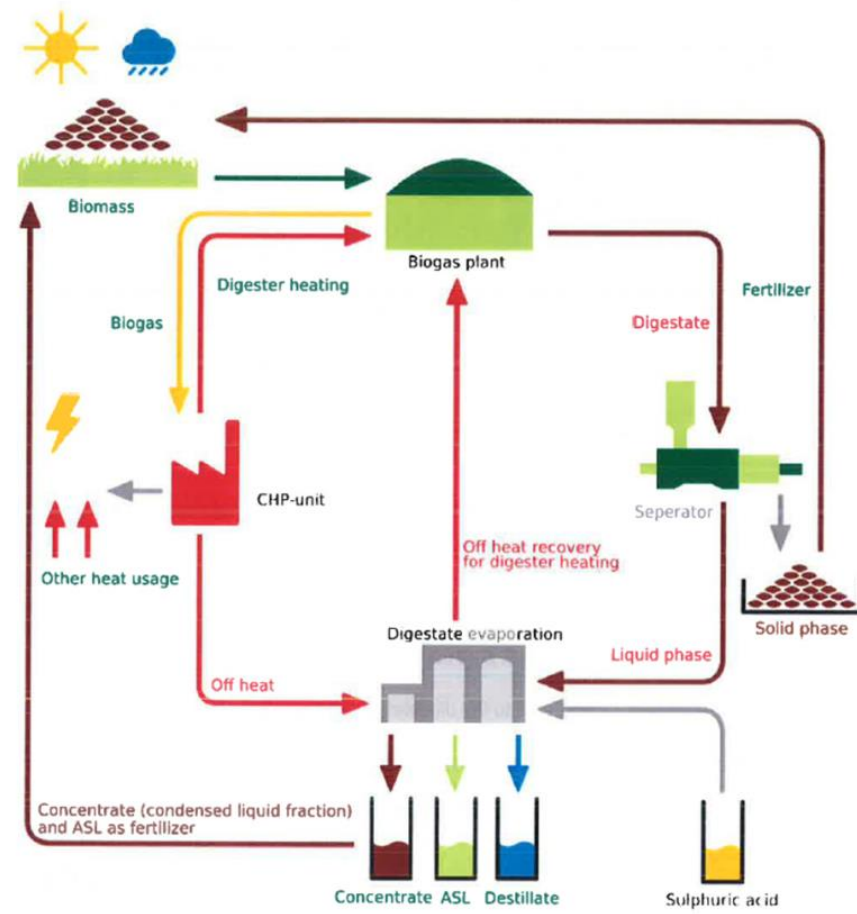


圖 5 沼液沼渣精煉處理程序



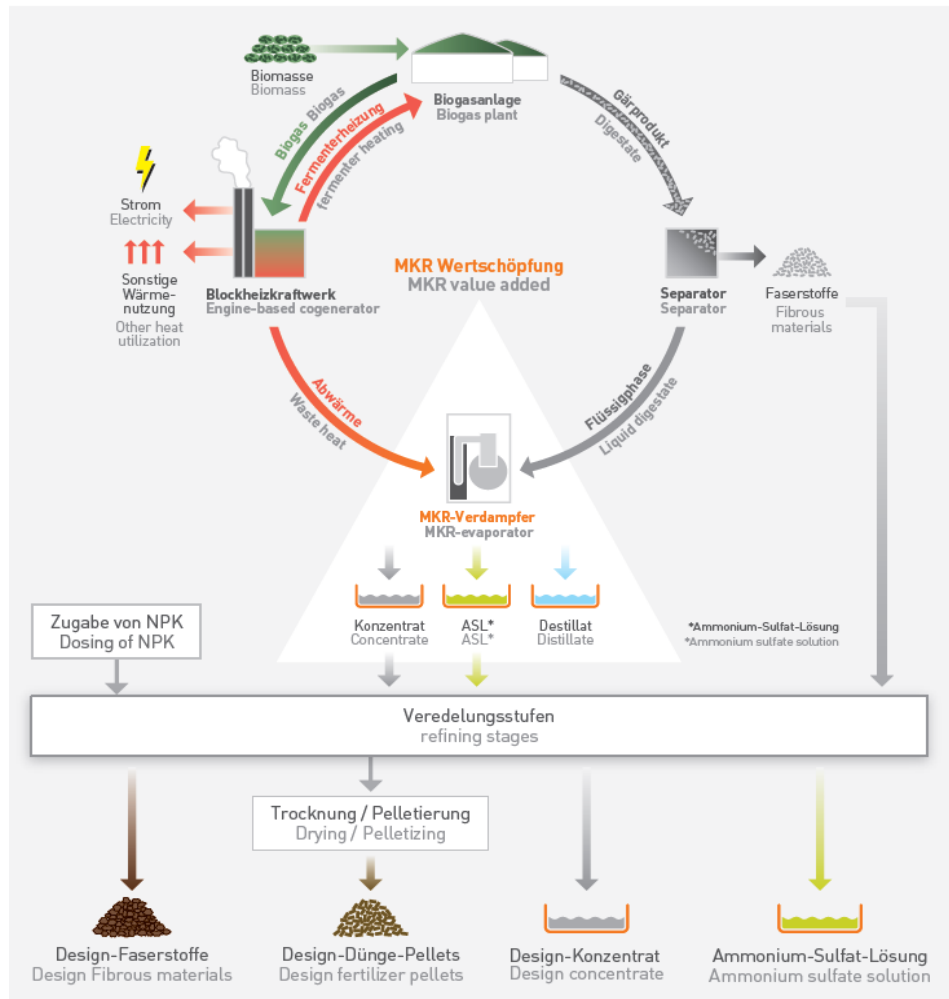




圖 6 沼液沼渣再精煉處理程序

(四) 設備面：畜牧糞尿厭氧發酵的時間及進料比例，依據各地國情不同可能有所落差，惟畜牧糞尿資源化產品所需之分離設備為產品純化過程的必備設備，因此本次考察發現各式分離器材亦為推動畜牧糞尿資源化的一大重點，以下蒐集本次考察所見的設備商(MKR)設施。

表 3-設備商(MKR)之分離設施

	
<b>MKR RT400</b>	<b>MKR DV400</b>

參考資料：<https://www.mkr-metzger.de/index.php/en> (詳附錄三)

#### (五) 經營模式

1. 沼氣場資本投資為數不貲，惟最小有效規模( minimal effective scale ) 並無定論，可因料源的可供數量、距離、及終端需求而異。故投資建廠時，需要周全設計規劃，審慎成本效益評估。以丹麥 Ribe Biogas A/S 為例，至今仍須政府補助，德國 FBN 沼氣場說明 8 年可回本，Rück Biogas 公司負責人說，所有賺來的錢全數又進行設備投資用，至今初估已投入 1.1 百萬歐元進行設備投資。
2. 沼氣場與農場須建立緊密的伙伴關係，農場亦可參與持股，利益相互調和。以民營的丹麥 Ribe Biogas A/S 為例，接待參訪代表本身亦為養豬農戶，藉由沼氣場運作，除能處理畜牧糞尿，亦可將各自的農產品共同銷售，供應創意料理後，廚餘則由沼氣場免費回收處理，相得益彰。
3. 本次參訪包括公營及民營之沼氣場，以民營的丹麥 Ribe Biogas A/S 為例，大股東將生質沼氣發電的減碳效果延伸至綠電憑證交易及碳權交易，將相關權利金授與奧迪 (AUDI) 汽車公司，提升公司利得，有助於沼氣廠的永續經營。



(六) 輔導措施與政策法規

- 1.在歐盟的指令下，工廠的處理與農場施用的肥分，均有明確的規範。要避免沼液沼渣施用的潛在環境問題，首重飼料和沼渣沼液的成分管制。在我國普遍受質疑的重金屬（如鋅、銅等），似乎不是個重要課題，可能與牲畜飼養方式有關。另，查德國也有土壤重金屬的管制標準，羅列如下表 4。
- 2.沼氣工廠的永續經營需要合理且穩定的利潤，即便附加價值可隨處理和利用技術而提升，大家一致公認政府的補貼仍屬需要；目前工廠的主要收益來源有三：沼液與沼渣的銷售所得；綠電的躉購費率補貼（占最大部分）及綠電憑證交易和碳權交易的部分利得。

表 4-德國土壤重金屬管制值(摘錄)

重金屬	管制值(mg/kg)	重金屬	管制值(mg/kg)
銻(Sb)	2	鉻	100
砷	5	銅	100
汞	0.5	鉛	60
鎘	1	鎳	50
鈷	20	鋅	200

參考資料：<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>

3. 土壤及地下水的監控系統，必需根據因果關係而合理布建，始能正確掌握真正的原因，並作為改善因應的參考。

#### 四、研討會成果

(一) 國際研討會暨商品展活動第 1 天及第 2 天議程如表 5 所示，第 1 天重要議題包括：歐盟沼液沼渣未來願景及歐盟沼氣部門最新發展狀態等兩場專題演講、沼液沼渣薄膜處理等各種不同處理程序介紹、歐盟肥料法規介紹、沼液沼渣養分蒸發回收再利用技術、義大利 Biogas Wipptal 沼氣廠營運歷程介紹等；第 2 天重要亦提包括：沼液沼渣處理成本及溫室氣體排放推估、綠色廢棄物中重金屬濃度及其對沼液沼渣品質的影響、沼液沼渣肥料化潛力評估、提升有機肥料跨域市場性的障礙分析等。

表 5 國際研討會暨商品展活動議程（第 1 天）

日期	時程	內容	演講者	類型	
10/16 (二)	08:30~09:30	報到			
	09:30~09:45	致歡迎詞			
	09:45~10:30	專題演講			
	10:30~11:00	中場休息			
	11:00~11:25	以 MPS 程序處理沼液沼渣的 10 年操作經驗分享	Ulrich BRÜß	最新技術	
	11:25~11:50	添加生石灰去除農用肥料氮素及改善衛生條件 (Hygienisation)	aniel BAUMKÖTTER		
	11:50~12:15	沼肥產品的應用、製作及市場分析	David WILKEN		
	12:15~12:40	歐盟肥料法規介紹	Ramona WEIß		
	12:40~13:40	午餐			
	13:40~14:05	Vapogant 沼液沼渣蒸發的創新技術-位在德國巴伐利亞州黑里登 (Herriegen) 的實廠 (NATURA GmbH Co KG) 經驗	Clemens MAIER	實務經驗成果	
	14:05~14:30	使用沼液作為實場有機蔬菜肥料的評估	Dr.Jacques FUCHS		
	14:30~14:55	翻轉畜牧糞尿與沼液沼渣處理程序-經濟、有效、永續的全方位處理技術 (total processing)	Hans-J.P. FRHR VON DONOP		
	14:55~15:20	Life Optimal 2012 及 Biogas Wipptal 經驗談-個廠營運歷程介紹	Walter HUBER		
	15:20~15:50	中場休息			

	15:50~16:15	水熱媒碳化（Hydrothermal carbonization）及沼氣增效作用 - 以位於瑞士創新園區工廠（the Innovation Campus Rheinmuhle）為例	Tilo SCHMID-SEHL	生物經濟	
	16:15~16:40	SEQUESTA - 沼液養分蒸發回收及處理技術			
	16:40~17:10	沼液沼渣薄膜處理技術之最適化	Prof. Dr-Ing. Sandra ROSENBERGER	創新展望	
	17:10~17:35	畜牧糞尿及沼液沼渣的創新處理程序-首次實廠經驗與展望	Dr. Christian BÖSE		
	17:35~18:00	真空蒸發技術提供沼氣廠系統服務	Florian MIX		
	18:00	第一天議程結束			
日期	時程	內容	演講者	類型	
10/17 (三)	09:00~09:25	沼液沼渣處理成本及溫室氣體排放推估	Ursula ROTH	環境及永續面	
	09:25~09:50	水危害物質處理裝置條例（AwSV）對沼氣廠的水質保護及其他特殊法令要求	Anja BARTSCH		
	09:50~10:15	綠色廢棄物中重金屬濃度及其對沼液沼渣品質的影響	Dr. Urs BAIER		
	10:15~10:40	以問卷調查方式了解畜牧糞尿在日本的利用情形	Mishima SHIN-ICHIRO		
	10:40~11:10	中場休息			
	11:10~12:25	商品展覽			-
	12:25~12:40	海報論文展示			-
	12:40~13:40	午餐			
	13:40~14:05	自生物質生產系統每年或多年所分離出沼液沼渣的肥料化潛力	Andrea EHMANN	環境及永續面	
	14:05~14:30	應用硫酸鹽（wulphate）的商業化酸化技術來減少動物糞泥（animal Slurry）的氨氣排放	Morten TOFT		
	14:30~14:55	畜牧糞尿酸化程序穩定性的觀察重點及可接受性-實廠調查結果	Susanne HÖCHERL		
	14:55~15:20	進料所含菌種對沼氣處理程序及沼液衛生性質的影響分析	Mathias HARTEL		
	15:20~15:50	中場休息			
15:50~16:15	Poultry profit®：提升富含氨氣殘渣可用性的處理程序	Werner SCHEMMANN	創新		

16:15~16:40	提升有機肥料跨域（cross-border）市場性的障礙分析	Katharina LAUB	展望
16:40~17:10	Actipost®處理技術對於1家位於法國農場沼氣廠的效果分析	Guillaume SALOME	
17:05~17:30	橄欖研磨廢水與牛糞及都市廢水的厭氧共消化探討	Tallou ANAS	
17:30	第二天議程結束		

（二）國際研討會海報參展主題及第3天實廠觀摩參訪重點如表6所示。

Rück Biogas 及 Agro Energie 兩家沼氣場中，前者利用汽電共生設施廢熱作為沼液沼渣真空蒸發處理廠（Natura GmbH & Co.KG）熱源，可有效達成濃縮沼液沼渣中所含營養成分的目的。後者利用太陽能乾燥沼液沼渣，所使用原料包括各約占 1/3 的能源作物、液體/固體畜牧糞尿及蔬菜類廢棄物等，經厭氧發酵程序所產生的沼液沼渣，可透過太陽能乾燥及利用微型天然氣渦輪機運轉所排出廢熱，轉換成高品質的有機肥料。這些有機肥料已市場化可適用於私人及商業用途。

表6 國際研討會海報參展主題與實廠觀摩議程

海報區參展論文		
項次	論文題目	參展人
1	生物質殘渣經厭氧共消化所產生沼液沼渣的特性與其原有碳氮含量及有機負荷削減效率之關聯性。	Camila HASAN
2	「Mest op Maat - Made-to-measure Fertilizers」專案計畫：探討畜牧糞尿直接作為肥料或能源基質，以及經加工成為肥料或作為位於德國及荷蘭處理畜牧糞尿沼氣工廠的進料基質，內容聚焦於導入高效率技術提升利用效率	Daniel BAUMKÖTTER
3	新穎沼液真空蒸發處理技術之發展現況	Marek VONDRA
4	以實驗室批次生物測試的方式，探討經生物添加劑（Actiglen®及 Actipost®）處理後的沼泥，對於以清貯玉米生產沼氣之影響	Guillaume SALOME
5	使用移動式模廠系統最適化鄉村型沼氣工廠之經驗	Medina BERBIC
6	沼液沼渣排放甲烷評估中對於殘氣潛勢之決定	Dr. Urs BAIER
7	以牛糞作為共同基質對於清貯玉米單發酵之影響	Dr. Brigitte KEMPTER-REGEL
8	以沼液製成肥料為目的之沼氣生產程序的穩定性探討	Ievgeniia MOROZOVA
9	「OB-SLURLESS 100」工廠運作情形 該廠專責辦理該公司於厭氧消化生產沼氣過程所衍生沼	Elena BONADEI

	液沼渣的處理，以及有機物質、氮和磷的再利用		
10	牛糞尿及其沼液處理過程中微分離程序之最適化	Lukas WETTWER	
11	以 MemFis 薄膜過濾系統處理糞泥	Matthias RABENER	
日期	參訪地點	參訪重點介紹	人員
10/18 (四)	利用太陽能乾燥沼液沼渣的處理廠	1. 原料：能源作物、固/液體畜牧糞尿及蔬菜類廢棄物 2. 經厭氧發酵所產製之沼液沼渣，透過太陽能乾燥及微型天然氣渦輪機，轉換成高品質的有機肥料 3. 有機肥料已市場化且可適用於私人及商業用途	IBBK 專家與廠方技術人員
	利用廢熱為熱源的沼液沼渣蒸發器	1. 利用臨近沼氣工廠熱電聯產設備所排出廢熱，濃縮沼液沼渣中所含營養成分 2. 提升其在運輸及儲存上更具成本效益	

#### 肆、心得及建議事項

- (一) 沼氣場與農場之間需有適當的區域範圍；範圍太小，有料源不足之虞；反之，範圍太廣，則運輸成本將不利雙方。因此，在建廠之初，應規劃適當的區域範圍（丹麥的經驗是，方圓不超過 20 公里）。
- (二) 規劃共同厭氧處理的沼氣場，除了集運範圍（20 公里）的限制外，還要考量如果要將純化後的沼氣作售電用，則距離變電站的位置；如果直接將純化後的沼氣供應家庭使用，也要考量天然氣管的距離。
- (三) 本次參訪德、丹兩國，規納我國沼氣廠設置所面臨的困境：
- 1.我國養豬規模小而且分散，糞尿收集成本太高，集中處理不易。
  - 2.發電效率太低，在規模與效率上仍難與德國和丹麥相提並論。
  - 3.政府提供的躉購費率，能否確保工廠的財務永續性，更是眾所關注的問題。
  - 4.我國雖有堆肥化技術，但堆肥去處有限，處理與資源化再利用的技術亦均有改善空間。目前沼液沼渣液的純化問題嚴重，豬糞尿的重金屬含量始終是揮之不去陰影，徒增集中處理的難度。

因此，設計適當的工廠規模（以免因規模失當而致營運障礙叢生）、選址、改善發酵的料源配方、提升資源化的模式和附加價值，並由政府

提供合理且穩定的躉購費率補貼，應是企業化經營必要創新的重點。

- (四) 我國的廚餘回收制度雖然頗有成效，但處理與利用方式卻嫌粗放。應可仿照德國、丹麥，建立工廠與農民的伙伴關係，將畜牧業之產品、廚餘、沼液沼渣、農產品等，朝循環經濟方式循環使用，將有助於減少污染、提升沼氣發電、降低二氧化碳等目標。
- (五) 目前沼液沼渣的處理與應用問題是當前政府推動循環經濟的重要環節之一，但卻分由不同主管機關（經濟部、農委會、及環保署）各自推動職權範圍內的工作業務，因而難免事倍功半。如欲有效地改善匱效率或政策失靈的現象，應該加強政策的整合（integration）與調和（harmonization），否則難以有效推動政策。
- (六) 依丹麥之經驗，推動畜牧糞尿資源化，未來可輔導沼氣發電廠取得綠電憑證及專案減碳憑證，強化市場交易功能，創造額外收益，期能有助於工廠的財務永續性及企業化經營。



表 7-本次考察相關合影照片

	
<p>拜訪德國 FBN 沼氣場設備即時操作畫面</p>	<p>與德國養豬實驗所及沼氣場接洽代表合照（後方為沼氣收集槽）</p>
	
<p>拜訪德國研究機構 FNR，並致贈禮品與當天講者（上圖左二 Rostock 大學 Dr. Engler、左三 FNR 代表 Dr. Vashev、右三德國農業與環境部代表 Karsten Pellnitz）</p>	<p>107年10月10日，拜訪德國研究機構FNR後，隔（11）日該機構即發布新聞稿（網址：<a href="https://reurl.cc/jqMVZ">https://reurl.cc/jqMVZ</a>）</p>
	
<p>107年10月12日拜訪 Ribe Biogas A/S</p>	<p>Ribe Biogas A/S 場內消化槽（每個 8,500 m<sup>3</sup>）</p>

## 伍、附錄

附錄一、公務出國期間國外人士個人資料彙整表

附錄二、德國再生資源推動機構 FNR ( Fachagentur Nachwachsende

Rohstoffe e.V. ) 簡介

附錄三、MKR 設備型錄

附錄四、國際研討會論文摘要 ( 德文及英文 )