

出國報告（出國類別：考察）

有機廢棄物區域性厭氧及能源化 處理技術

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：孫嘉慧 技士

派赴國家：瑞典

出國期間：101年11月18日至11月24日

報告日期：102年1月

行政院及所屬機關公務出國報告書摘要

報告名稱：有機廢棄物區域性厭氧及能源化處理技術

主辦機關：行政院環境保護署

出國人員：孫嘉慧 行政院環境保護署 環境督察總隊 技士

出國地點：瑞典

出國期間：民國 101 年 11 月 18 日至 11 月 24 日

報告日期：民國 102 年 1 月

內容摘要：

為作為我國未來廢棄物能資源化因應措施及應用技術參考，考察瑞典生質能源政策之發展。瑞典主要係從 1991 年引進二氧化碳排放稅制度，該制度對瑞典生質能源的發展產生決定性的影響，也促使各行業和公用事業興起投資生質能源。尤對大量使用石化燃料之工廠，為減少廢氣排放及須付高額二氧化碳排放稅，以致很多原使用石油、煤之地區供熱廠，逐漸轉換為使用生質燃料。瑞典在 2006 年更宣布全面能源綠化目標，目標為在 2020 年結束對石油的依賴，成為全球第一個「無油國」。為達成此艱鉅目標，產、官、學、研單位致力能源再利用領域之各項投資、研究及扶植民間機構積極投入，並以商轉化及建構在地產業為目標，以創造經濟規模及效益，故其民間機構商業模式及推動成功經驗可供國內建構沼氣化及後續營運管理之重要參考。

而國內為亟待解決廚餘去化問題，已挑選八里污水處理廠作為污泥廚餘共消化示範廠，故廚餘前處理設備與技術係為該示範廠成功與否之重要因素之一，爰此，本次以考察廚餘前處理設備與技術為主軸，另參訪瑞典沼氣國際公司 SBI 有機廢棄物共消化廠之管理營運方式，以為後續推動有機廢棄物能資源化參考。此外，又參訪 Vattenfall 焚化廠區域供熱、拜會瑞典皇家學院及瑞典投資處，了解瑞典供熱系統、能源再利用研究計畫及沼氣化現況與推動方式。

本次考察特別就國內有關能資源相關政策與計畫工作準備約英文版簡報，於拜會瑞典相關廠商時先加以說明，讓該國廠商瞭解國內未來推動方向與可能商機，以增加溝通深度，不同於過去單向考察方式。

經考察瞭解瑞典在生質能相關技術成熟並有商轉實例，建議未來可透過適當方式或管道，將相關技術經驗介紹給廠商或顧問機構，協助未來相關計畫推動。

目錄

第一章 前言.....	1
一、考察目的.....	1
二、考察內容.....	2
三、考察行程.....	3
第二章 考察成果.....	4
一、瑞典貿易投資處(瑞典沼氣現況與推動).....	4
二、VATTENFALL HEAT UPPSALA 區域供冷熱廠(焚化廠推動區域供冷熱經驗).....	6
三、ENVAC 於 HAMMARBY 之廢棄物收集系統(垃圾自動收集系統推動經驗) ...	10
四、參訪瑞典沼氣國際公司 SBI 總公司及 OREBRO 市 BIOGAS 發酵廠 (有機廢棄物共消化推動經驗).....	12
五、XYLEM 設備廠商(PUMP 及混合設備) 及胡丁厄市食品廢棄物前處理廠(食品廢棄物前處理	18
六、參訪瑞典皇家科技大學環保能源研究單位(多聯產、儲能及製冷工作計畫介紹)	23
第三章 心得及建議.....	28
附錄 參訪照片及相關資料	

第一章 前言

一、考察目的

本考察係為赴瑞典考察廢棄物能資源化應用技術，參訪焚化廠區域供冷熱、垃圾真空收集系統、廚餘前處理、有機廢棄物共消化等環保設施，期間亦拜會政府、民間企業及學術等機關團體，以瞭解政府再生能源推動情形及產、學界針對有機廢棄物沼氣化及能源再利用之研究內容，同時蒐集相關資料，作為我國未來廢棄物能資源化因應措施及應用技術。

現今瑞典生質能源政策之發展，主要係從 1991 年引進二氧化碳排放稅制度，該制度對瑞典生質能源的發展產生決定性的影響，也促使各行業和公用事業興起投資生質能源。瑞典政府 2006 年更宣布全面綠化目標，矢言 2020 年結束對石油的依賴，成為全球第一個「無油國」(oil-free)。瑞典 2009 年生質能源使用比例已達 31.7% 佔瑞典總能源的 1/3，預計 2020 年生質能源可達到 50%。

我國為因應能源短缺及溫室氣體減量問題，行政院於民國 97 年發佈「永續能源政策綱領」，提出「二氧化碳排放量於 2016 年至 2020 年間回到 2008 年，於 2025 年回到 2000 年水準」、「未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上」及「2025 年發電系統中低碳能源占比達 55% 以上」等積極性具體目標，並規劃「淨源」的能源供應系統與「節流」的能源消費型態等具體策略，為我國擘劃出明確且具挑戰性的能源政策藍圖。為提倡再生能源的開發使用，本署已積極規劃將生質能及資源有效循環利用列為重要政策目標。

又我國自推動垃圾強制分類回收後，成效良好，不僅達成廢棄物減量之目的，於資源物及廚餘回收比例亦逐年提升，然而廚餘回收量迅速增加之情形下，卻也造成部分縣市廚餘處理壓力。師法國際成功經驗，廚餘與其他有機廢棄物藉由厭氧共消化方式處理，不僅可達成妥善處理要求，亦兼具產製沼氣（能源化）及有機肥料（資源化）等雙重效益，現階段本署已挑選八里污水處理廠作為污泥廚餘共消化示範廠，故廚餘前處理設備與技術係為該示範廠成功與否之重要因素之一，爰此，本次以考察廚餘前處理設備與技術為主軸，另參訪瑞典沼氣國際公司(簡稱 SBI)之有機廢棄物共消化(農林廢棄物與食品廢棄物)廠之管理營運方式，以為後續推動有機廢棄物能資源化之參考。此外，並參訪焚化廠區域供熱、拜會瑞典皇家學院及瑞典投資處，以瞭解瑞典供熱系統、能源再利用研究計畫及沼氣化現況與推動方式。

此外，本次考察在外交部駐瑞典代表處經濟組、中興工程顧問股份有限公司，以及瑞典各機關與單位熱心安排連絡及協助下，充分瞭解瑞典廢棄物能資源化因應措施及應用技術，又特別就國內能資源相關政策與計畫工作準備英文簡報，讓瑞典機關單位瞭解國內未來推動方向，增加溝通深度，不同於過去單向考察方式。

二、考察內容

本次赴歐洲考察內容包括焚化廠區域供冷熱、廢棄物收集系統、沼氣發酵廠、全自動廚餘前處理設備、瑞典皇家學院生質能源相關研究及瑞典沼氣化現況與推動經驗等，分述如下：

(一)烏普薩拉 Vattenfall 焚化廠區域供冷熱推動經驗

11 月 18 日抵瑞典後與駐瑞典經濟部經濟組人員進行本次行程與考察重點項目工作確認，翌日(11 月 19 日)上午抵達烏普薩拉 Vattenfall 焚化廠，瞭解烏普薩拉區域供熱政策及制度，且實地參觀廠內供熱相關設施。

(二)Hammarby 之垃圾真空收集系統

11 月 20 日前往 Hammarby 市，參觀 Envac 公司垃圾真空收集系統方式。

(三)SBI 公司及 Örebro 沼氣發酵廠設施參訪

11 月 21 日上午抵達 SBI 林雪平市(Linköping)總公司，由我方先說明八里污水廠示範驗證計畫及國內後續推動相關有機廢棄物處理設施之計畫，再由 SBI 董事長 Stig Holm 說明 SBI 營運現況及未來營運目標。下午由 Stig Holm 親自陪同前往 Örebro 沼氣發酵廠(以農林廢棄物及食品廢棄物進行共消化)，參訪沼氣化產製方式及操作營運，最後就雙方後續可能合作方式及相關沼氣化技術進行交流。

(四) Huddinge 全自動廚餘前處理設備

11 月 19 日下午拜會 Xylem 公司，就八里污水廠廚餘前處理設備及泵浦方式進行交流，為使我方更瞭解前處理設備之實際操作情形，另於 11 月 22 日下午由 Xylem 公司陪同前往斯德哥爾摩胡丁厄市(Huddinge)參觀全自動廚餘前處理設備，該廠由瑞典商 SRV 公司進行代操作，瞭解廚餘自動前處理之各項設備及操作管理。

(五) 瑞典皇家學院生質能源相關研究(多聯產、儲熱及製冷)參訪

11 月 22 日上午前往瑞典皇家學院(KTH)拜訪 Dr.Anders Malmquist、Dr.Viktoria Marin 及 Dr.Seksan Udomsri，瞭解多聯產(polygeneration)、儲熱及製冷等研究工作計畫。

(六) 瑞典投資處就瑞典沼氣化現況與推動經驗

11 月 23 日上午前往瑞典世界貿易中心投資處，由 Sten Engstrom (清潔技術主任)親自接待，並說明瑞典沼氣化現況及獎勵機制。

三、考察行程

日期	活動項目	活動內容	接待陪同人員
11/18 (日)	討論本次參訪重點及應注意事項	啟程	駐瑞典代表處經濟組 凌組長家裕
		拜會我國駐瑞典代表處 經濟組	
11/19 (一)	焚化廠推動區域供冷 熱經驗	Vattenfall Heat Uppsala (區域供 冷熱)廠	Vattenfall Mrs. Hanna Janis
	廚餘輸送設備及混合 設備	拜會 Xylem 設備廠商(pump 及混 合設備), 討論廚餘共消化之前處 理方式	Xylem Mr. Roman Gabryjonczyk (Senior application specialist, BU treatment water solutions)
11/20 (二)	垃圾自動收集系統推 動經驗	參訪 Envac 於 Hammarby 之廢棄 物收集系統	Envac Mr. <u>Klas Torstensson</u> (projects IS/IT)
		下午至我國駐瑞典代表處 經濟組討論拜會 SBI 公司之注意 事項	駐瑞典代表處經濟組 凌組長家裕
11/21 (三)	瑞典沼氣國際公司有 機廢棄物共消化推動 經驗	參訪 SBI 總公司, 簡報我國有機 廢棄物處理現況	Swedish Biogas International, SBI Mr. <u>Stig Holm</u> (chairman & Founder) Mrs. <u>Anna Brynas</u> (project manager)
		考察 SBI 之 Orebro 市 Biogas 發 酵廠	
11/22 (四)	多聯產、儲能及製冷 工作計畫介紹	拜會瑞典皇家科技大學 環保能源研究單位 ● 從 CHP 到 Polygeneration 發展 ● 區域冷/熱之儲能設備 ● 焚化爐之能源回收 ● 吸收式製冷機(Chiller)介紹	KTH Department of Energy Technology Dr. <u>Anders Malmqist</u> Dr. <u>Viktoria Martin</u> Dr. <u>Seksan Udomsri</u> Dr. <u>Justin NW Chiu</u>
	胡丁厄市食品廢棄物 前處理廠推動經驗	由 Xylem 安排參訪 Huddinge 之 全自動廚餘前處理設備	SRV Mr. <u>Krister Sedman</u> Xylem Mr. <u>Roman</u> <u>Gabryjonczyk</u> Mr. <u>Magnus Spens</u>
11/23 (五)	瑞典沼氣現況與推動	拜會瑞典貿易投資處, 經驗交流 瑞典及台灣目前有機廢棄物之處 理現況	INVEST SWEDEN Mr. <u>Sten Engstrom</u> (Head of Cleantech)

第二章 考察成果

本次考察總計拜訪對象包含 4 個機關團體以及 4 處環保設施，考察成果將分就瑞典沼氣化現況及推動、Vattenfall 焚化廠區域供熱推動、Envac 垃圾真空收集系統、Xylem 污泥泵浦技術與 Huddinge 廚餘全自動前處理、SBI 及 Örebro 沼氣發酵廠，以及瑞典皇家學院有關能源再利用之研究計畫等進行成果說明：

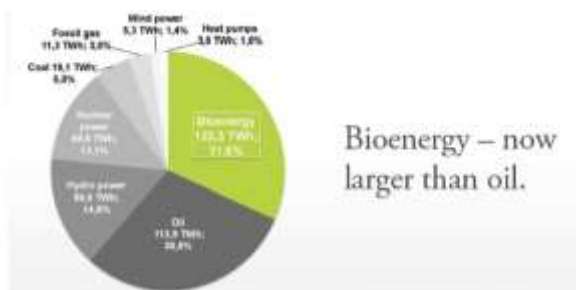
(一)瑞典貿易投資處(瑞典沼氣現況與推動)

根據國際能源總署(IEA) 2008 年年報，依二氧化碳排放、再生綠能使用比例與電力市場自由化等條件，將瑞典列為最具成效的前端國家。瑞典生質能源政策之發展，主要係從 1991 年引進二氧化碳排放稅制度，該制度對瑞典生質能源的發展產生決定性的影響，也促使各行業和公用事業興起投資生質能源。尤其對大量使用石化燃料的工廠，為了減少廢氣排放以及必須付高額的二氧化碳排放稅，以致很多原使用石油、煤的地區供熱廠，逐漸轉換為使用生質燃料。

為減少石化燃料之傳統能源依賴度，瑞典花費鉅資致力於研發替代能源方案，使瑞典依賴傳統油源從 75%降低至目前的 32%。自 1997 年開始，瑞典政府即已制定能源政策，目的在於以有效率永續的能源使用，以及符合成本效益的能源供應方式，達到建立一個具生態永續發展的社會。此外，瑞典政府 2006 年更宣布全面綠化目標，矢言 2020 年結束對石油的依賴，成為全球第一個「無油國」(oil-free)。

1. 瑞典能源使用現況

瑞典 2011 年國內能源使用現況，生質能源 120.3 TWh (31.6%)、石油 113.9 TWh (30%)、水力 56.6 TWh (14.9%)、核能 49.8 TWh (13.1%)，顯示生質能源之使用率已超越石油使用率。另瑞典被賦予較其他歐盟成員國更高之生質能源使用目標，預計 2020 年生質能源可達到 50%，可望超過歐盟所制定 2020 年生質能源 49%之最終目標，如圖 1(資料來源：瑞典投資處提供)。



2011年瑞典國內能源使用分佈

國家	目標年	生質能源目標
歐盟	2020	49.0%
	2020	50%
瑞典	2012	47.2%
	2009	31.7%

歐盟及瑞典2020年再生能源目標

圖 1. 瑞典能源使用現況及再生能源目標

鑑於廢棄物能源化產出再生能源之成本約為使用太陽能所需成本之 10%，亦僅為使用風力發電所需成本之 66%，另考量廢棄物能源化之作為亦對減少溫室氣體排放有極顯著功效，其中甲烷氣應具有約 21 倍二氧化碳之溫室氣體潛勢，而推動有機物能源化除可減少甲烷氣排放外，亦為極具再利用可行性之新能源，而瑞典在廢棄物能源化領域之發展技術已達商業化規模，可供國內續後有機廢棄物能源化推動之參考經驗。

據統計，2010 年瑞典境內共有 229 座沼氣廠，污水處理廠佔 44%、共消化廠佔 25%，所產製之沼氣以供熱(49%)為主，其次為汽車燃氣(36%)，另有 10% 未被利用。另經評析，各種有機廢棄物之產製沼氣比率高低設施依序為農場、共消化廠及污水處理廠，其沼氣產製率分別為 100%、92% 及 24%，顯示目前國內推動有機廢棄物共消化以產製沼氣之方向正確。

瑞典政府未來沼氣產製目標及目前相關獎勵措施，略說明如下：

(1) 沼氣產製目標

- 2010 年沼氣總產量達 1.4 TWh，未來幾年產量將達 3.5 TWh，預計將成長 2.5 倍。

(2) 沼氣及燃料車輛之獎勵機制

- 第一個 5 年享有免徵汽車稅
- 免徵進城稅(congestion tax)
- 雇主提供沼氣車輛可繳較低稅額
- 所有加油站每年銷售量達 2,500m³ 汽油，須負責提供至少一種替代性再生燃料之義務

(3) 沼氣廠建造之獎勵機制

- 新廠可補貼 45%(最高為 2,500 萬克郎，約 1.13 億新台幣)
- 農場產製沼氣如使用超過 50% 糞便且剩餘成品有固定使用用途，在政府總經費 2 億克郎(9 億新台幣)架構下，可投資補貼 30%(最高為 180 萬克郎，約 1,620 萬新台幣)，故若 10 個農戶聯合建廠則可達經濟規模。

綜上所述，瑞典為提升廢棄物沼氣化之產製總量及鼓勵民間機構及民眾使用沼氣能源，以經濟工具來達成目標，減少 CO₂ 排碳量。

(二) Vattenfall Heat Uppsala 區域供冷熱廠(焚化廠推動區域供冷熱經驗)

以下將針對瑞典推動區域供熱之背景、現況、區域供熱設施及操作，與商業模式及具體效益等面向說明：

1. 烏普薩拉區域供熱背景與現況

瑞典地理位置因位處極北，冬季日照短，家戶熱能需求極高，據統計，瑞典全國 290 個城市中，已有 270 個城市係利用區域供熱，供熱率佔 93.1%，每年供熱量達 50 TWh。又在瑞典，家戶垃圾產生量每人每日為 1.27 公斤，垃圾大部份均以焚化處理，統計至 2010 年僅有 1% 為掩埋處理；焚化廠可回收熱能比例超過 45%，故焚化廠熱電聯廠每年可提供 1.5 TWh 之電力及 12.2 TWh 之熱能。

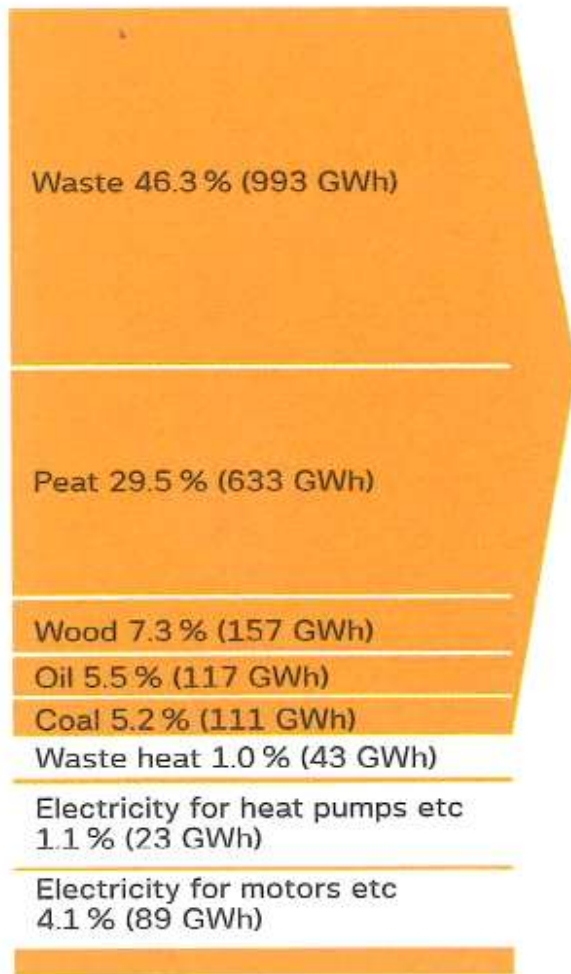
2. Vattenfall 公司基本資料

本廠為歐盟投資興建之區域供熱廠 CHP，100% 屬瑞典政府之產權；該廠之燃料來源均為生質燃料，含泥炭、木材及廢棄物。產業經營模式為製造、配送及銷售熱、電、冷及蒸氣，發電量為 407 GWh，供熱量為 3,921 GWh，為積極因應氣候變遷，未來該公司之目標為增加碳中和熱(Carbon Neutral Heat)和區域供冷之配套。

3. 烏普薩拉 Vattenfall 焚化廠廢熱利用模式、設備及費用

烏普薩拉自 1960 年起即著手建置區域供熱系統，目前 90% 社區利用區域供熱系統，能源提供比率區域供熱 61.8%、發電佔 12.6%、製程蒸氣佔 4.2%、區域供冷僅佔 1.4%。為滿足地區用熱需求及廢棄物能資源回收，Vattenfall 於 2005 年建置 1 座焚化廠(即 Unit 5)，該座焚化廠年處理量約 24 萬公噸(52 噸/時)，燃料為生質物(Biomass)，其成份為廢棄物(waste)佔 46.3%，泥炭(peat)佔 29.5%、木材(wood)佔 7.3%。該廠總體之發熱電總效率約 80%，能源轉換損失 12.6%，配送損失 7.4%。其燃料來源及能源輸出用途如圖 2(資料來源：Vattenfall 公司提供)。

燃料來源



能源輸出用途

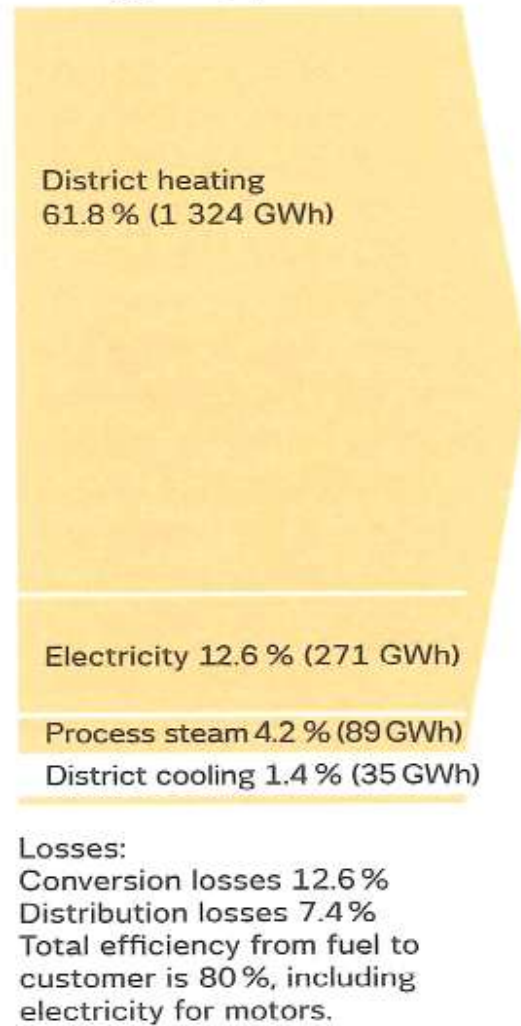


圖 2. Vattenfall 焚化廠燃料使用及能源提供比率

廠內係以主蒸氣作為熱源，廢熱溫度介於 75°C-120°C 之間，經家戶熱交換器及暖房裝置產生熱氣及熱水，經降溫後之餘熱仍有 40°C-60°C 之間，再經區域供冷管線回送之廠內作為熱源使用；另該公司亦針對洗澡之廢水餘熱進行熱之回收；有關建築物供熱系統如圖 3(資料來源：Vattenfall 公司提供)，其供熱設備及費用如下說明：

- 管線係由廠商鋪設；
- 進入用戶端之熱交換器及暖房裝置(radiator)則由住戶負擔；
- 以 1 小型社區為例，熱交換設備成本約 5 萬克朗(合台幣 225,000 元)。

管線廠商負擔

設備用戶端負擔

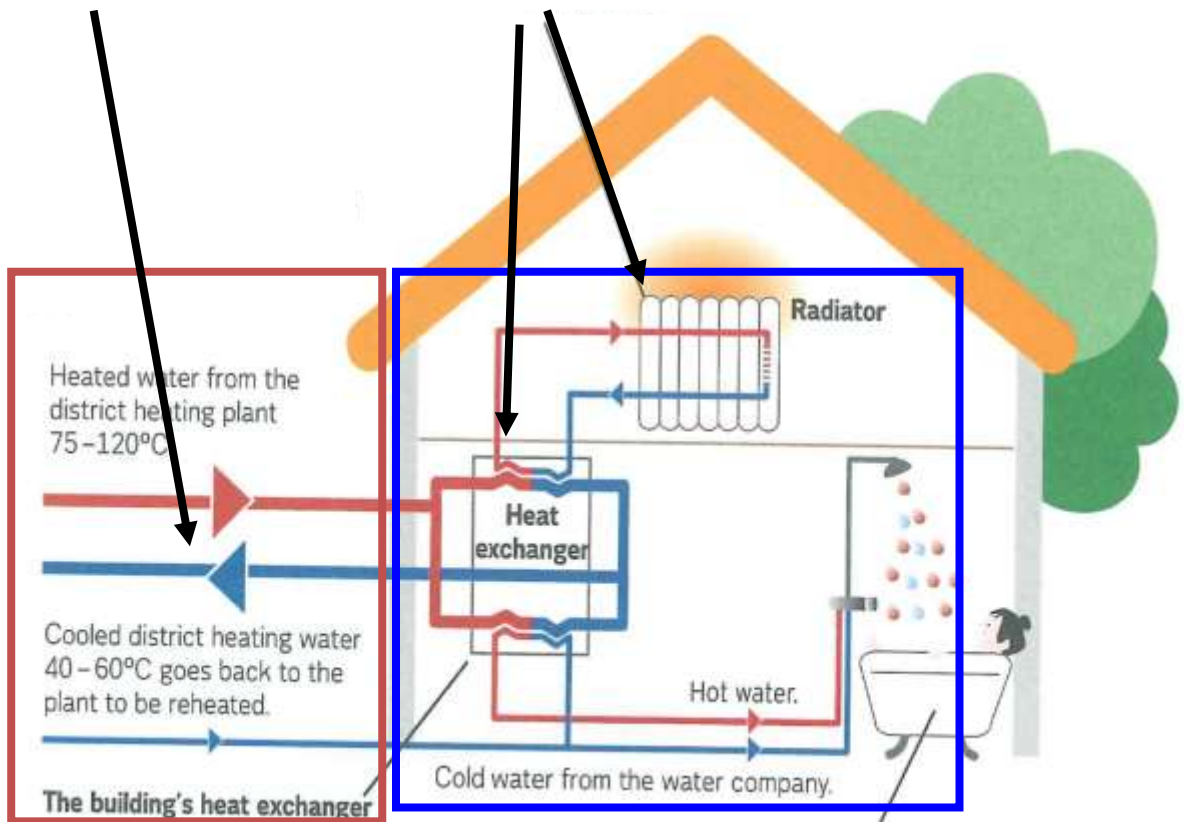


圖 3. 建築物供熱系統示意

4. Vattenfall 之全歐洲 CHP 廠具體效益

按 Vattenfall 公司年報統計，Vattenfall 2011 年在歐洲之 CHP 廠總投資經費為 35,750 百萬克朗，總發電量 166.7 TWh (較 2010 年減少 3.3%)，售熱 41.6 TWh (較 2010 年減少 11.7%)，經統計，該公司所經營之 CHP 廠之碳排總計，全歐洲 2011 年較 2010 年減少 4.9 百萬噸 CO₂ 排放，如圖 4 所示。

項目	2011年	2010年
銷貨淨額(百萬克郎，Net sales)	181,040	213,572
營業獲利潤(百萬克郎，Operating profit)	28,562	39,952
股本回報率(%，Return on equity)	8.6	10.0
投資(百萬克郎，Investments)	35,750	41,794
發電量(兆瓦時，TWh, Electricity generation)	166.7	172.4
售氣量(兆瓦時，TWh, Sales of gas)	53.8	63.3
售熱量(兆瓦時，TWh, Sales of heat)	41.6	47.1
CO ₂ 排放量(百萬噸)		
瑞典	0.40	0.59
芬蘭	0.23	0.28
丹麥	4.4	6.4
德國	67.8	70.1
波蘭	5.8	6.4
荷蘭	8.1	7.8
總計	86.7	91.5

圖 4. Vattenfall 之 CHP 廠具體效益

5.小結

瑞典係因處於北極圈附近，且配合歐盟環保政策，瑞典對於氣候變遷之關切度極高，故積極配合發展相關環保措施；瑞典其能源結構中，發電量是相對足夠的，故瑞典之區域供熱廠均以發熱為主要銷售產品(即以主蒸氣抽氣)另區域供熱政策推動後，對於溫室氣體減量亦有極大成效；另因政府政策支持，廠商在經營上之成本效益有達經濟規模。對於民眾而言，熱之需求上(包含熱水及暖房設備)是必需的且取得非常容易，費用亦較電力低。故區域供熱對於環境、經濟及人民生活品質均為正向效益。

(三) Envac 於 Hammarby 之廢棄物收集系統(垃圾自動收集系統推動經驗)

1.背景：

瑞典 Hammarby 原為配合瑞典爭取 2004 年奧林匹克之主辦權，選定該區建置生態都市，其中垃圾收運系統即以 Envac 公司垃圾真空收集系統之方式，收集對象包含紙類、廚餘及其他可燃廢棄物等 3 類；其目的為家戶垃圾減量、清運交通及二次環境污染之降低，以及源頭分類等

2.收集系統之簡介：

系統係利用壓力差原理收集垃圾，可分為移動式及固定式(如圖 5、6) (資料來源：Envac 公司提供)，移動式專為城市和郊區環境設計，其中如車站，因垃圾量較大，故設置之管線連接到較大的儲存桶後，將清運車輛之停靠點設於遠離交通擁擠或狹小巷道處，再予清運；而 Hammarby 固定式則為一般社區所利用，垃圾暫存儲於一封閉的貯儲閥，透由真空設備定期清空，其中自動排空為遠端控制系統。考察時 Mr. Klas 表示，該系統最困難、最高技術的部分為管線之連接佈管及電腦操作程式之設計。



圖 5. 移動式收集系統



圖 6. 固定式收集系統

3.效益：

Hammarby 之垃圾真空收集系統係為 BOT 廠(但非所有廠均屬之)自 1997 年操作運轉以來，運輸需求已減少 60% 以上，該區之整體收集系統於 2017 年完成後(其管線總長度為 16 公里，設計容量為每日 15 公噸，服務數量為 1 萬 150 萬戶)，應可達更大之成效。又該系統係利用遠端數位技術，可記錄垃圾的量和種類以及投放時間，這些資訊可有效改善該地區的源頭分類。且全自動化操作，其中圖 7 左一為非廚餘類之收集設備，中間係廚餘之收集設備，右一係壓力差來源之鼓風機設備，右上係運送車輛，使其運行成本和維護費用相當低，例如該公司 80 個廠僅需 20 人管理有效減少人力成本，故其投資經濟效益大，且環境效益更大。



圖 7. 現場考察之收集系統照片

4.小結：

本廠之參訪目的原為因應八里廚餘共消化計畫之前處理設備，廚餘輸送系統若可由地下且為長距離輸送，則可有效減少環境污染及民眾抗爭。考察後知該系統係設計收集家戶之廚餘，民眾丟棄時應以紙袋或玉米袋裝廚餘，雖然管線中仍可能有油脂殘留，會定期清理(清理設備稱為 pig)；而目前 Envac 是系統整合廠商，就廚餘輸送技術面，乾性廚餘輸送較易，而八里廠之廚餘含水量達 95%，其廚餘輸送設備該公司尚無運轉實例。在瑞典因政府規定新社區均需設置類此之收集系統，故技術與經濟規模已達較佳狀態；而台灣未來垃圾清運若規劃更節省成本及減少環境二次污染，該系統可作為最佳方案之一。

(四) 參訪瑞典沼氣國際公司 SBI 總公司及 Orebro 市 Biogas 發酵廠(有機廢棄物共消化推動經驗)

1990 年初，瑞典林雪平市(Linköping)開始發展沼氣生產及相關應用技術，歷經 6 年於 1996 年完成林雪平市大型沼氣工程的建置，隨後該市 70%之公車及部分商用車輛開始使用沼氣為燃料，同時亦發展出世界上第一個以沼氣為燃料之火車並開始運行。

1.公司概況

2006 年為推廣林雪平市發展沼氣技術的經驗並開拓國際市場，由 Stig Holm、Lindstén Cityfastigheter AB 及 Mannersons Fastighets AB、Bank von Roll AG、Pågen Invest AB、Carl Lilliehöök，以及 Staff owned 等人士及單位共同籌組 SBI 公司，展開沼氣生產及應用技術輸出事宜。SBI 擁有及操作沼氣廠，並具相關技術 know-how、實際經驗及專利。總部位在林雪平市，致力於瑞典、美國及南韓市場。

2.技術能力

SBI 主要技術能力包含設立沼氣工廠、開發農場生質能源、肥料化沼渣、沼氣生產工程有關之技術與投資效益評估等，依據考察現場，Stig Holm 董事長說明該公司主要服務如下：

- 擁有具商業規模沼氣工廠之操作經驗，可提供有關沼氣生產技術開發全方位之諮詢服務。
- 於瑞典及美國設置有完善的實驗室及試驗模廠，可提供客製化的沼氣工程解決方案。
- 擁有多個沼氣生產技術的專利，可提供高效能之服務。
- 擁有豐富的資料庫及相關研究數據，可針對沼氣生產需求提出不同物質之配比方式。
- 擁有污泥、有機廢棄物及農業廢棄物產製沼氣實廠 17 年以上之操作經驗，可提供實務操作技術及經驗之諮詢。

3.相關實績

SBI 主要實績包含位於瑞典的 Lidköping、Biogas Katrineholm Biogas、Örebro Biogas、Odensviholm Biogas、Hagelsrum Biogas、Norrköping Biogas、Linköping Biogas、Linköpings avloppsrenings-verk，以及位於美國密西根州

的 SBI Flint Biogas 廠，略如圖 8 所示。

主要實績介紹	設施照片
<ul style="list-style-type: none"> • 所有者:Swedish Biogas International AB • 開始營運日期: Janyary 2011 • 處理能力: 60,000 公噸/年 • 甲烷生產能力: 6 百萬 Nm³/year • 肥料生產能力: 50,000 m³/year • 效益：年減超過 14,000 公噸 CO₂ 	 <p style="text-align: center;">Lidköping 廠</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 所有者:Swedish Biogas International AB、Övrigt ägande av Ericssberg, Fors Säteri, Åkerö Säteri samt Lantbruksgas i Sörmland AB • 開始營運日期: 2010, december • 處理能力: 70,000 公噸/年 • 甲烷生產能力: 3 百萬 Nm³/year • 肥料生產能力: 60,000 m³/year • 效益：年減超過 13,000 公噸 CO₂ 	 <p style="text-align: center;">SBI Katrineholm AB 廠</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 所有者:Swedish Biogas International AB • 開始營運日期: 2009 • 處理能力: 50,000 公噸/年 • 甲烷生產能力: 6 百萬 Nm³/year • 肥料生產能力: 45,000 m³/year • 效益：年減超過 14,000 公噸 CO₂ 	 <p style="text-align: center;">Örebro Biogas 廠</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 所有者： Odensviholm Lantbruk, Swedish Biogas International AB 設計 • 開始營運日期: 2009 • 處理能力:17,000 公噸/年 • 甲烷生產能力: 550,000 Nm³/year，主要用於發電年生產電力約 1.3GWh • 效益：年減超過 16,000 公噸 CO₂ 	 <p style="text-align: center;">Odensviholm Lantbruk 廠</p>

資料來源：<http://www.swedishbiogas.com>

圖 8. SBI 主要實績及設施

另由 SBI 公司所提供資料，目前有 8 座沼氣廠(4 座規劃中)，可提供瑞典境內約 25%之沼氣量(年產量約 18.5MNm³)，另還有 2 座 CHP 廠(規劃中)及 5 座生質沼氣 bio-methane 廠(皆以農林廢棄物為料源)，SBI 於瑞典境內之相關設施分佈如圖 9。另

SBI 預估，瑞典沼氣市場開發估計以每年 20%持續成長中，且 2015 年 SBI 市場佔有率將達 37%。



資料來源：SBI 公司提供

圖 9. SBI 瑞典沼氣發酵廠相關設施分佈

4. Örebro 沼氣發酵廠

Örebro 沼氣發酵廠位於林雪平市，為 SBI 所擁有消化設施中產製沼氣量最高設施(年最大產量可達 7.5MNm^3)，該設施於 2009 年營運，設計年處理量為 50,000 公噸，該廠總投資經費約 8 千萬克郎(約 3.6 億新台幣)，由瑞典環境保護局補助 9.6 百萬克郎(約 4,300 萬新台幣，佔 12%)。

該設施為 24 小時連續運作，以農林廢棄物(二次作物、雜草、麥稈、木質顆粒等)及食品廢棄物(食品工廠)為料源，消化槽分前、後消化槽各二座，採中溫(38°C)消化，後消化槽主要係處理前消化槽較難處理之纖維質，消化槽所產製之氣體(濃度介於 60%-65%)須經廠內之純化設備升級 97%沼氣，再經廠內既埋管線輸送至加氣站，供車輛作為替代燃料使用，沼渣則提供農民作為生物肥料使用。有關 Örebro 沼氣發酵廠設施平面配置、操作流程及相關設施如圖 10~12 所示(資料來源：SBI 公司提供及現場考察照片)。



圖 10. Örebro 沼氣發酵廠平面配置

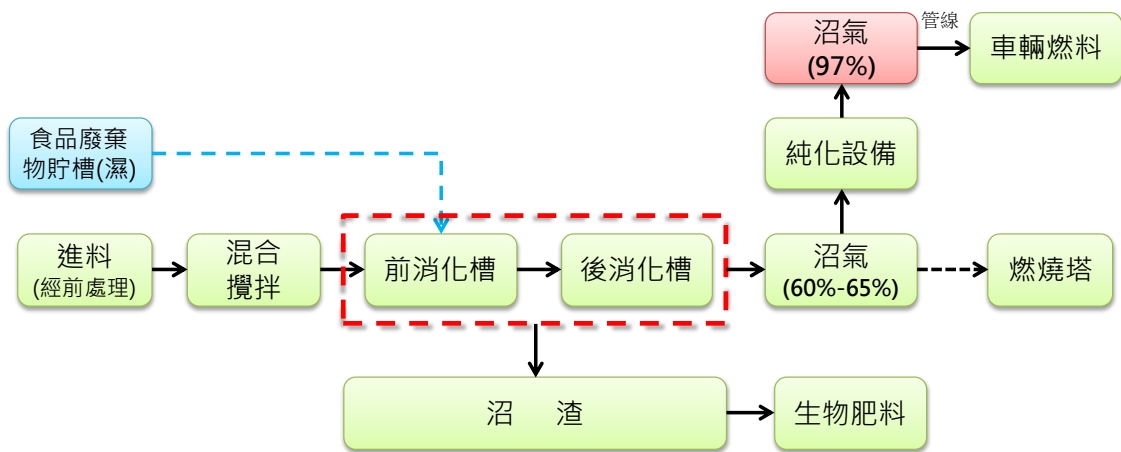


圖 11. Örebro 沼氣發酵廠流程

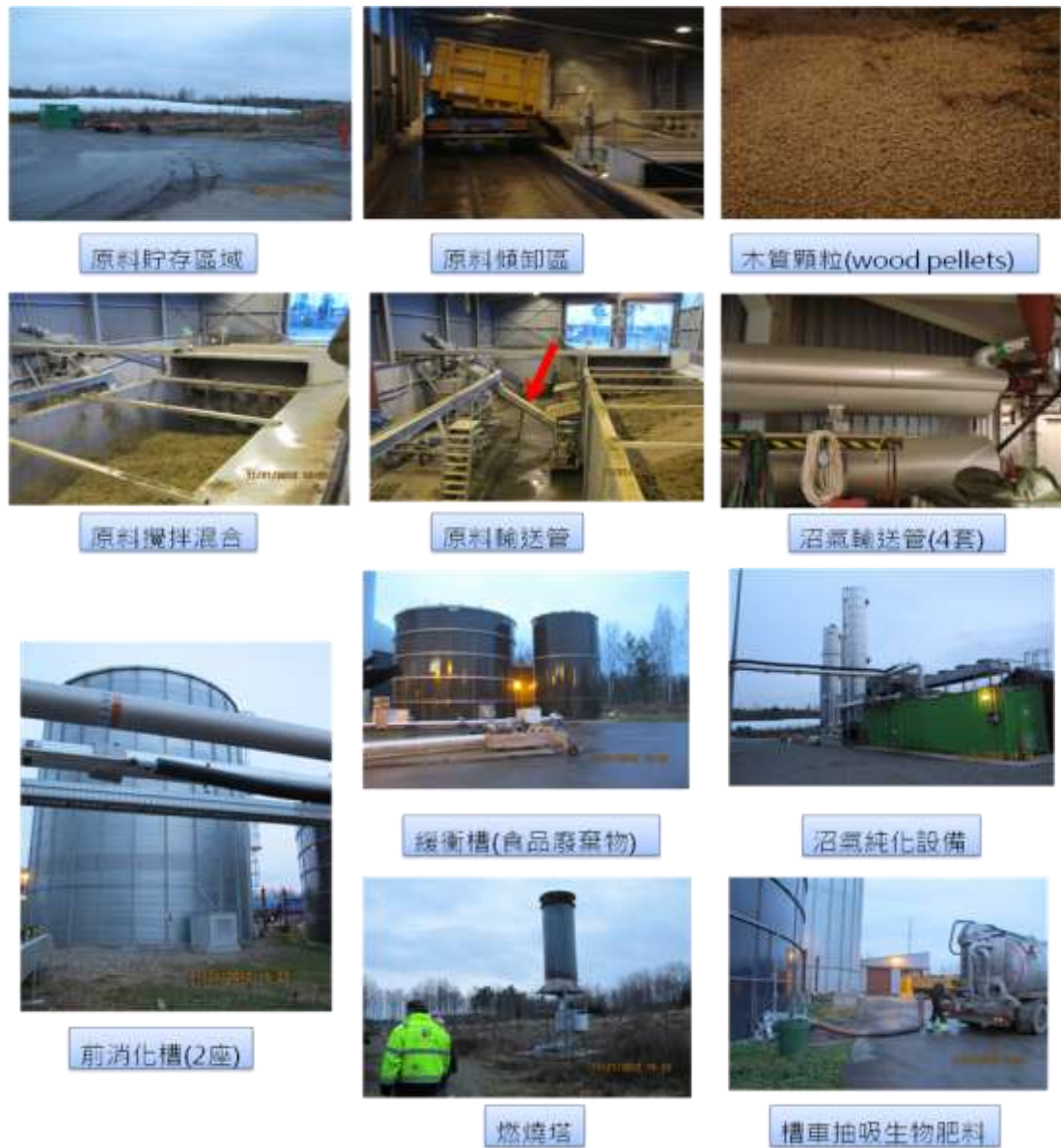


圖 12. Örebro 沼氣發酵廠相關設施

5. SBI 沼氣發酵廠營運模式

Örebro 沼氣發酵廠為 SBI 獨自設計、操作及營運管理(即屬民有民營)，農林廢棄物及食品廢棄物來源向農民及食品工廠收購，所產生之沼渣再提供農民當肥料使用，達成廢棄物資源化及建立雙贏規範。另產製之沼氣提供林雪平市所有車輛作為替代燃料(沼氣管線及加氣站由政府設置)，販售費用 SBI 保留未予說明，SBI 商業模式略如圖 13 (資料來源：SBI 公司提供)。



圖 13. SBI 商業模式概述

6.小結

SBI 公司在於有機廢棄物共消化產沼氣之經驗豐富，其不僅技術成熟，更具備 Business Model；參訪時，Mr. Holm 表示非常樂意參與台灣有機廢棄物之相關推動計畫，且表示若有該公司之加入，其成功機率為百分百；故於參訪後更來信提送合作意願書。

惟本次主要考察目的是提供臺灣地區發展生質能相關資給瑞典相關廠商參考，並藉以吸取國外技術與行政管理經驗，尚未及雙邊合作、投資或技術引進等事宜。又八里污水處理廠試辦計畫預計 103 年可完成試辦計畫，104 年進行長期的污泥與廚餘共消化招商作業，屆時依促參法公告徵求民間（含國內、外廠商）參與或由民間自行規劃申請參與。

(五) Xylem 設備廠商(pump 及混合設備) 及胡丁厄市食品廢棄物前處理廠

本次考察行程中為可更完整蒐集廚餘處理相關技術及設備，除前所說明之 SBI 廚餘共消化經驗外，另由駐瑞典代表處經濟組凌組長家裕在參訪中，隨時與相關技術廠商聯絡，在原定行程中於 11 月 19 日下午增加拜訪 Xylem 公司，其為廚餘輸送 pump 及 Mixing 混合設備之廠商；參訪中針對八里廚餘污泥共消化計畫進行討論，該公司負責接待之代表 Mr. Roman 對八里廠處理流程之建議如下：

1. 廚餘因含有油脂，易管線阻塞，應有特殊規格之 pump；
2. 處理量 20~150 噸/日，差異大，管線應分別設計，不能同一管線輸送；
3. 管線之設計因子應參考流變學中： $\tau = \tau_0 + \gamma kn$ ；
4. 攪拌混合槽設計：台灣廚餘前分類成效佳，但仍可能異物混入，為防止攪拌設備及輸送設備之損害，應設置前篩分設施；
5. 廚餘含油脂，不易混合，攪拌設備亦應考量油脂因素。

故當日參訪後，積極安排廚餘前處理廠之實廠--胡丁厄市食品廢棄物前處理廠。該廠參訪後，對於考察前較為陌生之廚餘前處理設備(因國內對於廚餘共消化之前處理設備之資訊較為缺乏)，有很大的瞭解與收穫，接下來將介紹全歐洲第一座全自動廚餘前處理廠：

瑞典為提高家戶有機廢棄物之回收率，且將食品廢棄物之有機質充份利用，於斯德哥爾摩設置一套年處理量達 50,000 公噸之食品廢棄物前處理廠，該設施採全程全自動化處理，據廠方表示該設施為全世界首創，即具有將食品廢棄物研磨、篩分、磁選及漿化功能，操作簡單，且維護人力少，過程中亦無臭味產生。

1. 胡丁厄市食品廢棄物前處理廠基本資料

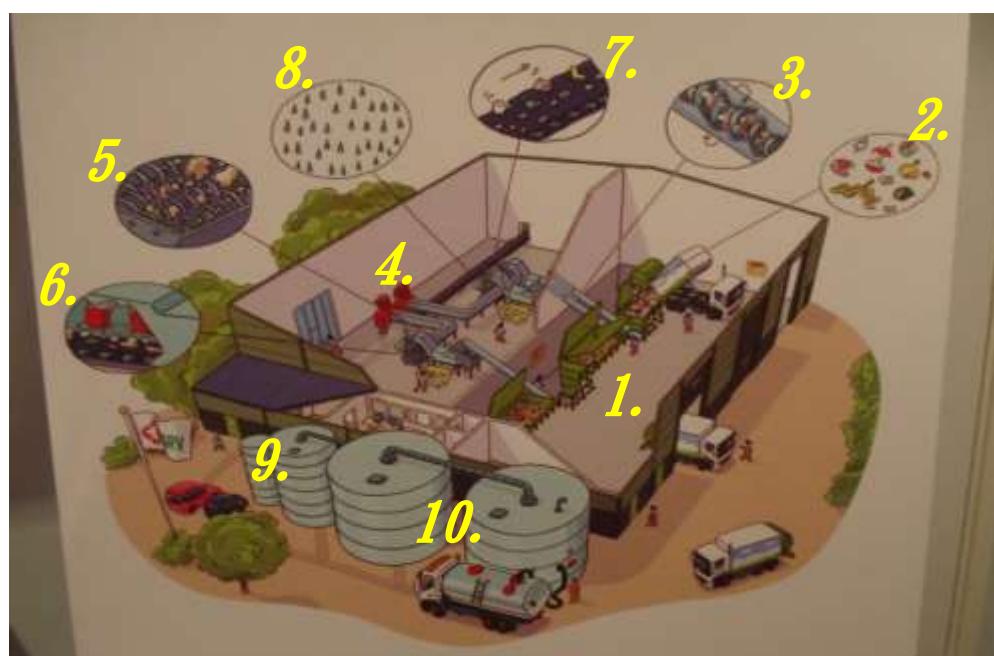
該處理廠位於斯德哥爾摩，主要係收受 Huddinge、Haninge, Botkyrka、Salem 及 Nynäshamn 等五城市食品廢棄物(2011 年人口數約 30.3 萬)，廢棄物來源包括家戶垃圾、超市、餐廳及食品工廠等。該廠建造總費用為 5,000 萬克郎(約 2.25 億新台幣)(設備 2,500 萬克郎、設計施工監造 2,500 萬克郎)，其中設備商為 HAARSLEV INDUSTRIES(德商)，設計、施工及監造為 PURAC(瑞典商)，由 SRV(瑞典商)代操作。

由於目前收受處理之食品廢棄物量不足，故廠方表示年處理量為 25,000 公噸，為設計處理量 50%，爰此，廠方希冀未來家戶垃圾有 35% 之有機廢棄物能回收，該處理廠外觀如圖 14。



圖 14. Huddinge 食品廢棄物前處理廠外觀

該廠於 2011 年 5 月開始建造，於 101 年 5 月完成試車後運轉，該廠設計年處理量為 50,000 公噸(約 30 公噸/小時)。食品廢棄物傾卸坑有 3 處(48m³/處)，總容積約 120m³，2 座研磨、磁選(分離金屬物質)、漿化(含有機質調整)設備，食品廢棄物經研磨後粒徑約 5.8 cm，經漿化後之食品廢棄物粒徑約 0.8 cm，處理後之半成品之總固體含量(TS)平均 12%-18%，廠內相關設施如圖 15。



1. 車輛進料區
2. 傾卸平台
3. 輸送帶
4. 前處理區
5. 破碎機
6. 磁選設備
7. 雜質輸送帶
8. 液體調整設備
9. 液體貯槽
10. 泥漿貯槽

圖 15 Huddinge 食品廢棄物前處理廠設施示意

2.處理技術及製程說明

該廠處理流程及設施如圖 16 及 17 所示，主要料源包含家戶、餐廳、超市及食品工廠之食品廢棄物，載運廢棄物之車輛駛入廠房進行卸料，隨後經研磨、調整、漿化等程序產生泥漿(slurry)，過程中採磁選設備分離金屬物質及其他雜質，所生產之泥漿由槽車載運至 Orebroc 或 Linkoping 區沼氣 biogas 廠產製生質燃料及生物肥料。

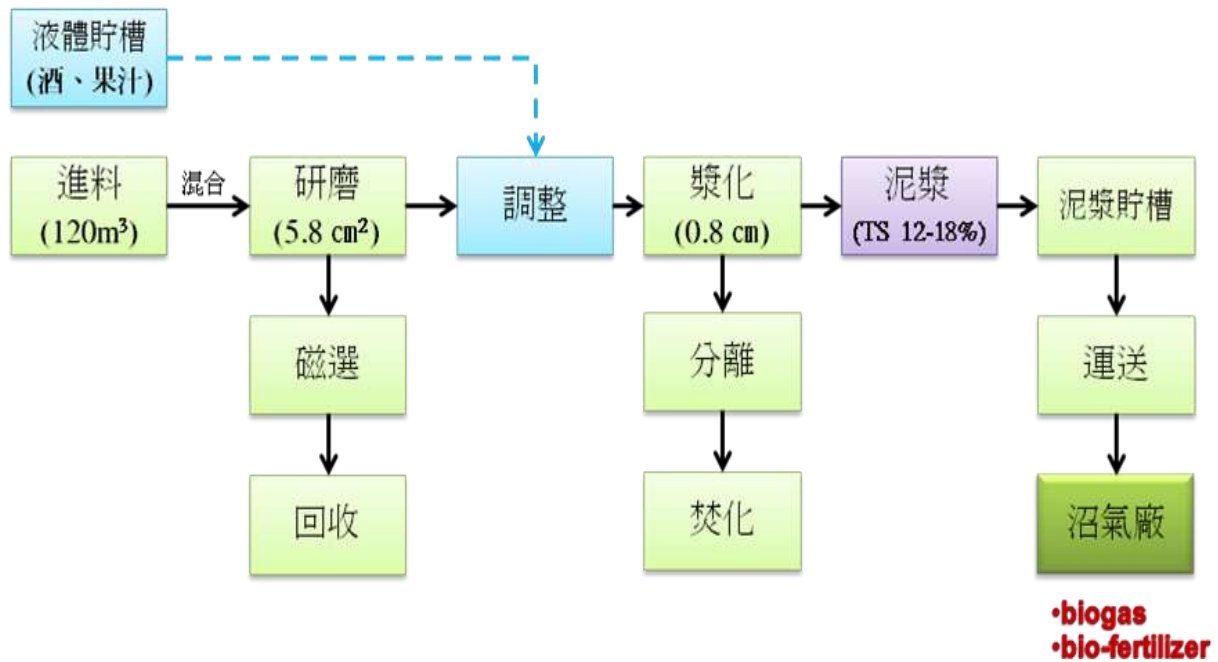
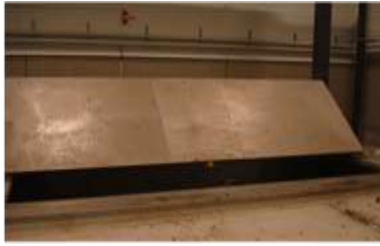


圖 16. Huddinge 食品廢棄物前處理流程



進料坑(48m³/槽)



混合



廢棄物輸送管



破碎機(5.8 cm² ;2套)



金屬物分離輸送帶



篩分設備(0.8 cm ; 2套)



泥漿蓋孔(加濕後)



泥漿成品)



塑膠及雜質排出)



液體輸送管



破碎機細部構造



篩分機細部構造

圖 17. 胡丁厄市食品廢棄物前處理之相關設施

3.預期效益

按操作廠商 SRV 評析，如以瑞典食品廢棄物回收率 70%計算，經換算可減少每年 327,000 公噸 CO₂ 碳排放，其效益如表 1。

表 1. 胡丁厄市食品廢棄物前處理廠預期經濟效益

項目	預期效益
減少汽油數量	6,700 萬加侖/年
減少車輛數量	56,000 台/年
減少 CO ₂ 碳排放	327,000 噸/年
每台 Biogas 車輛減少碳排放	2,800 公斤/年
每公斤食品廢棄物可供每台 Biogas 車輛行駛公里數	至少 1 km 以上

4.小結

本廠為歐洲第一座全自動廚餘前處理廠，處理廚餘來自超市、餐廳等，該類廚餘甚或連包裝袋或罐均未先予以分類，均至廠內再予以破碎分選，另該廠操作人員僅設置 1 人，且因廚餘料源較少，目前每日約操作 4 小時即可處理完畢。參訪現場時該員表示，該廠破碎篩分之流程中分為二階段，為先研磨至 5.8 公分後再篩分至 0.8 公分，因廚餘雖經前破碎及分選設備後，其中可能還混有其他物品，如鐵棒等金屬物質，故若起初即篩分至 0.8 公分，其篩分破碎之設備較細，容易被金屬物質破壞，故分為兩階段。

因本廠非原規劃參訪對象，係由 Xylem 公司協助接洽方可成行，Xylem 公司之專業技術主要是廚餘輸送 pump 及泥漿混合，故該公司表達可提供相關設備及輸送和混合系統的規劃建議。此外，後續國內如需精細研磨機設備亦可提供。

(六) 參訪瑞典皇家科技大學環保能源研究單位(多聯產、儲能及製冷工作計畫介紹)

本次拜訪目的主要係瞭解能源再利用之相關研究計畫，瑞典皇家學院所進行之各項研究計畫均由歐盟設置專責機構(KIC InnoEnergy)負責提供經費補助，執行期程為 5 年(100-104 年)，該機構由產、學、研共同組成合作夥伴，最終係以產業化為終極目標。其中在瑞典係以智慧型電網及儲電系統為主要研究方向。本次參訪包含三項主題，分別為多聯產(Polygeneration)、儲能及製冷等，分別說明如下：

多聯產(Polygeneration)係一具效能、成本效率及永續，利用結合多種能量，如風、太陽能等，產生許多能源(電、熱、冷、純水及乾燥空氣)，各類型產能之能源供應種類如圖 18(資料來源：KTH 提供)，其中國內之焚化廠係所謂 Generation，僅產生電能，目前進行規劃中的是 Cogeneration 和 Trigeration，產電、熱及冷。多聯產計畫係由由 Torsten Fransson 博士擔任計畫經理，Anders Malmquist 博士擔任副計畫經理(本次拜訪對象之一)，合作夥伴包括大學、公司行號及民間機構團體。現階段成果為瑞典皇家學院 2012 年已建立緊急能源模組，結合太陽能、風力及生質物氣化產生電、熱及飲用水，如圖 19 (資料來源：KTH 提供)。



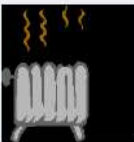

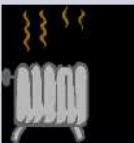


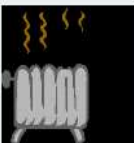


類型	能源供應			
Generation				
Cogeneration				
Trigeration				
Polygeneration				

圖 18. 各類型能源供應圖

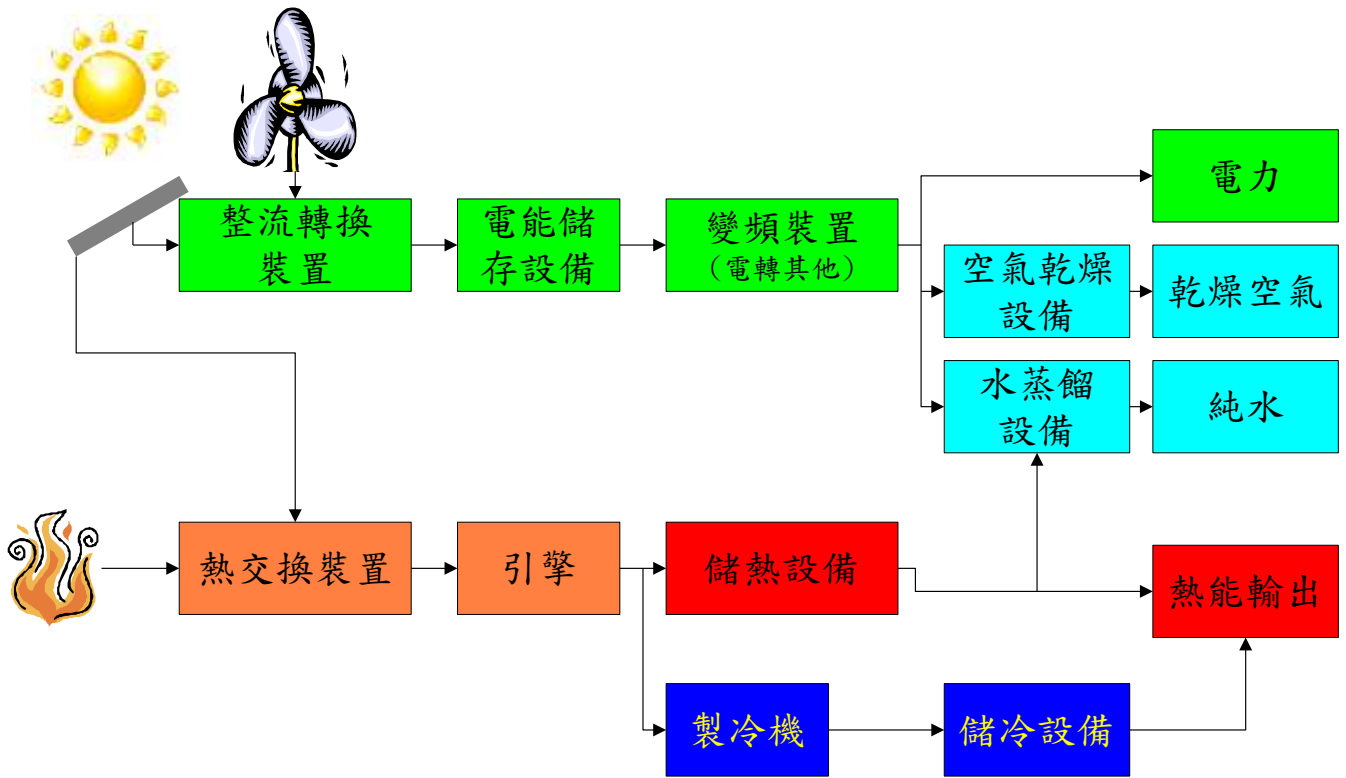


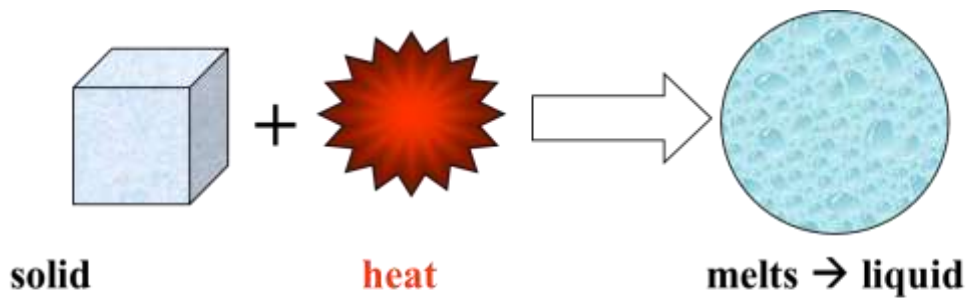
圖 19. 多聯產應用於緊急能源模組示意圖

4. 儲能研究計畫：

儲熱形式可分為建築儲熱、溫室儲熱、變相材儲能及運輸性餘熱利用熱能儲存系統等形式，各項儲能特性及變相材儲能(Phase Change Materials；PCM)概念如表 2 及圖 20。儲能介質中又可分為地源熱泵儲能 Ground Source Heat Pumps 及相變材儲能 PCM，以表 3 比較其儲能種類、原理、優缺點及效益；兩項係利用不同的蓄熱介質，儲存之能量為儲熱（冷），如果溫度夠高，熱能可以轉換為電能，而地源熱泵和相變材蓄能槽成本效益會因狀況而異。

表 2. 各種儲熱形式及特性彙整

形式	特性	備註
建築儲熱	相變材之建築材料具有貯熱或冷高潛力，可降低空調系統高峰負荷，提高效率	
溫室儲熱	溫室為大型太陽能收集器，可收集80%的太陽能。進入溫室的太陽能等於2倍溫室需求的能量，故可做為作物與熱量生產場。投資回收期為5-8年的時間	
變相材儲能	相變化材料(Phase Change Material, PCM)在固態與液態的相變化過程中，能有效地儲存或釋放大量的潛熱，最大的特點在於傳遞潛熱的過程中，系統的溫度幾乎維持在固定的相變化溫度上，因此，在多應用在能量儲存與環境控制材料上。未來應建立測量基準	下圖
運輸性餘熱利用熱能儲存系統	技術可行且符合成本效益，投資回收期4-10年	



Storage Capacity: 70-100 kWh/m³

圖 20. 變相材儲能概念示意圖

表 3. 地源熱泵儲能及相變材儲能比較表

形式	地源熱泵儲能 Ground Source Heat Pumps	相變材儲能 PCM
儲能種類	儲熱（冷），如果溫度夠高（冰島天然地熱或太陽能發電廠的高溫儲蓄槽），熱能可以轉換為電能	
原理	<ul style="list-style-type: none"> ◆不同的蓄熱介質 ◆地層蓄熱是以溫度變化來做能源儲蓄 	<ul style="list-style-type: none"> ◆不同的蓄熱介質 ◆相變材以形態改變來做能源儲蓄
優勢	<ul style="list-style-type: none"> ◆以地熱(冷)來做高(低)溫庫 ◆季節儲能 	<ul style="list-style-type: none"> ◆蓄能溫度可因需求而用不同相變材料作調整 ◆潛熱(相變)比顯熱(溫度變化)蓄能密度高5至10倍 ◆不受地質影響
缺點	<ul style="list-style-type: none"> ◆受地質影響 ◆冷熱需求差異過大，地源蓄溫庫將會受影響(過冷/過熱)。(用戶需求冷大於熱，並且地質無法在一週期內恢復地內溫度，那地層溫度將會升高，熱泵效能將會受到影響) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆如果相變材料無法在一週期內恢復能源儲蓄，效能將會在下一週期受到影響
效益	地源熱泵和相變材的蓄能槽成本效益都會因狀況而異	
	Arlanda 機場地源熱泵最符合經濟效益、斯德哥爾摩區域供冷則以天然地下冷水蓄水槽做緩衝	

5. 低溫製冷研究計畫：

廢棄物產能(Energy from MSW)，廢棄物焚化廠 MSW 之熱電聯產已廣泛採用，但相對於在熱帶地區，對於熱的需求較低；且本次參訪之瑞典亦有其困擾之處，也就是在夏天時，瑞典對於熱之需求可以說是沒有或非常低，故導致 MSW 熱電廠操作效率低，故瑞典針對國內之熱電聯廠之挑戰為需進一步提高焚化廠系統性能及尋找新替代用途。因此，熱電冷聯廠賦予焚化廠新生命，概念如圖 21。

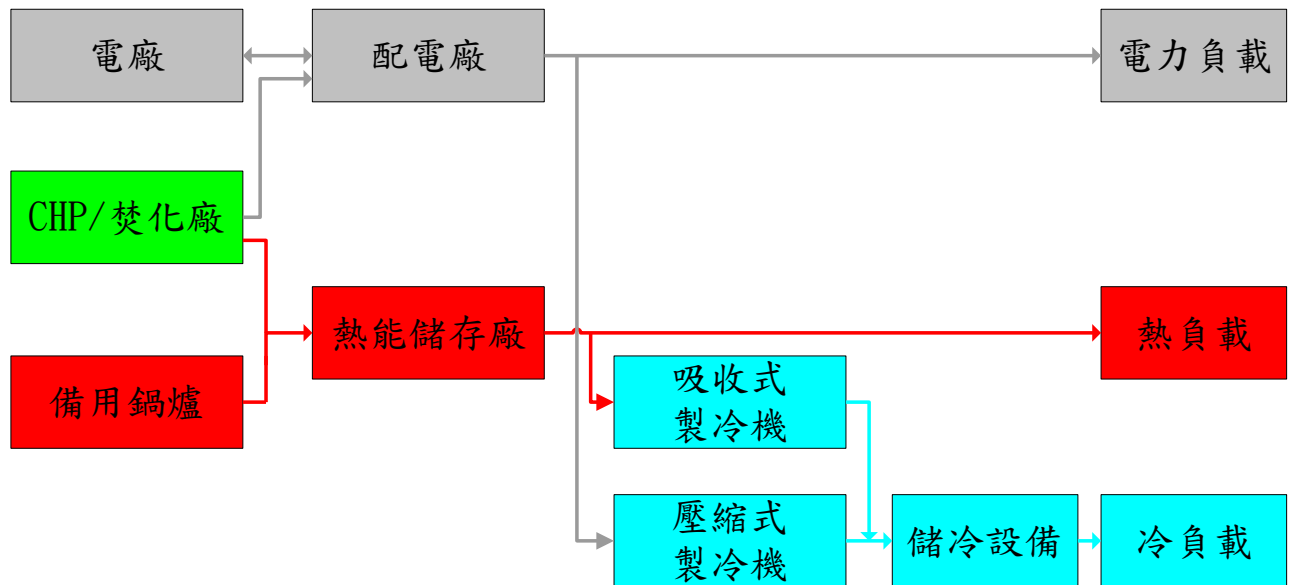


圖 21. 熱電冷聯廠之概念示意圖

本計畫係利用低溫熱驅動吸收式製冷機製冷，重新設計及修改(re-design、modify)吸收式製冷機以符合於 70°C 運轉(利用低溫熱驅動吸收式製冷機)、具較強之冷卻能力 Large cool-off (10-12°C)，及二次冷卻之再利用(Lower re-cooling temperature)；經研究調查選定小規模吸收式製冷機-PINK (NH₃/water from PINK GmbH, Austria)，進行 PINK 機組實驗(10 kW，相當於 15 坪數之冷氣機效果)，期能使用低溫熱 70°C 作為熱源製冷，且須可商轉達經濟規模，市場化的製冷 Pink 機組是在 85°C 條件下製冷，為更有效利用餘熱，KTH 目前已成功以 70°C 跑相同機組，但效能較低，積極突破中。

6.小結：

KTH 為學術單位，其受政府機關委託許多研究計畫，計畫目標與成果中設定條件包含「需可產品化及可市場化」，為我國可學習之方向；另 KTH 在能源利用上已有相當的成效，且具商業運轉模式，未來若可進一步產學合作，相信可在能源利用上獲致更大成效。

第三章 心得與建議

一、考察心得

- (一) 本次考察駐瑞典代表處經濟組凌組長家裕鼎力協助全程陪同與安排，所有考察地點與對象凌組長在瑞典期間均早有接觸並建立溝通管道，事先並已取得相關背景資料，考察期間並由組長親自駕車陪同拜會所有單位，因此過程順利。
- (二) 經由本次考察，更瞭解瑞典對於環保之重視，對於再生能源利用之積極；政府機關與民間廠商(包含農戶)因彼此之間有政策、法令、獎勵及回饋措施，使得沼氣能源在瑞典發展領先。
- (三) 瑞典係因處於北極圈附近，且配合歐盟環保政策，瑞典對於氣候變遷之關切度極高，故積極配合發展相關環保措施；瑞典其能源結構中，發電量是相對足夠的，故瑞典之區域供熱廠均以發熱為主要銷售產品；另區域供熱政策推動後，對於溫室氣體減量亦有極大成效；又因政府政策支持，廠商在經營上之成本效益有達經濟規模。對於民眾而言，熱需求是必需的且取得非常容易，費用亦較電力低。故區域供熱對於環境、經濟及人民生活品質均為正向效益。
- (四) 在瑞典因政府規定新社區均需設置垃圾真空收集系統，故技術與經濟規模已達較佳狀態；而台灣未來垃圾清運若規劃更節省成本及減少環境二次污染，該系統可作為最佳方案之一。
- (五) **Huddinge** 食品廢棄物前處理廠為歐洲第一座全自動廚餘前處理廠，該設備具有研磨、磁選、漿化與雜質去除之功能，另該廠僅配置 1 名工作人員負責設備操作及維護管理工作，全程皆採自動化。後續我國推動廠廚餘共消化之相關設備、輸送、混合系統之整體規劃建議以及精細研磨機設備亦可進一步協尋相關資訊技術與諮詢。
- (六) **SBI** 公司在於有機廢棄物共消化產沼氣之經驗豐富，其不僅技術成熟，更具備 **Business Model**，且於本次參訪後更主動來信提送合作意願書。惟本次主要考察目的是提供臺灣地區發展生質能相關資訊給瑞典相關廠商參考，並藉以吸取國外技術與行政管理經驗，尚未及雙邊合作、投資或技術引進等事宜。未來長期國際間污泥與廚餘共消化技術及合作，可依「促參法」公告徵求民間(含國內、外廠商)或由民間自行規劃申請參與。
- (七) **KTH** 為學術單位，其受政府機關委託許多研究計畫，計畫目標與成果中設定條件包含「需可產品化及可市場化」，為我國可學習之方向；另 **KTH**

在能源利用上已有相當的成效，且具商業運轉模式，未來若可進一步產學合作，相信可在能源利用上獲得更大成效。

二、考察建議

- (一) 瑞典政府為 2020 年達成無油國之艱鉅目標，產、官、學、研單位致力能源再利用領域之各項投資、研究及扶植民間機構積極投入，並以商轉化及建構在地產業為目標，以創造經濟規模及效益，故其民間機構商業模式及推動成功經驗可供國內建構沼氣化及後續營運管理之重要參考。
- (二) 瑞典在生質能相關技術成熟並有商轉實例，建議未來可透過適當方式或管道(如國際研討會)，將相關技術經驗介紹給國內廠商或顧問機構，以協助國內未來相關計畫推動。至於國內合作廠商之媒合工作，以本署目前職掌與業務定位，較難有具體著力點，建議應由經濟部外商投資合作體系協助較為適當。
- (三) 本次考察特別就我國國內有關能資源相關政策與計畫工作準備英文版簡報，於拜會瑞典相關廠商時先加以說明，讓該國廠商瞭解國內未來推動方向與可能商機，以增加溝通深度，不同於過去單向考察方式。建議未來我國規劃相關考察計畫時，可朝多元化方式辦理。

附錄

Vattenfall 焚化廠區域供熱參訪行程	
	
Hanna 說明區域供熱推動情形	現場參訪
	
社區垃圾投料口	MR. Klas 說明真空收集系統方式
Xylem 公司及食品廢棄物處理廠參訪行程	
	
Mr. Romas 說明污泥泵浦技術	廚餘傾卸坑
	
廚餘研磨設備	廠房外觀

訪問行程紀錄照片(1/3)

SBI 公司及 Örebro 沼氣廠設施參訪



Stig Holm 說明 SBI 現況



農林廢棄物處理設施



食品廢棄物貯存槽



槽車運送沼渣



沼氣純化設備



雙方進行經驗交流

訪問行程紀錄照片(2/3)

瑞典皇家學院參訪行程



Dr.Anders Malmquist 闡述多聯產研究計畫



Dr.Viktoria Marin 闡述儲能研究計畫



Dr.Seksan Udomsri 闡述製冷研究計畫



致贈 KTH 參訪紀念品

瑞典投資處參訪行程



Sten Engstrom 說明瑞典沼氣化現況



致贈參訪紀念品

訪問行程紀錄照片(3/3)