

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫二：台灣地區廢棄物部門溫室氣體之總量管制、其效益與成本評估及溫室效應之防止策略

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2621-Z-041-001-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學環境資源管理系

計畫主持人：劉瑞美

共同主持人：陳世雄

計畫參與人員：楊盛行

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫期末成果報告

台灣地區農、林及廢棄物部門溫室氣體之總量管制,其效益與成本評估
及溫室效應之防止策略--子計畫二:台灣地區廢棄物部門溫室氣體之總
量管制、其效益與成本評估及溫室效應之防止策略

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC 93-2621-Z-041-001

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

總計劃主持人：賴朝明 教授(國立台灣大學農業化學系)

子計畫主持人：劉瑞美 副教授(嘉南藥理科技大學環境資源管理系)

共同主持人：楊盛行 教授(國立台灣大學生化科技學系)

陳世雄教授(嘉南藥理科技大學環境資源管理系)

計畫參與人員：楊如玉、吳文慈、陳琳之

成果報告類型：完整報告

處理方式：一年後可公開查詢

執行單位：嘉南藥理科技大學環境資源管理系

中 華 民 國 九 十 四 年 十 月 十 七 日

中文摘要

本研究收集過去十年(1995-2005)來，台灣廢棄物部門溫室氣體(CO₂、CH₄、N₂O)之排放研究文獻，並探討台灣南部掩埋場與滲出水溫室氣體排放之資料，本研究於台南地區南沙崙及城西二處垃圾掩埋場之不同掩埋齡區進行溫室氣體之量測。南沙崙垃圾掩埋場掩埋齡期約 2 年、3 年與 5 年之平均甲烷釋放量 151.9、6.92 與 6.97 mg/m²/h，平均二氧化碳釋放量 846.7、279.9 與 540.1 mg/m²/h，城西垃圾掩埋場掩埋齡期約 2 年、3 年與 5 年之平均甲烷釋放量 11.6、51.3 與 28.2 mg/m²/h，平均二氧化碳釋放量 40.3、285.5 與 564.5 mg/m²/h。分析結果顯示南沙崙垃圾掩埋場之溫室氣體是放量遠高於城西掩埋場，南沙崙垃圾掩埋場掩埋齡 0-2 年的甲烷與二氧化碳釋出率為最高者。而城西掩埋場則以掩埋齡 3-5 年者高於 0-2 年。另一方面，收集南沙崙及城西二處掩埋場的滲出水，並以不同比例的滲出水/土壤混合，於好氧狀態下孵育 28 天，測定試驗期間之化學性質變化與氧化亞氮排放量，結果顯示，孵育初期，銨態氮(NH₄⁺-N)迅速減少，硝酸態氮(NO₃⁻-N)於孵育 2 周時達最大值，南沙崙掩埋場滲出水的氧化亞氮排放量高於城西掩埋場。此外，也彙整相關文獻與資料，提出廢棄物部門溫室氣體之總量管制策略，以供各界參考及因應聯合國「氣候變化綱要公約」及「京都議定書」。

關鍵詞：廢棄物、溫室氣體、總量管制、減量

Abstract

This study reviewed the emissions and adaptations of greenhouse gases (CO₂, CH₄, N₂O) and related treatment of waste during 1995 to 2005. Furthermore, greenhouse gases emission from landfill in southern Taiwan are poorly investigated. To investigate the GHG emissions from landfill and the leachate in southern Taiwan, gas samples and leachates were taken from Nan-Sa-Lun and Cheng-Chi-Li landfills located in the southern part of Taiwan. Average methane emission rate were 151.9, 6.92 and 6.97 mg m⁻² h⁻¹ measured in Nan-Sa-Lun landfill by the gas chromatography chamber method in 0-2, 3, and 5 year-old landfill, respectively. Similarly, average carbon dioxide emission rate was 846.7, 279.9, and 540.1 mg m⁻² h⁻¹, respectively. Average methane emission rate were 11.6, 51.3 and 28.2 mg m⁻² h⁻¹ measured in Cheng-Chi-Li landfill by the gas chromatography chamber method in 0-2, 3, and 5 year-old landfill, respectively. Similarly, average carbon dioxide emission rate was 40.3, 285.5, and 564.5 mg m⁻² h⁻¹, respectively. 0-2 year-old landfill had the highest CH₄ and CO₂ emission rates in the Nan-Sa-Lun landfill, while 0-2 year-old landfill had the least CH₄ and CO₂ emission rates in the Cheng-Chi-Li landfill. Besides, Landfill leachate was collected from the Nan-Sa-Lun and Cheng-Chi-Li landfills. Four treatment levels of raw leachate (10, 20, 30 and 40 mL) were applied to 150 gram landfill soil and were incubated at 25°C for 28 days. Rapid decreasing in NH₄⁺-N in the first 4 days and increasing NO₃⁻-N for 14 days was followed by lower level of available-N. N₂O production at the highest leachate application was highest in Nan-Sa-Lun landfill. The results obtained in this study would provide the references for the National Greenhouse Gas Inventories of waste, the responses of the Kyoto Protocol in Taiwan.

Keywords : Waste, Greenhouse gases, Total Capacity Controls, Mitigation

一、前言

1-1 研究動機與緣起

管制工業化國家溫室氣體排放的京都議定書已於2月16日正式生效，第一階段是管制38個工業化國家應在2008年至2012年間將該國溫室氣體排放量降至1990年水準平均再減5.2%。如何減少溫室氣體排放，已成為國際間的重要環保議題。為降低京都議定書可能帶給我國衝擊，未來國際氣候變遷政策將嚴重影響到各國的溫室氣體排放、能源使用以及產業政策。

地球氣候的暖化作用與溫室氣體之排放有密切的關係，溫室效應氣體的種類，大多數的國家強調有三類，即CO₂、CH₄及N₂O，但於1997年京都氣候變遷談判中，美國建議另增氫氟碳化物(HFCs)、氟碳化物(PFCs)與六氟化硫(SF₆)等物質而成為六類，在工業化前之大氣甲烷濃度為0.7 ppm，目前為1.7 ppm，200年間增加1倍以上，且每年繼續以1%之速率增加中，其對地球增溫所產生之影響隨人類的文明進步而大幅增加(Bartlett and Harriss, 1993)，其對大氣成份之平衡有難以預測的負面影響。因此，甲烷在大氣中之消長與環境影響因子之關係，廣泛地受科學家之關切。大氣組成之變化對地球表面溫度之影響甚鉅，其中二氧化碳(CO₂)濃度之增加，對溫室效應之影響約佔60%(Manabe and Wetherald, 1987; Dickinson and Cicerone, 1986; Kimura et al., 1991)，然而，大氣中仍有其它微量溫室效應氣體，如：甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、臭氧(O₃)及氟氯碳化物(CFC₁₃)對於溫室效應之影響亦不容忽視(Wang et al., 1976; Ramanth et al., 1985)。

由廢棄物部門釋出溫室氣體的主要來源，包括：掩埋場、回收及再利用、堆肥及消化、焚化爐及廢水處理等。為研擬成功的減量對策須有完整的排放資料來佐證。國內目前南部廢棄物部門溫室氣體排放之實測資料較為缺乏，因此本研究除負責收集有關廢棄物所需之各項資料，提供其他子計畫進行效益與成本評估外，研究中缺乏之資料，將一步設計試驗以求得。

1-2 研究目的

文獻指出台灣的甲烷來源中，掩埋場佔有54.6%的貢獻量(洪肇嘉, 1997)，同時，CO₂也是掩埋場主要產氣之一。因此，以掩埋場為研究對象，探討溫室效應氣體之排放行為。目前估算台灣地區經由垃圾掩埋所產生之溫室氣體排放量，皆以上述IPCC估算法為主，至於實地測量的數據則乃屬起步階段，尤其南部資料甚為缺乏，因此本研究之目的為負責收集有關廢棄物所需之各項資料，提供其他子計畫進行效益與成本評估外，研

究中缺乏之資料，將一步設計試驗以求得以台南地區南沙崙(已封閉)及城西(使用中)垃圾掩埋場實際調查垃圾掩埋與其滲出水所產生之溫室氣體排放量，及其季節變化與溫室氣體之成分變化。並收集分析台南地區南沙崙(已封閉)及城西(使用中)垃圾掩埋場滲出水之水質，利用不同土(掩埋場土壤)/水(滲出水)比混合恆溫孵育28天，觀測孵育期間之氧化亞氮排放量。可較正確估算台灣地區垃圾掩埋場之溫室氣體釋放量，期能建立完整之溫室氣體資料。



三、文獻探討

溫室效應之影響層面甚廣，除造成地球暖化及氣溫升高外，更造成水旱災頻繁、北極冰山之溶解、海平面上升、低地淹沒、蒸發作用增加、水源不足、雜草與病害增加、地力變差、土壤沙漠化、農業生產帶之移動等(於，1980)，其造成之負面影響不容忽視，故溫室氣體之減量是確保地球永續發展的重要工作。

地球氣候已呈日漸暖化的現象，其影響層面相當廣泛，故自西元 1979 年起世界氣象組織(WMO)便著手進行全球氣候變遷之研究，隨後為加強各國家間的氣候資料的收集與擴大相關之研究，聯合國的環境規劃署(UNEP)與 WMO 共同組成政府間氣候變遷專家委員會(IPCC)，除收集氣候資料外，並進行氣候變遷對全球可能帶來之影響，溫室效應氣體減量已成為各國的共識，二十一世紀預期全球將面臨大幅度之氣候、環境與生態變遷，其對全球生態平衡，將造成相當影響；而國際環保公約的因應發展，更將對我國之經濟發展造成相當衝擊。我國的國科會、環保署、中央研究院、經濟部、交通部及農委會等相關研究單位，近年來已積極進行台灣地區氣候變化、空氣品質、水資源、全球變遷等研究工作及因應措施之探索，希能藉由國家溫室氣體排放資料，進而評估氣候變遷可能帶來的衝擊並提出減量措施與防治對策。

依據 IPCC(2001)提出可能釋出溫室氣體之廢棄物部門，包括：掩埋場(Landfills)、回收再利用 (Recycling and Reuse)、堆肥及消化 (Composting and Digestion)、焚化爐 (Incineration)、廢水 (Waster Water) 等。

1. 垃圾掩埋場

此部門為國內人為甲烷排放的最大發生源，平均約佔全國甲烷排放量的 75 %；本部門中的次要產生源為廢棄物焚化爐，其所排放之溫室氣體為二氧化碳及少部分的氧化亞氮。另有一部份的甲烷排放來自污水處理過程中的厭氧程序，污水處理之厭氧程序同時也是部分氧化亞氮的產生源。廢棄物部門之溫室氣體隨垃圾掩埋量消長，且隨焚化設備的增加，此部門溫室氣體排放總量有逐年下降之趨勢。

2. 固體廢棄物掩埋

垃圾掩埋為台灣地區人為排放甲烷最大的產生源。掩埋場垃圾中有機廢棄物藉著細菌活動來分解，而形成甲烷和二氧化碳。在分解初始階段，有機物質分解形成可溶的較小分子，如各種醣類。之後更進一步分解成氫、CO₂、氫氧基酸(OH-Acids)，這些酸和

氫、二氧化碳被轉換形成醋酸，是甲烷菌成長之重要基質。沼氣中體積組成大約 50% 甲烷及 50% 二氧化碳，但實際排出二氧化碳的百分比可能較少，因其會溶入掩埋場的水份中。掩埋層垃圾之產氣量會隨掩埋時間、垃圾組成、溫度、含水率、壓實程度而有所變化。沼氣之產氣期間約自垃圾掩埋後的第一、二年開始，並持續約 10~60 年。

廢棄物部門之溫室氣體推估步驟及方法可依據 1996 年修正版 IPCC 工作手冊建立彙整台灣地區資料，資料來源包括：環保署之垃圾水肥清運年報、垃圾水肥清理狀況調查資料彙編、人口統計資料(全國人口、都市人口等)、廢棄物統計資料：都市垃圾產生量、處理量，垃圾來源百分比(ie：家庭、農業、工業、商業...)、可分解有機碳(如：紙類纖維、農廢及食品/非食品等組成)、廢棄物處理形式及數量(如：衛生掩埋場、露天棄置場)等計算出溫室氣體排放量。

3. 廢水處理

廢水處理系統(污水下水道系統及污水廠)中會產生溫室氣體(CH_4 、 CO_2)主要係因含有機物之廢水及廢污泥處於厭氧狀態，經由厭氧菌分解作用(酸性發酵期、酸性減退期及鹼性發酵期三階段)而形成。另外，一般生活污水處理系統(如化糞池)因屬於密閉式貯槽，在厭氧狀態下，除產生上述反應外，亦因人之糞尿含氮，而產生 N_2O 。

廢水處理區分為三大項：生活污水、工業區廢水處理及列管事業廢水。在生活污水部分根據 IPCC 計算準則，僅估算納入下水道污水處理地區之人口數進行估算，而台灣地區的生活污水處理廠皆為好氧生物處理，污泥即使進行厭氧消化，大部分皆有規劃回收再利用，故甲烷排放量較低。

廢水部門之排放量推估資料，主要收集環保署列管之事業污水資料庫所建置之非工業區各行業申報之污水基本資料、工業局列管之工業區污水廠污水處理量以及生活污水下水道系統及建築物污水處理系統資料，由收集之資料彙整即可獲得計算廢水部門溫室氣體排量的基本資料，包括：人口統計資料(下水道系統之服務人口數)、可分解之有機物含量(COD 及 BOD)、工業資料(行業別)、工業污水及污泥產生量、處理系統(整體操作情形)。

4. 垃圾焚化

垃圾焚化後所產生的 CO_2 ，係因垃圾組成中的碳與氧燃燒反應後生成的，因此， CO_2 排放量與垃圾組成中碳含量之多寡有關，依據國內垃圾近年分析資料，垃圾組成中之碳

含量(溼基)約為 15~24%，且有逐年增加之趨勢。依據垃圾中的碳含量，乘以每年的垃圾焚化量，即可求得垃圾焚化所產生之二氧化碳排放量。

5. 水肥

人為水肥排放所產生之氧化亞氮與農業的氮循環關係密切，由水肥所產生之氧化亞氮排放量，其活動強度為每人每年蛋白質攝入量、全國人口數，乘上單位水肥的氧化亞氮排放係數，即可求得氧化亞氮排放量。

有關溫室效應之防止技術，國外與 IPCC 多針對全球每年源自農業之溫室氣體甲烷與氧化亞氮之釋出量提出其減量措施、年潛在減量與減量估計，國內方面，亦有學者曾針對我國國情及現況，參考國外之經驗，提出適合我國農業部門推廣之溫室氣體減量技術，唯國內對於台灣地區廢棄物部門溫室氣體之減量技術與減量估計之評估較少。

在廢棄物管理部門的主要減排技術中，對垃圾掩埋與煤礦所產生之甲烷利用已經越來越多，利用產生之甲烷供熱與發電的國家，諸如：德國、瑞士、歐盟和美國等國家，以上多數的國家均為政策所要求的。但半數的垃圾掩埋之甲烷回收成本為負值，在德國，對於產品壽命之管理已經從包裝業擴展至汽車和電子產品等，若垃圾的回收率可以提高，將可減少溫室氣體排放量。回收紙張和化纖或利用能源轉化設備將廢紙作為生物燃料，來降低溫室氣體之排放，仍有許多爭議，然從溫室氣體排放角度來看，回收或製成生物能源均優於垃圾掩埋。甲烷及二氧化碳為造成全球溫室效應的重要氣體，其中甲烷為大氣中最主要的碳氫化合物，除本身能吸收輻射的遠紅外線、熱能而增加地球的溫室效應外，其在大氣層的存在也影響其他溫室效應氣體的濃度，這些綜合的影響使得甲烷對全球暖化的貢獻度僅次於二氧化碳。垃圾處理之方法甚多，就全球而言，每年約有 653 Tg 的廢棄物是經由掩埋法來處理(Thorneloe 等 1993)，1999 年台灣地區以掩埋法(包括：一般掩埋場與衛生掩埋法)處理者佔總垃圾量之 70~90%，以 1998 年的垃圾量來估算，台灣地區甲烷總排放量為 913 千公噸，其中甲烷排放源以垃圾衛生掩埋場為最大宗(佔 73%)。預估下一世紀由於人口遽增，人為產生的廢棄物亦相對增加，未來垃圾掩埋場將成為大氣甲烷主要釋放源(Bogner 和 Vogt, 1991; Kreileman 和 Bouwman, 1994)，由文獻整理中，全球每年經由垃圾掩埋所釋放出的甲烷量約為 40 Tg。全球每年經垃圾掩埋所排放之甲烷釋出率介於 10~70 Tg 間，平均釋出率為 $40 \pm 10 \text{ Tg yr}^{-1}$ 。Whalen (1990)、Jones 和 Nedwell(1993)、Peer 等(1993)、Boeckx 和 van Cleemput (1994)和 Smith

等(1994)指出其中最高甲烷釋出率可達 70 Tg yr^{-1} ，可能是低估了掩埋覆土時之高甲烷氧化率和氣體燃燒設備的增加，因而高估了甲烷釋出量。未來在評估掩埋場的甲烷釋出量時，廢棄物管理是非常重要的。在 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development，經濟合作暨開發組織)的國家中，強調作好垃圾分類及減量措施、廢棄物的回收、再循環利用和如何在焚燒垃圾時作好能源回收，將是未來主要的趨勢(Owens 和 Chyoweth，1993；Thorneloe 等，1993；Cho 和 Park，1995)。此外，掩埋場位置的選擇、氣體回收設備的改良和污水處理等，均能有效地降低垃圾掩埋時所排放的溫室氣體(Thorneloe 等，1993；Segers，1998；Segers 和 Kengen，1998)。

全球不同區域依照 IPCC 所提的方法來推估 1990 年至 2100 年經由垃圾掩埋所釋出的甲烷量，雖然在此時期垃圾掩埋的管理已明顯地改進，但一般相信在 2050 年時全球甲烷釋出率將高達 81 Tg yr^{-1} (Kreileman 和 Bouwman，1994)，甚至超過 93 Tg yr^{-1} ，若沒有任何減量措施，垃圾掩埋所導致的甲烷釋出將成為大氣甲烷之第三來源。在垃圾掩埋的過程中約有 50~90% 的甲烷釋出可被減量，若能在 2050 年時作好所有的減量措施(包括氣體回收，覆土時之甲烷氧化及資源回收再利用等)，則全球經由垃圾掩埋所釋出的甲烷量到了 2100 年時預估將僅為 13 Tg yr^{-1} 。而在家畜廢肥管理方面，應用有蓋厭氣塘或改進消化器可減少 0.6-6.8 百萬公噸 CH_4 /年(IPCC，1996)。

掩埋場氣體經由覆土表面的排放量有著顯著的空間變異性，而二氧化碳與甲烷排放量質量比(CO_2/CH_4)，其範圍在 1.8 至 3.2 之間。另外，掩埋場氣體排放行為有著明顯的季節性變化，10、11、12 月(乾季)為高排放量月份。甲烷經由覆土排放的排放量依循著大氣壓力越大則甲烷的排放率也越大的關係；當表面覆土土壤溫度變化範圍為 20°C 至 40°C 時，土壤溫度與甲烷排放量呈負相關。掩埋場氣體於覆土中濃度分佈情形，其中甲烷濃度隨深度增加而增加，二氧化碳濃度變化與深度較無明顯的關係。氧氣與氮氣其濃度隨深度增加而減少，但濃度隨深度變化的關係並非十分明顯。垃圾衛生掩埋時，覆土可防止蚊蠅滋生之衛生問題，並可提供土壤微生物，加速垃圾之分解，亦可提供甲烷氧化菌降低掩埋場之甲烷排放，覆土厚度對甲烷排放量影響甚大(Whalen et al., 1990)。國內針對掩埋場(楊等，1994；洪和張，1996；楊，1998；郭等人,2000；Hegde et al., 2003)與堆肥場(陳等人，2003)之溫室氣體研究甚多(表 1, 2)，據學者指出，在垃圾掩埋後 20 年內均可產生甲烷，每公噸垃圾在第一年約可排放 7.3 m^3 之甲烷，而在 20 年中共計可產生 183 m^3 甲烷。而台灣地區，最重要的甲烷排放來源是衛生掩埋超過 50%，部分歸

分因台灣都市固體廢棄物管理發展較遲。台灣地區於 1993 年每日將垃圾以掩埋法處理佔 89.31%，達 20,780.5 公噸，焚化只佔 5.18% 為 1,204.5 公噸，堆肥製作僅佔 0.02% 為 4 公噸。而 1999 年每日將垃圾以掩埋法處理降為 71.42%，達 16,760.9 公噸，焚化提高為 23.18% 為 5,439.9 公噸，堆肥製作僅佔 0.22% 為 5.16 公噸。其中垃圾在掩埋過程中回因微生物分解產生大量甲烷。據工業技術研究院能源與資源研究所估計，1 公噸垃圾每年平均可以產生 5.3 m³ 甲烷(洪和張，1996)，郭等(2000)利用模式、含碳量、熱值、物理組成和化學組成推估法等估算台灣地區掩埋場甲烷氣回收量得到當掩埋場容量為 1.0x10⁶ 公噸之甲烷氣收集量每年達 7~11x10⁶ m³，掩埋場容量為 1.5x10⁶ 公噸之甲烷氣收集量每年達 10-16 x10⁶ m³，掩埋場容量為 2.0 x10⁶ 公噸之甲烷氣收集量每年達 14-21 x10⁶ m³，掩埋場容量為 3.0 x10⁶ 公噸之甲烷氣收集量每年達 21-32 x10⁶ m³。周等(1998)以靜態通量室測得台中市垃圾掩埋場之甲烷排放量每年約為 1.3 x10³ 公噸。洪等(1997)以熱值、含碳量、物理組成、化學組成、IPCC 和 LAEEM 法推估 1995 年台中市掩埋場甲烷排放量在 1.40-3.30 x10⁴ tons yr⁻¹，實地監測甲烷排放量約為 3.45-5.37 x10⁴ tons yr⁻¹，而推估台灣地區垃圾掩埋場甲烷排放量約為 0.71-1.72 x10⁶ tons yr⁻¹，若以 IPCC 法推估台灣掩埋場甲烷排放量則約為 0.70 x10⁶ tons yr⁻¹(洪等，1997)。

影響垃圾掩埋的過程中的甲烷釋出之因子，包括：廢棄物的理化性質、掩埋場設計及年齡、氣體回收系統使用效率和甲烷氧化對釋出的影響等。例如：掩埋場覆土具有氧化甲烷的能力，因此可利用掩埋場覆土氧化甲烷的能力，來減少掩埋場甲烷的排放量，並將甲烷轉化成溫室效應潛勢較低的二氧化碳。目前估算台灣地區經由垃圾掩埋所產生之甲烷排放量，皆以上述 IPCC 估算法為主，至於實地測量的數據則乃屬起步階段，尤其南部資料甚為缺乏，因此本研究除負責收集有關廢棄物所需之各項資料，提供其他子計畫進行效益與成本評估外，研究中缺乏之資料，將一步設計試驗以求得以台南地區南沙崙(已封閉)及城西(使用中)垃圾掩埋場實際調查垃圾掩埋與其滲出水所產生之溫室氣體排放量，及其季節變化、日變化與溫室氣體之成分變化。並與北部排放資料相比較，可較正確估算台灣地區垃圾掩埋場之甲烷釋放量，期能建立完整之溫室氣體資料。另一方面，也將參照 IPCC 之方法，進行研究提出廢棄物部門總量管制策略，對其效益與成本進行評估，並收集國內外相關之研究成果，考量本地情況，提出合適臺灣地區廢棄物部門溫室效應之防止策略，以供各界參考及因應聯合國「氣候變化綱要公約」及「京都議定書」。

四、研究內容與方法

本年度之研究重點分述如下：

- 1) 收集臺灣地區廢棄物部門(包括：焚化爐、掩埋場及垃圾回收)溫室氣體之排放資料(包括本研究團隊過去自民國八十三年以來近十年之研究成果)。
- 2) 設計試驗求得台灣南部掩埋場與滲出水之溫室氣體排放資料。
- 3) 蒐集國內外溫室氣體減量策略之相關研究成果，考量台灣本地情況，初步提出臺灣地區廢棄物部門溫室氣體之總量管制策略。

為達成台灣廢棄物部門之溫室氣體之建構，擬於南部垃圾掩埋場收集滲出水進行溫室氣體排放之實測工作。其試驗內容如下述：

1. 採樣地點

選擇台南地區二座代表性之掩埋場作為溫室氣體量測之試驗點，包括：南沙崙掩埋場與城西里掩埋場。

2. 掩埋場滲出水與溫室氣體之採樣

(1). 滲出水之收集

於 2005 年一月採取二掩埋場內污水處理廠的滲出水，採樣後之水樣置於 4°C 下保存，將滲出水：土壤以 1:15、2:15、3:15 及 4:15(w/v, g/mL)比例混合恆溫孵育 28 天，定期觀測樣品中水質之 pH 值、銨態氮、銻酸態氮、N₂O 釋出量之變化。

(1).pH 值：樣品以 pH 計測定之(Model Sentron 2001)。

(2).Eh 值：樣品 Eh 值以 Hanna NO.081-854 電位器(Code HI 8424C)測定之。

(3).溫度：以手提式熱電偶(Model 7000)。

(4).生化需氧量(BOD)

依行政院環保署環檢所水中生化需氧量檢測方法(NIEA W510.54B) 檢測之。

(5).化學需氧量(COD)

依行政院環保署環檢所水中化學需氧量檢測方法(NIEA W516.25A)檢測之。

(6).銨態氮與銻酸態氮

依行政院環保署環檢所水中銨態氮(NIEA W448.51B)與銨酸態氮(NIEA W452.50C) 檢測之。

(2). 氧化亞氮之採樣與分析

將滲出水/土壤混合樣品置於血清瓶中，以好氣狀態，於恆溫箱(30°C)中孵育 28 天，定期採集氣體樣品。採集之氣體樣品以氣象層析儀分析氣體濃度。測定單位重量樣品在單位時間內所釋放的溫室氣體量(ng N kg hr^{-1})。推估掩埋場滲出水之溫室氣體的平均釋放量(每次試驗進行四重複)。

(3). 溫室氣體釋出率之估算(Rolston,1986)

採樣罩內第 0 分鐘與累積 30 分鐘所採級之氣體樣品，經由 GC 分析後，因氣體濃度的變化量，並帶入公式(Rolston,1986)中，計算求得：

$$F=(V/A)(\Delta C/\Delta t)$$

其中，F：釋出率($\text{mg m}^{-2} \text{hr}^{-1}$)；V：採樣罩上部空間之體積(m^3)；A：滲出水之體積 (L)； ΔC ：兩次採樣之氣體濃度差(mg m^{-2})； Δt ：兩次採樣之收集時間(h)

(4). 氣相色層分析儀分析條件

(A). 二氧化碳分析條件

利用氣相色層分析儀來測定二氧化碳的濃度，使用 Shimadzu 14A 氣相色層分析儀，和內徑為 2.66mm 總長為 2m 填充 Porapak Q 之玻璃管柱。分析條件為爐溫 200°C，以 TCD 為偵測器，注射溫度及偵測溫度皆為 175°C，電流強度為 75mV，攜帶氣體為氮氣，流速為 60ml/min(Chang 和 Yang,1997)。

(B). 甲烷分析條件

甲烷氣體的濃度分析使用氣相色層分析儀檢定，使用 Shimadzu 14A，其內徑為 2.66mm、總長為 2m，填充 Porapak Q(80/100mesh)之玻璃管柱。分析條件為爐溫 100°C，注入口溫度和偵測器溫度均為 130°C，而以 FID 為偵測器，攜帶氣體為氮氣，流速為每分鐘 20 毫升(Chang 和 Yang,1997)。

(C). 氧化亞氮分析條件

樣品之 N_2O 濃度用氣相色層分析儀附裝電子捕捉偵測器之氣液相層析儀(gas-liquid chromatography with electron capture detector, Shimadzu GC8A, Shimadzu Co., Japan)，分

析管柱為 proparkQ，以氫氣為攜帶氣體，與不同濃度之標準 N_2O 相比較 N_2O 以求出樣品之 N_2O 濃度。

5.統計分析

所有數據皆採三重複，並以 Duncan's 多重範圍試驗，測定 $p=0.05$ 之變異性及顯著分析(SAS Institute, 1998)。



五、結果與討論

本研究選擇台南地區二座代表性掩埋場作為溫室氣體量測之試驗點，自九十三年八月至十二月於台南二處掩埋場進行排放量之測量。所得之結果可概分為三大類：(一) 固定採樣點之排放量隨時間變異情形；(二) 滲出水之水質變化與氧化亞氮釋出率之變化。(三) 廢棄物部門之溫室氣體排放資料與減量措施。

(一) 固定採樣點之排放量隨時間變異情形

1. 掩埋場之背景概述

(1). 台南南沙崙掩埋場

南沙崙垃圾掩埋場屬於二仁溪流域，於民國 64 年進行垃圾掩埋，大部分場區為低窪地，由於屬早期掩埋場用地並無滲出水阻斷設施，亦未對滲出水進行管理，掩埋覆土之作業也較為簡單，其使用現況與場區分布示於表 1。以靜置箱法(closed chamber method)，監測自掩埋場表土層排放之溫室氣體濃度，以瞭解掩埋場排放溫室氣體至周界的特性。以與城西里(以掩埋灰渣為主)作為比較。

(2). 台南城西里掩埋場

台南市政府於 83 年 6 月替代南沙崙垃圾掩埋場進行衛生掩埋，場區面積 14.5 公頃，因掩埋場用地取得不易，於 87 年完成興建垃圾焚化廠，日處理量約為 900 噸，以使垃圾處理達到減量化、資源化、無害化、安定化等目標，亦可使掩埋場使用年限增加。場區內之氣體與土壤採樣點依其使用年齡區分，各場區目前之使用概況示於表 2。

2. 掩埋場溫室氣體含量與環境因子之影響

於 2004 年 8 至 2005 年 5 月間，每月各進行一次氣體採樣工作，南沙崙垃圾掩埋場目前多以掩埋生垃圾為主，使用中的區塊(A區)之土壤 pH 值較低，而封閉覆土區域目前並無進一步規劃其他再利用等工作，於南沙崙以壓克力罩監視大氣中溫室氣體濃度變化，其大氣中二氧化碳濃度介於 304.9~4493.8 ppmv，甲烷濃度介於 2.39~269.3 ppmv，氧化亞氮濃度介於 285~333 ppbv。南沙崙垃圾掩埋場掩埋齡期約 2 年、3 年與 5 年之平均甲烷釋放量 151.9、6.92 與 6.97 mg/m²/h，平均二氧化碳釋放量 846.7、279.9 與 540.1 mg/m²/h。

城西里掩埋場目前多以掩埋灰渣為主，使用中的區塊(A區)土壤 pH 值偏鹼性，土壤有機質含量亦偏低，而封閉覆土區域中的 B 區目前仍以風扇於白天進行部分甲烷之吹散，而 C 區目前則已規劃為棒球運動場。其大氣中二氧化碳濃度介於 375.8~1122.4

ppmv，甲烷濃度介於 2.23~352.35ppmv。A 區之甲烷與二氧化碳濃度介於 2.23~5.06 與 431.2~593.4 ppmv，城西垃圾掩埋場掩埋齡期約 2 年、3 年與 5 年之平均甲烷釋放量 11.6、51.3 與 28.2 mg/m²/h，平均二氧化碳釋放量 40.3、285.5 與 564.5 mg/m²/h。顯示以掩埋焚化處理後之灰渣為主的區域中因基質中缺乏生物可利用碳質，故其生物廢氣之排放量較低。

由於垃圾掩埋場含有大量有機物，經過物理、化學、生物作用及各種環境因子之影響，以致產生之氣體種類、濃度及產氣量均不盡相同，綜合許多學者之研究指出掩埋場氣體之組成包括甲烷、二氧化碳、氫、氮與氧五種主要成份及部份微量氣體；由採樣分析結果中可知，二氧化碳濃度在六月大氣溫度較高時，各處理之二氧化碳與甲烷之釋放通量較高(結果如表3與表4所示)，8-10月間的氣溫略呈下降，氣壓漸增，此為較不利於氣體傳輸之環境，因此隨著此種氣候型態，月平均排放量有遞減之趨勢，自11月後氣壓漸增，氣溫下降，不利於氣體傳輸之環境條件。因此11-1月間溫室氣體排放量的變化趨勢仍受到氣溫與氣壓的影響，但因降水量少且日照充足，土壤層較為乾燥，有利氣體之傳輸。11-1月期間之月平均排放量高於8-10月，於11月份時有最大排放量。二月份，日照少，且正處於寒冷低溫的冬季，此環境條件使得排放量的最低值在二月份出現。

由以上結果顯示，排放量的變化受大氣溫度與土壤水分條件影響。掩埋場垃圾中有機廢棄物藉著細菌活動來分解，而形成甲烷和二氧化碳(合稱沼氣或稱生物廢氣)。在分解初始階段，有機物質分解形成可溶的較小分子，如各種醣類。之後更進一步分解成氫、CO₂、氫氧基酸(OH-Acids)，這些酸和氫、二氧化碳被轉換形成醋酸，是甲烷菌成長之重要基質，南沙崙掩埋場以掩埋生垃圾為主，且缺乏甲烷回收與處理設備，故該場區之甲烷釋放量較高。

3. 垃圾處理方式對溫室氣體排放量之影響

城西掩埋場為目前台南市使用中的掩埋場，且場區內自 87 年已正式使用焚化爐進行垃圾處理，致垃圾焚化量逐年提昇，同時垃圾掩埋量則逐年遞減。該場區內使用中的區域之溫室氣體隨垃圾掩埋量消長，且隨焚化設備的增加，此部門溫室氣體排放總量有下降之趨勢。垃圾處理方式的改變，也使得廢棄物部門的溫室氣體排放量逐年遞減。依據 IPCC 工作手冊的建議彙整台灣地區資料，1990 年垃圾掩埋之甲烷排放量為 584 千噸/年，至 1993 年達到最高為 777 千噸/年。至 1993 年起由於國內許多焚化廠陸續運轉，甲烷之全年排放量則開始逐年下降，至 1998 年降為 671 千噸/年。78-93 年度間台灣垃

圾清理概況及處理方式示於表 6，垃圾焚化過程中所產生的 CO₂，係因垃圾組成中的碳與氧燃燒反應後生成的，因此，CO₂ 排放量與垃圾組成中碳含量之多寡有關，依據國內垃圾近年分析資料，垃圾組成中之碳含量(溼基)約為 15~24%，且有逐年增加之趨勢。垃圾焚化所產生之二氧化碳排放量值得加以進一步探討。

4. 掩埋齡對溫室氣體釋出之影響

據學者指出，在垃圾掩埋後 20 年內均可產生甲烷，每公噸垃圾在第一年約可排放 7.3 m³ 之甲烷，而在 20 年中總計可產生 183 m³ 甲烷。而台灣地區，最重要的甲烷排放來源是衛生掩埋超過 50%，台灣地區於 1993 年每日將垃圾以掩埋法處理佔 89.31%，焚化只佔 5.18%，堆肥製作僅佔 0.02%，而 1999 年每日將垃圾以掩埋法處理降為 71.42%，焚化提高為 23.18%，堆肥製作僅佔 0.22%。以下分述不同掩埋齡之溫室氣體釋放情形：

- (1) 掩埋 0-2 年：掩埋 0-2 年(使用中)，二場區之土壤有機碳含量有所不同，以掩埋生垃圾為主的南沙崙掩埋場之平均之二氧化碳與甲烷釋出率分別為 846.69 與 151.91 二氧化碳與甲烷釋出率明顯高於以掩埋灰渣為主的城西掩埋場。二場區之氧化亞氮釋出量則均低。
- (2) 掩埋 2-3 年：該二場區之甲烷與二氧化碳釋出率變動並無一致的趨勢，南沙崙掩埋場的甲烷與二氧化碳釋出率較掩埋 0-2 年區為低，而城西里掩埋場的甲烷與二氧化碳釋出率較掩埋 0-2 年區為高，此差異主要肇因於垃圾處理方式之不同。
- (3) 掩埋 5 年：大多數的分析結果均顯示掩埋 5 年之甲烷與二氧化碳釋出率較高於掩埋 0-2、2-3 年區。

根據環保署「環境保護統計年報」資料，近十年來台灣地區的垃圾清運率均維持在 98% 以上且逐年增加，表 5 顯示我國近 17 年來之垃圾之清理與處理方式概況，至民國 93 年垃圾清運區人口數達 15,965 千人，清運率 98.99%，平均每人每日垃圾清運量 0.911 公斤。總計台灣地區的垃圾產生量每年約 800 多萬公噸，隨著各項垃圾政策的推行見效，垃圾產生量首次低於 800 萬公噸，其中民國 91 年垃圾產生量約 760 萬公噸。

估算自 2001 年至 2003 年各年度之掩埋場甲烷排放量如表 7 所示。結果顯示，平均每人每日垃圾量由 1998 年的 1.15 公斤/人日，降至 2002 年的 0.936 公斤/人日。由於國內之垃圾處理政策改以焚化為主，致垃圾焚化量逐年提昇，同時垃圾掩埋量逐年遞減。

由於各地之焚化廠將陸續完工營運，我國的垃圾焚化量於 2003 年時，已達全國清運量的 99%，隨垃圾清運屢與焚化處理率提高，我國掩埋場部門的甲烷排放量有顯著的下降趨勢，為垃圾焚化過程中的二氧化碳排放量亦須再進一步評估，方能評估焚化處理對溫室氣體減量的具體貢獻。若能作好所有的減量措施(包括：氣體回收、焚化運轉之氣體回收與監控，覆土時之甲烷氧化及資源回收再利用等)，則全球經由垃圾掩埋所釋出的甲烷量到了 2100 年時預估將僅為 13 Tg yr^{-1} (Kreileman 和 Bouwman, 1994)。

(二) 掩埋場滲出水之水質與氧化亞氮釋出率之變化

1. 滲出水之水質

衛生掩埋場最令人擔憂的潛在危害，在垃圾經腐化產生出高濃度滲流水，挾帶細菌污染物及含重金屬、毒物的液體，處置不好將污染地下水或地表水甚至導至附近土壤的污染。依據環保署烏溪流域水污染整治規畫報告中，以垃圾場面積來估算垃圾滲出水量，其單位滲出水量每公頃每日約為 50 m^3 ，以城西里掩埋場區 14.5 公頃推算，每日應有 725 立方公尺滲出水。

不同掩埋場垃圾滲出水水質變異極大，其水質特性常受垃圾成份，掩埋年齡、氣候條件及掩埋作業等因素影響。本研究自南沙崙與城西里掩埋場收集之滲出水，滲出水之水質分析結果如表 6 所示，試驗中所收集之滲出水均有較高的 pH 值與有效性氮含量，其中，南沙崙掩埋場滲出水之生化需氧量、化學需氧量、銨態氮與硝酸態氮含量均遠高於城西里掩埋場滲出水，推測由於城西里掩埋場已多為掩埋焚化廠灰渣，而南沙崙掩埋場則多掩埋未經焚化處理的生垃圾，故滲出水水質因廢棄物成份會有所不同。

將二處掩埋廠之滲出水攜回實驗室，將滲出水：土壤以 1:15、2:15、3:15 及 4:15(w/L) 比例混合恆溫孵育 28 天，孵育期間，土壤 pH 值逐漸升高，而在孵育初期(約 4 天)，土壤之銨態氮含量減少 90%，愈高的滲出水：土壤混合比例有較高的銨態氮含量，而硝酸態氮含量則在孵育 2 週內逐漸上昇，孵育後期則逐漸下降。顯示在孵育過程中，土壤微生物可利用硝化作用將銨態氮轉化成硝酸態氮，當孵育 2 週後，滲出水：土壤之 pH 值升高至 8 以上，不利於硝化作用之進行，或因脫硝作用而使土壤中的硝酸態氮含量逐漸下降。本研究自掩埋場採集滲出水，二場區之垃圾處理方式不同，故滲出水水質明顯不同，掩埋生垃圾為主的南沙崙掩埋場滲出水的 BOD、COD、硝酸鹽與銨態氮含量明顯較以焚化處理為主的城西里掩埋場滲出水要高。

2. 滲出水之氧化亞氮釋出

將南沙崙與城西里掩埋場收集之滲出水攜回實驗室恆溫孵育 28 天，孵育期間定期測定其氧化亞氮釋出率，結果示如圖 1 與圖 2。南沙崙掩埋場滲出水：土壤混合物之氧化亞氮釋出率約在 132-681 $\text{ng kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ，水土比 1:15、2:15、3:15 與 4:15)分別為 188.7、269.3、363.3 與 383.7 $\text{ng kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ，城西掩埋場滲出水：土壤混合物之氧化亞氮釋出率約在 120-562 $\text{ng kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ，水土比 1:15、2:15、3:15 與 4:15)分別為 207.2、225、273.5 與 339.5 $\text{ng kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ，且隨孵育日數增加而穩定的增加，推測氧化亞氮的釋出率主要是受土壤中微生物進行硝化與脫硝作用所致(Lee et al., 2002)，其中脫硝作用為氧化亞氮釋出的重要途徑(Ludvigsen, 1998)，脫硝作用是由土壤中異營性微生物所進行，其活性受土壤中有效性碳、硝酸鹽及厭氧程度之影響(Bergstrom et al., 1994)，另一方面，硝化作用產生硝酸鹽之多寡有直接關係(Hellebrand, 1998)，故沙崙掩埋場滲出水的氧化亞氮釋出率較高。

(三) 廢棄物部門之溫室氣體排放資料與減量措施

甲烷及二氧化碳為造成全球溫室效應的重要氣體，其中甲烷為大氣中最主要的碳氫化合物，除本身能吸收輻射的遠紅外線、熱能而增加地球的溫室效應外，其在大氣層的存在也影響其他溫室效應氣體的濃度，這些綜合的影響使得甲烷對全球暖化的貢獻度僅次於二氧化碳。國內關於廢棄物部門相關之二氧化碳與甲烷排放量測之資料分別示於表 7 與表 8。

1. IPCC 估算廢棄物溫室氣體排放量之方法

國際間統計及估算溫室氣體排放，係以政府間氣候變化專家委員會 (IPCC) 推出之「溫室氣體統計初步準則」(IPCC Draft Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) (以下稱 IPCC 方法) 為參考基準。我國近年來溫室氣體排放統計資料，主要是依據 IPCC 方法估算，部分並包括本地實測之排放通量資料。其中估算二氧化碳 (CO_2) 氣體之排放量方面，可信及準確度較高；而甲烷 (CH_4) 及氧化亞氮 (N_2O) 氣體之排放量估算可信及準確度較低；至於其他溫室氣體則統計量尚未完整；此外，我國近年來亦監測溫室氣體排放通量。

廢棄物部門為溫室氣體的來源之一，其中垃圾掩埋場為國內人為甲烷排放的最大發生源，平均約佔全國甲烷排放量的 75 %；本部門中的次要產生源為廢棄物焚化爐，其所排放之溫室氣體為二氧化碳及少部分的氧化亞氮。另有一部份的甲烷排放來自污水處理過程中的厭氧程序，污水處理之厭氧程序同時也是部分氧化亞氮的產生源。本文中亦針對水肥產生量推估其氧化亞氮的產生量。

環保署於2001年使用IPCC GHG Software version 1.1 與UNFCCC CRF V1.01，統計我國1990~2000年溫室氣體排放清冊，並成功彙整成聯合國氣候變化綱要公約共同報告格式（UNFCCC Common Reporting Format，UNFCCC CRF），彙整我國1990、1994、1996、1999、及2000年溫室氣體排放清冊的結果，包括二氧化碳、甲烷及氧化亞氮各種氣體人為排放量與匯的吸收量。我國在行政院環保署、經濟部能源會、行政院農委會之研究補助下，曾有研究以IPCC方法估算台灣地區二氧化碳、甲烷及氧化亞氮排放量並實測通量。估算之二氧化碳排放量示於表9，1990年廢棄物部門二氧化碳排放量為1840 Gg，2000年增加為2143 Gg，約增加14%，。自1990年至1999年以來，來自掩埋場的二氧化碳排放由1800升高至1993年的2312 Gg，二氧化碳當量下降至1780Gg二氧化碳當量，呈現顯著的下降趨勢（減量37.8%），然氧化亞氮排放量卻在1994年後逐漸增加，其排放量主要來自於廢棄物之焚化處理。大致在IPCC所述不確定值範圍內，而甲烷及氧化亞氮排放量估算值則差距較大，尚待進一步研究。

2. 廢棄物部門之氧化亞氮排放統計

以IPCC方法估算氧化亞氮排放數值誤差較大，故應同時參考IPCC方法與本地實測排放通量資料，以獲得較可信之結果。表10列有我國1990~2000年廢棄物部門氧化亞氮氣體的排放量。就氧化亞氮總排放量而言，1990年廢棄物部門排放量為1.6Gg，2000年增加為3.5Gg，約增加54%。自88年至92年以來，來自廢棄物部門的溫室氣體排放由2858Gg二氧化碳當量下降至1778Gg二氧化碳當量，呈現顯著的下降趨勢（減量37.8%），然氧化亞氮排放量卻在1994年後逐漸增加，其排放量主要來自於廢棄物之焚化處理。

3. 廢棄物部門之甲烷排放統計

甲烷之排放主要來自垃圾掩埋場及農牧業活動，甲烷之產生係由生物厭氧發酵作用而來，生物作用受地域特性影響極大，因此除使用IPCC方法，亦需佐以本土參數。台灣地區農漁牧業活動的甲烷排放，由於過去缺乏全面性之實測資料，僅有零星測量數據以供參考，因此多為推估值。

我國1990-2000年廢棄物部門甲烷氣體的排放量列於表11。1990年台灣地區甲烷排放總量約663.27千公噸，其中來自垃圾掩埋場之排放最大（88%），約有584.0千公噸。1993年垃圾掩埋場之排放占75%，約有777千公噸。2000年甲烷排放總量降為595.2千公噸，其中垃圾掩埋場占59%，約降為353.11千公噸。就廢棄物部門甲烷總排放量而言，1990年排放量為585.1Gg，2000年遞減為389.5Gg，減少33.4%，其中掩埋場的甲

烺釋出量約減少40%，垃圾掩埋場之甲烷排放量自1994年後即大略即呈下降趨勢，此現象應與我國垃圾處理漸漸轉以焚化為主有關。

廢棄物部門自1999年起呈現下降趨勢，主要減量原因來自國內推動掩埋場甲烷回收及垃圾減量等措施，以山豬窟衛生掩埋場而言，自民國88年11月至98年5月約回收84,800公噸重的甲烷，而福德坑衛生掩埋場自91年4月至100年10月約回收32,700公噸重的甲烷，兩掩埋場總計至去(93)年12月約已回收沼氣131,698,790立方公尺，相當於甲烷77,975公噸。回收的甲烷若完全燃燒則可產生二氧化碳235Gg，甲烷77,975公噸若全數排放到大氣中將相當於排放1794Gg二氧化碳當量，因此甲烷回收燃燒發電其溫室氣體減量之效益高達87%。位於南台灣的西青埔垃圾掩埋場亦於89年5月底綠色登場，變成為再生能源電力設施。這座歷史最悠久、垃圾量達900萬公噸，並曾爆發垃圾大戰的掩埋場在封場後，被評估為含有全台最多的沼氣蘊藏量，成為國內最大的沼氣處理發電設施，預估其所產生的沼氣量將可供未來20年發電使用。

回收垃圾場的沼氣、發電，不但創造再生綠色能源，每個月約可節省四萬元的電費；另外，因為沼氣中甲烷的回收，一年內估計減少相當於5,150公噸二氧化碳當量的溫室氣體排放。另經過推估89年至93年已減少190萬公噸的二氧化碳排放量。我國甲烷排放以廢棄物掩埋場為最大來源，隨著我國廢棄物逐漸改以焚化為主要處理方式，甲烷排放量未來將逐漸降低，估算可節省國家進行溫室氣體排放減量成本支出達6,600萬元。另一方面，屆齡的垃圾掩埋場封閉復育再利用成果，已建立「環保設施新形象」，並再進一步推動「再生能源」，同時也能有效減少「溫室氣體」的排放，為全球溫室效應貢獻心力。

近年來，國內推動資源回收及廚餘回收等，減少垃圾焚化量，經過推估89年至93年已減少190萬公噸的二氧化碳排放量。我國國內溫室氣體排放，以二氧化碳為主要來源，其次為甲烷，國內總排放量自1990年起至2002年約成長二倍以上，我國雖非京都議定書締約國，但身為地球村的成員，未來勢必受到來自締約國壓力。

4. 廢棄物部門之溫室氣體減量措施

廢棄物部門包括垃圾掩埋場、廢水排放及廢棄物焚化產生二氧化碳、甲烷及氧化亞氮等三種溫室氣體。其中垃圾掩埋場為甲烷最大排放源(64%以上)，其餘二種溫室氣體占總排放量之比率不高。依據國內外之研究報告，於表12整理出廢棄物部門之相關溫室氣體減量技術。以下描述關於掩埋場的相關溫室氣體減量策略：

(1). 持續進行垃圾掩埋場沼氣發電。

垃圾掩埋場為甲烷之排放之重要途徑，甲烷之產生係由生物厭氧發酵作用而來，生物作用受地域特性影響極大。1990-2000 年期間下，廢棄物部門減少15.8%，垃圾掩埋場之甲烷排放量自1994 年後呈下降趨勢，應與我國垃圾處理漸漸轉以焚化為主有關。另一方面截至93年底，國內的四座沼氣處理發電工作共計產生「綠色電力」達42,000萬度，同時亦妥善處理了掩埋場沼氣約26,300萬立方公尺（假設沼氣中含有50%甲烷，約94,000公噸甲烷），換算成溫室氣體計算基準，其成果相當於達到替代燃煤電廠之247萬公噸二氧化碳排放減量。且環保署公告「一般廢棄物掩埋場沼氣發電獎勵執行要點」給予沼電發電業獎勵金，產生之電力可回售台電公司。目前已有台北市山豬窟與高雄市西青埔掩埋場設置沼氣發電設備。

(2). 持續進行垃圾分類與減量工作

國內近年來提倡回收廚餘、掩埋場沼氣回收、處理滲出水並增加覆土厚度。並管制衛生掩埋場甲烷排放依廢棄物處理法中「一般廢棄物衛生掩埋場設施規範」，控制掩埋場甲烷的排放。96年後，除偏遠地區，垃圾不進掩埋場，並於96年、100年及109年之總減量目標分別達25%、40%及75%，達成垃圾全回收、零廢棄目標；執行「垃圾全分類零廢棄群組行動計畫」。目前世界各國在永續經營觀念帶動下，家庭廢棄物與禽畜產廢棄物的再生與利用已日受重視，例如瑞典已立法通過，自2005年起禁止以掩埋法處理有機廢棄物。德國環境部則規劃自2020年起停止以掩埋法處理家庭廢棄物，並鼓勵家庭廢棄物全面回收技術的研發，同意家庭廢棄物的機械與生物處理作業可做為預處理技術。

(3). 潔淨(替代)能源推動使用

推動污染預防及工業減廢技術、引進清潔生產技術及高效率不占空間之廢污水處理技術。目前台灣設有21座大型焚化爐，焚化爐政策讓垃圾不再進入掩埋場，導致沼氣處理發電工作產生「綠色電力」正逐年遞減。由於焚化爐幾乎為24小時焚燒運作，亦成為二氧化碳等溫室氣體極大的產生源，故政府自94年起推動「垃圾強制分類」之資源回收策略，期達到垃圾「全分類、零廢棄」目標。因此從源頭減量將無用的垃圾化為有用的資源、加強有機廢棄物多元化再利用、減少資源垃圾及廚餘進入焚化爐、設置生質能厭氧沼氣發電設備等，皆是未來垃圾處理工作的重點。

(4). 推動興建焚化爐計畫

政府正積極推動以焚化爐為主的垃圾處理方式，全部完工後垃圾焚化率將達90%，而焚化爐的興建有助於甲烷之減量。



參考文獻

- 於幼華。1980。環保小百科。台灣英文雜誌社出版。p.18-19。
- 洪肇嘉、張純庸、廖文彬、周奮興。1997。台灣地區垃圾掩埋場之甲烷排放統計推估。第十屆環境規劃與管理研討會論文集。P.175-181，逢甲大學 環境工程科學系，台中，台灣。
- 洪肇嘉、張國賢。1996。因應『氣候變化綱要』各國之廢棄物管理策略及台灣地區之個案研究，雲林技術學院環境與安全技術研究所，雲林，台灣。
- 周奮興、廖文彬、王興國。1998。以通量監測封閉掩埋場甲烷排放量之研究，第十三屆廢棄物處理技術研討會論文集。P.532-538，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程學系，高雄，台灣。
- 郭坤土、張哲明、王鯤生。2000。掩埋場甲烷通量及周界大氣甲烷濃度之研究。溫室氣體通量測定及減量對策(II)。P.192-204，楊盛行編，國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系、農業陳列館。台北、台灣。
- 郭坤土、張哲明、王鯤生。2001。掩埋場甲烷通量及周界大氣甲烷濃度之研究(II)。溫室氣體通量測定及減量對策(III)。P.193-204，楊盛行編，國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系、農業陳列館。台北、台灣。
- 楊盛行。1998。台灣北部掩埋場及濕地之甲烷釋放及減量對策(I)，國家科學委員會專題研究計畫成果報告，國立台灣大學農業化學系，台北，台灣。
- Bartlett, K. and R. C. Harriss. 1993. Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere*. 26:261-320.
- Bergstrom, D.W., Tenuta, M., Beauchamp, E.G. 1994. Increase in nitrous oxide production by ammonium and organic carbon. *Biol. Fertil. Soils* 18:1-6..
- Boeckx, P. and O. van Clwmpuut. 1994. Methane oxidation in a landfill cover soil. *Annales Geophysicae* 12 II, C387.
- Bogner, J. E. and M. C, Vogt. 1991. Methane emissions from sanitary landfills, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, NTIS Document No, DE91-010652.
- Bouwman, A. F. 1990. Agronomic aspects of wetlands rice cultivation and associated methane emission. *Biochem*. 15:65-88.

- Chang, H. L. and S. S. Yang. 1997. Measurement of methane emission from soil. J. Chin. Agric. Chem. Soc. 35,475-484.
- Cho, J. K. and S. C. Park. 1995. Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of Korean food wastes. Bioresource Technology, 52, 245-253.
- Dickinson, R. E. and R. J. Cicerone. 1986. Future global warming from atmospheric trace gases. Nature 319:109-115.
- Hegde, Ullas, Chang, Tsan-Chang, and Yang, Shang-Shyng. 2003. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan, Chemosphere, 52,1275-1285.
- Hellebrand, H.J. 1998. Emission of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green waste. J. Agric. Eng. Res. 69:365-375.
- Jones, H. A. and D. B. Nedwell. 1993. Methane emission and oxidation in landfill cover soil. FEM Microbiol. Ecol. 102, 195-198.
- Kimura, M., H. Murakami, and H. Wada. 1991. CO₂, H₂, and CH₄ production in rice rhizosphere. Soil Sci. Plant Nutr. 37:55-60.
- Kreileman, G. J. J. and A.-F. Bowman. 1994. Computing land use emissions of greenhouse gases. Water Air Soil Pollution, 76,231-258.
- Lee, C.M., Lin, X.R., Lan, C.Y., Lo, S.C.L., Chan, G.Y.S. 2002. Evaluation of leachate recirculation on nitrous oxide production in the likang landfill, Peoples republic of China. J. Environ. Qual. 31:1502-1508.
- Ludvigsen, L., Albrechtsen, G., Heron, P.L., Bjerg, P.L., Christensen, T.H. 1998. Anaerobic microbial redox process in a landfill leachate contaminated aquifer. J. Contamin. Hydro. 33:273-291.
- Manabe, S. and R. T. Wetherland. 1987. Large scale changes of soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. J. of Atmospheric Science 44:1211-1235.
- Milich, L. 1999. The role of methane in global warming: where might mitigation strategies be focused? Global Environmental Change, 9: 179-201
- Owens, J. M. and D. P. Chynoweth. 1993. Biochemical methane potential of municipal solid waste, Wat. Sci. Tech., 27 (2), 1-14.
- Peer, R. L., S. A. Thorneloe and D. L. Epperson. 1993. A comparison of methods for

- estimating global methane emissions from landfills. *Chemosphere* 26, 387-400.
- Ramanth V., R. J. Cicerone, H. B. Singh, and J. T. Kiehl. 1985. Trace gases trends and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.* 90:5547-5566.
- Rolston, D. E. 1986. Gas flux. In: *Methods of Soil Analysis*, 2nd edition, Ed. by Klute, A. p. 1103-1119, American Society Agronomy and Soil Science Society, American Monograph No. 9, Wisconsin, USA.
- SAS Institute. 1988. *SAS/STAAT User's Guide*. Release 6.03 SAS Inst. Gary, North Carolina.
- Segers, R. 1998. Methane production and methane consumption: a review of processes underlying wetland methane fluxes, *Biogeochemistry*, 41,23-51.
- Segers, R. and S. W. M. Kengen. 1998. Methane production as a function of anaerobic carbon mineralisation: a process model, *Soil Biology and Biochemistry*, 30,1107-.1117.
- Smith, K. A., G. P. Robertson and J. M. Melillo. 1994. Exchange of trace gases between the terrestrial biosphere and the atmosphere in the midlatitudes. In: *Global Atmospheric-Biospheric Chemistry*. Ed. by Prinn, R. G. p. 179-203. Plenum Press, New York.
- Thorneloe, S. A., M. A. Baralaz, R. Peer, L. C. Huff, L. Devis and J. Mangino. 1993. Waste management. In *Atmospheric Methane Sources, Sinks and Role in Global Change*, Khalil M.A.K. (ed.), NATO, ASI series, 13, 360-398, Springer-Verlag, Berlin, Heildeberg, Germany.
- Wang, W. C., Y. L. Yung, A. A. Lacis, T. Mo, and J. E. Hansen. 1976. Green house effects due to man-made perturbations of trace gases. *Science* 194:685-690.
- Whalen, S.C. and W.S. Reeburgh. 1990. Consumption of atmospheric methane by tundra soils. *Nature*. 346:160-162.
- Whalen, S. C., W. S. Reeburgh and K. A. Sandbeck. 1990. Rapid methane oxidation in a landfill cover soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 3405-3411.
- Yang, S.S. and H.L. Chang. 1997. Effects of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agri. Ecosys. Environ.* 69:69-80.
- Yang, Shang-Shyng, Liu, Chung-Ming, Liu, Yen-Lan, 2003. Emission of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990-2000,

Chemosphere, 52,1381-1388.



表 1、南沙崙垃圾衛生掩埋場現況

採樣區	掩埋齡	使用狀況
A	0~2 年	現使用中(以掩埋生活生垃圾為主)
B	3 年	已完成封閉覆土
C	5 年	已完成封閉覆土

表 2、城西垃圾衛生掩埋場現況

採樣區	面積(ha)	使用期間	使用狀況
A	10.7	91.01~	民國 91 年 1 月啟用，現使用中(以掩埋灰渣為主)
B	14.2	87.01~91.01	已完成封閉覆土等工作
C	6.1	82.11~83.10	已完成封閉覆土、綠化植栽及再利用工作

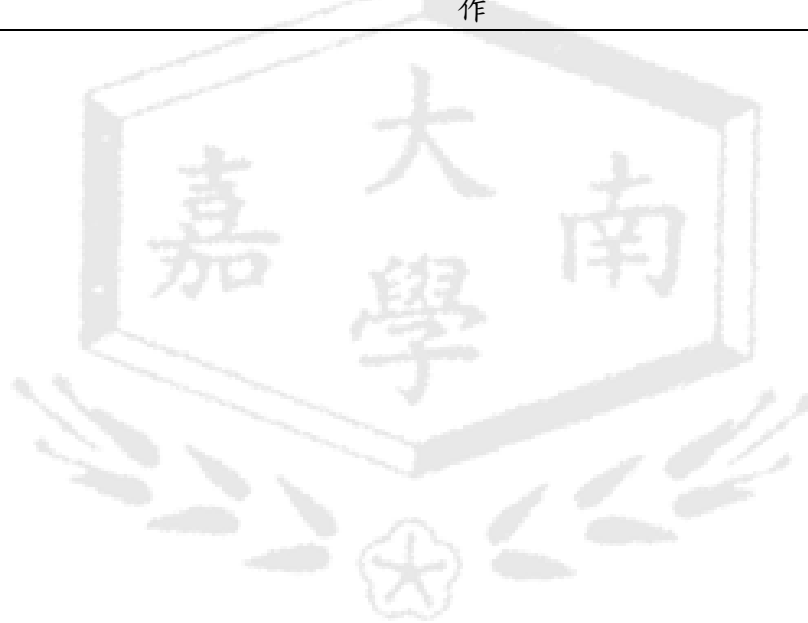


表 3、台灣南部二處掩埋場之二氧化碳排放變動

Location		Sampling Date									
		August	September	October	November	December	January	February	March	April	May
Cherng-Shi Li	A	25.8 ± 7.6	43.7 ± 1.62	70.2 ± 25.3	56.1 ± 14.3	35.2 ± 13.3	22.9 ± 14.4	28.8 ± 9.2	45.6 ± 16.4	39.8 ± 16.2	35.0 ± 12.62
	B	666.5 ± 337.3	126.7 ± 82.3	191.5 ± 55.5	153.2 ± 44.4	95.8 ± 55.5	469.9 ± 240.9	412.9 ± 47.6	124.5 ± 36.1	512.9 ± 217.4	101.4 ± 65.8
	C	1287.8 ± 532.9	228.1 ± 109.9	342.5 ± 311.9	274.0 ± 231.9	171.3 ± 155.9	584.1 ± 258.7	1106.0 ± 326.7	222.6 ± 202.7	1246.0 ± 373.7	182.5 ± 87.9
Nan-Sha Luen	A	2678.6 ± 1809.6	544.4 ± 270.7	1087.9 ± 737.4	870.3 ± 589.9	544.0 ± 368.7	1252.1 ± 600.9	123.5 ± 41.3	707.1 ± 479.3	223.5 ± 143.3	435.5 ± 216.6
	B	217.3 ± 123.9	340.8 ± 26.2	554.2 ± 225.9	443.4 ± 180.7	277.1 ± 180.7	152.9 ± 74.0	53.7 ± 35.6	360.23 ± 146.8	126.7 ± 77.7	272.6 ± 16.1
	C	388.3 ± 208.2	154.7 ± 14.1	1366.4 ± 676.4	1093.1 ± 541.1	683.2 ± 338.2	635.7 ± 240.6	20.5 ± 5.8	888.2 ± 439.7	45.9 ± 5.8	124.7 ± 13.6

表 4、台灣南部二處掩埋場之甲烷排放變動

Location		Sampling Date									
		August	September	October	November	December	January	February	March	Aprail	May
Cherng-Shi Li	A	36.4 ± 18.4	3.6 ± 3.2	11.9 ± 9.7	9.8 ± 7.2	2.6 ± 1.2	9.8 ± 7.2	10.8 ± 7.8	5.5 ± 5.0	19.8 ± 18.7	5.5 ± 5.0
	B	34.0 ± 19.5	54.3 ± 38.6	111.8 ± 86.5	66.4 ± 39.9	56.7 ± 40.6	66.4 ± 39.9	51.5 ± 43.1	40.6 ± 25.2	44.9 ± 38.9	40.6 ± 25.2
	C	4.45 ± 3.9	1.4 ± 1.2	3.3 ± 3.1	2.7 ± 1.4	1.6 ± 1.0	2.7 ± 1.4	176 ± 54	36.7 ± 29.5	16.4 ± 14.3	36.7 ± 29.5
Nan-Sha Luen	A	412.4 ± 284.6	75.8 ± 7.26	40.9 ± 30.7	208.6 ± 16.1	141.6 ± 44.4	121.9 ± 41.3	60.4 ± 25.3	208.6 ± 16.1	115.3 ± 35.3	133.6 ± 63.6
	B	8.9 ± 8.2	0.7 ± 0.7	10.9 ± 9.2	9.8 ± 7.2	7.4 ± 6.2	6.9 ± 3.6	0.4 ± 0.47	10.8 ± 7.4	0.02 ± 0.02	13.4 ± 3.8
	C	24.0 ± 14.2	5.3 ± 4.4	0.4 ± 0.2	6.4 ± 3.9	0.4 ± 0.3	7.2 ± 3.4	4.3 ± 2.1	7.6 ± 3.6	0.04 ± 0.02	14.1 ± 8.3

表 5、台灣垃圾清理概況及處理方式

年(度)別	垃圾清運量				平均每日 資源回收量	垃圾處理方式									垃圾 妥善 處理率
	平均每日 垃圾清運量		平均每人 每日垃圾量			資源 回收	掩 計	埋		焚化 爐 焚 化	堆 肥	堆 置	其 他	廚餘 回收	
	公噸/ 日	變 動 率	公斤	變 動 率				一般	衛生						
								掩埋	掩埋						
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%				
78 年度	17,147	6.40	0.896	4.18	...	...	88.98	30.38	58.61	1.36	0.20	-	9.45	
79 年度	18,753	9.37	0.963	7.48	...	...	88.04	29.90	58.14	1.14	1.65	-	9.17	60.93
80 年度	19,833	5.76	1.001	3.87	...	...	93.01	33.28	59.72	0.40	0.08	-	6.52	60.20
81 年度	21,861	10.23	1.087	8.68	...	...	90.44	26.86	63.59	3.19	0.10	-	6.27	66.88
82 年度	22,513	2.98	1.101	1.25	...	...	91.76	29.81	61.95	3.03	-	-	5.21	64.98
83 年度	23,268	3.35	1.121	1.84	...	...	89.88	24.24	65.64	4.86	0.02	-	5.25	70.52
84 年度	23,857	2.53	1.138	1.47	...	...	79.24	29.14	50.10	14.94	0.07	-	5.74	65.11
85 年度	23,870	0.06	1.135	-0.26	...	...	79.15	23.93	55.22	15.62	0.03	-	5.20	70.87
86 年度	24,331	1.93	1.143	0.78	...	...	75.06	17.30	57.76	19.05	0.16	-	5.73	76.97
87 年度	24,330	-0.00	1.135	-0.75	306.17	1.24	74.37	12.11	62.25	19.36	0.00	3.30	1.73	82.86	
88 年度	23,468	-3.54	1.082	-4.63	410.62	1.72	71.41	9.84	61.58	23.18	0.22	2.81	0.64	86.71	
89 年度	22,901	-5.87	1.045	-3.47	938.17	3.94	59.97	7.28	52.69	33.90	0.00	2.13	0.06	90.53	
89 年度	21,556	-8.15	0.978	-6.37	1,305.62	5.71	53.83	7.86	45.97	39.02	0.03	1.35	0.06	90.73	
90 年度	19,872	-18.32	0.971		1600.91	7.46	44.61	19.85	24.76	51.94	0.10	2.87	0.49	0.10	93.35
91 年度	18,429	-24.25	0.937		2406.35	11.60	44.90	14.77	30.13	53.07	0.06	1.57	0.38	0.08	96.22
92 年度	16,823	-30.85	0.901		2873.92	14.26	43.97	12.45	31.52	53.86	0.01	0.83	0.15	1.19	98.18
93 年度	15,965	-34.38	0.911		3801.02	18.44	42.23	10.68	31.55	55.11	0.01	0.44	0.11	2.11	98.99

自 92 年 1 月起,「廚餘回收」單獨列示,且將原「堆肥」列在「廚餘回收」--「堆肥」項下,同時修正垃圾妥善處理率=(焚化量+衛生掩埋量+執行機關資源回收量+廚餘回收量)/垃圾產生量*100 及執行機關資源回收率=執行機關資源回收量/垃圾產生量*100,增列廚餘回收再利用率=廚餘回收量/垃圾產生量*100。

表 6、垃圾掩埋場滲出水之水質

檢 測 項 目	城西里	南沙崙	檢驗方法
pH	7.9	7.8	NIEA W424.51A
SS (mg/L)	0.8	44.6	NIEA W210.56A
COD (mg/L)	2092	6227	NIEA W516.25A
BOD (mg/L)	822	1810	NIEA W510.54B
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	1826	4074	NIEA W448.51B
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	102	140	NIEA W452.50C

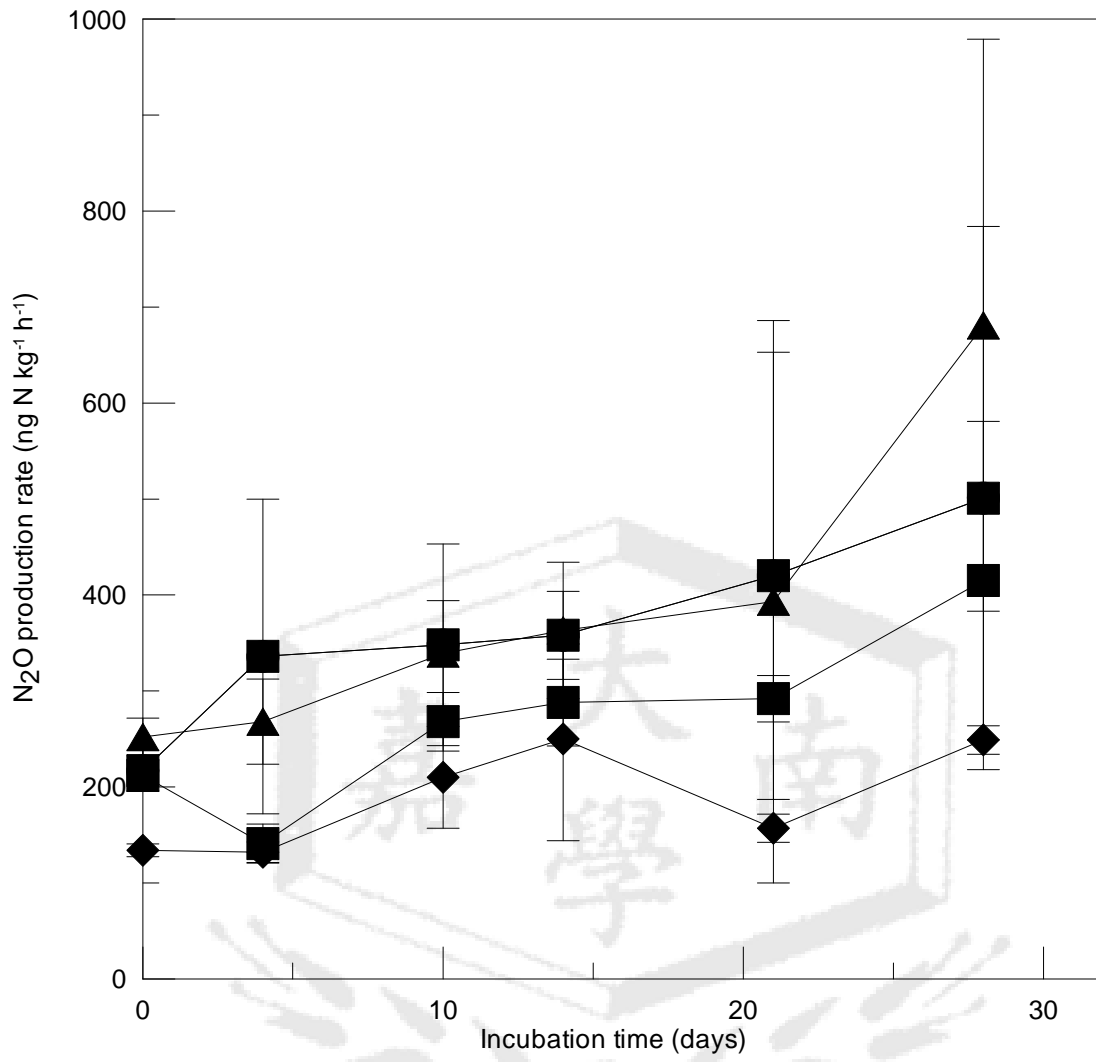


圖 1. 南沙崙掩埋場滲出水之氧化亞氮排放變動

(Leachate : soil ◆ 1:15 ; ■ 2:15 ; ● 3:15 ; ▲ 4:15)

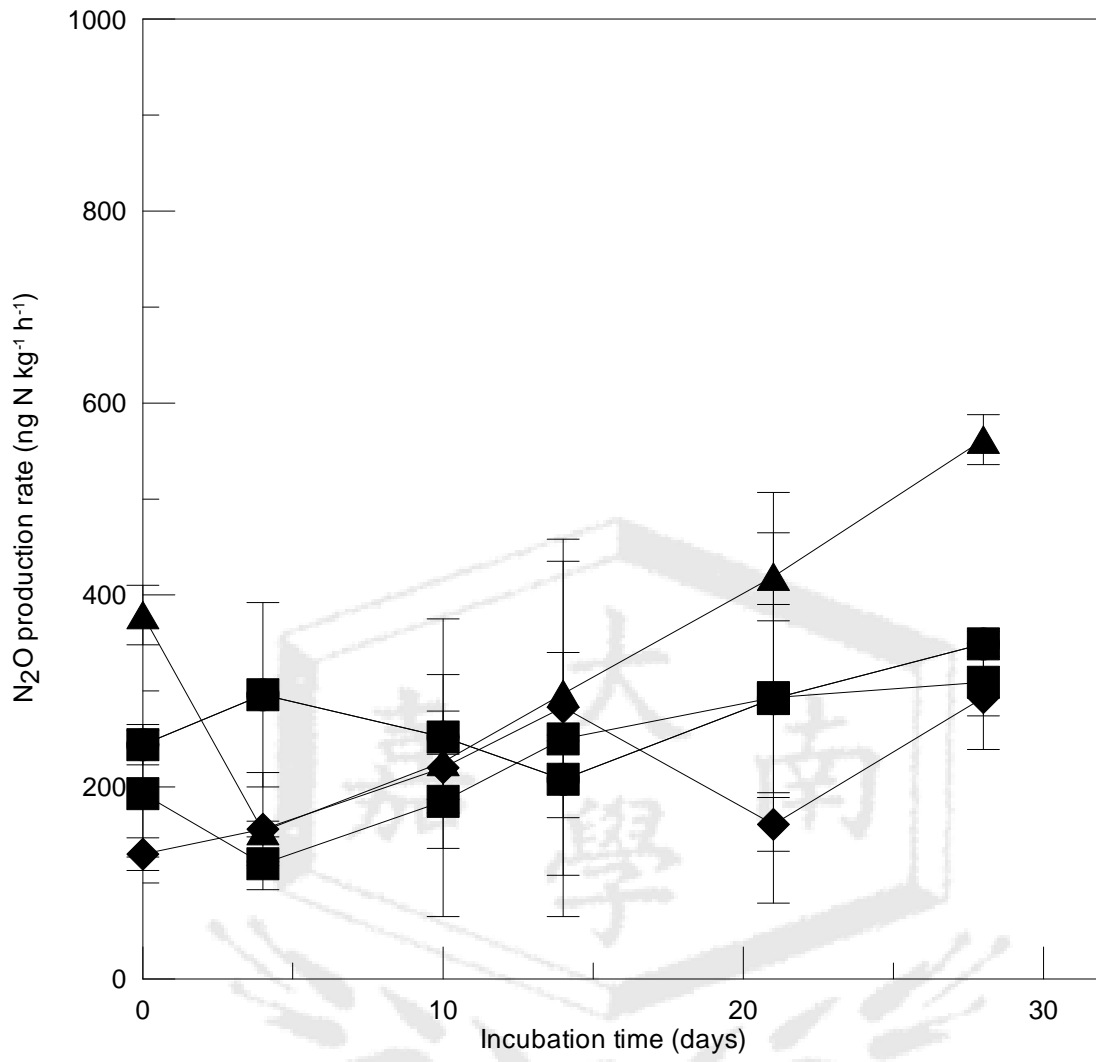


圖 1. 城西里掩埋場滲出水之氧化亞氮排放變動
 (Leachate : soil ◆ 1:15 ; ■ 2:15 ; ● 3:15 ; ▲ 4:15)

表 7、國內廢棄物部門相關之二氧化碳排放量測

逸散源	研究成果	出處
山豬窟掩埋場滲出水	夏季在好氣下孵育 14-56 天 CO ₂ 釋放量 2.88-5.12 mg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 1.60-22.88 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 2.32-5.92 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 3.76-44.24 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 2.32-6.72 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 1.84-5.12 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 0.88-6.00 mg/l/h。在厭氣下孵育 14-56 天 CO ₂ 釋放量 14.00-90.64 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 27.44-100.24 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 74.16-192.72 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 83.92-251.20 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 29.76-238.96 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 53.68-207.20 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 10.56-123.20 mg/l/h。	謝亞寧等, 2000
山豬窟掩埋場滲出水	夏季在好氣條件處理 14-56 天 CO ₂ 釋放量 17.95- 19.17 mg/l/h; 在嫌氣條件下 CO ₂ 釋放量 23.58-32.52 mg/l/h。冬季在好氣條件處理 14-56 天 CO ₂ 釋放量 15.79-21.63 mg/l/h; 在嫌氣條件下 CO ₂ 釋放量 288.32-299.80 mg/l/h。	Hsu 等, 1999
山豬窟掩埋場滲出水	冬季在好氣下孵育 14-56 天 CO ₂ 釋放量 4.64-6.24 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 4.16-6.40 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 4.56-6.00 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 4.64-10.48 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 4.56-6.72 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 4.80-11.28 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 4.56-6.00 mg/l/h。在厭氣下孵育 14-56 天 CO ₂ 釋放量 13.12-154.24 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 7.28-103.60 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 8.48-163.20 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 8.40-323.20 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 15.52-161.60 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 16.40-200.32 mg/l/h, 添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 4.88-281.04 mg/l/h。	謝亞寧等, 2000
山豬窟掩埋場滲出水	在好氣下經 14-56 天, 如未處理 CO ₂ 釋放量介於 4.31-33.93 mg/l/h, 以草漯村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.13-34.31 mg/l/h, 以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.37-37.97 mg/l/h, 以草漯村土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.05-32.86 mg/l/h。以南港村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.21-37.23 mg/l/h, 以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.30-37.34 mg/l/h, 以南港村土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.26-32.41 mg/l/h。以活性碳水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.38-33.55 mg/l/h, 以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.33-32.37 mg/l/h, 以活性碳土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.42-33.67 mg/l/h。在厭氣下經 14-56 天, 如未經處理 CO ₂ 釋放量介於 4.46-44.26 mg/l/h, 以草漯村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.40-41.65 mg/l/h, 以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.05-61.58 mg/l/h, 以草漯村土壤以管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.42-33.97 mg/l/h。以南港村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.41-62.06 mg/l/h, 以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.34-112.43 mg/l/h, 以南港村土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.38-37.70 mg/l/h。以活性碳水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.42-30.62 mg/l/h, 以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.32-34.22	Hsieh 等, 2001

逸散源	研究成果	出處
	mg/l/h，以活性碳土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.32-37.04 mg /l/h。	
福德坑垃圾掩埋場滲出水	夏季在好氣條件處理 14-56 天，CO ₂ 釋放量 19.03-21.33 mg/l/h；在嫌氣條件下 CO ₂ 釋放量 137.24-157.94 mg/l/h。冬季在好氣條件處理 14-56 天 CO ₂ 釋放量 12.73-18.80 mg/l/h；在嫌氣條件下 CO ₂ 釋放量 201.09-257.77 mg/l/h。	Hsu 等，1999
福德坑掩埋場滲出水	夏季在好氣下孵育 14-56 天，CO ₂ 釋放量 2.4-5.76 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 2.64-3.84 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 2.72-4.48 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 6.56-54.24 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 3.52-44.80 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 2.64-4.40 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 2.24-5.44 mg/l/h。在厭氣下孵育 14-56 天，CO ₂ 釋放量 15.04-160.56 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 22.16-95.92 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 71.04-189.92 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 135.36-293.44 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 41.76-289.28 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 67.52-191.68 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 16.00-191.84 mg/l/h	謝亞寧等，2000
福德坑掩埋場滲出水	冬季在好氣下孵育 14-56 天，CO ₂ 釋放量 4.64-5.68 mg /l/h，添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 4.64-5.92 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 4.56-5.12 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 4.64-9.20 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 4.56-5.44 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 4.80-8.80 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 4.24-4.88 mg/l/h。在厭氣下孵育 14-56 天，CO ₂ 釋放量 29.28-69.60 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CO ₂ 釋放量 6.80-59.92 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 大克寧 CO ₂ 釋放量 6.48-55.68 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 二氯松 CO ₂ 釋放量 14.72-50.24 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 百滅寧 CO ₂ 釋放量 11.76-56.48 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CO ₂ 釋放量 16.48-306.08 mg/l/h，添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CO ₂ 釋放量 7.04-95.12 mg/l/h。。	謝亞寧等，2000
福德坑掩埋場滲出水	在好氣下經 14-56 天，如未處理 CO ₂ 釋放量 4.26-34.34 mg/l/h，以草漯村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.35-34.62 mg/l/h，以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.40-34.22 mg/l/h，以草漯村土壤以管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.45-31.25 mg/l/h。以南港村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.42-51.70 mg/l/h，以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.34-35.32 mg/l/h，以南港村土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.39-35.55 mg/l/h。以活性碳水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.37-31.83 mg/l/h，以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.43-32.27 mg/l/h，以活性碳土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.44-32.49 mg/l/h。在厭氣下經 14-56 天，如未經處理 CO ₂ 釋放量介於 4.42-37.77 mg/l/h，以草漯村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.45-35.31 mg/l/h，以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.44-40.52 mg/l/h，以草漯村土壤以管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.40-37.01 mg/l/h。以南港村土壤水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.62-39.18 mg/l/h，以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.36-55.93 mg/l/h，以南港村土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.45-43.83 mg/l/h。以活性碳水土比 10:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.43-39.79 mg/l/h，以水土比 4:1 處理 CO ₂ 釋放量 4.38-36.09 mg/l/h，以活性碳土壤管柱處理 CO ₂ 釋放量 4.39-35.56 mg/l/h。	Hsieh 等，2001

逸散源	研究成果	出處
山豬窟掩埋場	1998年5月14-15日掩埋場掩埋1-2年以FITR測定大氣CO ₂ 濃度介於293-367 ppm-m，平均為347 ppm-m。以GC測定大氣CO ₂ 濃度介於383-907 ppmv，平均560 ppmv。CO ₂ 釋放量介於0-343.15 mg/m ² /h，平均93.70 mg/m ² /h。2000年10月7日，掩埋1年土壤有機碳13.05±2.167%，CO ₂ 釋放量-1,078.62±2,454.48 mg/m ² /h。1998年2月25-27日掩埋場掩埋2-3年以FITR測定大氣CO ₂ 濃度介於295-345 ppm-m，平均為310 ppm-m。以GC測定時大氣CO ₂ 濃度介於395-1010 ppmv，平均679 ppmv。CO ₂ 釋放量介於0-337.13 mg/m ² /h，平均99.21 mg/m ² /h。	Hegde等，2001; Yang和Hegde，2001
山豬窟掩埋場	1999年元月掩埋場掩埋2-3年大氣CO ₂ 濃度平均為417.97±11.00 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為248.04±44.50 mg/m ² /h; 2月大氣CO ₂ 濃度平均為310.03±9.72 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為99.21±42.43 mg/m ² /h; 3月大氣CO ₂ 濃度平均為530.07±4.54 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為309.30±48.67 mg/m ² /h; 7月大氣CO ₂ 濃度平均為400.86±5.82 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為296.16±42.67 mg/m ² /h; 1999年9月掩埋場大氣CO ₂ 濃度平均為376.73±7.90 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為314.60±42.83 mg/m ² /h; 1999年10月掩埋場大氣CO ₂ 濃度平均為397.08±5.00 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為624.60±63.70 mg/m ² /h; 2000年2月掩埋場大氣CO ₂ 濃度平均為354.87±11.17 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為534.10±26.90 mg/m ² /h; 2000年3月掩埋場大氣CO ₂ 濃度平均為323.80±111.00 ppmv，平均CO ₂ 釋放量為125.32±17.65 mg/m ² /h。釋放量在2-3年掩埋期介於400-2,000 mg/m ² /h。	Hegde等，2001; Yang和Hegde，2001
山豬窟掩埋場	2000年5月23-25日，掩埋2-3年土壤有機碳20.52±1.28%，CO ₂ 釋放量1,116.04±397.02 mg/m ² /h; 2000年8月11日，土壤有機碳23.2±3.72%，CO ₂ 釋放量2,111.45±2,695.84 mg/m ² /h。大氣CO ₂ 濃度介於350-399 ppmv，平均337.46 ppmv。	Yang和Hegde，2001; Hegde等，2001
山豬窟掩埋場	1998年5月15-16日掩埋場以FITR測定掩埋5年大氣CO ₂ 濃度介於325-376 ppm-m，平均為353 ppm-m。以GC測定時大氣CO ₂ 濃度介於353-486 ppmv，平均375 ppmv。CO ₂ 釋放量介於0-200.57 mg/m ² /h 平均48.46 mg/m ² /h。	Yang和Hegde，2001; Hegde等，2001
山豬窟掩埋場	2000年5月23-25日，在24日下午6時CO ₂ 釋放量最高達1,200-2,000 mg/m ² /h，其它時間介於400-1,300 mg/m ² /h。1999-2000年測定5次，大氣CO ₂ 濃度平均為364.81±11.17 ppmv。	Yang和Hegde，2001; Hegde等，2001
福德坑掩埋場	1999年10月和11月，大氣中CO ₂ 含量為354.25±47.8 ppmv。CO ₂ 釋放量500-2,750 mg/m ² /h。A點1999年10月30日，土壤有機碳15.35±0.95%，CO ₂ 釋放量495.37±82.34 mg/m ² /h; 1999年11月24日，土壤有機碳20.79±1.42%，CO ₂ 釋放量1,012.34±123.26 mg/m ² /h。B點1999年10月30日，土壤有機碳14.72±1.72%，CO ₂ 釋放量901.30±67.50 mg/m ² /h; 1999年11月24日，土壤有機碳19.34±2.23%，CO ₂ 釋放量812.47±89.37 mg/m ² /h; 2000年5月11-13日，土壤有機碳19.72±2.98%，CO ₂ 釋放量1521.23±450.12 mg/m ² /h。C點2000年6月30日，土壤有機碳20.72±4.01%，CO ₂ 釋出率348.50±1,521.33 mg/m ² /h。	Yang和Hegde，2001; Hegde等，2001
福德坑掩埋場	1999年10月30日土壤CO ₂ 釋放量1,640.91±1,261.81 mg/m ² /h，清晨3時濃度較高，可達2,200-2,300 mg/m ² /h，中午12時-	Yang和Hegde，

逸散源	研究成果	出處
	下午 3 時濃度較低。	2001; Hegde 等， 2001
模擬送風堆肥房	豬糞固體廢棄物堆積 56 天，CO ₂ 釋放量介於 897±247-17,554 ±4,514 mM/ton dry waste/d，堆積期間一公噸乾重廢棄物共釋出 CO ₂ 291,355 mM。雞糞固體廢棄物堆積 56 天，CO ₂ 釋放量介於 1,600±398-5,620 ±1,423 mM/ton dry waste/d，堆積期間一公噸乾重廢棄物共釋出 CO ₂ 202,671 mM。牛糞固體廢棄物堆積 56 天，CO ₂ 釋放量介於 475 ± 108-2,143 ±485 mM/ton dry waste/d，堆積期間一公噸乾重廢棄物共釋出 CO ₂ 69,486 mM。	趙震慶， 1998
彰化堆肥場	以豬糞為主，雞糞為輔，以木屑為調整材之堆肥場，在堆積過程中 CO ₂ 釋放量如下：2002 年 2 月 2-3 日，由原料主成品共分 8 等分，其 CO ₂ 釋放量依次為 16,614±3,394、4,355± 2,313、17,101±2,197、5,018±2,357、17,291±2,979、2,530± 731、1,955±761 和 11,434 ±1,700 mg/m ² /h，平均為 9,537± 1,153 mg/m ² /h。2002 年 3 月 23-24 日，其 CO ₂ 釋放量依次為 10,076±1,417、4,755±1,655、6,703±1,612、1,566±1,258、2,317±1,369、1,036±375、2,476±690 和 2,834±673 mg/m ² /h，平均為 3,970±880 mg/m ² /h。2002 年 5 月 18-19 日，其 CO ₂ 釋放量依次為 6,678±1,917、14,766±6,672、9,506±2,330、12,159±2,323、5,133±1,767、1,750±1,533、1,844±1,382 和 2,277±858 mg/m ² /h，平均為 6,764±1,502 mg/m ² /h。2002 年 7 月 15-16 日，其 CO ₂ 釋放量依次為 19,558±5,238、6,066± 2,713、7,047±3,229、5,386±2,081、7,269±2,388、13,462± 4,639、5,038±2,843 和 9,465±3,483 mg/m ² /h，平均為 9,161±2,049 mg/m ² /h。	陳 顛 竹 等，2003
堆肥場	新竹堆肥場 CO ₂ 釋放量堆積 5 週介於 8,757- 8,790 mg/m ² /h，堆積 6 週介於 1,314-3,515 mg/m ² /h，堆積 7 週介於 1,922-3,649 mg/m ² /h，堆積 8 週介於 596-2,700 mg/m ² /h。彰化堆肥場 CO ₂ 釋放量在堆積 1 週為 9,462 mg/m ² /h，堆積 2 週 6,078 mg/m ² /h，堆積 3 週 4,500 mg/m ² /h，堆積 4 週 3,900 mg/m ² /h，堆積 5 週 850 mg/m ² /h，堆積 6 週 1,190 mg/m ² /h，堆積 7 週 950 mg/m ² /h，堆積 8 週 1,230 mg/m ² /h。	劉清標和 林良平， 2003
豬糞廐肥	在 20°C，60% 水份含量土壤未施用廐肥，在 70 天培育中，CO ₂ 釋放量介於 56.64±20.76-134.46±51.78 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 90 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 169.17±28.28-394.72±78.80 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 180 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 173.51±78.20-867.53± 76.68 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 360 mg N 時，CO ₂ 釋放量介於 412.08±37.57-1,778.43±284.44 nM/kg soil/d。20°C 土壤浸水時未施用廐肥在 70 天培育中，CO ₂ 釋放量介於 27.65±9.27-67.78±12.42 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 90 mg N 時，CO ₂ 釋放量介於 35.79 ±9.27-136.23± 59.16 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 180 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 44.73±16.93-138.26±37.27 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 360 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 70.49±4.70- 246.03±26.87 nM/kg soil/d。30°C，60% 水分含量土壤未施用廐肥在 70 天培育中，CO ₂ 釋放量介於 130.13±30.67- 336.17± 41.53 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 90 mg N 時，CO ₂ 釋放量介於 314.48±37.57-1557.21±62.11 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 180 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 347.01±53.12-1561.55± 79.19 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 360 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 89.46±12.86- 2,239.30±803.22 nM/kg soil/d。30°C 下，土壤浸水	趙震慶， 1998

逸散源	研究成果	出處
	時未施用廢肥在 70 天培育中，CO ₂ 釋放量介於 32.53±9.96-63.44±14.55 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 90 mg N 時，CO ₂ 釋放量介於 70.49±24.85-199.26±40.12 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 180 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 111.83±23.36-166.73±4.70 nM/kg soil/d；如每 kg 土壤施用 360 mgN 時，CO ₂ 釋放量介於 174.05±9.27-866.98±76.64 nM/kg soil/d。	
有機質堆積一年	一公斤廚餘在水分 90%，堆積一年生成 CO ₂ 2,265.77±332.9 mg。在水分 80%生成 CO ₂ 1,083.79±135.14 mg，廚餘與廢紙(9:1) 在水分 80% 生成 CO ₂ 1,524.97±82.71 mg，廚餘與廢紙 (8:2) 在水分 80% 生成 CO ₂ 1,210.87±105.42 mg，廚餘與廢紙 (7:3) 在水分 80% 生成 CO ₂ 1,107.58±38.95 mg，廚餘與廢紙 (6.5:3.5) 在水分 80% 生成 CO ₂ 1,249.72±76.41 mg。	Yang 和 Hegde ， 2001

資料來源:楊盛行等人(2003a)。



表 8、國內廢棄物處理相關之甲烷排放量測

逸散源	研究成果	出處
添加豬糞堆肥	土壤在 3-70 天培養過程中，CH ₄ 釋放量 0.71-3.26 μM/kg soil/d；添加豬糞堆肥 0.09g-N/kg soil，CH ₄ 釋出 0.32-6.02 μM /kg soil/d；添加 0.18g-N/kg soil，CH ₄ 釋出 0.35-3,684 μM /kg soil/d；添加 0.36g-N/kg soil，CH ₄ 釋出 0.13-84.79 μM /kg soil/day。	譚鎮中等，1999。
畜牧養殖及禽畜糞尿處理	荷蘭種乾乳牛腸內發酵每天產生 CH ₄ 量 200-300 公升。1991 年畜牧養殖及禽畜糞尿處理 CH ₄ 總釋放量 2.01-2.23×10 ⁴ ton，1994 年 CH ₄ 總釋放量 5.40×10 ⁴ ton，1995 年 CH ₄ 總釋放量 7.77×10 ⁴ ton，1996 年 CH ₄ 總釋放量 7.05×10 ⁵ ton。體重 710 kg 乾乳牛飼以盤固半乾青貯草時消化道每日 CH ₄ 產生 198 l，飼以盤固半乾青貯草與穀類精料之比 70:30 時，每日 CH ₄ 產生 270 l；如芻精料比 50:50 時，每日 CH ₄ 產生 348 l；如芻精料比 30:70 時，每日 CH ₄ 產生 306 l；餵飼後 2 小時 CH ₄ 之產量最高達 26 l/h。	莊秉潔等，1992；楊任徵等，1994；洪肇嘉和張國賢，1996；楊盛行，1995、1996、1997a、2000；蕭宗法等，1999。
禽畜糞堆肥甲烷釋放	在實驗室堆積 56 天，雞糞堆肥 CH ₄ 釋放 0.21-22.8 mg/m ² /h，豬糞堆肥 CH ₄ 釋放 1.06-61.4 mg/m ² /h，牛糞堆肥 CH ₄ 釋放 6.42-11.1 mg/m ² /h。每公噸豬糞堆積一年釋放 CH ₄ 22.1g，雞糞釋放 CH ₄ 12.9g，牛糞釋放 CH ₄ 16.3g。	譚鎮中等，1999；譚鎮中和王銀波，2000。
堆肥場	台中新社牛糞、米糠和羽毛等帶狀堆積 9-36 天，CH ₄ 釋放量 -0.47-0.26 mg/m ² /h。雞糞、米糠和太空包等帶狀堆積 7-28 天，CH ₄ 釋放量 6.5-73.6 mg/m ² /h。彰化溪州豬糞和菇類太空包帶狀堆積 30-90 天，CH ₄ 釋放量 0.11-0.15 mg/m ² /h。桃園新屋牛糞、太空包和茶渣等帶狀堆積 20-80 天，CH ₄ 釋放量 18.5-255 mg/m ² /h。雲林斗六金針菇太空包和粉碎稻殼露天堆積 1-2 個月後，移入室內添加米糠和雞糞再堆積 4-5 個月，CH ₄ 釋放量 2.5-231 mg/m ² /h。	譚鎮中等，1999。
彰化堆肥場	以豬糞為主，雞糞為輔，以木屑為調整材之堆肥場，在堆積過程中 CH ₄ 釋放量如下：2002 年 2 月 2-3 日，由原料至成品共分 8 等分，其 CH ₄ 釋放量依次為 140.37±35.53、4.29±0.99、138.27±37.21、0.97±0.92、0.79±0.65、0.38±0.23、0.40±0.33 和 0.75±0.58 mg/m ² /h，平均為 35.78±9.00 mg/m ² /h。2002 年 3 月 23-24 日，由原料至成品共分 8 等分，其 CH ₄ 釋放量依次為 71.68±30.33、0.59±0.83、7.57±3.46、0.55±0.74、3.17±1.39、0.41±0.27、0.12±0.33 和 0.68±0.44 mg/m ² /h，平均為 10.60±3.93 mg/m ² /h。2002 年 5 月 18-19 日，由原料至成品共分 8 等分，其 CH ₄ 釋放量依次為 597.31±257.15、51.44±41.40、707.09±226.42、302.68±154.11、6.48±5.80、2.32±2.86、2.59±2.10 和 1.27±1.40 mg/m ² /h，平均為 208.90±49.79 mg/m ² /h。2002 年 7 月 15-16 日，由原料至成品共分 8 等分，CH ₄ 釋放量依次為 49.79±8.46、31.59±8.72、34.19±11.36、4.31±2.35、1.17±0.56、5.70±3.83、0.73±1.33 和 0.15±0.09 mg/m ² /h，平均為 15.95±2.51 mg/m ² /h。	陳顛竹等，2003。
山豬窟垃圾掩埋場滲出水	夏季好氣條件下處理 14-56 天，CH ₄ 釋放量 404.38-440.56 ng/l/h，嫌氣條件處理時，CH ₄ 釋放量 387.31-423.76 ng/l/h。冬季好氣條件下處理 14-56 天，CH ₄ 釋放量 391.06-450.46 ng/l/h，嫌氣條件處理時，CH ₄ 釋放量 487.48-536.26 ng/l/h。	徐民豐等，1999。

逸散源	研究成果	出處
山豬窟掩埋場滲出水	<p>夏季好氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CH₄ 釋放量 0-1.8 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 二氯松 CH₄ 釋放量 0-1.2 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 大克寧、100-1000 ppm 百滅寧、100-1000 ppm 丁基拉草和 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。在厭氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹、100-1000 ppm 大克寧、100-1000 ppm 二氯松、100-1000 ppm 丁基拉草和 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。冬季好氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CH₄ 釋放量 0-1.26 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.24 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹、100-1000 ppm 大克寧、100-1000 ppm 二氯松和 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。厭氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.3 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹、100-1000 ppm 大克寧、100-1000 ppm 二氯松、100-1000 ppm 百滅寧和 100-1000 ppm 嘉磷塞、CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。</p>	謝亞寧等，2000。
福德坑掩埋場滲出水	<p>夏季好氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CH₄ 釋放量 0-3.9 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 二氯松 CH₄ 釋放量 0-3.9 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CH₄ 釋放量 0-1.5 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 大克寧和 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。在厭氣孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.9 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 大克寧和 100-1000 ppm 二氯松 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。在厭氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 百滅寧 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.9 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量 0-0.6 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 大克寧和 100-1000 ppm 二氯松 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。冬季在好氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CH₄ 釋放量 0-1.62 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.27 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 大克寧、100-1000 ppm 二氯松、100-1000 ppm 百滅寧和 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。厭氣下孵育 14-56 天 CH₄ 釋放量 0 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 蓋普丹 CH₄ 釋放量 0-0.84 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 二氯松 CH₄ 釋放量 0-0.30 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 丁基拉草 CH₄ 釋放量 0-0.15 μg/l/h; 添加 100-1000 ppm 大克寧、100-1000 ppm 百滅寧和 100-1000 ppm 嘉磷塞 CH₄ 釋放量皆為 0 μg/l/h。</p>	謝亞寧等，2000。
掩埋場大氣甲烷濃度	<p>忠福掩埋場 88 年 12 月 8 日-25 日大氣甲烷濃度介於 26.5-33.2 ppmv, 平均為 29.9 ppmv, 白天 25.0-33.8 ppmv, 平均為 29.0 ppmv, 夜間 27.7-33.1 ppmv, 平均為 30.7 ppmv。89 年 4 月 27 日</p>	郭坤土等，2003

逸散源	研究成果	出處
山豬窟掩埋場	<p>-5月11日大氣甲烷濃度介於8.6-27.0 ppmv，平均為16.6 ppmv，白天5.6-30.1 ppmv，平均為15.9 ppmv，夜間9.5-28.7 ppmv，平均為17.3 ppmv。89年7月28日-8月3日大氣甲烷濃度介於2.7-7.7 ppmv，平均為4.5 ppmv，白天2.6-8.6 ppmv，平均為4.0 ppmv，夜間2.7-7.0 ppmv，平均為5.0 ppmv。89年9月2日-9日大氣甲烷濃度介於8.3-19.4 ppmv，平均為12.8 ppmv，白天6.6-15.4 ppmv，平均為10.8 ppmv，夜間8.9-21.2 ppmv，平均為14.8 ppmv。90年9月11日-19日大氣甲烷濃度介於6.91-9.04 ppmv，平均為7.72 ppmv，白天6.08-8.96 ppmv，平均為7.72 ppmv，夜間6.36-9.24 ppmv，平均為7.76 ppmv。90年12月11日-19日大氣甲烷濃度介於11.82-13.44 ppmv，平均為12.78 ppmv，白天11.58-13.08 ppmv，平均為12.48 ppmv，夜間12.06-14.28 ppmv，平均為13.02 ppmv。91年3月1日-10日大氣甲烷濃度介於7.96-8.80 ppmv，平均為8.40 ppmv，白天7.84-8.52 ppmv，平均為8.24 ppmv，夜間8.08-9.04 ppmv，平均為8.56 ppmv。91年6月1日-10日大氣甲烷濃度介於5.55-6.39 ppmv，平均為5.97 ppmv，白天5.46-6.27 ppmv，平均為5.85 ppmv，夜間5.64-6.63 ppmv，平均為6.09 ppmv。</p> <p>1998年5月14-15日以FTIR測定掩埋1-2年大氣CH₄濃度介於3.56-14.61 ppm-m，平均7.61 ppm-m。以GC測定大氣CH₄介於8.12-55.64 ppmv，平均28.77 ppmv。甲烷釋放量介於0-36.01 mg/m²/h，平均13.17 mg/m²/h。1998年2月25-27日以FTIR測定掩埋2-3年大氣CH₄濃度介於4.93-17.27 ppm-m，平均12.07 ppm-m。以GC測定大氣CH₄介於13.90-139.08 ppmv，平均35.79 ppmv。甲烷釋放量介於0-759.82 mg/m²/h，平均157.56 mg/m²/h。</p> <p>5月15-16日以FTIR測定掩埋5年大氣CH₄濃度介於2.18-9.56 ppm-m，平均3.40 ppm-m。以GC測定大氣CH₄介於3.23-53.41 ppmv，平均12.82 ppmv。甲烷釋放量介於0-5.55 mg/m²/h，平均0.99 mg/m²/h。</p> <p>1999年1月掩埋2-3年大氣CH₄平均濃度20.16±1.37 ppmv，CH₄釋放量90.84±29.00 mg/m²/h。2月大氣CH₄平均濃度12.07±3.12 ppmv，CH₄釋放量157.60±25.10 mg/m²/h。3月大氣CH₄平均濃度10.13±1.10 ppmv，CH₄釋放量78.18±27.33 mg/m²/h。7月大氣CH₄平均濃度9.73±2.87 ppmv，CH₄釋放量32.93±12.00 mg/m²/h。9月大氣CH₄平均濃度3.52±0.30 ppmv，CH₄釋放量18.61±5.06 mg/m²/h。10月大氣CH₄平均濃度2.64±0.32 ppmv，CH₄釋放量13.47±6.76 mg/m²/h。2000年2月大氣CH₄平均濃度8.91±4.26 ppmv，CH₄釋放量8.91±2.69 mg/m²/h。3月大氣CH₄平均濃度4.46±0.71 ppmv，CH₄釋放量13.91±1.29 mg/m²/h。1999-2000以FTIR測定測定5次，大氣CH₄濃度平均7.20±4.84 ppmv-m。2000年5月23-25日，在24日夜晚CH₄釋放量最高950 mg/m²/h，25日上午3時最高500 mg/m²/h，其它時間介於5-100 mg/m²/h。覆土1-2m厚掩埋點，未去除覆土時CH₄釋放量點1為49.45 mg/m²/h，去除5cm覆土則增加為71,882.83 mg/m²/h。點2為208.00 mg/m²/h，去除上方5cm覆土則提高為60,143.70 mg/m²/h；點3為13.48 mg/m²/h，去除上方5cm覆土，CH₄釋放量提高為13.83 mg/m²/h。1997年山豬窟垃圾掩埋場，甲</p>	<p>楊盛行，1997a、2000、2001；楊盛行和 Hegde，2001；Hegde等，2001、2003。</p>

逸散源	研究成果	出處
山豬窟掩埋場	<p>烷釋放量為-1.22-0.07g/m²/d。2000年山豬窟垃圾掩埋場，甲烷釋放量為0.11±0.001g/m²/d。</p> <p>掩埋1年2000年10月7日，土壤有機碳含量13.05±3.72%，甲烷釋出率76.74±78.54 mg/m²/h。掩埋2-3年2000年5月23日-25日，土壤有機碳含量20.52±4.01%，甲烷釋出率201.24±63.42 mg/m²/h；2000年8月11日，土壤有機碳含量23.2±3.72%，甲烷釋出率5,942±1,113.55 mg/m²/h。</p>	楊盛行，2001。
福德坑掩埋場	<p>1999年10月和11月，大氣甲烷濃度平均2.78±0.78 ppmv。1999年10月30日，土壤CH₄釋放量32.80±24.13 mg/m²/h，清晨3時最高80 mg/m²/h。2000年5月11-13日，大氣CH₄濃度介於1.29-3.35 ppm，平均2.67 ppm。夜晚濃度較高，白天濃度較低，白天有CH₄燃燒。掩埋場A點1999年10月30日土壤有機碳含量15.35±0.95%，甲烷釋放量8.76±0.29 mg/m²/h；1999年11月24日，土壤有機碳含量20.79±1.42%，甲烷釋放量21.67±6.19 mg/m²/h。掩埋場B點1999年10月30日，土壤有機碳含量14.72±1.72%，甲烷釋放量12.83±0.29 mg/m²/h；1999年11月24日，土壤有機碳含量19.34±2.23%，甲烷釋放量34.96±4.65 mg/m²/h；2000年5月11日-13日，土壤有機碳含量19.72±2.98%，甲烷釋放量18.44±8.07 mg/m²/h。掩埋場C點2000年6月30日，土壤有機碳含量20.72±4.01%，甲烷釋放量1,163.32±672.93 mg/m²/h。1997年福德坑垃圾掩埋場，甲烷釋放量為0.03-16.64g/m²/d。2000年福德坑垃圾掩埋場，甲烷釋放量為0.79±0.58g/m²/d。</p>	楊盛行，1997a、2000、2001。
垃圾掩埋場	<p>豐原垃圾掩埋場每噸垃圾每年產生CH₄ 7.3 m³，CH₄總產量183 m³。山豬窟垃圾掩埋場1995-1999年CH₄平均釋放量63.44±31.08 mg/m²/h。台中市垃圾掩埋場以IPCC估算CH₄總釋放量1.4-3.3×10⁴ ton，實測CH₄總釋放量3.45-5.37×10⁴ ton，以此估算台灣垃圾掩埋場CH₄總釋放量7.00-17.2×10⁵ ton。台灣垃圾掩埋場1994年CH₄總釋放量2.36×10⁵ ton，1995年為2.01×10⁵ ton，1996年為2.31×10⁵ ton，1997年為4.85×10⁵ ton，1998年為4.26×10⁵ ton，1999年為4.80×10⁵ ton，2000年為5.57×10⁵ ton。1998年台中垃圾掩埋場田坡，甲烷釋放量為33.15g/m²/d。台中垃圾掩埋場頂部，甲烷釋放量為7.12g/m²/d。</p>	莊秉潔等，1992；楊任徵等，1994；洪肇嘉和張國賢，1996；楊盛行，1997a；楊盛行和張讚昌，2000；廖文彬等，1998。
桃園虎頭山掩埋場	<p>87年12月11日-28日測定4次，覆土厚1.5-2.0 cm，掩埋2年甲烷釋放量介於-1.96-14.83 mg/m²/h，平均10.17 mg/m²/h。87年12月11日-88年4月23日測定7次，覆土厚0.2 cm，掩埋2-3年甲烷釋放量介於23-1,105 mg/m²/h，平均54.34 mg/m²/h。88年2月4日-4月23日測定4次，覆土厚5 cm，掩埋2-3年甲烷釋放量介於258-32,800 mg/m²/h，平均18,244 mg/m²/h。87年12月8日-11日大氣甲烷日平均濃度14.9-17.2 ppmv，最大值19.7 ppmv，最小10.2 ppmv。白天平均濃度13.7-16.9 ppmv，夜間平均濃度16.1-17.6 ppmv。88年3月27日-4月22日大氣甲烷日平均濃度11.3-16.5 ppmv，最大值19.9 ppmv，最小4.5 ppmv。白天平均10.2-14.9 ppmv，夜間平均12.1-18.6 ppmv。掩埋齡期約2年，覆土約1.5-2 m，87年12月11日-28日測定4次，甲烷釋放量介於-1.96-14.83</p>	郭坤土等，2000、2001、2003。

逸散源	研究成果	出處
忠福垃圾掩埋場	<p>mg/m²/h，平均為 10.17 mg/m²/h。掩埋齡期約 2-3 年，覆土約 0.2 m，87 年 12 月 11 日至 88 年 4 月 23 日測定 7 次，其甲烷釋放量介於 23-1,105 mg/m²/h，平均為 54.34 mg/m²/h。掩埋齡期約 2-3 年，覆土約 0.05 m，88 年 2 月 4 日至 11 月 18 日測定 7 次，其甲烷釋放量介於 1.28-1,33,076 mg/m²/h，平均為 37,828 mg/m²/h。掩埋齡期約 2-3 年，覆土約 0.2 m，88 年 8 月 23 日至 11 月測定 4 次，其甲烷釋放量介於 6-59,648 mg/m²/h。1999 年掩埋場覆土 0.05 m，甲烷釋放量 525g/m²/d，覆土 0.05 m 甲烷釋放量 908g/m²/d，覆土 0.2 m 甲烷釋放量 1.30g/m²/d，覆土 1.5-2.0 m 甲烷釋放量 0.24g/m²/d。在掩埋齡期約 2-3 年，覆土厚 0.2 m，於 88 年 8 月 20 日-88 年 11 月 18 日測定 3 次，甲烷釋放量介於 117.36-59,648 mg/m²/h，平均為 21,883 mg/m²/h。</p>	郭坤土等， 2001、2003。
由廢棄物推估甲烷生產量	<p>掩埋齡期約 2 年，覆土約 0.2 m，88 年 11 月 19 日至 89 年 10 月 2 日在點 1 測定 18 次，其甲烷釋放量介於 -37.01-1,577.79 mg/m²/h，平均 345 mg/m²/h。掩埋齡期約 2 年，覆土約 0.2 m，89 年 4 月 20 日至 10 月 2 日在點 2 測定 12 次，其甲烷釋放量介於 11.17-1,922.04 mg/m² h，平均值 654 mg/m² h。2000 年掩埋場覆土 0.2 m，甲烷釋放量 8.28g/m²/d，覆土 0.2 m 甲烷釋放量 15.70g/m²/d。掩埋齡期約 3 年，覆土厚 1.5-2.0 m 之點 1 於 90 年 8 月 28 日-91 年 8 月 9 日測定 6 次，甲烷釋放量介於 -118.67-16.15 mg/m²/h，平均為 9.60 mg/m²/h。在點 2 於 90 年 8 月 28 日-91 年 8 月 9 日測定 6 次，甲烷釋放量介於 -60.29-829.22 mg/m²/h，平均為 292.55 mg/m²/h。</p> <p>虎頭山掩埋場垃圾齡期約 2 年，覆土厚 1.5-2.0 m，甲烷產量以含碳量推估為 274 l/kg 垃圾，以熱值推估 383.34 l/kg，以化學組成法推估 308.98 l/kg。垃圾齡期約 2-3 年，覆土厚 0.2-0.05 m，甲烷產量以含碳量推估 306 l/kg 垃圾，以熱值推估 273.11 l/kg，以化學組成法推估 356.97 l/kg。忠福垃圾掩埋場垃圾齡約 6 個月之垃圾，每 kg 垃圾甲烷產量，以含碳量推估 140 l/kg 垃圾，以熱值推估 569 l，以化學組成推估 205 l/kg。垃圾齡期約 2 年，每 kg 垃圾甲烷產量，以含碳量推估 131 l/kg 垃圾，以熱值推估 518 l，以化學組成推估 168 l/kg。垃圾齡期約 12 年，每 kg 垃圾甲烷產量，以含碳量推估 127 l/kg 垃圾，以熱值推估 479 l，以化學組成推估 172 l/kg。</p>	郭坤土等， 2001。
垃圾掩埋場甲烷產生推估	<p>虎頭山垃圾掩埋場以含碳量推估測點一，每 kg 垃圾可產生甲烷 274 l，測點二及三每 kg 垃圾可產生甲烷 306 l。以熱值推估，測點一每 kg 垃圾可以產生甲烷 383.34 l，測點二及三每 kg 垃圾可以產生甲烷 273.11 l。以化學組成推估，測點一每 kg 溼垃圾可以產生甲烷 308.98 l，測點二及三每 kg 溼垃圾可以產生甲烷 356.97 l。忠福垃圾場以含碳量推估，掩埋齡 6 個月每 kg 垃圾可產生甲烷 140 l，掩埋齡 2 年每 kg 垃圾可產生甲烷 131 l，掩埋齡 12 年每 kg 垃圾可產生甲烷 127 l。以熱值推估法，掩埋齡 6 個月每 kg 垃圾可產生甲烷 569 l，掩埋齡 2 年每 kg 垃圾可產生甲烷 518 l，掩埋齡 12 年每 kg 垃圾可產生甲烷 479 l。以化學組成推估法，掩埋齡 6 個月每 kg 垃圾可產生甲烷 205 l，掩埋齡 2 年每 kg 垃</p>	郭坤土等， 2003。

逸散源	研究成果	出處
環保署桃園監測站	<p>圾可產生甲烷 168 l，掩埋齡 12 年每 kg 垃圾可產生甲烷 172 l。</p> <p>桃園監測站 87 年 12 月 8 日-11 日大氣甲烷日平均濃度 1.9-2.1 ppmv，最大 2.1 ppmv，最小 1.7 ppmv。白天平均濃度 1.9-2.0 ppmv，夜間 1.9-2.2 ppmv。88 年 3 月 27 日-4 月 22 日大氣甲烷日平均濃度 1.9-2.5 ppmv，最大 4.1 ppmv，最小 1.8 ppmv。白天平均濃度 1.9-2.5 ppmv，夜間 1.9-2.6 ppmv。90 年 9 月 11 日-20 日大氣甲烷濃度介於 1.83- 2.28 ppmv，平均 2.09 ppmv，白天介於 1.92-2.19 ppmv，平均 2.00 ppmv，夜間 1.18-2.40 ppmv，平均 2.18 ppmv。90 年 12 月 11 日-20 日大氣甲烷濃度介於 1.99-2.36 ppmv，平均 2.16 ppmv，白天介於 1.97-2.26 ppmv，平均為 2.11 ppmv，夜間 2.08-2.53 ppmv，平均 2.22 ppmv。91 年 3 月 1 日-10 日大氣甲烷濃度介於 1.94-2.28 ppmv，平均 2.09 ppmv，白天介於 1.92-2.13 ppmv，平均 2.04 ppmv，夜間 1.96-2.49 ppmv。91 年 6 月 1 日-10 日大氣甲烷濃度介於 1.88-2.14 ppmv，平均 1.97 ppmv，白天介於 1.83-2.03 ppmv，平均 1.92 ppmv，夜間 1.88-2.25 ppmv，平均 2.02 ppmv。中壢站 88 年 12 月 18 日-12 月 25 日大氣甲烷濃度介於 1.7-2.3 ppmv，平均 2.1 ppmv；白天介於 1.7-2.3 ppmv，平均 2.1 ppmv；夜間介於 1.7-2.3 ppmv，平均 2.1 ppmv。89 年 4 月 27 日-5 月 11 日大氣甲烷濃度介於 2.2-2.8 ppmv，平均 2.4 ppmv；白天介於 2.2-2.7 ppmv，平均 2.3 ppmv；夜間介於 2.2-3.0 ppmv，平均 2.5 ppmv。89 年 7 月 28 日-8 月 3 日大氣甲烷濃度介於 1.7-2.2 ppmv，平均 2.0 ppmv；白天介於 1.8-2.0 ppmv，平均 1.9 ppmv；夜間介於 1.7-2.3 ppmv，平均 2.0 ppmv。89 年 9 月 2 日-9 日大氣甲烷濃度介於 2.1-2.3 ppmv，平均 2.2 ppmv；白天介於 2.1-2.2 ppmv，平均 2.1 ppmv；夜間介於 2.1-2.5 ppmv，平均 2.3 ppmv。90 年 9 月 10 日-19 日大氣甲烷濃度介於 1.73-2.26 ppmv，平均 1.93 ppmv，白天介於 1.52-2.24 ppmv，平均 1.93 ppmv，夜間介於 1.59-2.31 ppmv，平均 1.94 ppmv。90 年 12 月 11 日-20 日大氣甲烷濃度介於 1.97-2.24 ppmv，平均 2.13 ppmv，白天介於 1.93-2.18 ppmv，平均 2.08 ppmv，夜間介於 2.01-2.38 ppmv，平均 2.17 ppmv。91 年 3 月 1 日-10 日大氣甲烷濃度介於 1.99-2.20 ppmv，平均 2.10 ppmv，白天介於 1.96-2.13 ppmv，平均 2.06 ppmv，夜間介於 2.02-2.26 ppmv，平均 2.14 ppmv。91 年 6 月 1 日-10 日大氣甲烷濃度介於 1.85-2.13 ppmv，平均 1.99 ppmv，白天介於 1.82-2.09 ppmv，平均 1.95 ppmv，夜間介於 1.88-2.21 ppmv，平均 2.03 ppmv。</p>	郭坤土等，2000、2001、2003。
有機質堆積一年	<p>一公斤廚餘在水分 90%堆積一年生成 CH₄ 33.60±2.94 mg。在水分 80%堆積一年生成 CH₄ 1,261.53±34.90 mg。一公斤廚餘與廢紙 (9:1) 在水分 80%下，堆積一年生成 CH₄ 270.24±5.42 mg。一公斤廚餘與廢紙 (8:2) 在水分 80%下，生成 CH₄ 193.99±23.35 mg。一公斤廚餘與廢紙 (7:3) 在水分 80%下，生成 CH₄ 99.29±2.63 mg。一公斤廚餘與廢紙 (6.5:3.5) 在水分 80%下，生成 CH₄ 71.88±2.98 mg。</p>	楊盛行和 Hegde，2001；Hegde 等，2001、2003。
台灣 CH ₄ 排放比重	<p>1990 年台灣產生 CH₄ 比重佔全球溫室效應氣體之 22.4%，分別為畜牧業 11.0%、垃圾掩埋場 8.3%、農業 0.6%和其他 2.5%。</p>	孫志鴻和余政達，2001。

表9、我國1990~1999 年廢棄物部門二氧化碳排放量（單位：千公噸）

Source	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Landfill	1800	1918	2107	2312	2292	2164	2216	2074	1958	1841
Wastewater treatment	NA*	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Waste incineration	40	15	133	138	224	728	786	934	998	302
Total	1840	1933	2240	2450	2516	2892	3002	3008	2956	2143

* : not applicable

表10、我國1990~2000 年廢棄物部門氧化亞氮排放量（單位：千公噸）

Source	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Landfill	NA*	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Wastewater treatment	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.80
Waste incineration	0.1	0.0	0.2	0.2	0.40	1.2	1.3	1.6	1.7	1.7	1.7
Total	1.6	1.5	1.8	1.8	2.1	2.9	3.0	3.3	3.5	3.5	3.5

* : not applicable

表11、我國1990~2000 年廢棄物部門甲烷排放量（單位：千公噸）

Source	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Landfill	584.0	640.0	702.7	777.0	741.0	721.0	741.0	689.0	671.0	558.4	353.11
Wastewater treatment	1.1	1.2	27.2	1.8	28.4	3.2	35.1	35.8	36.9	67.2	36.37
Waste incineration	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	585.1	641.2	729.9	778.8	797.6	724.2	776.1	724.8	707.9	625.6	389.48

* : not applicable

表 12、廢棄物部門溫室氣體減量技術

廢棄物部門減量技術	
技術	減量說明
掩埋場 (Landfills)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要因廢棄物特性（成分、單位重及顆粒尺寸）、溫度、養分、細菌和 pH。 ● 排放量變化範圍自 0.003~3,000 g/m²/day，部分未排放及氧化、土壤種類、氣候及甲烷氧化速率有關。 ● 庭院廢棄物與一般廢棄物排放量相若。 ● 食物廢棄物排放量比一般廢棄物排放量低。 ● 紙類廢棄物溫室氣體排放量比回收或焚化為高。 ● 掩埋場氣體回收及使用氣燃機常見於掩埋場，也有相當利潤，最多回收達 70%。 ● 庭院廢棄物無助於甲烷產量，食物及紙類廢棄物則增加。
回收再利用 (Recycling and Reuse)	<ul style="list-style-type: none"> ● 回收產品的使用較新原料所用能源少，溫室氣體排放低，包括：紙、金屬、玻璃及塑膠等。 ● 利用廢棄物能源轉化設備將廢紙用作生物燃料，提高設備的轉化效率，可降低溫室氣體之排放量。 ● 紙及其他回收可能有效減少溫室氣體排放，也是發展中國家非正式經濟的一部分，其效益不易評估，但在減量上貢獻相當大。 ● 嚴格的德國包裝及產品保證法已創造新的產品及市場，其他如玻璃瓶、鋁電池的押金制，也收效甚大。 ● 不同國家實施志願回收及嚴格要求分類，均成功回收不少物質。
堆肥及消化 (Composting and Digestion)	<ul style="list-style-type: none"> ● 堆肥排放於溫室氣體中庭院廢棄物掩埋最高，但低於食物廢棄物，能製作肥料，減少大量二氧化碳及氧化亞氮排放。 ● 因先進國家因量少及收集不易，實施堆肥家中食物廢棄物以減少溫室氣體排放，在發展中國家較具吸引力。 ● 農業及食物廢棄物堆肥或厭氧消化可供收集利用，美國 70% 的畜產廢棄物處理排放佔甲烷排放 10% 應可收集利用，替代燃料及減少溫室氣體排放。 ● 有機廢棄物中 NH₃ 含量過高，不利甲烷產生，可混和農業廢棄物與其他氮含量少的物質，高脂肪含量可增加甲烷產量，需注意高重金屬含量問題。 ● 木質廢棄物含大量木纖維質不易產生甲烷，而庭院廢棄物最好以堆肥處理。 ● 庭院廢棄物雖非高科技，但便宜少問題，適於發展中國家採用，也可創造就業及環境利益，但大量製作則須能量使用。 ● 厭氧消化產生甲烷燃料在先進及開發中國家是可行方案，尤其是大量的農業、污泥、廚餘、屠宰場、食品製作等有機廢物。
焚化爐 (Incineration)	<ul style="list-style-type: none"> ● 在工業化國家較常見，發展中國家因缺乏高熱值之紙、塑膠及經費高較少建造。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用廢棄物轉化為能源，可減少溫室氣體排放與甲烷燃料製造相似。 ● 燃燒石化燃料製造的塑膠及纖維類會造成溫室氣體排放增加，回收這些物質可減低排放。 ● 流體化床是間歇操作最有效評估系統，這於固、液及氣體燃料，常見於日本、北歐及美國。 ● 氣化及石油化技術將生物及塑膠廢棄物轉成固、液及氣體燃料，與發電結合可提供經濟及環境誘因，尤其是木質廢棄物。 ● 加石化燃料的焚化爐對工業廢棄物，在空污管制鬆的國家可行。
<p style="text-align: center;">廢水 (Waster Water)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 自家庭及工業廢水處理排放之甲烷約佔 10%，工業廢水處理中紙／紙漿、食品廢水處理佔其排放量之 90%，大部分皆產於發展中國家，廢水為處理及以厭氧狀態儲存。 ● 傳統廢水收集能源密集，真空廁所較貴且可接續厭氧消化，減少溫室氣體排放及用水。 ● 模組式厭氧消化可收集甲烷利用，但費用高。 ● 生污泥含高重金屬無法厭氧消化。 ● 污泥焚化的替代方案如厭氧消化、氣化、濕式氧化及加燃料焚化皆能有效減少溫室氣體及增加能源效率。

