

台灣河川湖泊溼地甲烷及氧化亞氮排放量測

(國立台灣大學生命科學院生化科技學系 楊盛行、劉清標、陳顥竹、張讚昌、魏嘉碧
國立台灣大學農業化學系 賴朝明 國立中興大學土壤環境科學系 王銀波、趙震慶
國立中央大學環境研究中心 張哲明 國立中山大學海洋地質及化學研究所 王樹倫、陳鎮東)

一、前言

本世紀中由於人口急速增加，工業蓬勃發展以及人類活動日益頻繁，產生許多化學物質，如 O_3 、 CO 、 NO 、 NO_x 、 N_2O 、 H_2O 、 HCl 、 NH_3 、 CO_2 、 CH_4 、...等等。這些物質進入了空氣、水和土壤中，不僅影響自然資源，並且對動物、植物、甚至於人類的生命皆有深遠的影響 (Inubushi 和 Umebayashi, 1992)。當大量溫室效應氣體逸入大氣時，將改變地面與大氣間輻射能平衡、全球溫暖化和氣候改變。其中二氧化碳濃度增加最多，在工業化時代之前濃度為 280 ppm，而 1992 年則高達 365 ppm，每年以 0.4% 之速率增加。甲烷在工業化時代之前濃度為 0.80 ppm，1992 年增加至 1.72 ppm，每年以 0.9% 之速率增加。甲烷在 1979-1980 年增加 20 ppbv，1983 年增加 13 ppbv，1990 年增加 10 ppbv，1992 年則增加 5 ppbv (Dlugokencky 等, 1994)，目前有逐漸下降的趨勢。雖然其較二氧化碳低甚多，但每一分子甲烷吸收紅外線之強度則為二氧化碳之 30 倍。氧化亞氮在工業化時代之前濃度為 0.28 ppm，1992 年也達 0.31 ppm，每年以 0.25% 速率增加，但每一分子氧化亞氮吸收紅外線之強度則為二氧化碳之 200 倍，目前其量雖低，但倍受重視。甲烷溫室效應氣體比重僅次於二氧化碳，約佔 12-15%，估計在二十一世紀時將增加至 15-25% (IPCC, 1992)。

甲烷進入大氣主要有二個途徑：(1) 在厭氧條件下分解生質產生甲烷，(2) 化石燃料燃燒或天然氣直接逸出 (Cicerone 和

Oremland, 1988)。甲烷主要來源有微生物在厭氧環境下分解有機質產生甲烷，甲烷菌將有機酸、二氧化碳、一氧化碳等轉變生成甲烷。甲烷生成作用佔全體甲烷來源 80%，其他如水稻田每年釋出 20-150 Tg，溼地釋出 100-200 Tg，草食性動物腸內發酵釋出 65-100 Tg，白蟻和其他昆蟲釋出 10-50 Tg，生質燃燒釋出 20-80 Tg，垃圾掩埋釋出 20-70 Tg，海洋和其他來源釋出 46-170 Tg。至於非生物性甲烷主要來自礦坑、天然氣和化石燃料等釋出 70-120 Tg，佔全部甲烷釋放量 20% (Watson 等, 1992)。依照 IPCC 方法估算，1990 年全球人為甲烷排放量為 3.50×10^8 公噸，稻米耕作 6.50×10^7 公噸 (佔 18.57%)、畜牧養殖 9.40×10^7 公噸 (佔 26.86%)、掩埋場 2.70×10^7 公噸 (佔 7.71%)、廢水處理 3.50×10^7 公噸 (佔 10.00%)、油氣系統 5.10×10^7 公噸 (佔 14.57%)、礦業 3.00×10^7 公噸 (佔 8.57%) 和其他 4.80×10^7 公噸 (佔 13.72%) (IPCC, 1992)。

大氣中氧化亞氮來源眾多，其中源自於土壤部分約佔總來源 53.6-67.5% (Bouwman, 1990、1996；Isermann, 1994；Kroeze 等, 1999)；依其來源不同分成源自於天然土壤 (nature soils) 與耕作土壤 (cultivated soils) 等兩個部分。其中源自耕作土壤部分又可細分為施用氮肥、固氮作物行固氮作用、養殖動物排泄中含氮物質、下水道污泥所含氮素、大氣中氨氣與其他氮化合物沉降而提供氮素所造成的效應等。1995 年以前氧化亞氮排放估測工作，並未將「生物固氮、動物排泄物以及下水道污泥」等所提供的氮源納入考慮；爾後

經由模式推算發現與實測值並未相符 (預測模式疑似有低估現象)。自 1996 年起，開始將其等所提供的氮源開始列入考慮 (IPCC, 1997; Mosier 等, 1998)，使得氧化亞氮排放推估工作較為完整。農業活動氧化亞氮排放量約佔人為活動 75-80% (Isermann, 1994; Kroeze 等, 1999)。IPCC (1997) 則將農業活動上釋出之氧化亞氮依氮源不同區分為三類：直接施肥 (氮素以肥料形式直接進入土體)、動物飼養 (例如：含氮物質在放牧過程中以排泄物形式進入土體或是經由灑潑進入土體) 與間接效應 (例如：氨氣沉降)，其中在探討動物飼養方面時，除了討論其以「肥料」形式經由施肥進行土體所產生的效應外，亦可依處理系統不同區分成：牧草區放牧 (pasture/range/paddock)、每日灑潑 (daily spread)、固態儲存 (solid storage)、風乾過程 (dry lot)、液態儲藏 (liquid/slurry)、厭氣塘系統 (anaerobic lagoon)、開放溝渠 (open pits below animal confinement)、厭氣分解 (anaerobic digester) 和燃燒 (burned for fuel) (作燃料)。2001 年 IPCC 另外補充將：牛、豬厚墊草 (cattle and swine deep litter) (排泄物直接與墊料相混而留在畜舍內直至移出的期間所造成的效應)、堆肥化過程 (composting-intensive/composting-extensive)、家禽糞便未混以墊料 (poultry manure without bedding) 以及好氣處理 (aerobic treatment) 等。另外，有許多學者指出動物廢棄物是一種重要卻被低估的氧化亞氮來源 (Hartung 和 Phillips, 1994; Berges 和 Crutzen, 1996)。

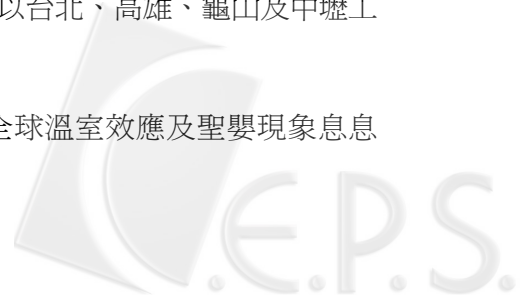
在生物圈中單一元素對生物結構重要者為碳，植物組織和微生物細胞中其碳含量約佔其乾重 40-50%，而其來源為二氧化碳則僅佔大氣之 0.03%。陸地上高等植物和水中生物可經光合作用將二氧化碳轉變成有機碳，供異營性動物和不含葉綠素微生物之有機營養來源，每年估計有 1.3×10^{14} kg 二氧化碳被利用，

佔大氣圈總供給量二十分之一，或佔海洋中之千分之一。在好氣條件下，微生物可以分解簡單有機物、生物聚合物，在嫌氣條件下，可以發酵及分解有機物。呼吸代謝物利用有機質產生能量，放出二氧化碳，發酵時則會累積許多低分子量有機酸、醇類，而後經甲烷菌生成甲烷。

台灣由於人口多，都市化程度高、工業發達，因而市鎮污水、工業廢水、畜牧廢水、垃圾污水迅速成長。當這些污水排入河川後，造成河川不同程度之污染。根據環保署調查結果，21 條主要河川中，全河段未受到污染者僅 6 條，而下游河段受到中度或嚴重污染者有 13 條。除水質污染外，台灣河川之泥沙淤積也非常嚴重。根據台灣省水利局之資料發現，假定台灣河川輸沙密度為 1.5 ton/m^3 ，若考慮各河川之流域面積，採加權平均，台灣主要河川流域年平均土壤沖蝕深度為 7.09 mm，比黃河流域 2.03 mm 大 3.5 倍，比美國密西西比河 0.25 mm 高 28 倍。根據科學家所訂標準，一個地區土壤流失可容忍上限每年每平方公尺為 1.14 kg，而台灣全境主要河川流失率每年每平方公尺為 10.64kg，為可容忍值上限之 9.3 倍。

另外台灣水庫之泥沙淤積也非常嚴重，降低水庫水質，縮短水庫壽命。台灣九座主要水庫一年淤沙量接近 1,100 萬 m^3 ，如加上其他水庫淤沙量，一年淤沙量超過明德水庫之有效容量。由於集水區各種開發活動，台灣 16 座重要水庫中，遭受污染發生優養化者達 13 座。酸雨則為大氣污染後之一項副產品，未受污染地區，其降雨具弱酸性，如大氣中有大量酸性物質與水汽結合，則 pH 值更低而成酸雨。在台灣 10 個測站中，有 7 個測站 pH 值低於 5.0，其中以台北、高雄、龜山及中壢工業區較嚴重。

碳循環與全球溫室效應及聖嬰現象息息



相關，過去世界先進國家大都致力於溫室氣體之人為排放源產量調查與減量研究，近幾年才將焦點轉移至溫室氣體天然排放源產量之調查與研究。有關水域溫室氣體通量之調查與其碳循環之關聯性，是目前國際間大型計畫著力之重點，然而這些計畫不是單獨以海洋之碳循環為研究重點，要不就是單獨以河川、河口或沿海地區為調查重點，然而海洋與河川為無法切割之水域，河川污染將隨水流匯入海洋中，污染在海中之宿命可能會因蒸散、沈積、轉化或殘留於水體中，這種碳循環將決定二氧化碳或甲烷溫室氣體在大氣中之濃度與通量，換句話說邊緣海或海洋與河川之互動現象，是需要完整與深入之調查研究。茲整理臺灣具代表性之河川、湖泊、水庫和水體，大氣甲烷及氧化亞氮濃度、甲烷及氧化亞氮釋放量如表一和表二 (呂世宗等，1997、1998；楊盛行，1999、2000、2001、2003)，以供國家報告所需之資料，並做為政府進行水域溫室氣體減量政策研擬與外國經貿和環保團體接觸交涉時之參考資料。

二、甲烷及氧化亞氮氣體測定

台灣濕地以 GC 測定溫室氣體甲烷濃度 (Y) 與吸收面積 (X) 在 10^{-1} - 10^5 ppmv 間有直線相關 $Y=1.025X-2.766$ ， $r^2=0.999$ (Yang 等，1996；楊盛行等，1997)。以 FTIR 測定溫室氣體時當 scan number>100，吸收面積趨於穩定。甲烷可以用 2999 cm^{-1} 吸收面積測定其濃度。當甲烷濃度 <9.59 ppm-m 時， $Y=3263.6X$ ， $r^2=0.9977$ ，甲烷濃度 >9.59 ppm-m 時， $Y=3904.1X-1.8682$ ， $r^2=0.9987$ (張讚昌和楊盛行，1998；Chang 和 Yang，1999；Chang 等，1999、2000；楊盛行和張讚昌，2000a、2000b)。

以 G.C 測定氧化亞氮氣體濃度，氧化亞氮濃度 (Y) 與吸收面積 (X) 在 0-2,000 ppbv

間有直線關係， $Y=8.898X-2.874$ ， $r^2>0.99$ (Chang 等，1999)。以 FTIR 測定氧化亞氮濃度可用波數 $2,214$ - $2,236\text{ cm}^{-1}$ 吸收面積，當氧化亞氮濃度 <11.42 ppb-m 時， $Y=3,734.9X$ ， $r^2>0.9979$ 。氧化亞氮濃度介於 11.42-70 ppb-m 時，吸收面積 (X) 和濃度 (Y) 之關係為 $Y=2,904.3X-2.4375$ ， $r^2=0.9987$ 。當氧化亞氮濃度 >70 ppb-m 時， $Y=2,175.3X+18.63$ ， $r^2=0.9994$ (Chang 等，1999)。

以 G.C 測定台大校園走廊氧化亞氮 (n=9) 時，0-10 m 距離大氣氧化亞氮濃度 368.63 ± 48.96 ppbv、10-20 m 距離大氣氧化亞氮濃度 364.60 ± 47.85 ppbv、20-25 m 距離大氣氧化亞氮濃度 358.68 ± 46.93 ppbv、25-30 m 距離大氣氧化亞氮濃度 352.33 ± 46.65 ppbv、30-40 m 距離大氣氧化亞氮濃度 327.80 ± 47.16 ppbv 和 40-45 m 距離大氣氧化亞氮濃度 344.58 ± 47.61 ppbv (楊盛行和張讚昌，2000a、2000b)。以 FTIR 測定台大校園走廊氧化亞氮 (n=4)：0-10 m 距離大氣氧化亞氮濃度 337.02 ± 2.09 ppb-m、0-20 m 距離大氣氧化亞氮濃度 381.52 ± 2.11 ppb-m、0-30 m 距離大氣氧化亞氮濃度 374.71 ± 1.28 ppb-m、0-40 m 距離大氣氧化亞氮濃度 362.78 ± 0.09 ppb-m、0-50 m 距離大氣氧化亞氮濃度 364.23 ± 0.08 ppb-m、0-60 m 距離大氣氧化亞氮濃度 348.73 ± 1.02 ppb-m、0-70 m 距離大氣氧化亞氮濃度 331.40 ± 0.02 ppb-m、0-80 m 距離大氣氧化亞氮濃度 335.12 ± 0.08 ppb-m 和 0-90 m 距離大氣氧化亞氮濃度 334.94 ± 2.67 ppb-m (楊盛行和張讚昌，2000a、2000b)。

1999 年 8 月 20 日，台大校總區以 FTIR 測試大氣氧化亞氮濃度介於 315-334 ppb-m，平均 319 ppb-m。以 GC 測試大氣氧化亞氮濃度介於 305-351 ppbv，平均 328 ppbv。1999 年 8 月大氣氧化亞氮平均濃度為 319.24 ± 4.50 ppbv (楊盛行和 Hegde，2001；Hegde 等，2001)。

三、河川湖泊大氣及水體甲烷濃度

高雄愛河大氣甲烷濃度 5.23 ± 5.33 ppmv (n=11)，水體甲烷濃度 55.9 ± 69.6 ppmv (n=19)。愛河下游高雄港區大氣甲烷濃度 2.20 ± 0.54 ppmv (n=11)，水體甲烷濃度為 163 ± 145 ppmv (n=18)。花蓮立霧溪大氣甲烷濃度 0.01 ± 0.03 ppmv (n=2)，撤退湖大氣甲烷濃度 177 ppmv。平地湖泊大氣甲烷濃度 1.94 ± 0.43 ppmv (n=74)，水體甲烷濃度 9.14 ± 12.20 ppmv (n=106)，澄清湖表水甲烷濃度 9.64 ppmv (n=36)，金門地區海表面大氣甲烷濃度 1.85 ± 0.07 ppmv (n=12)，表面海水甲烷濃度 0.39 ± 0.20 ppmv (n=18)。馬祖地區海表面大氣甲烷濃度 1.76 ± 0.05 ppmv (n=10)，表面海水甲烷濃度 0.24 ± 0.22 ppmv (n=11)。澎湖近岸表面海水甲烷濃度 0.56 ± 0.98 ppmv (n=8)，綠島近岸表面海水甲烷濃度 0.13 ± 0.01 ppmv (n=2)，蘭嶼近岸表面海水甲烷濃度 0.16 ± 0.11 ppmv (n=36)。大海洋(WOCE)表面海水甲烷濃度 0.06 ± 0.01 ppmv (n=30)。台灣近岸海域大氣甲烷濃度 1.82 ± 0.17 ppmv (n=250)，表面海水甲烷濃度 0.53 ± 1.23 ppmv (n=352) (張哲明等，1998)。高屏溪大鵬灣大氣甲烷濃度 2.15 ± 0.13 ppmv (n=4)，表水中甲烷濃度 8.49 ± 10.10 ppmv，水體中甲烷濃度 2.1-31 ppmv (王樹倫等，1995、1997)。台灣環島海岸、沿岸海域海表面大氣甲烷濃度 1.82 ± 0.17 ppmv，海表面海水甲烷濃度 0.53 ± 1.23 ppmv (張哲明等，1998)。

基隆港、野柳、富貴角、八里和觀音大氣甲烷濃度 1.62-1.93 ppmv，表水甲烷濃度 0.32-2.26 ppmv。通宵、台中港、三條崙港和箔子寮港大氣甲烷濃度 1.60-2.07 ppmv，表水甲烷濃度 0.31-1.09 ppmv。台西近海、下鯤鯓、台南近岸大氣甲烷濃度 1.79-1.94 ppmv，表水甲烷濃度 0.27-0.74 ppmv。西子灣、高雄近岸、南灣近岸、大武和小野柳大氣甲烷濃度

1.61-1.94 ppmv，表水甲烷濃度 0.07-1.00 ppmv。三仙台、八仙洞、花蓮港和清水大氣甲烷濃度 1.61-2.02 ppmv，表水甲烷濃度 0.06-4.66 ppmv。南方澳、頭城、三貂角和南雅大氣甲烷濃度 1.61-2.01 ppmv，表水甲烷濃度 0.32-2.63 ppmv。綠島近岸大氣甲烷濃度 1.84 ppmv，表水甲烷濃度 0.13 ± 0.01 ppmv。蘭嶼近岸大氣甲烷濃度 1.79 ± 0.20 ppmv，表水甲烷濃度 0.16 ± 0.11 ppmv。澎湖近岸大氣甲烷濃度 1.94 ± 0.20 ppmv，表水甲烷濃度 0.56 ± 0.98 ppmv。金門近岸大氣甲烷濃度 1.85 ± 0.07 ppmv，表水甲烷濃度 0.39 ± 0.20 ppmv。WOCE (遠洋) 大氣甲烷濃度 1.78 ± 0.20 ppmv，表水甲烷濃度 0.06 ± 0.01 ppmv。馬祖近岸大氣甲烷濃度 1.76 ± 0.05 ppmv，表水甲烷濃度 0.24 ± 0.22 ppmv (王樹倫等，1997)。

四、溼地大氣甲烷濃度

香山濕地大氣甲烷濃度 1.63 ppmv，水體甲烷濃度 23.6 ppmv (張哲明等，1998)。台北關渡濕地 1995 年 9 月-1998 年 9 月，大氣甲烷濃度平均為 1.57 ppmv，1996 年 1 月漲潮前最高 2.62 ppmv，1998 年 1 月漲潮前最低 0.82 ppmv。新竹港南濕地 1995 年 10 月-1998 年 8 月大氣甲烷濃度平均 1.04 ppmv，1995 年 10 月漲潮前最高 1.51 ppmv，而 1996 年 1 月漲潮前最低 0.78 ppmv。新竹港南湖區 1995 年 10 月-1998 年 8 月大氣甲烷濃度平均 1.06 ppmv，1998 年 1 月最高 1.75 ppmv，而 1997 年 11 月最低 0.85 ppmv。以 GC 測定台北關渡溼地大氣甲烷濃度 0.75-2.05 ppmv，新竹港南溼地大氣甲烷濃度 0.85-1.30 ppmv，新竹港南湖區大氣甲烷濃度 0.80-1.40 ppmv。以 FTIR 測定新竹港南湖區溼地大氣甲烷濃度 1.37 ± 0.37 ppm-m (Yang 等，1996；楊盛行等，1997；張讚昌和楊盛行，1998、2003；Chang 和 Yang，1999；Chang 等，1999、2000；楊盛行和張讚昌，2000a、2000b)。

1995年9月-1999年4月關渡溼地大氣甲烷濃度介於0.82-2.62ppmv，平均為 1.57 ± 0.13 ppmv。港南溼地大氣甲烷濃度介於0.78-1.51 ppmv，平均為 1.04 ± 0.19 ppmv。新竹港南湖區大氣甲烷濃度介於0.72-1.70ppmv，平均為 1.05 ± 0.21 ppmv (Yang 等, 1996; 楊盛行等, 1997; 張讚昌和楊盛行, 1998、2003; Chang 和 Yang, 1999; Chang 等, 1999、2000; 楊盛行和張讚昌, 2000a、2000b)。2001年8月24日，港南濕地退潮後大氣甲烷濃度 1.721 ± 0.070 ppmv，漲潮前為 1.715 ± 0.049 ppmv。2001年12月23日，退潮後大氣甲烷濃度 1.631 ± 0.126 ppmv，漲潮前為 1.551 ± 0.0016 ppmv。2002年1月26日，退潮後大氣甲烷濃度 1.836 ± 0.052 ppmv，漲潮前為 2.106 ± 0.048 ppmv。2002年1月27日，退潮後大氣甲烷濃度 2.024 ± 0.211 ppmv，漲潮前為 1.764 ± 0.062 ppmv。2002年4月6日，退潮後大氣甲烷濃度 2.172 ± 0.298 ppmv，漲潮前為 1.862 ± 0.061 ppmv。2002年4月7日，退潮後大氣甲烷濃度 1.928 ± 0.056 ppmv，漲潮前為 1.792 ± 0.031 ppmv。2002年6月8日，退潮後大氣甲烷濃度 1.759 ± 0.061 ppmv，漲潮前為 1.880 ± 0.137 ppmv。2002年6月9日，退潮後大氣甲烷濃度 1.896 ± 0.059 ppmv，漲潮前為 1.704 ± 0.043 ppmv。16次測定大氣甲烷濃度介於 1.551 ± 0.016 - 2.172 ± 0.298 ppmv，平均為 1.834 ± 0.167 ppmv (陳顥竹等, 2003)。

五、溼地大氣氧化亞氮濃度

1998年5月20-22日，新竹港南湖區以FTIR 測定大氣 N_2O 濃度平均 246.20 ± 29.72 ppb-m (Chang 等, 1999)。

六、河川湖泊甲烷排放量測

基隆港、野柳、富貴角、八里和觀音表水

甲烷釋放量 0.011 - 0.089 $mg/m^2/h$ 。通宵、台中港、三條崙港和箔子寮港表水甲烷釋放量 0.010 - 0.042 $mg/m^2/h$ 。台西近海、下鯤鯓、台南近岸表水甲烷釋放量 0.011 - 0.016 $mg/m^2/h$ 。西子灣、高雄近岸、南灣近岸、大武和小野柳表水甲烷釋放量 0.0008 - 0.019 $mg/m^2/h$ 。三仙台、八仙洞、花蓮港和清水表水甲烷釋放量 0.0003 - 0.21 $mg/m^2/h$ 。南方澳、頭城、三貂角和南雅表水甲烷釋放量 0.011 - 0.11 $mg/m^2/h$ 。綠角近岸表水甲烷釋放量 0.007 ± 0.001 $mg/m^2/h$ 。蘭嶼近岸表水甲烷釋放量 0.009 ± 0.006 $mg/m^2/h$ ，澎湖近岸表水甲烷釋放量 0.011 ± 0.019 $mg/m^2/h$ ，金門近岸表水甲烷釋放量 0.007 ± 0.004 $mg/m^2/h$ ，馬祖近岸表水甲烷釋放量 0.005 ± 0.004 $mg/m^2/h$ 。WOCE(遠洋)表水甲烷釋放量 0.0004 ± 0.0001 $mg/m^2/h$ (王樹倫等, 1997)。

台南曾文溪口甲烷吸收量 1.05 ± 0.85 $mg/m^2/h$ (王銀波和謝學武, 1997)。高雄愛河水體甲烷釋放量 26 ± 43 $mg/m^2/h$ 。愛河下游高雄港區水體甲烷釋放量 5.1 ± 4.7 $mg/m^2/h$ 。台灣近岸海域表面海水甲烷釋放量 0.020 $mg/m^2/h$ 。台南鹽水溪甲烷釋放量 75 $mg/m^2/h$ ，大鬼湖及翠峰湖甲烷釋放量 0.77 $mg/m^2/h$ ，高雄養女湖甲烷釋放量 68 $mg/m^2/h$ ，其餘平地湖泊甲烷釋放量 0.002 - 8.85 $mg/m^2/h$ 。高屏溪大鵬灣甲烷排放通量 0.12 $mg/m^2/h$ ，台灣環島海岸、沿岸海域甲烷排放通量 0.020 $mg/m^2/h$ 。台南鹽水溪 CH_4 釋放量 75 $mg/m^2/h$ ，大鬼湖及翠峰湖 CH_4 釋放量 0.77 $mg/m^2/h$ ，高雄養女湖 CH_4 釋放量 68 $mg/m^2/h$ ，其餘平地湖泊 CH_4 釋放量 0.002 - 8.85 $mg/m^2/h$ (張哲明等, 1998)。

七、溼地甲烷排放量測

彰化大肚溪口濕地甲烷吸收量 0.41 ± 0.31 $mg/m^2/h$ ，香山濕地 CH_4 釋放量 1.18 $mg/m^2/h$

(王樹倫等, 1997; 王銀波和謝學武, 1997)。

1995 年 9 月-1998 年 9 月, 台北關渡濕地平均甲烷釋放量 $1.82 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 1996 年 10 月退潮後最高達 $5.67 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 1995 年 11 月漲潮前最低 $0.02 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995 年 10 月-1998 年 8 月新竹港南濕地平均甲烷釋放量 $0.14 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 1996 年 8 月退潮後最高達 $0.17 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 1995 年 11 月漲潮前最低 $0.01 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995 年 10 月-1998 年 8 月新竹港南湖區平均甲烷釋放量 $0.23 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 1998 年 1 月最高 $5.42 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 1997 年 11 月最低 $0.01 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995-1999 年關渡濕地甲烷平均釋放量 $1.82 \pm 0.78 \text{ mg/m}^2/\text{h}$; 新竹港南濕地甲烷平均釋放量 $0.14 \pm 0.06 \text{ mg/m}^2/\text{h}$; 新竹港南湖區甲烷平均釋放量 $0.23 \pm 0.11 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995 年 9 月-1999 年 4 月關渡溼地甲烷釋放量介於 $0.01\text{-}5.67 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 平均為 $1.82 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 最大釋放量在 1996 年 10 月退潮後, 其有機碳含量 2.89%、全氮 0.22%、土溫 28°C 和土壤 Eh -376 mv。最低在 1996 年 3 月漲潮前, 土壤全氮 0.12%、土溫 12°C 和土壤 Eh -260 mv。港南溼地甲烷釋放量介於 $0.01\text{-}0.17 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 平均為 $0.14 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 最大釋放量在 1996 年 8 月退潮後, 土壤有機碳 1.67%、全氮 0.15%、土溫 33.5°C 和土壤 Eh -180 mv。最低在 1995 年 11 月, 土壤有機碳 1.45%、全氮 0.15%、土溫 28.5°C 和土壤 Eh 190 mv。新竹港南湖區甲烷釋放量介於 $0.01\text{-}5.42 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 平均為 $0.23 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 最大釋放量在 1998 年 1 月, 土壤有機碳 2.80%、全氮 0.37% 和土壤 Eh -400 mv。最低甲烷釋放量在 1997 年 11 月, 土壤有機碳 1.66%、全氮 0.17% 和土壤 Eh -230 mv。甲烷釋放率與土壤有機碳含量相關性高 $r^2=0.38\text{-}0.67$, 全氮次之為 $r^2=0.29\text{-}0.61$, 而與土壤 Eh 相關性之 $r^2=0.04\text{-}0.45$, 與土溫相關性之 $r^2=0.01\text{-}0.23$, 與氣溫相關性之 $r^2=0.01\text{-}0.18$, 與罩溫相關性之 $r^2=0.01\text{-}0.10$, 與日照強度相關性之 $r^2=0.09\text{-}0.12$ 和與土壤 pH 相關

性之 $r^2=0.01\text{-}0.11$ (Yang 等, 1996; 楊盛行等, 1997; 張讚昌和楊盛行, 1998、2003; Chang 和 Yang, 1999; Chang 等, 1999、2000; 楊盛行和張讚昌, 2000a、2000b)。

台南四草濕地甲烷釋放量 $-0.088\text{-}0.156 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 大肚溪口濕地甲烷釋放量 $-0.058\text{-}0.092 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ (王銀波和謝學武, 1997)。關渡濕地甲烷釋放量 $0.016\text{-}5.696 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 新竹港南溪口濕地甲烷釋放量 $0.001\text{-}0.163 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 新竹港南湖區濕地甲烷釋放量 $0.035\text{-}5.369 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ (Yang 等, 1996; 楊盛行等, 1997; 張讚昌和楊盛行, 1998、2003; Chang 和 Yang, 1999; Chang 等, 1999、2000; 楊盛行和張讚昌, 2000a、2000b)。

2001 年 8 月 24 日, 港南濕地退潮後甲烷釋放量 $0.965 \pm 0.120 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $-0.049 \pm 0.143 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2001 年 12 月 23 日, 退潮後甲烷釋放量 $0.279 \pm 0.165 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $0.325 \pm 0.061 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2002 年 1 月 26 日, 退潮後甲烷釋放量 $0.295 \pm 0.116 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $0.423 \pm 0.171 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2002 年 1 月 27 日, 退潮後甲烷釋放量 $-0.471 \pm 0.239 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $-0.219 \pm 0.190 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2002 年 4 月 6 日, 退潮後甲烷釋放量 $1.229 \pm 0.316 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $-0.331 \pm 0.080 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2002 年 4 月 7 日, 退潮後甲烷釋放量 $0.810 \pm 0.094 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $0.067 \pm 0.084 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2002 年 6 月 8 日, 退潮後甲烷釋放量 $0.688 \pm 0.062 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $0.161 \pm 0.027 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。2002 年 6 月 9 日, 退潮後甲烷釋放量 $0.608 \pm 0.076 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 漲潮前為 $0.147 \pm 0.045 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。16 次測定甲烷釋放量測定值介於 $-0.491 \pm 0.293\text{-}1.229 \pm 0.316 \text{ mg/m}^2/\text{h}$, 平均為 $0.388 \pm 0.543 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。台灣 11,876 公頃溼地年甲烷釋放量 490ton (陳顥竹等, 2003)。



八、溼地氧化亞氮排放量測

關渡濕地土壤氧化亞氮釋出量 91.0-188.1 mg/m²，港南濕地土壤氧化亞氮釋出量 96.6-188.2 mg/m² (賴朝明，1997、1998)。彰化大肚溪河口氧化亞氮釋出量 78.1-205.1 mg/m²，台南曾文溪河口氧化亞氮釋出量 123.7-216.8 mg/m² (趙震慶，1997)。新竹港南

溼地，退潮前氧化亞氮釋出率介於 0-0.165±0.044 mg/m²/h，平均為 0.073±0.074 mg/m²/h，每公頃每年釋出氧化亞氮為 3.39 kg。退潮後氧化亞氮釋出率介於 0.012±0.016-0.412±0.262 mg/m²/h，平均為 0.146±0.150 mg/m²/h，每公頃每年釋出氧化亞氮為 7.27 kg (賴朝明等，2003)。

表一、國內河川、湖泊、濕地和水體大氣甲烷濃度和甲烷排放量測

逸散源	研究成果	出處
高屏溪大鵬灣	大氣甲烷濃度 2.15±0.13 ppmv (n=4)、表水中甲烷濃度 8.49±10.10 ppmv、水體中甲烷濃度 2.1-31 ppmv 和甲烷排放通量 0.12 mg/m ² /h。	王樹倫等，1995、1997。
台灣濕地	台南四草濕地 CH ₄ 釋放量-0.088-0.156 mg/m ² /h、大肚溪口濕地 CH ₄ 釋放量-0.058-0.092 mg/m ² /h。關渡濕地 CH ₄ 釋放量 0.016-5.696 mg/m ² /h、新竹港南溪口濕地 CH ₄ 釋放量 0.001-0.163 mg/m ² /h、新竹港南湖區濕地 CH ₄ 釋放量 0.035-5.369 mg/m ² /h。彰化大肚溪口濕地 CH ₄ 吸收量 0.41±0.31 mg/m ² /h、台南曾文溪口 CH ₄ 吸收量 1.05±0.85 mg/m ² /h。	Yang 等，1996；王銀波和謝學武，1997；楊盛行等，1997；張讚昌和楊盛行，1998。
台灣河川及濕地	香山濕地大氣 CH ₄ 濃度 1.63 ppmv、水體 CH ₄ 濃度 23.6 ppmv。高雄愛河大氣 CH ₄ 濃度 5.23±5.33 ppmv (n=11)、水體 CH ₄ 濃度 55.9±69.6 ppmv (n=19)、水體 CH ₄ 釋放量 26±43 mg/m ² /h。愛河下游高雄港區大氣 CH ₄ 濃度 2.20±0.54 ppmv (n=11)、水體 CH ₄ 濃度為 163±145 ppmv (n=18)、CH ₄ 釋放量 5.1±4.7 mg/m ² /h。花蓮立霧溪大氣 CH ₄ 濃度 0.01±0.03 ppmv (n=2)、撤退湖大氣 CH ₄ 濃度 177 ppmv。平地湖泊大氣 CH ₄ 濃度 1.94±0.43 ppmv (n=74)和水體 CH ₄ 濃度 9.14±12.20 ppmv (n=106)、澄清湖表水 CH ₄ 濃度 9.64 ppmv (n=36)、金門地區海表面大氣 CH ₄ 濃度 1.85±0.07 ppmv (n=12)、表面海水 CH ₄ 濃度 0.39±0.20 ppmv (n=18)。馬祖地區海表面大氣 CH ₄ 濃度 1.76±0.05 ppmv (n=10)、表面海水 CH ₄ 濃度 0.24±0.22 ppmv (n=11)。澎湖近岸表面海水 CH ₄ 濃度 0.56±0.98 ppmv (n=8)、綠島近岸表面海水 CH ₄ 濃度 0.13±0.01 ppmv (n=2)、蘭嶼近岸表面海水 CH ₄ 濃度 0.16±0.11 ppmv (n=36)。大海洋 (WOCE) 表面海水 CH ₄ 濃度 0.06±0.01 ppmv (n=30)。台灣近岸海域大氣 CH ₄ 濃度 1.82±0.17 ppmv (n=250)、表面海水 CH ₄ 濃度 0.53±1.23 ppmv (n=352)和 CH ₄ 釋放量 0.020 mg/m ² /h。台南鹽水溪 CH ₄ 釋放量 75 mg/m ² /h、大鬼湖及翠峰湖 CH ₄ 釋放量 0.77 mg/m ² /h、高雄養女湖 CH ₄ 釋放量 68 mg/m ² /h、其餘平地湖泊 CH ₄ 釋放量 0.002-8.85 mg/m ² /h。	張哲明等，1998。
台灣沿海及河川	基隆港、野柳、富貴角、八里和觀音大氣 CH ₄ 濃度 1.62-1.93 ppmv，表水 CH ₄ 濃度 0.32-2.26 ppmv，CH ₄ 釋放量 0.011-0.089 mg/m ² /h。通宵、台中港、三條崙港和箔子寮港大氣 CH ₄ 濃度 1.60-2.07 ppmv，表水 CH ₄ 濃度 0.31-1.09 ppmv，CH ₄ 釋放量 0.010-0.042 mg/m ² /h。台西近海、下鯤鯓、台南近岸大氣 CH ₄ 濃度 1.79-1.94 ppmv，表水 CH ₄ 濃度 0.27-0.74 ppmv，CH ₄ 釋放量 0.011-0.016 mg/m ² /h。西子灣、高雄近岸、南灣近岸、大武和小野柳大氣 CH ₄ 濃度 1.61-1.94 ppmv，表水 CH ₄ 濃度 0.07-1.00 ppmv，CH ₄ 釋放量 0.0008-0.019 mg/m ² /h。三仙台、	王樹倫等，1997。

逸散源	研究成果	出處
	八仙洞、花蓮港和清水大氣 CH_4 濃度 1.61-2.02 ppmv，表水 CH_4 濃度 0.06-4.66 ppmv，CH_4 釋放量 0.0003-0.21 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。南方澳、頭城、三貂角和南雅大氣 CH_4 濃度 1.61-2.01 ppmv，表水 CH_4 濃度 0.32-2.63 ppmv，CH_4 釋放量 0.011-0.11 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。綠角近岸大氣 CH_4 濃度 1.84 ppmv、表水 CH_4 濃度 0.13 ± 0.01 ppmv、CH_4 釋放量 0.007 ± 0.001 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。蘭嶼近岸大氣 CH_4 濃度 1.79 ± 0.20 ppmv、表水 CH_4 濃度 0.16 ± 0.11 ppmv、CH_4 釋放量 0.009 ± 0.006 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。澎湖近岸大氣 CH_4 濃度 1.94 ± 0.20 ppmv、表水 CH_4 濃度 0.56 ± 0.98 ppmv、CH_4 釋放量 0.011 ± 0.019 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。金門近岸大氣 CH_4 濃度 1.85 ± 0.07 ppmv、表水 CH_4 濃度 0.39 ± 0.20 ppmv、CH_4 釋放量 0.007 ± 0.004 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。馬祖近岸大氣 CH_4 濃度 1.76 ± 0.05 ppmv、表水 CH_4 濃度 0.24 ± 0.22 ppmv、CH_4 釋放量 0.005 ± 0.004 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。WOCE (遠洋) 大氣 CH_4 濃度 1.78 ± 0.20 ppmv、表水 CH_4 濃度 0.06 ± 0.01 ppmv、CH_4 釋放量 0.0004 ± 0.0001 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。香山濕地大氣 CH_4 濃度 1.63 ppmv、表水 CH_4 濃度 23.6 ppmv、CH_4 釋放量 1.18 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。	
台灣濕地	以 GC 測定溫室氣體 CH_4 濃度 (Y) 與吸收面積 (X) 在 10^{-1}-10^5 ppmv 間有直線相關 $Y=1.025X-2.766$，$r^2=0.999$。以 FTIR 測定溫室氣體當 scan number>100，吸收面積已趨於穩定。CH_4 可以用 2999 cm^{-1} 吸收面積測定濃度。當 CH_4 濃度 <9.59 ppm-m 時，$Y=3263.6X$，$r^2=0.9977$，CH_4 濃度 >9.59 ppm-m 時，$Y=3904.1X-1.8682$，$r^2=0.9987$。台北關渡濕地 1995 年 9 月-1998 年 9 月，平均 CH_4 釋放量 1.82 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，1996 年 10 月退潮後最高達 5.67 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，1995 年 11 月漲潮前最低為 0.02 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。大氣 CH_4 濃度平均為 1.57 ppmv，1996 年 1 月漲潮前最高為 2.62 ppmv，1998 年 1 月漲潮前最低 0.82 ppmv。新竹港南濕地 1995 年 10 月-1998 年 8 月平均 CH_4 釋放量 0.14 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，1996 年 8 月退潮後最高達 0.17 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，1995 年 11 月漲潮前最低 0.01 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。大氣 CH_4 濃度平均 1.04 ppmv，1995 年 10 月漲潮前最高 1.51 ppmv，而 1996 年 1 月漲潮前最低 0.78 ppmv。新竹港南湖區 1995 年 10 月-1998 年 8 月平均 CH_4 釋放量 0.23 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，1998 年 1 月最高 5.42 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，1997 年 11 月最低 0.01 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。大氣 CH_4 濃度 1.06 ppmv，1998 年 1 月最高 1.75 ppmv，而 1997 年 11 月最低 0.85 ppmv。以 GC 測定台北關渡溼地大氣 CH_4 濃度 0.75-2.05 ppmv、新竹港南溼地大氣 CH_4 濃度 0.85-1.30 ppmv、新竹港南湖區大氣 CH_4 濃度 0.80-1.40 ppmv。以 FTIR 測定新竹港南湖區溼地大氣 CH_4 濃度 1.37 ± 0.37 ppm-m。關渡濕地 1995-1999 年 CH_4 平均釋放量 1.82 ± 0.78 $\text{mg/m}^2/\text{h}$；新竹港南濕地 1995-1999 年 CH_4 平均釋放量 0.14 ± 0.06 $\text{mg/m}^2/\text{h}$；新竹港南湖區 1995-1999 年 CH_4 平均釋放量 0.23 ± 0.11 $\text{mg/m}^2/\text{h}$。1995 年 9 月-1999 年 4 月關渡溼地大氣甲烷濃度介於 0.82-2.62 ppmv，平均為 1.57 ± 0.13 ppmv，甲烷釋放量介於 0.01-5.67 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，平均為 1.82 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，最大釋放量在 1996 年 10 月退潮後，其有機碳含量 2.89%、全氮 0.22%、土溫 28 $^{\circ}\text{C}$ 和土壤 Eh -376 mv。而最低在 1996 年 3 月漲潮前，土壤全氮 0.12%、土溫 12 $^{\circ}\text{C}$ 和土壤 Eh -260 mv。港南溼地大氣甲烷濃度介於 0.78-1.51 ppmv，平均為 1.04 ± 0.19 ppmv，甲烷釋放量介於 0.01-0.17 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，平均為 0.14 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，最大釋放量在 1996 年 8 月退潮後，土壤有機碳 1.67%、全氮 0.15%、土溫 33.5 $^{\circ}\text{C}$ 和土壤 Eh -180 mv。而最低在 1995 年 11 月，土壤有機碳 1.45%、全氮 0.15%、土溫 28.5 $^{\circ}\text{C}$ 和土壤 Eh 190 mv。新竹港南湖區大氣甲烷濃度介於 0.72-1.70 ppmv，平均為 1.05 ± 0.21 ppmv，甲烷釋放量介於 0.01-5.42 $\text{mg/m}^2/\text{h}$，平均為 0.23	Yang 等，1996；楊盛行等，1997；張讚昌和楊盛行，1998、2003；Chang 和 Yang，1999；Chang 等，1999、2000；楊盛行和張讚昌，2000a、2000b。

逸散源	研究成果	出處
	mg/m²/h，最大釋放量在 1998 年 1 月，土壤有機碳 2.80%、全氮 0.37%和土壤 Eh -400 mv。而最低在 1997 年 11 月，土壤有機碳 1.66%、全氮 0.17%和土壤 Eh -230 mv。甲烷釋放率與土壤有機碳含量相關性高，$r^2=0.38-0.67$，全氮次之為$r^2=0.29-0.61$，而與土壤 Eh 之$r^2=0.04-0.45$，與土溫之$r^2=0.01-0.23$，與氣溫之$r^2=0.01-0.18$，與罩溫之$r^2=0.01-0.10$，與日照強度之$r^2=0.09-0.12$和土壤 pH 之$r^2=0.01-0.11$。台灣 11,876 公頃溼地年 CH₄釋放量 490 ton。	
濕地甲烷濃度及釋放	港南濕地 2001 年 8 月 24 日，退潮後大氣甲烷濃度 1.721±0.070 ppmv，漲潮前為 1.715±0.049 ppmv。退潮後甲烷釋放量 0.965±0.120 mg/m²/h，漲潮前為-0.049±0.143 mg/m²/h。2001 年 12 月 23 日，退潮後大氣甲烷濃度 1.631±0.126 ppmv，漲潮前為 1.551±0.0016 ppmv。退潮後甲烷釋放量 0.279±0.165 mg/m²/h，漲潮前為 0.325±0.061 mg/m²/h。2002 年 1 月 26 日，退潮後大氣甲烷濃度 1.836±0.052 ppmv，漲潮前為 2.106±0.048 ppmv。退潮後甲烷釋放量 0.295±0.116 mg/m²/h，漲潮前為 0.423±0.171 mg/m²/h。2002 年 1 月 27 日，退潮後大氣甲烷濃度 2.024±0.211 ppmv，漲潮前為 1.764±0.062 ppmv。退潮後甲烷釋放量-0.471±0.239 mg/m²/h，漲潮前為-0.219±0.190 mg/m²/h。2002 年 4 月 6 日，退潮後大氣甲烷濃度 2.172±0.298 ppmv，漲潮前為 1.862±0.061 ppmv。退潮後甲烷釋放量 1.229±0.316 mg/m²/h，漲潮前為-0.331±0.080 mg/m²/h。2002 年 4 月 7 日，退潮後大氣甲烷濃度 1.928±0.056 ppmv，漲潮前為 1.792±0.031 ppmv。退潮後甲烷釋放量 0.810±0.094 mg/m²/h，漲潮前為 0.067±0.084 mg/m²/h。2002 年 6 月 8 日，退潮後大氣甲烷濃度 1.759±0.061 ppmv，漲潮前為 1.880±0.137 ppmv。退潮後甲烷釋放量 0.688±0.062 mg/m²/h，漲潮前為 0.161±0.027 mg/m²/h。2002 年 6 月 9 日，退潮後大氣甲烷濃度 1.896±0.059 ppmv，漲潮前為 1.704±0.043 ppmv。退潮後甲烷釋放量 0.608±0.076 mg/m²/h，漲潮前為 0.147±0.045 mg/m²/h。16 次測定大氣甲烷濃度介於 1.551±0.016-2.172±0.298 ppmv，平均為 1.834±0.167 ppmv。甲烷釋放量測定值介於-0.471-0.491±0.293-1.229±0.316 mg/m²/h，平均為 0.388±0.543 mg/m²/h。	陳顥竹等，2003。

表二、國內河川、濕地大氣氧化亞氮濃度和氧化亞氮排放量測

逸散源	研究成果	出處
以 G.C 測定台大校園走廊溫室氣體 (n=9)	0-10 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 368.63±48.96 ppbv、10-20 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 364.60±47.85 ppbv、20-25 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 358.68±46.93 ppbv、25-30 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 352.33±46.65 ppbv、30-40 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 327.80±47.16 ppbv、40-45 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 344.58±47.61 ppbv。	楊盛行和張讚昌，2000a、2000b。
以 FTIR 測定台大校園走廊溫室氣體 (n=4)	0-10 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 337.02±2.09 ppb-m、0-20 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 381.52±2.11 ppb-m、0-30 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 374.71±1.28 ppb-m、0-40 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 362.78±0.09 ppb-m、0-50 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 364.23±0.08 ppb-m、0-60 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 348.73±1.02 ppb-m、0-70 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 331.40±0.02 ppb-m、0-80 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 335.12±0.08 ppb-m、0-90 m 距離大氣 N ₂ O 濃度 334.94±2.67 ppb-m。	楊盛行和張讚昌，2000a、2000b。

逸散源	研究成果	出處
台大校總區	1999 年 8 月 20 日，以 FITR 測定大氣 N ₂ O 濃度介於 315-334 ppb-m，平均 319 ppb-m。以 GC 測定大氣 N ₂ O 濃度介於 305-351 ppbv，平均 328 ppbv。1999 年 8 月以 GC 測定大氣 N ₂ O 平均濃度為 319.24±4.50 ppbv。	楊盛行和 Hegde，2001。Hegde 等，2001。
以 G.C 測定溫室氣體濃度	N ₂ O 濃度 (Y)與吸收面積 (X)在 0-2,000 ppbv 間有直線關係， $Y=8.898X-2.874$ ， $r^2>0.99$ 。	Chang 等，1999。
以 FTIR 測定溫室氣體濃度	N ₂ O 濃度可用波數 2,214-2,236 cm ⁻¹ 吸收面積測定其濃度，當 N ₂ O 濃度<11.42 ppb-m 時， $Y=3,734.9X$ ， $r^2>0.9979$ 。 N ₂ O 濃度介於 11.42-70 ppb-m 時，吸收面積 (X)和濃度 (Y)之關係為 $Y=2,904.3X-2.4375$ ， $r^2=0.9987$ 。當 N ₂ O 濃度>70 ppb-m 時， $Y=2,175.3X+18.63$ ， $r^2=0.9994$ 。	Chang 等，1999。
關渡濕地土壤	N ₂ O 釋出量 91.0-188.1 mg/m ² 。	賴朝明，1997、1998。
港南濕地土壤	N ₂ O 釋出量 96.6-188.2 mg/m ² 。	賴朝明，1997、1998。
新竹港南溼地氧化亞氮釋出	退潮前 N ₂ O 釋出率介於 0-0.165±0.044 mg/m ² /h，平均為 0.073±0.074 mg/m ² /h，每公頃每年釋出 N ₂ O 為 3.39 kg。退潮後 N ₂ O 釋出率介於 0.012±0.016-0.412±0.262 mg/m ² /h，平均為 0.146±0.150 mg/m ² /h，每公頃每年釋出 N ₂ O 為 7.27 kg。	賴朝明等，2003。
新竹港南湖區以 FTIR 測定	1998 年 5 月 20-22 日，大氣 N ₂ O 濃度平均 246.20±29.72 ppb-m。	Chang 等，1999。
彰化大肚溪河口	N ₂ O 釋出量 78.1-205.1 mg/m ² 。	趙震慶，1997。
台南曾文溪河口	N ₂ O 釋出量 123.7-216.8 mg/m ² 。	趙震慶，1997。

參考文獻

- 王銀波、謝學武，1997。台灣中南部水稻田、旱田、濕地、林地、及坡地土壤甲烷之釋出及其影響因子。台灣地區大氣環境變遷 (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.99-121。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。
- 王樹倫、陳鎮東、張哲明，1997。台灣臨近水域甲烷通量之研究。台灣地區大氣環境變遷 (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.143-154。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。
- 王樹倫、陳鎮東、張哲明、呂世宗，1995。南台灣河、湖、淺海及溼地之甲烷釋出量研究。國家科學委員會專題研究報告，台北，台灣。pp.19。
- 呂世宗、柳中明、楊盛行，1997。台灣地區大氣環境變遷。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。pp.400。
- 呂世宗、柳中明、楊盛行，1998。台灣地區大氣環境變遷 (三)。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。pp.322。
- 陳顥竹、賴朝明、楊盛行，2003。濕地二氧化碳及甲烷通量測定及減量對策。溫室氣體通量測定及減量對策 () (楊盛行編)，pp.237-250。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立屏東科技大學生物科技研究所，台北，台灣。

灣。

張哲明、陳鎮東、王樹倫，1998。南台灣河、湖、淺海及溼地之甲烷釋出量研究。*台灣地區大氣環境變遷 (三)* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.71-84。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。

張讚昌、楊盛行，1998。台灣北部水稻田、溼地及森林土壤之甲烷釋放。*台灣地區大氣環境變遷 (三)* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.7-33。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。

張讚昌、楊盛行，2003。台灣溼地甲烷釋放。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()*，楊盛行編，pp.199-222。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立屏東科技大學生物科技研究所，台北，台灣。

楊盛行，1999。*溫室氣體通量測定及減量對策*。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。pp.220。

楊盛行，2000。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()*。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學農業陳列館，台北，台灣。pp.233。

楊盛行，2001。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()*。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學農業陳列館，台北，台灣。pp.239。

楊盛行，2003。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()*。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立屏東科技大學生物科技研究所，台北，台灣。pp.230。

楊盛行、張琇蘭、張讚昌、魏嘉碧，1997。台灣北部水稻田及濕地甲烷釋放及其環境因子。*台灣地區大氣環境變遷 (三)* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.6-59。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。

楊盛行、張讚昌，2000a。北部掩埋場及濕地

之甲烷釋放。台灣北部掩埋場及濕地之甲烷釋放及減量對策 ()。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()* (楊盛行編)，pp.44-56。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學農業陳列館，台北，台灣。

楊盛行、張讚昌，2000b。以氣態 FTIR 分光儀測定濕地及掩埋場之溫室氣體排放。台灣北部掩埋場及濕地之甲烷釋放及減量對策 ()。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()* (楊盛行編)，pp.57-71。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學農業陳列館，台北，台灣。

楊盛行、Hegde, U. 2001。都市固體廢棄物嫌氣發酵時溫室氣體生成。台灣北部掩埋場及濕地之甲烷釋放及減量對策 ()。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()* (楊盛行編)，pp.57-67。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學農業陳列館，台北，台灣。

趙震慶，1997。台灣中部及南部水稻田、旱田、濕地、森林及坡地果園土壤氧化亞氮之釋放及其影響因子。*台灣地區大氣環境變遷 (三)* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.173-194。國立台灣大學農業化學系、國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。

賴朝明，1997。台灣北部水稻田、旱田、濕地、林地及垃圾掩埋場氧化亞氮之釋放及其影響因子。*台灣地區大氣環境變遷 (三)* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.383-400。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。

賴朝明，1998。台灣北部旱田、森林土壤及垃圾掩埋場氧化亞氮之釋放及其影響因子。*台灣地區大氣環境變遷 (三)* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.105-117。國立台灣大學農業化學系和國立台灣大學全球變遷中心，台北，台灣。

賴朝明、錢元皓、楊盛行，2003。水稻田、旱田及濕地氧化亞氮排放量測定及減量對策。*溫室氣體通量測定及減量對策 ()*

- (楊盛行編), pp.73-88。國立台灣大學全球變遷中心、國立台灣大學農業化學系和國立屏東科技大學生物科技研究所, 台北, 台灣。
- Berges, M. G. and Crutzen, P. J. 1996. Estimates of global N₂O emissions from cattle, pig and chicken manure, including a discussion of CH₄ emissions. *J. Atmos. Chem.* 24: 241-269.
- Bounwan, A. F. 1990. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. In: *Soil and the Greenhouse Effect*. Ed. by Bounwan, A. F., pp. 62-127. John Wiley and Sons. New York.
- Bounwan, A. F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutri. Cycle Agroecosyst.* 46: 53-70.
- Chang, T. C., Luo, Y. C. and Yang, S. S. 1999. Determination of major greenhouse gases by gas-type FTIR spectroscopy. In: *Flux and Mitigation of Greenhouse Gases*. Ed. by Yang, S. S., pp.59-73. Department of Agricultural Chemistry and Global Change Research Center of National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Chang, T. C., Luo, Y. C. and Yang, S. S. 2000. Determination of greenhouse gases by open-path gas-type FTIR spectroscopy. *Food Sci. Agric. Chem.* 2: 7-14.
- Chang, T. C. and Yang, S. S. 1999. Methane emission from wetlands in northern Taiwan. In: *Flux and Mitigation of Greenhouse Gases*. Ed. by Yang, S. S., pp.40-58. Department of Agricultural Chemistry and Global Change Research Center of National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Cicerone, R. J. and Oremland, R. S. 1988. Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biochem. Cycles* 2: 299-327.
- Dlugokencky, E. J., Masarie, K. A., Lamg, P. M., Tans, P. P., Steele, L. P. and Nisbet, E.G. 1994. A dramatic decrease in the growth rate of atmospheric methane in the northern hemisphere during 1992. *Geophys. Res. Lett.* 21: 45-48.
- Hartung, J. and Phillips, V. R. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *J. Agric. Eng. Res.* 57: 173-189.
- Hegde, U., Chang, T. C. and Yang, S. S. 2001. Greenhouse gas emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. In: *Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (III)*. Ed. by Yang, S. S., pp.69-83. Global Change Research Center, Department of Agricultural Chemistry and Agricultural Exhibition Hall of National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1992. *Climate Change 1992*. The supplementary report to the IPCC scientific assessment. Cambridge University Press, New York. pp. 200.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 2. Cambridge University Press, New York.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Cambridge University Press, New York.
- Inubushi, K. and Umebayashi, M. 1992. Current overview of global environmental issues. *Report of the Environmental Science* 16: 77-87.
- Isermann, K. 1994. Agriculture's share in the emission of trace gases affecting the climate and some cause-oriented proposals for sufficiently reducing this share. *Environ.*

- Pollut.* 83: 95-111.
- Kroeze, C., Mosier, A. and Bouwman, L. 1999. Closing the global N₂O budget: A retrospective analysis, 1500-1994. *Global Biogeochem. Cycles* 13: 1-8.
- Mosier, A. R., Kroeze, C., Nevison, C., Oenema, O., Seitzinger, S. and van Cleemput, O. 1998. Closing the global atmospheric N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutri. Cycle Agroecosyst.* 52: 225-248.
- Watson, R. T., Meira Filho, L. G., Sanhueza, E. and Janetos, A. 1992. Greenhouse gases: Sources and sinks. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. pp 29-42. IPCC Supplement.
- Yang, S. S., Chang, H. L., Chang, T. C., Wei, C. B. and Chung, R. S. 1996. Trace gas emission from agriculture in Taiwan. In: *Proceedings of SCOPE/ISU Nitrogen Workshop: The Effect of Human Disturbance on the Nitrogen Cycle in Asia*. Ed. by Lin, H. C., Yang, S. S., Hung, T. C. and Chou, C. H. pp. 100-111. SCOPE/ISCU Program of Nitrogen Transport and Transformation. SCOPE/Academia Sinica, Taipei, Taiwan.