

# 台灣農業生產時甲烷排放量測及減量對策

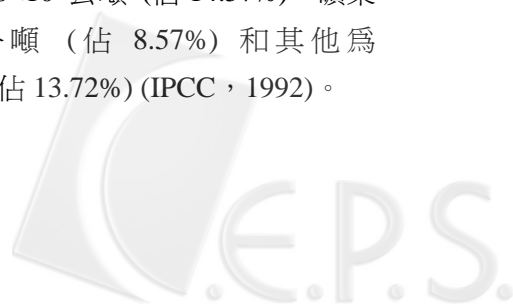
(國立台灣大學生命科學院生化科技學系 楊盛行、劉清標  
國立台灣大學農業化學系 賴朝明 農業委員會農糧處 黃山內  
國立台灣大學生命科學院微生物與生化學研究所 陳顥竹、魏嘉碧  
國立中興大學土壤環境科學系 王銀波、楊秋忠、譚鎮中  
嘉南藥理科技大學環境安全學系 劉瑞美 馬偕護理專科學校 張讚昌)

## 一、前言

當大量的溫室效應氣體逸入大氣時，將改變地面與大氣間的輻射能平衡、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，而 1992 年也達 0.31 ppm，每年以 0.25% 之速率增加，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，因而目前其量雖低，但倍受重視。CFC 在工業化時代之前並未存在，而 1992 年  $\text{CFCl}_3$  濃度為 0.00027 ppm、 $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  濃度為 0.00050 ppm，其中  $\text{CFCl}_3$  和  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  每年皆以 4% 之速率增加。由於  $\text{CFCl}_3$  每一分子吸收紅外線之強度為二氧化碳之 11,000 倍，而  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  每一分子吸收紅外線之強度則為二氧化碳之 14,000 倍，因而倍受國際環保團體之重視。由於部份產品及產程之改變，CFCs 每年之增加速率已大幅減緩。而  $\text{CFC}_x$ 、氧化亞氮和甲烷之輻射強度佔全球溫室效應氣體之 43% (Hansen 等，1989)。另外由於臭氧和甲烷之輻射交互

作用之結果，嚴重破壞平流層之臭氧濃度，改變了對流層太陽光和紅外線之穿透力 (Ramanathan 等，1985)。

甲烷之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)。而甲烷進入大氣主要有二個途徑：(1) 在厭氧條件下分解生質而產生甲烷，(2) 化石燃料燃燒或天然氣直接逸出 (Cicerone 和 Oremland，1988)。甲烷之主要來源有微生物在厭氧環境下分解有機質而產生甲烷，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之 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，佔全部甲烷釋放量之 20% (Watson 等，1992)。依照 IPCC 方法估算，1990 年全球人為甲烷排放量為  $3.50 \times 10^8$  公噸，稻米耕作為  $6.50 \times 10^7$  公噸 (佔 18.57%)、畜牧養殖為  $9.40 \times 10^7$  公噸 (佔 26.86%)、掩埋場為  $2.70 \times 10^7$  公噸 (佔 7.71%)、廢水處理為  $3.50 \times 10^7$  公噸 (佔 10.00%)、油氣系統為  $5.10 \times 10^7$  公噸 (佔 14.57%)、礦業為  $3.00 \times 10^7$  公噸 (佔 8.57%) 和其他為  $4.80 \times 10^7$  公噸 (佔 13.72%) (IPCC，1992)。



前行政院長蕭萬長先生在京都會議結束後一週之內，於 86 年 12 月 15 日召集各部會首長，針對全球氣候變化綱要公約，要求經濟部、環保署、農委會研擬因應對策，在 87 年 5 月底前提報行政院，納入整體經建計畫執行，並重新檢討產業結構，並於 87 年 5 月 25 日-26 日召開全國能源會議，提出無悔環保政策除了減少工業生產時之二氧化碳排放，節約能源、推動全民造林外，另外如何降低廢棄物處理、垃圾掩埋、畜牧養殖和農業生產時之溫室氣體排放並有效回收利用為當務之急。行政院國家科學委員會永續發展委員會也提出了全球變遷對我國環境衝擊研究規劃，希望從溫室氣體與減量研究及大氣化學場研究等方面瞭解我國在工業、農業、交通、環保等方面之溫室氣體排放情形和減量之可行對策。

由亞、歐、美、澳等地區國家之減量對策，參考其減量方法，國內在農業生產其溫室氣體排放減量方面，可朝下列方向減量：

#### 1. 採行間歇性灌溉或曬田

(1) 在分蘖盛期之後，採用間歇性灌溉、降低甲烷釋放量。(2) 在開花及乳熟期，可採短期曬田、提高土壤 Eh、降低甲烷釋放量。

#### 2. 採用腐熟堆肥

(1) 使用腐熟堆肥，既可提高土壤有機質含量、改良土壤物化及生物性質，又可降低對甲烷釋出之影響。(2) 降低化肥使用、避免水質優養化和地下水污染。(3) 減少使用後因含有機酸對作物生長不良。(4) 使用 C/N 低之堆肥。

#### 3. 研發合適生物製劑

(1) 研發低污染生物製劑、提高對污染物處理效率。(2) 研發合適甲烷生成抑制劑、降低農業生產時溫室氣體排放。(3) 研發硝化抑制劑、降低氧化亞氮排放。

#### 4. 改良品種

(1) 培育低溫室氣體排放作物品種。(2) 培育低水分需求品種，耐旱性高。(3) 培育耐高溫品種。(4) 培育消化吸收力高之禽畜品種。(5) 提高禽畜之揮發性脂肪酸利用率。(6) 提高單位面積作物生產量。

#### 5. 改進施肥技術

(1) 探討每一作物品種最適施肥量，避免過量使用肥料。(2) 探討最佳使用肥料種類，如緩效性肥料。(3) 探討最佳施用方法，如深層施用。(4) 施用合適生物肥料，提高溶磷和固氮能力。(5) 調節無機和有機肥施用比例。

#### 6. 栽培森林

(1) 探討樹種對二氧化碳固定能力。(2) 探討樹齡對二氧化碳固定能力。(3) 探討竹林對二氧化碳固定能力。(4) 最適育林方式。

資就國內對水稻田大氣甲烷濃度、甲烷釋放量及各項減量因子探討整理如表一所示(呂世宗等, 1997、1998; 楊盛行, 1999、2000b、2001、2003)。

### 二、大氣甲烷濃度

大氣甲烷濃度以 GC 測定時其濃度 (Y) 與吸收面積 (X) 在  $10^{-1}$ - $10^5$  ppmv 間有良好直線相關,  $Y=1.025X-2.766$ ,  $r^2=0.999$ 。如以 FTIR 測定時, 在 7 分鐘內掃描 100 次, 以波數 2999  $\text{cm}^{-1}$  吸收面積 (X) 與濃度間亦有良好直線相關。當甲烷濃度  $<9.59$  ppm-m 時,  $Y=3263.6X$ ,  $r^2=0.9977$ ; 當甲烷濃度  $>9.59$  ppm-m 時,  $Y=3904.1X-1.8682$ ,  $r^2=0.9987$  (Chang 等, 1999)。

以 GC 測定大氣甲烷濃度, 台大校園在不同地點測定 9 次, 其濃度介於 0.92-0.96 ppmv, 平均 0.94 ppmv。水稻種植期間, 生長期不同、種植地點不同和測定時間不同, 亦有

差異。台大試驗農場在間歇性灌溉區，第一期作水稻上午 5 時大氣甲烷濃度 0.90-1.05 ppmv 和下午 2 時為 0.95-1.75 ppmv。第二期作水稻種植時上午 5 時大氣甲烷濃度 0.85-1.90 ppmv 和下午 2 時 0.95-1.96 ppmv。彰化溪湖農家間歇性灌溉第一期作台梗 4 號，大氣甲烷濃度分蘗盛期 2.62±0.84 ppmv、孕穗期 2.21±0.11 ppmv、休閒期 1.82±0.03 ppmv，平均 2.30±0.34 ppmv。第二期作台梗 17 號及台中秈 2 號，大氣甲烷濃度插秧期為 1.75±0.08 ppmv、分蘗盛期 2.23±0.15 ppmv、孕穗期 1.91±0.15 ppmv、收穫期 2.38±0.09 ppmv、休閒期 2.38±0.09 ppmv，平均 2.16±0.33 ppmv。第一期作大氣甲烷濃度插秧期 2.33±0.25 ppmv、分蘗盛期 2.08±0.06 ppmv、孕穗期 2.15±0.21 ppmv、休閒期 1.89±0.05 ppmv，平均 2.11±0.18 ppmv。彰化大城水稻田第一期作台中秈 2 號，大氣甲烷濃度孕穗期 1.99±0.16 ppmv 和休閒期 1.75±0.07 ppmv (Yang 和 Chang, 1998、1999、2001a、2001b；楊盛行和張讚昌，2000；楊盛行和 Hegde, 2001；Hegde 等，2001、2003；陳顛竹等，2003)。

以 FTIR 測定台大校園 0-90 m 大氣甲烷濃度介於 0.97±0.02-1.08±0.01 ppm-m，平均 0.97 ppm-m。台大試驗農場水稻田大氣甲烷濃度休耕期 1.02±0.01 ppmv-m、分蘗期 1.52-1.68 ppmv-m。第一期作大氣甲烷濃度在休耕期平均 1.02±0.01 ppm-m、分蘗盛期 1.64±0.05 ppm-m (Luo 等，1997；Chang 等，1999)。

### 三、水稻田甲烷釋放量測與減量探討

台大試驗農場間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量插秧期介於 0.21-1.15 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗盛期 0.31-5.94 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 0.85-29.53 mg/m<sup>2</sup>/h、開花期 1.02-20.92 mg/m<sup>2</sup>/h、乳熟期 0.21-10.89 mg/m<sup>2</sup>/h 和全季甲烷釋放量 2.55-11.70 g/m<sup>2</sup>。不含水稻孕穗期甲

烷釋放量 0.26±0.12-1.68±1.09 mg/m<sup>2</sup>/h 和開花期 0.87±0.34 mg/m<sup>2</sup>/h。連續性浸水孕穗期甲烷釋放量 20.71±1.19 mg/m<sup>2</sup>/h，不含水稻甲烷釋放量 16.49±5.68 mg/m<sup>2</sup>/h。第二期作水稻田甲烷釋放量插秧期 11.80-30.50 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗盛期 0.93-3.13 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 0.36-0.92 mg/m<sup>2</sup>/h、開花期 0.06-0.13 mg/m<sup>2</sup>/h、乳熟期 0.01-0.08 mg/m<sup>2</sup>/h 和全季甲烷釋放量 13.73 g/m<sup>2</sup>。連續浸水第二期作水稻田甲烷釋放量插秧期 9.52-24.45 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗盛期 10.01-27.08 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 5.41-6.87 mg/m<sup>2</sup>/h、開花期 3.77-5.92 mg/m<sup>2</sup>/h、乳熟期 0.01-0.03 mg/m<sup>2</sup>/h 和全季甲烷釋放量 28.85 g/m<sup>2</sup>。1997 年間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量分蘗盛期最高上午 5 時為 6 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 10.6 mg/m<sup>2</sup>/h。乳熟期最低上午 5 時為 0.01 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 0.02 mg/m<sup>2</sup>/h。第二期作水稻種植時甲烷釋放量分蘗盛期最高上午 5 時 21.0 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 50.0 mg/m<sup>2</sup>/h。乳熟期最低上午 5 時 0 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 0.01 mg/m<sup>2</sup>/h。安康分場第一期作水稻甲烷釋放量插秧期 0.391 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗初期 0.736 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗盛期 4.103 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 0.078 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.061 mg/m<sup>2</sup>/h。第二期作水稻甲烷釋放量分蘗盛期 13.770 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 4.264 mg/m<sup>2</sup>/h 和開花期 0.010 mg/m<sup>2</sup>/h。間歇性灌溉 1994 年第二期作水稻，甲烷釋放量插秧期 28.27±6.37 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗盛期 1.98±0.65 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 0.56±0.14 mg/m<sup>2</sup>/h、開花期 0.09±0.01 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.02±0.01 mg/m<sup>2</sup>/h，平均釋放量 4.85±0.59 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放甲烷 13.73±1.70 g/m<sup>2</sup>。1995 年第一期作水稻甲烷釋放量插秧期 0.50±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h、分蘗盛期 0.69±0.15 mg/m<sup>2</sup>/h、孕穗期 1.01±0.16 mg/m<sup>2</sup>/h、開花期 1.46±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.34±0.14 mg/m<sup>2</sup>/h，平均釋放量 0.76±0.05 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放甲烷 2.55±0.16 g/m<sup>2</sup>。1995

年第二期作水稻甲烷釋放量插秧期  $0.38\pm 0.16$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $3.94\pm 1.19$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $7.43\pm 1.06$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $1.13\pm 0.78$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.16\pm 0.08$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放甲烷  $11.70\pm 2.76$   $\text{g/m}^2$ 。連續浸水 1995 年第二期作水稻甲烷釋放量插秧期  $12.82\pm 1.41$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $15.58\pm 5.63$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $6.26\pm 0.72$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $4.96\pm 0.16$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和乳熟期  $0.02\pm 0.01$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均釋放量  $9.54\pm 1.07$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放甲烷  $28.85\pm 3.25$   $\text{g/m}^2$ 。間歇性灌溉 1996 年第一期作水稻甲烷釋放量插秧期  $0.44\pm 0.20$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $4.81\pm 1.69$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $20.71\pm 3.19$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $15.75\pm 4.10$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和乳熟期  $6.93\pm 2.19$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均釋放量  $3.48\pm 1.12$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，全季釋放甲烷  $32.65\pm 4.17$   $\text{g/m}^2$ 。1996 年第二期作甲烷平均釋放量  $9.79\pm 1.20$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，1997 年第一期作甲烷平均釋放量  $1.76\pm 0.45$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  (楊盛行等，1997；Chang 和 Yang，1997；Yang 和 Chang，1998、1999、2001a、2001b；蔡養正，1999；楊盛行和張讚昌，2000)。

桃園中壢農家第一期作水稻田浸水 5 cm 甲烷釋放量  $10.53\text{-}46.32$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、第二期作甲烷釋放量最高  $3.58$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。桃園區農業改良場間歇性灌溉第一期作水稻甲烷釋放量  $1.73\text{-}5.23$   $\text{g/m}^2$ 、第二期作  $10.54\text{-}10.56$   $\text{g/m}^2$ 。施用田菁綠肥第一期作甲烷釋放量  $5.55$   $\text{g/m}^2$ 、第二期作  $14.43\text{-}30.12$   $\text{g/m}^2$ 。1994 年第二期作水稻施用化學肥料甲烷釋放量插秧期  $10.98\pm 2.25$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $1.20\pm 0.02$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.14\pm 0.04$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.04\pm 0.05$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.04\pm 0.03$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季甲烷釋放量  $10.56\pm 2.31$   $\text{g/m}^2$ 。如插秧前施用 37 ton/ha 田菁綠肥，甲烷釋放量插秧期  $33.71\pm 8.92$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $2.41\pm 0.25$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $1.03\pm 0.23$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.04\pm 0.04$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.02\pm 0.01$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$

和全季釋放量  $30.12\pm 3.53$   $\text{g/m}^2$ 。1995 年第一期作水稻施用化學肥料， $\text{CH}_4$  釋放量插秧期  $0.30\pm 0.20$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $0.10\pm 0.08$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.59\pm 0.11$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.37\pm 0.25$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.15\pm 0.06$   $\text{mg/m}^2$  和全季釋放  $1.73\pm 0.25$   $\text{g/m}^2$ 。1994 年第二期作插秧前施用 37 ton/ha 田菁綠肥，1995 年第一期作水稻甲烷釋放量，插秧期  $7.12\pm 4.38$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $1.42\pm 0.35$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.69\pm 0.34$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.05\pm 0.21$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.32\pm 0.11$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放量  $5.55\pm 1.05$   $\text{g/m}^2$ 。1995 年第二期作施用化學肥料甲烷釋放量，插秧期  $11.41\pm 3.68$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $0.18\pm 0.06$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.05\pm 0.03$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.03\pm 0.01$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.01\pm 0.01$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放量  $10.54\pm 3.53$   $\text{g/m}^2$ 。插秧前施用 25 ton/ha 田菁綠肥時，水稻甲烷釋放量插秧期  $15.44\pm 5.44$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $0.19\pm 0.10$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.11\pm 0.08$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.08\pm 0.02$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.05\pm 0.03$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放  $14.43\pm 3.15$   $\text{g/m}^2$ 。1996 年第一期作施用化學肥料，甲烷釋放量插秧期  $0.28\pm 0.16$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $3.87\pm 1.21$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.26\pm 0.06$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.11\pm 0.05$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.04\pm 0.02$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放量  $5.23\pm 1.93$   $\text{g/m}^2$  (郭坤土，1997；楊盛行等，1997；張讚昌和楊盛行，1998；Yang 和 Chang，1998、1999、2001a、2001b)。

苗栗造橋農家間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量  $9.82$   $\text{g/m}^2$ ，孕穗期  $13.14\pm 3.92$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，不含水稻釋放量  $3.06\pm 0.03$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。第二期作甲烷釋放量  $39.50$   $\text{g/m}^2$ 。1994 年第二期作水稻甲烷釋放量插秧期  $38.14\pm 9.39$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $0.18\pm 0.09$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $0.07\pm 0.03$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $0.03\pm 0.01$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.01\pm 0.01$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放量  $39.5\pm 5.63$   $\text{g/m}^2$ 。1995 年第一期

作水稻甲烷釋放量插秧期  $0.78 \pm 0.04$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $3.91 \pm 0.10$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $7.14 \pm 3.92$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、開花期  $1.80 \pm 0.48$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、乳熟期  $0.32 \pm 0.09$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和全季釋放  $9.82 \pm 2.80$   $\text{g/m}^2$ 。水稻田浸水且添加 0.5% 稻桿，第 102 天甲烷釋放量  $25.1$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和第 122 天  $86.2$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 0.5% 稻桿及 0.8% 氧化鐵時第 116 天甲烷釋放量  $71.7$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和第 122 天  $126$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 2% 稻桿時第 69 天甲烷釋放量  $96$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和第 122 天  $127.1$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。未種植作物添加 0.5% 稻桿時，第 116 天甲烷釋放量  $16.5$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 0.5% 稻桿和 0.8% 氧化鐵時，第 87 天甲烷釋放量  $12.8$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 2% 稻桿時，第 69 天甲烷釋放量  $35.5$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。土壤浸水 56 天未種植作物添加 0.5% 稻桿，平均每日甲烷釋放量  $7$   $\text{mg/m}^2$ 。添加 0.5% 稻桿和 0.8% 氧化鐵平均每日甲烷釋放量  $4.8$   $\text{mg/m}^2$ ，添加 2% 稻桿平均每日釋放量  $17$   $\text{mg/m}^2$ 。土壤浸水添加 0.5% 稻桿種植水稻 56 天，平均每日甲烷釋放量  $19$   $\text{mg/m}^2$ 。添加 0.5% 稻桿和 0.8% 氧化鐵平均每日甲烷釋放量  $27.4$   $\text{mg/m}^2$ ，添加 2% 稻桿平均每日釋放量  $62.6$   $\text{mg/m}^2$  (林鴻淇和梁致遠，1997；楊盛行等，1997；Yang 和 Chang，1998、1999、2001a、2001b)。

中興大學實驗農場間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量  $8.18$   $\text{g/m}^2$ ，第二期作甲烷釋放量  $1.18$   $\text{g/m}^2$ 。未施肥盆栽水稻甲烷釋放量  $9,130$   $\text{mg/m}^2$ ，平均日釋放量  $130$   $\text{mg/m}^2$ 。每盒施用  $0.04-0.08$   $\text{g}$  氮豬糞甲烷總釋放量  $19,100-30,600$   $\text{mg/m}^2$ ，平均日釋放量  $273-436$   $\text{mg/m}^2$ ；每盒施用  $0.04-0.08$   $\text{g}$  氮雞糞甲烷總釋放量  $21,000-32,900$   $\text{mg/m}^2$ ，平均日釋放量  $301-470$   $\text{mg/m}^2$ ；每盒施用  $0.04-0.08$   $\text{g}$  氮牛糞甲烷總釋放量  $26,300-29,200$   $\text{mg/m}^2$ ，平均日釋放量  $376-417$   $\text{mg/m}^2$ ；每盒施用  $0.04-0.08$   $\text{g}$  氮化肥甲烷總釋放量  $7,880-13,000$   $\text{mg/m}^2$ ，平均日釋放量  $112-185$   $\text{mg/m}^2$  (王銀波和謝學武，

1997、1998；譚鎮中和王銀波，2000)。

彰化溪湖農家間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量  $0.15$   $\text{g/m}^2$ ，第二期作  $10.45$   $\text{g/m}^2$ 。91 年第一期作台梗 17 號，甲烷釋放量分蘖盛期上午 8 時  $7.01 \pm 0.94$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和下午 2 時  $16.40 \pm 3.12$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期上午 8 時  $4.83 \pm 0.64$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和下午 2 時  $7.19 \pm 0.54$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期  $0.02 \pm 0.07$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均  $7.09 \pm 5.95$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。彰化花壇農家第二期作水稻田台梗 17 號全期甲烷釋放量  $5.58$   $\text{g/m}^2$ ，插秧期  $2.11-2.50$   $\text{g/m}^2$ 、孕穗期  $1.41-2.28$   $\text{g/m}^2$ 、休閒期  $0.10-0.34$   $\text{g/m}^2$ 。高雄秈 2 號全期甲烷釋放量  $5.58$   $\text{g/m}^2$ ，插秧期  $2.22-2.63$   $\text{g/m}^2$ 、孕穗期  $0.82-1.89$   $\text{g/m}^2$ 、休閒期  $0.31-0.42$   $\text{g/m}^2$ 。台中秈 2 號甲烷釋放量插秧期  $14.00 \pm 6.14$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $4.66 \pm 5.29$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $1.21 \pm 0.38$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、收穫期  $0.34 \pm 0.13$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、休閒期  $0.08 \pm 0.58$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均  $4.06 \pm 5.85$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。第一期作台梗 17 號甲烷釋放量插秧期  $1.13 \pm 0.23$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期  $0.10 \pm 0.94$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $3.86 \pm 0.15$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、休閒期  $19.27 \pm 1.02$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均  $6.09 \pm 8.93$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。台中秈 2 號，甲烷釋放量插秧期  $0.80 \pm 0.20$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、分蘖盛期  $2.97 \pm 0.04$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、孕穗期  $1.18 \pm 0.05$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、休閒期  $6.14 \pm 0.86$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均  $2.77 \pm 2.44$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。彰化大城水稻田 91 年第一期作台中秈 2 號，甲烷釋放量孕穗期  $1.64 \pm 0.02$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 、休閒期  $-1.07 \pm 0.07$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ ，平均  $0.29 \pm 1.92$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  (王銀波和謝學武，1997、1998；楊盛行和賴朝明，2001；陳顛竹等，2003)。

台南區農業改良場鹿草分場 1999 年第一期作水稻台中秈 10 號施用鉍態氮肥上午 6 時甲烷釋放量  $0.30 \pm 0.30-2.61 \pm 2.88$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.04 \pm 0.05-2.96 \pm 1.13$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。上午 6 時平均  $0.87 \pm 0.81$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.89 \pm 0.57$   $\text{mg/m}^2/\text{h}$ 。台梗 8 號上午 6 時甲烷釋

放量  $0.09\pm 0.02$ - $1.05\pm 0.32$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.00\pm 0.00$ - $1.39\pm 0.52$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。上午 6 時平均  $0.37\pm 0.07$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.44\pm 0.10$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台中 10 號全季生長期間共釋放量甲烷  $2.58$   $\text{g}/\text{m}^2$ ，台梗 8 號則釋出  $1.20$   $\text{g}/\text{m}^2$ 。施用硝酸態氮肥 1999 年第一期作水稻台中 10 號上午 6 時甲烷釋放量  $0.04\pm 0.07$ - $12.29\pm 1.04$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.03\pm 0.05$ - $12.71\pm 0.92$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。上午 6 時平均  $2.68\pm 0.38$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $2.95\pm 0.34$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台梗 8 號甲烷釋放量上午 6 時  $0.05\pm 0.00$ - $10.03\pm 0.74$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.00\pm 0.03$ - $11.10\pm 3.57$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。上午 6 時平均  $2.70\pm 0.77$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $3.30\pm 1.58$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台中 10 號種植期間全季釋放量甲烷  $8.26$   $\text{g}/\text{m}^2$ ，台梗 8 號則釋放量  $8.78$   $\text{g}/\text{m}^2$ 。1999 年鹿草分場第二期作水稻台中 10 號施用銨態氮肥上午 6 時甲烷釋放量  $0.09\pm 0.09$ - $33.69\pm 16.08$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.10\pm 0.08$ - $82.43\pm 8.52$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。平均上午 6 時  $8.88\pm 3.54$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $14.96\pm 3.47$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台梗 8 號上午 6 時甲烷釋放量  $0.02\pm 0.04$ - $32.57\pm 12.61$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.04\pm 0.05$ - $70.00\pm 10.38$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。平均上午 6 時  $9.64\pm 2.73$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $15.86\pm 3.40$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台中 10 號生長期間全季釋放甲烷  $34.3$   $\text{g}/\text{m}^2$ ，台梗 8 號則全季釋放甲烷  $36.7$   $\text{g}/\text{m}^2$ 。1999 年鹿草分場第二期作水稻台中 10 號施用硝酸態氮肥上午 6 時甲烷釋放量  $0.06\pm 0.10$ - $32.54\pm 6.66$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.03\pm 0.03$ - $64.40\pm 18.53$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。上午 6 時平均  $11.19\pm 2.80$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $14.24\pm 5.23$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台梗 8 號上午 6 時甲烷釋放量  $0.13\pm 0.04$ - $93.66\pm 74.11$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $0.13\pm 0.06$ - $65.71\pm 14.38$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。上午 6 時平均  $18.60\pm 11.65$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  和中午 12 時  $22.06\pm 7.06$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。台中 10 號全季生長期間共釋出甲烷  $36.63$   $\text{g}/\text{m}^2$ ，台梗 8 號則釋出

$58.55$   $\text{g}/\text{m}^2$  (黃山內等, 2000)。鹿草分場 2000 年一期水稻種植 17 週在移植後 7 週，清晨 6 時在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，其最大甲烷釋放量分別為  $3.99\pm 1.29$ 、 $3.79\pm 1.07$  和  $3.90\pm 0.8$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。在中午 12 時情形類似，最大甲烷釋放量，分別為  $4.15$ 、 $5.54$  和  $5.00$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。2000 年二期水稻種植 17 週在移植後 1 週，清晨 6 時在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，其最大甲烷釋放量分別為  $32.8\pm 13.4$ 、 $63.7\pm 15.7$  和  $137.5\pm 39.1$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。其後甲烷釋放量下降，中午 12 時其情形類似，最大甲烷釋放量，分別為  $28.1\pm 4.1$ 、 $62.5\pm 5.2$  和  $133.1\pm 32.5$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$  (黃山內等, 2001)。鹿草分場 2000 年一期作插秧期，清晨 6 時在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，甲烷釋放量分別為  $0.02\pm 0.03$ - $4.13\pm 1.48$ 、 $0.11\pm 0.03$ - $3.79\pm 1.07$  和  $0.04\pm 0.01$ - $5.01\pm 4.80$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。中午 12 時其值分別為  $0.02\pm 0.02$ - $3.99\pm 1.29$ 、 $0.13\pm 0.01$ - $3.79\pm 1.07$  和  $0.04\pm 0.02$ - $5.38\pm 4.28$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。平均甲烷釋放量分別為  $1.47\pm 0.48$ 、 $1.26\pm 0.36$  和  $1.76\pm 0.51$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。2000 年一期作全季甲烷釋放量分別為  $4.41$ 、 $3.78$  和  $5.27$   $\text{g}/\text{m}^2$ 。2000 年二期作插秧期清晨 6 時，在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，甲烷釋放量分別為  $0.03\pm 0.02$ - $33.7\pm 2.3$ 、 $0.10\pm 0.06$ - $65.1\pm 31.6$  和  $0.07\pm 0.07$ - $137.5\pm 39.1$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。中午 12 時其值分別為  $0.05\pm 0.01$ - $36.7\pm 3.2$ 、 $0.05\pm 0.02$ - $64.25\pm 28.2$  和  $0.08\pm 0.03$ - $133.1\pm 32.5$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。平均甲烷釋放量分別為  $11.9\pm 2.6$ 、 $14.1\pm 9.7$  和  $27.2\pm 5.9$   $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ 。2000 年二期作全季甲烷釋放量分別為  $32.8$ 、 $38.9$  和  $75.1$   $\text{g}/\text{m}^2$  (黃山內等, 2001)。

宜蘭羅東分場間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量  $2.92$   $\text{g}/\text{m}^2$ ，第二期作水稻田甲烷釋放量  $24.64$   $\text{g}/\text{m}^2$ 。嘉義農家水稻田間歇性

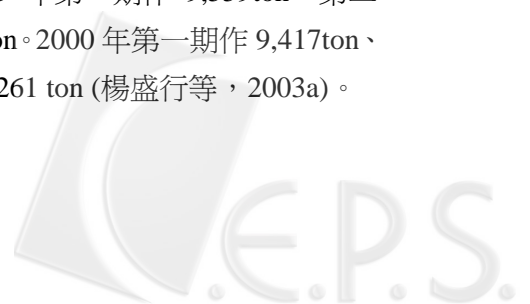
灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量 3.48 g/m<sup>2</sup>，第二期作水稻田甲烷釋放量 10.17 g/m<sup>2</sup>。高雄旗山改良場水稻田間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量 2.36 g/m<sup>2</sup>，第二期作水稻田甲烷釋放量 8.47 g/m<sup>2</sup> (張哲明等，1995；楊盛行等，1997、1998、1999；王銀波和謝學武，1997、1998；黃山內等，1998)。

鹿草水稻田第一期作連續浸水栽培甲烷平均釋放量 16.37±9.31 mg/m<sup>2</sup>/h 和全季釋放量 55.8 g/m<sup>2</sup>，第二期作為 84.5 g/m<sup>2</sup>。間歇性灌溉甲烷平均釋放量 1.75±0.96 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放量 9.2 g/m<sup>2</sup>，第二期作為 49.0 g/m<sup>2</sup>。第二期作水稻田施用雞糞堆肥 (C/N=9.8)，甲烷釋放量最高 22.57±7.00 mg/m<sup>2</sup>/h，施用大豆粕堆肥 (C/N=7.9) 最低 15.74±5.43 mg/m<sup>2</sup>/h。第一期作施用米糠堆肥 (C/N=40.0)，甲烷釋放量只有 4.58±2.68 mg/m<sup>2</sup>/h。梗稻田施用硫酸銨甲烷全季釋放量 2.78 g/m<sup>2</sup>，秈稻 2.48 g/m<sup>2</sup>。梗稻施用 KNO<sub>3</sub> 甲烷全季釋放量 8.65 g/m<sup>2</sup>，秈稻 9.22 g/m<sup>2</sup>。第二期作梗稻田施用硫酸銨甲烷全季釋放量 24.6 g/m<sup>2</sup>，秈稻 34.2 g/m<sup>2</sup>。梗稻施用 KNO<sub>3</sub> 甲烷全季釋放量 36.4 g/m<sup>2</sup>，秈稻 52.6 g/m<sup>2</sup>。第一期作水稻移除稻草、稻草燃燒放入和犁入稻草其甲烷釋放量分別為 4.41、3.78 和 5.27 g/m<sup>2</sup>。第二期作分別為 32.8、38.9 和 75.1 g/m<sup>2</sup>。第一期作種植水稻及休耕時全季甲烷釋放量分別為 6.15 和 1.58 g/m<sup>2</sup>，第二期作全季甲烷釋放量分別為 25.3 和 2.58 g/m<sup>2</sup> (黃山內等，2003)。

花蓮吉安分場間歇性灌溉稻草移除 1994 年二期作水稻田甲烷釋放量 0.004-0.273 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.09 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年一期作甲烷釋放量 0-1.889 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.832 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年二期作甲烷釋放量 0-2.45 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.809 mg/m<sup>2</sup>/h；1996 年一期作甲烷釋放量 0-1.993 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.494 mg/m<sup>2</sup>/h。稻草掩埋 1994 年二期作甲烷釋放量

0.029-3.872 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 1.086 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年一期作水稻田甲烷釋放量 0-2.256 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.989 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年二期作甲烷釋放 0.189-12.252 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 2.639 mg/m<sup>2</sup>/h；1996 年一期作甲烷釋放量 0-4.683 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.961 mg/m<sup>2</sup>/h。花蓮富里分場 1994 年二期作水稻田施氮肥 120 kg/ha 甲烷釋放量 0.033-38.221 mg/m<sup>2</sup>/h，平均為 7.481 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年一期作甲烷釋放量 0.482-8.623 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 2.571 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年二期作甲烷釋放量 0-101.820 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 16.795 mg/m<sup>2</sup>/h；1996 年一期作甲烷釋放量 0.234-17.315 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 4.548 mg/m<sup>2</sup>/h。1995 年一期作施氮肥 150 kg/ha 甲烷釋放量 0.486-13.223 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 4.029 mg/m<sup>2</sup>/h；1996 年一期作甲烷釋放量 0.10-28.365 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 6.851 mg/m<sup>2</sup>/h。1994 年二期作施氮肥 90 kg/ha 甲烷釋放量 0.015-25.827 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 4.340 mg/m<sup>2</sup>/h；1995 年二期作甲烷釋放量 0-31.322 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 8.436 mg/m<sup>2</sup>/h (彭德昌和黃山內，1998)。

以台灣十處水稻田實測值，依其鄰近縣市水稻耕作面積，分別推估第一期作及第二期作甲烷釋放量。1990 年第一期作甲烷釋放量估算為 12,066ton、第二期作 25,007ton。1991 年第一期作 11,239 ton、第二期作為 23,515ton。1992 年第一期作 10,498ton、第二期作為 21,852ton。1993 年第一期作 10,400ton、第二期作為 20,780ton。1994 年第一期作 9,736ton、第二期作為 19,604ton。1995 年第一期作 8,062ton、第二期作為 17,398ton。1996 年第一期作 9,129ton、第二期作為 18,841ton。1997 年第一期作 9,871ton、第二期作為 18,773ton。1998 年第一期作 9,779ton、第二期作為 17,947ton。1999 年第一期作 9,559ton、第二期作為 17,813ton。2000 年第一期作 9,417ton、第二期作為 16,261 ton (楊盛行等，2003a)。



#### 四、IPCC 水稻田甲烷釋放量推估

以 IPCC (1997)連續浸水栽培估算，依栽培面積，分別推估台灣第一期作及第二期作甲烷釋放量。1990 年第一期作水稻甲烷排放量估算為 87,323 ton、第二期作 82,541 ton。1991 年第一期作 81,051 ton、第二期作 78,420 ton。1992 年第一期作 74,656 ton、第二期作 73,080 ton。1993 年第一期作 75,482 ton、第二期作 69,757 ton。1994 年第一期作 69,882 ton、第二期作 66,011 ton。1995 年第一期作 60,660 ton、第二期作 56,529 ton。1996 年第一期作 65,153 ton、第二期作 64,234 ton。1997 年第一期作 71,998 ton、第二期作 63,162 ton。1998 年第一期作 71,787 ton、第二期作 60,848 ton。1999 年第一期作 70,253 ton、第二期作為 60,724 ton。2000 年第一期作 69,517 ton、第二期作 53,485 ton (楊盛行等，2003a)。

以 IPCC (1997) 單一排水栽培估算，依栽培面積，分別推估第一期及第二期作甲烷釋放量。1990 年第一期作水稻甲烷排放量估算為 43,662 ton、第二期作 61,906 ton。1991 年第一期作 40,526 ton、第二期作 58,815 ton。1992 年第一期作 37,328 ton、第二期作 54,810 ton。1993 年第一期作 37,741 ton、第二期作 52,318 ton。1994 年第一期作 34,941 ton、第二期作 49,508 ton。1995 年第一期作 30,330 ton、第二期作 42,397 ton。1996 年第一期作 32,577 ton、第二期作 48,176 ton。1997 年第一期作 35,999 ton、第二期作 47,372 ton。1998 年第一期作 35,894 ton、第二期作 45,636 ton。1999 年第一期作 35,127 ton、第二期作 45,543 ton。2000 年第一期作 34,759 ton、第二期作 40,114 ton (楊盛行等，2003a)。

以 IPCC (1997) 多次排水栽培估算，依栽培面積，分別推估第一期及第二期作甲烷釋放量。1990 年第一期作水稻甲烷排放量估算為 17,465 ton、第二期作為 24,762 ton。1991 年

第一期作 16,210 ton、第二期作 23,526 ton。1992 年第一期作 14,931 ton、第二期作 21,924 ton。1993 年第一期作 15,096 ton、第二期作 20,927 ton。1994 年第一期作 13,976 ton、第二期作 19,803 ton。1995 年第一期作 12,132 ton、第二期作 16,959 ton。1996 年第一期作 13,031 ton、第二期作 19,270 ton。1997 年第一期作 14,400 ton、第二期作 18,949 ton。1998 年第一期作 14,357 ton、第二期作 18,254 ton。1999 年第一期作 14,051 ton、第二期作 18,217 ton。2000 年第一期作 13,903 ton、第二期作 16,046 ton (楊盛行等，2003a)。

#### 五、旱田甲烷釋放量

盆栽落花生 70 天未施肥甲烷釋放量 -61.5-122.8 mg/m<sup>2</sup>/d，每盆施用 0.04-0.08 g 氮之豬糞甲烷釋放量-143.4-106.5 mg/m<sup>2</sup>/d，每盆施用 0.04-0.08 g 氮之雞糞甲烷釋放量 -119.2-66.0 mg/m<sup>2</sup>/d，每盆施用 0.04-0.08 g 氮之牛糞甲烷釋放量-222.8-94.9 mg/m<sup>2</sup>/d，每盆施用 0.04-0.08 g 氮之化肥甲烷釋放量 -119.0-165.8 mg/m<sup>2</sup>/d。土壤在 3-70 天培養過程中，甲烷釋放量 0.71-3.26 μM/kg soil/d。添加豬糞堆肥 0.09-0.36 g-N/kg soil，甲烷釋出 0.13-84.79 μM /kg soil/d (譚鎮中等，1999；譚鎮中和王銀波，2000)。

桃園玉米田全期釋放甲烷 0.42 g/m<sup>2</sup>，荳類全期釋放甲烷 0.01-0.4 g/m<sup>2</sup>，蔬菜類全期釋放甲烷 0.03-0.42 g/m<sup>2</sup>，果樹園全期釋放甲烷 0.22 g/m<sup>2</sup>。台南紅豆田甲烷平均釋放量-0.008 mg/m<sup>2</sup>/h，花生田甲烷平均釋放量 0.005 mg/m<sup>2</sup>/h。高雄旗山蔬菜田甲烷平均釋放量 -0.004 mg/m<sup>2</sup>/h，長豆田甲烷平均釋放量-0.035 mg/m<sup>2</sup>/h (鍾仁賜等，1997；王銀波和謝學武，1997)。

台南旱田甲烷吸收量 5.50±0.22





mg/m<sup>2</sup>/h，台灣旱田甲烷年釋放量 274.76-288.33ton，蔬菜田和花卉田甲烷年釋放量 1,317.85-1,579.64ton。花生田施用化學肥料甲烷釋放量-119.0-191.0 mg/m<sup>2</sup>/d，施用畜產廢棄物釋放量-61.5-122.8 mg/m<sup>2</sup>/d，施用牛糞堆肥釋放量-222.8-94.9 mg/m<sup>2</sup>/d，施用豬糞堆肥釋放量-143.4-106.5 mg/m<sup>2</sup>/d，施用雞糞堆肥釋放量-119.2-66.0 mg/m<sup>2</sup>/d。新化芒果園甲烷釋放量介於-0.205-0.434 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.018 mg/m<sup>2</sup>/h。下午 2 時甲烷釋放量-0.3-1.1 mg/m<sup>2</sup>/h 和上午 6 時釋放量-0.6-0.1 mg/m<sup>2</sup>/h，平均為 0.11 mg/m<sup>2</sup>/h。國姓香蕉園甲烷釋放量介於-0.903-0.213mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.083 mg/m<sup>2</sup>/h。下午 2 時甲烷釋放量-0.4-0.2 mg/m<sup>2</sup>/h 和上午 6 時釋放量 -0.4-1.3 mg/m<sup>2</sup>/h，平均為 0.12 mg/m<sup>2</sup>/h (楊盛行，1996、1997；王銀波和謝學武，1997；王銀波和譚鎮中，1998)。

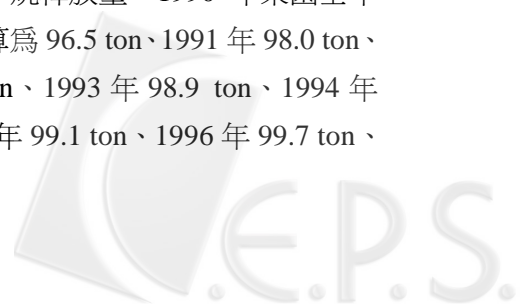
新化林場甲烷釋放量介於-0.043-0.183 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.009mg/m<sup>2</sup>/h；蕙蓀林場甲烷釋放量介於-0.535--0.070 mg/m<sup>2</sup>/h，平均-0.257 mg/m<sup>2</sup>/h；蕙蓀林場下午 2 時甲烷吸收量 0.8-1.15 mg/m<sup>2</sup>/h 和上午 6 時 0.2-1.6 mg/m<sup>2</sup>/h。其吸收量介於 0.77-1.74 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 1.20 mg/m<sup>2</sup>/h；新化林場下午 2 時甲烷釋放量 1.0mg/m<sup>2</sup>/h 至吸收量 1.3 g/m<sup>2</sup>/h 和上午 6 時吸收量 0.4-1.5 mg/m<sup>2</sup>/h，其吸收量介於 0.07-1.45 mg/m<sup>2</sup>/h，平均 0.47 mg/m<sup>2</sup>/h。塔塔加雲杉區土壤甲烷釋放量-72.96-116.89μg/m<sup>2</sup>/h，鐵杉區土壤甲烷釋放量-38.94-73.45μg/m<sup>2</sup>/h，草原區土壤甲烷釋放量-13.31-60.12μg/m<sup>2</sup>/h。雲杉葉子甲烷釋放量-130.14-66.55μg/m<sup>2</sup>/h，鐵杉葉子甲烷釋放量-323.39-34.51μg/m<sup>2</sup>/h，草原葉子甲烷釋放量-114.86-15.78μg/m<sup>2</sup>/h。(楊盛行和張讚昌，1996、1997、1998；楊秋忠，1997、1998；王銀波和謝學武，1998；張讚昌和楊盛行，1998)。

## 六、旱田甲烷釋放量推估

以台灣旱作(包括玉米、小麥、粟、高粱、大豆、花生、common bean、紅豆、蠶豆、甘藷、茶、菸草、甘蔗、芝麻、油菜仔、香草作物和其他)實測值，依其鄰近縣市旱作面積，分別推估其甲烷釋放量。1990 年旱作全年甲烷釋放量估算為 252.2 ton、1991 年 245.8 ton、1992 年 241.7 ton、1993 年 237.0 ton、1994 年 234.8 ton、1995 年 228.2 ton、1996 年 209.1 ton、1997 年 191.1 ton、1998 年 163.9 ton、1999 年 143.5 ton 和 2000 年 137.8 ton (楊盛行等，2003a)。

蔬菜田(包括蘿蔔、胡蘿蔔、其他根類蔬菜、薑、芋頭、蔥、蔥頭、洋蔥、蒜頭、粟、韭菜、竹筍、大芥菜、甕菜、芹菜、高麗菜、包心菜、不結球白菜、蘆筍、筊白筍、其他莖類蔬菜、青花菜、百合花、越瓜、小黃瓜、冬瓜、茄子、苦瓜、蕃茄、辣椒、菜豆、荷蘭豆、毛豆、其他果類蔬菜、西瓜、香瓜、洋香瓜、西瓜仔、草莓和香菇)實測值，依其種植面積，估算其甲烷釋放量。1990 年蔬菜田全年甲烷釋放量估算為 453.7 ton、1991 年 460.2 ton、1992 年 454.9 ton、1993 年 444.2 ton、1994 年 411.7 ton、1995 年 417.1 ton、1996 年 426.0 ton、1997 年 434.3 ton、1998 年 434.0 ton、1999 年 442.5 ton 和 2000 年 426.7 ton (楊盛行等，2003a)。

果園(包括香蕉、鳳梨、柑橘、桶柑、文旦柚、斗柚、白柚、柳橙、citrus-valencias、檸檬、葡萄柚、其他橘類、龍眼、芒果、檳榔、蕃石榴、蓮霧、葡萄、枇杷、李、桃、柿、梅、荔枝、橄欖、楊桃、梨、蘋果、木瓜、棗、蕃荔枝、百香果、椰子和其他)實測值，依其種植面積，估算甲烷釋放量。1990 年果園全年甲烷釋放量估算為 96.5 ton、1991 年 98.0 ton、1992 年 98.0 ton、1993 年 98.9 ton、1994 年 98.1 ton、1995 年 99.1 ton、1996 年 99.7 ton、



1997 年 98.2 ton、1998 年 98.4 ton、1999 年 97.4 ton 和 2000 年 97.2 ton (楊盛行等, 2003a)。

花卉田 (包括切花、球莖、草花種子、花苗和盆花類) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年花卉田全年甲烷釋放量為 2.7 ton、1991 年 2.9 ton、1992 年 3.3 ton、1993 年 3.9 ton、1994 年 4.1 ton、1995 年 4.2 ton、1996 年 4.3 ton、1997 年 4.5 ton、1998 年 4.4 ton、1999 年 4.7 ton 和 2000 年 4.8 ton。牧草作物 (包括燕麥、盤固拉草、狼尾草和其他) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年牧草作物全年甲烷釋放量為 4.5 ton、1991 年 4.4 ton、1992 年 4.6 ton、1993 年 4.4 ton、

1994 年 4.6 ton、1995 年 4.4 ton、1996 年 4.2 ton、1997 年 4.1 ton、1998 年 3.9 ton、1999 年 3.8 ton 和 2000 年 3.8 ton (楊盛行等, 2003a)。

綠肥作物 (包括大菜、田菁、大豆、豌豆、紫雲英、富貴豆、太陽麻、油菜、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆、其他單播和或混播) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年綠肥作物全年甲烷釋放量為 3.3 ton、1991 年 5.0 ton、1992 年 10.4 ton、1993 年 12.0 ton、1994 年 17.8 ton、1995 年 17.3 ton、1996 年 19.6 ton、1997 年 23.6 ton、1998 年 34.0 ton、1999 年 45.2 ton 和 2000 年 51.5 ton (楊盛行等, 2003a)。

表一、國內水稻和旱作生產相關之大氣甲烷濃度及其排放量測

逸散源	研究成果	出處
以 GC 測定溫室氣體	CH <sub>4</sub> 濃度 (Y) 與吸收面積 (X) 在 10 <sup>-1</sup> ~10 <sup>5</sup> ppmv 間有直線相關 Y=1.025 X - 2.766, r <sup>2</sup> =0.999。	Chang 等, 1999。
以 FTIR 測定溫室氣體	當 scan number>100, 其吸收面積已趨於穩定。CH <sub>4</sub> 可以用 2999 cm <sup>-1</sup> 吸收面積測定濃度。當 CH <sub>4</sub> 濃度<9.59 ppm-m 時, Y=3263.6X, r <sup>2</sup> =0.9977。CH <sub>4</sub> 濃度>9.59 ppm-m 時, Y=3904.1 X - 1.8682, r <sup>2</sup> =0.9987。	Chang 等, 1999。
台大校園	以 GC 測定 (n=9) 0-10 m 距離大氣 CH <sub>4</sub> 濃度 0.93±0.04 ppmv; 10-20 m 距離 0.94±0.04 ppmv; 20-25 m 距離 0.93±0.04 ppmv; 25-30 m 距離 0.93±0.04 ppmv; 30-40 m 距離 0.93±0.04 ppmv; 40-45 m 距離 0.93±0.04 ppmv。以 FTIR 測定 (n=4) 0-10 m 距離大氣 CH <sub>4</sub> 濃度 0.97±0.02 ppm-m; 0-20 m 距離 1.03±0.01 ppm-m; 0-30 m 距離 1.05±0.01 ppm-m; 0-40 m 距離 1.06±0.01 ppm-m; 0-50 m 距離 1.06±0.01 ppm-m; 0-60 m 距離 1.06±0.01 ppm-m; 0-70 m 距離 1.08±0.01 ppm-m; 0-80 m 距離 1.06±0.01 ppm-m; 0-90 m 距離 1.02±0.01 ppm-m。1998 年 8 月 20 日以 FTIR 測定大氣 CH <sub>4</sub> 濃度介於 0.94-0.98 ppm-m, 平均 0.97 ppm-m。以 GC 測定時大氣 CH <sub>4</sub> 介於 0.92-0.96 ppmv, 平均 0.94 ppmv。1999 年 8 月大氣 CH <sub>4</sub> 平均濃度為 0.967±0.01 ppmv。	楊盛行和張讚昌, 2000; 楊盛行和 Hegde, 2001; Hegde 等, 2001、2003。
台大試驗農場	以 FTIR 測定水稻田休耕時大氣 CH <sub>4</sub> 濃度 1.02±0.01 ppmv-m, 分蘖期 CH <sub>4</sub> 濃度 1.52-1.68 ppmv-m。1998 年第一期作在休耕期大氣 CH <sub>4</sub> 濃度平均 1.02±0.01 ppm-m。在分蘖盛期大氣 CH <sub>4</sub> 濃度平均 1.64±0.05 ppm-m。	Luo 等, 1997; Chang 等, 1999。
台大試驗農場	間歇性灌溉第一期作水稻田 CH <sub>4</sub> 釋放量插秧期介於 0.21-1.15 mg/m <sup>2</sup> /h, 分蘖盛期 0.31-5.94 mg/m <sup>2</sup> /h, 孕穗期 0.85-29.53 mg/m <sup>2</sup> /h, 開花期 1.02-20.92 mg/m <sup>2</sup> /h, 乳熟期 0.21-10.89 mg/m <sup>2</sup> /h 和全季 CH <sub>4</sub> 釋放量 2.55-11.70 g/m <sup>2</sup> 。第二期作水稻田 CH <sub>4</sub> 釋放量插秧期 11.80-30.50 mg/m <sup>2</sup> /h, 分蘖盛期 0.93-3.13 mg/m <sup>2</sup> /h, 孕穗期 0.36-0.92 mg/m <sup>2</sup> /h, 開花期 0.06-0.13 mg/m <sup>2</sup> /h, 乳熟期 0.01-0.08 mg/m <sup>2</sup> /h 和全季 CH <sub>4</sub> 釋放量 13.73 g/m <sup>2</sup> 。連續浸水第二期作水稻田 CH <sub>4</sub> 釋放量插秧期 9.52-24.45 mg/m <sup>2</sup> /h, 分蘖盛期 10.01-27.08 mg/m <sup>2</sup> /h, 孕穗期 5.41-6.87 mg/m <sup>2</sup> /h, 開花期 3.77-5.92 mg/m <sup>2</sup> /h, 乳熟期 0.01-0.03 mg/m <sup>2</sup> /h 和全季 CH <sub>4</sub> 釋放量 28.85 g/m <sup>2</sup> 。	楊盛行等, 1997; Chang 和 Yang, 1997; Yang 和 Chang, 1998、1999、2001a、2001b。

逸散源	研究成果	出處
台大試驗農場	<p>間歇性灌溉 1995 年第一期作水稻田孕穗期 CH<sub>4</sub> 釋放量 1.01±0.16 mg/m<sup>2</sup>/h，不含水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量 0.26±0.12 mg/m<sup>2</sup>/h。開花期 CH<sub>4</sub> 釋放量 1.46±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h，不含水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量 0.87±0.34 mg/m<sup>2</sup>/h。1996 年第一期作水稻田孕穗期 CH<sub>4</sub> 釋放量 7.43±2.06 mg/m<sup>2</sup>/h，不含水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量 1.68±1.09 mg/m<sup>2</sup>/h。連續性浸水孕穗期 CH<sub>4</sub> 釋放量 20.71±1.19 mg/m<sup>2</sup>/h，不含水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量 16.49±5.68 mg/m<sup>2</sup>/h。1997 年間歇性灌溉第一期作水稻田種植時上午 5 時大氣 CH<sub>4</sub> 濃度 0.90-1.05 ppmv 和下午 2 時為 0.95-1.75 ppmv。CH<sub>4</sub> 釋放量分蘗盛期最高上午 5 時為 6 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 10.6 mg/m<sup>2</sup>/h。乳熟期最低上午 5 時為 0.01 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 0.02 mg/m<sup>2</sup>/h。第二期作水稻種植時，上午 5 時大氣 CH<sub>4</sub> 濃度 0.85-1.90 ppmv 和下午 2 時 0.95-1.96 ppmv。CH<sub>4</sub> 釋放量分蘗盛期最高上午 5 時為 21.0 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 50.0 mg/m<sup>2</sup>/h。乳熟期最低上午 5 時 0 mg/m<sup>2</sup>/h 和下午 2 時 0.01 mg/m<sup>2</sup>/h。安康分場一期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 0.391 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗初期 0.736 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 4.103 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 0.078 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.061 mg/m<sup>2</sup>/h。二期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量分蘗盛期 13.770 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 4.264 mg/m<sup>2</sup>/h 和開花期 0.010 mg/m<sup>2</sup>/h。86 年盤固拉草夏季甲烷釋放量 0.112 mg/m<sup>2</sup>/h，秋季甲烷釋放量 0.130 mg/m<sup>2</sup>/h 和冬季甲烷釋放量 0.002 mg/m<sup>2</sup>/h。日變化量在下午 1 時最高達 0.200 mg/m<sup>2</sup>/h，夜晚較低介於 0.011-0.033 mg/m<sup>2</sup>/h。87 年夏季盤固拉草甲烷釋放量介於 0.073-0.081 mg/m<sup>2</sup>/h。</p>	<p>蔡養正，1999；Yang 和 Chang，1998、1999、2001a、2001b。</p>
台大試驗農場	<p>間歇性灌溉 1994 年第二期作水稻，CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 28.27±6.37 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 1.98±0.65 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 0.56±0.14 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 0.09±0.01 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.02±0.01 mg/m<sup>2</sup>/h，平均釋放量 4.85±0.59 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放量 CH<sub>4</sub> 13.73±1.70 g/m<sup>2</sup>。1995 年第一期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 0.50±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 0.69±0.15 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 1.01±0.16 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 1.46±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.34±0.14 mg/m<sup>2</sup>/h，平均釋放量 0.76±0.05 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放量 CH<sub>4</sub> 2.55±0.16 g/m<sup>2</sup>。1995 年第二期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 0.38±0.16 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 3.94±1.19 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 7.43±1.06 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 1.13±0.78 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.16±0.08 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放量 CH<sub>4</sub> 11.70±2.76 g/m<sup>2</sup>。連續浸水 1995 年第二期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 12.82±1.41 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 15.58±5.63 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 6.26±0.72 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 4.96±0.16 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 0.02±0.01 mg/m<sup>2</sup>/h，平均釋放量 9.54±1.07 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放量 CH<sub>4</sub> 28.85±3.25 g/m<sup>2</sup>。間歇性灌溉 1996 年第一期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 0.44±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 4.81±1.69 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 20.71±3.19 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 15.75±4.10 mg/m<sup>2</sup>/h 和乳熟期 6.93±2.19 mg/m<sup>2</sup>/h，平均釋放量 3.48±1.12 mg/m<sup>2</sup>/h，全季釋放量 CH<sub>4</sub> 32.65±4.17 g/m<sup>2</sup>。1996 年第二期作 CH<sub>4</sub> 平均釋放量 9.79±1.20 mg/m<sup>2</sup>/h；1997 年第一期作 CH<sub>4</sub> 平均釋放量 1.76±0.45 mg/m<sup>2</sup>/h。</p>	<p>Chang 和 Yang，1998；Yang 和 Chang，2001a、2001b；楊盛行和張讚昌，2000。</p>
桃園中壢農家	<p>第一期作水稻田浸水 5 cm CH<sub>4</sub> 釋放量 10.53-46.32 mg/m<sup>2</sup>/h，第二期作 CH<sub>4</sub> 釋放量最高 3.58 mg/m<sup>2</sup>/h。</p>	<p>郭坤土，1997。</p>
桃園區農業改良場	<p>間歇性灌溉第一期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量 1.73-5.23 g/m<sup>2</sup>，第二期作 CH<sub>4</sub> 釋放量 10.54-10.56 g/m<sup>2</sup>。施用田菁綠肥第一期作 CH<sub>4</sub> 釋放量 5.55 g/m<sup>2</sup>，第二期作 CH<sub>4</sub> 釋放量 14.43-30.12 g/m<sup>2</sup>。1994 年第二期作水稻施用化學肥料 CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 10.98±2.25 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 1.20±0.02 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 0.14±0.04 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 0.04±0.05 mg/m<sup>2</sup>/h，乳熟期 0.04±0.03 mg/m<sup>2</sup>/h 和全期 CH<sub>4</sub> 釋放量 10.56±2.31 g/m<sup>2</sup>。如插秧前施用 37 ton/ha 田菁綠肥，CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 33.71±8.92 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 2.41±0.25 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 1.03±0.23 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 0.04±0.04 mg/m<sup>2</sup>/h，乳熟期 0.02±0.01 mg/m<sup>2</sup>/h 和全期 CH<sub>4</sub> 釋放量 30.12±3.53 g/m<sup>2</sup>。1995 年第一期作水稻施用化學肥料，CH<sub>4</sub> 釋放量插秧期 0.30±0.20 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 0.10±0.08 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 0.59±0.11 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 0.37±0.25 mg/m<sup>2</sup>/h，乳熟期 0.15±0.06 mg/m<sup>2</sup> 和全期釋放 CH<sub>4</sub> 1.73±0.25 g/m<sup>2</sup>。1994 年第二期作插秧前施用 37 ton/ha 田菁綠肥，1995 年第一期作水稻 CH<sub>4</sub> 釋放量，插秧期 7.12±4.38 mg/m<sup>2</sup>/h，分蘗盛期 1.42±0.35 mg/m<sup>2</sup>/h，孕穗期 0.69±0.34 mg/m<sup>2</sup>/h，開花期 0.05±0.21 mg/m<sup>2</sup>/h，乳熟期 0.32±0.11 mg/m<sup>2</sup>/h 和全期 CH<sub>4</sub> 釋放量 5.55±1.05 g/m<sup>2</sup>。1995 年第二期作施用化學肥料 CH<sub>4</sub> 釋放量，插</p>	<p>楊盛行等，1997；張讚昌和楊盛行，1998；Yang 和 Chang，1998、1999、2001a、2001b。</p>

逸散源	研究成果	出處
	秧期 $11.41 \pm 3.68 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $0.18 \pm 0.06 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $0.05 \pm 0.03 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，開花期 $0.03 \pm 0.01 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，乳熟期 $0.01 \pm 0.01 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和全期 $\text{CH}_4$ 釋放量 $10.54 \pm 3.53 \text{ g/m}^2$ 。插秧前施用 $25 \text{ ton/ha}$ 田菁綠肥時，水稻 $\text{CH}_4$ 釋放量插秧期 $15.44 \pm 5.44 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $0.19 \pm 0.10 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $0.11 \pm 0.08 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，開花期 $0.08 \pm 0.02 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，乳熟期 $0.05 \pm 0.03 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和全期 $\text{CH}_4$ 釋放 $14.43 \pm 3.15 \text{ g/m}^2$ 。1996 年第一期作施用化學肥料， $\text{CH}_4$ 釋放量插秧期 $0.28 \pm 0.16 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $3.87 \pm 1.21 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $0.26 \pm 0.06 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，開花期 $0.11 \pm 0.05 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，乳熟期 $0.04 \pm 0.02 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和全期 $\text{CH}_4$ 釋放量 $5.23 \pm 1.93 \text{ g/m}^2$ 。	
苗栗造橋農家	間歇性灌溉第一期作水稻田 $\text{CH}_4$ 釋放量 $9.82 \text{ g/m}^2$ ，孕穗期 $\text{CH}_4$ 釋放量 $13.14 \pm 3.92 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，不含水稻 $\text{CH}_4$ 釋放量 $3.06 \pm 0.03 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。第二期作 $\text{CH}_4$ 釋放量 $39.50 \text{ g/m}^2$ 。1994 年第二期作水稻 $\text{CH}_4$ 釋放量插秧期 $38.14 \pm 9.39 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $0.18 \pm 0.09 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $0.07 \pm 0.03 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，開花期 $0.03 \pm 0.01 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，乳熟期 $0.01 \pm 0.01 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和全季釋放量 $\text{CH}_4$ $39.5 \pm 5.63 \text{ g/m}^2$ 。1995 年第一期作水稻 $\text{CH}_4$ 釋放量插秧期 $0.78 \pm 0.04 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $3.91 \pm 0.10 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $7.14 \pm 3.92 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，開花期 $1.80 \pm 0.48 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，乳熟期 $0.32 \pm 0.09 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和全季釋放 $\text{CH}_4$ $9.82 \pm 2.80 \text{ g/m}^2$ 。水稻田浸水且添加 0.5% 稻桿，第 102 天 $\text{CH}_4$ 釋放量 $25.1 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和第 122 天釋放量 $86.2 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 0.5% 稻桿及 0.8% 氧化鐵時第 116 天 $\text{CH}_4$ 釋放量 $71.7 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和第 122 天釋放量 $126 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 2% 稻桿時第 69 天 $\text{CH}_4$ 釋放量 $96 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和第 122 天釋放量 $127.1 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。未種植作物添加 0.5% 稻桿時，第 116 天 $\text{CH}_4$ 釋放量 $16.5 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 0.5% 稻桿和 0.8% 氧化鐵時，第 87 天 $\text{CH}_4$ 釋放量 $12.8 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。添加 2% 稻桿時，第 69 天 $\text{CH}_4$ 釋放量 $35.5 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。土壤浸水 56 天未種植作物添加 0.5% 稻桿，平均每日 $\text{CH}_4$ 釋放量 $7 \text{ mg/m}^2$ 。添加 0.5% 稻桿和 0.8% 氧化鐵平均每日 $\text{CH}_4$ 釋放量 $4.8 \text{ mg/m}^2$ ，添加 2% 稻桿平均每日 $\text{CH}_4$ 釋放量 $17 \text{ mg/m}^2$ 。土壤浸水添加 0.5% 稻桿種植水稻 56 天，平均每日 $\text{CH}_4$ 釋放量 $19 \text{ mg/m}^2$ 。添加 0.5% 稻桿和 0.8% 氧化鐵平均每日 $\text{CH}_4$ 釋放量 $27.4 \text{ mg/m}^2$ ，添加 2% 稻桿平均每日 $\text{CH}_4$ 釋放量 $62.6 \text{ mg/m}^2$ 。	林鴻淇和梁致遠，1997；楊盛行等，1997；Yang 和 Chang，1998、1999、2001a、2001b。
中興大學實驗農場	間歇性灌溉第一期作水稻田 $\text{CH}_4$ 釋放量 $8.18 \text{ g/m}^2$ ，第二期作 $\text{CH}_4$ 釋放量 $1.18 \text{ g/m}^2$ 。	王銀波和謝學武，1997、1998。
盆栽水稻 70 天	未施肥盆栽水稻 $\text{CH}_4$ 釋放量 $9,130 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $130 \text{ mg/m}^2$ 。每盒施用 $0.04 \text{ g}$ 氮豬糞 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $19,100 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $273 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.08 \text{ g}$ 氮豬糞 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $30,600 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $436 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.04 \text{ g}$ 氮雞糞 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $21,000 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $301 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.08 \text{ g}$ 氮雞糞 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $32,900 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $470 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.04 \text{ g}$ 氮牛糞 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $26,300 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $376 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.08 \text{ g}$ 氮牛糞 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $29,200 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $417 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.04 \text{ g}$ 氮化肥 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $7,880 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $112 \text{ mg/m}^2$ ；每盒施用 $0.08 \text{ g}$ 氮化肥 $\text{CH}_4$ 總釋放量 $13,000 \text{ mg/m}^2$ ，平均日釋放量 $185 \text{ mg/m}^2$ 。	譚鎮中和王銀波，2000。
彰化溪湖農家	間歇性灌溉第一期作水稻田 $\text{CH}_4$ 釋放量 $0.15 \text{ g/m}^2$ ，第二期作 $\text{CH}_4$ 釋放量 $10.45 \text{ g/m}^2$ 。91 年第一期作台梗 17 號，甲烷釋放量分蘖盛期上午 8 時 $7.01 \pm 0.94 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和下午 2 時 $16.40 \pm 3.12 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期上午 8 時 $4.83 \pm 0.64 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 和下午 2 時 $7.19 \pm 0.54 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期 $0.02 \pm 0.07 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $7.09 \pm 5.95 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。台梗 4 號，大氣甲烷濃度分蘖盛期 $2.62 \pm 0.84 \text{ ppmv}$ ，孕穗期 $2.21 \pm 0.11 \text{ ppmv}$ ，休閒期 $1.82 \pm 0.03 \text{ ppmv}$ ，平均 $2.30 \pm 0.34 \text{ ppmv}$ 。	王銀波和謝學武，1997、1998；陳顛竹等，2003。
彰化花壇農家	第二期作水稻田台梗 17 號全期 $\text{CH}_4$ 釋放量 $5.58 \text{ g/m}^2$ ，插秧期 $2.11\text{-}2.50 \text{ g/m}^2$ ，孕穗期 $1.41\text{-}2.28 \text{ g/m}^2$ ，休閒期 $0.10\text{-}0.34 \text{ g/m}^2$ 。高雄秈 2 號全期 $\text{CH}_4$ 釋放量 $5.58 \text{ g/m}^2$ ，插秧期 $2.22\text{-}2.63 \text{ g/m}^2$ ，孕穗期 $0.82\text{-}1.89 \text{ g/m}^2$ ，休閒期 $0.31\text{-}0.42 \text{ g/m}^2$ 。90 年第二期作台梗 17 號及台中秈 2 號，大氣甲烷濃度插秧期為 $1.75 \pm 0.08 \text{ ppmv}$ ，分蘖盛期 $2.23 \pm 0.15 \text{ ppmv}$ ，孕穗期 $1.91 \pm 0.15 \text{ ppmv}$ ，收穫期 $2.38 \pm 0.09 \text{ ppmv}$ ，休閒期 $2.38 \pm 0.09 \text{ ppmv}$ ，平均 $2.16 \pm 0.33 \text{ ppmv}$ 。90 年第二期作台梗 17	楊盛行和賴朝明，2001；陳顛竹等，2003。

逸散源	研究成果	出處
	號，甲烷釋放量插秧期 $45.21 \pm 15.41 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $6.99 \pm 3.80 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $0.64 \pm 0.76 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，收穫期 $0.74 \pm 0.05 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期 $2.25 \pm 0.28 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $11.17 \pm 19.21 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。台中秈 2 號甲烷釋放量插秧期 $14.00 \pm 6.14 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $4.66 \pm 5.29 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $1.21 \pm 0.38 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，收穫期 $0.34 \pm 0.13 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期 $0.08 \pm 0.58 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $4.06 \pm 5.85 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。91 年第一期作大氣甲烷濃度插秧期 $2.33 \pm 0.25 \text{ ppmv}$ ，分蘖盛期 $2.08 \pm 0.06 \text{ ppmv}$ ，孕穗期 $2.15 \pm 0.21 \text{ ppmv}$ ，休閒期 $1.89 \pm 0.05 \text{ ppmv}$ ，平均 $2.11 \pm 0.18 \text{ ppmv}$ 。台梗 17 號甲烷釋放量插秧期 $1.13 \pm 0.23 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $0.10 \pm 0.94 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $3.86 \pm 0.15 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期 $19.27 \pm 1.02 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $6.09 \pm 8.93 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。台中秈 2 號，甲烷釋放量插秧期 $0.80 \pm 0.20 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，分蘖盛期 $2.97 \pm 0.04 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，孕穗期 $1.18 \pm 0.05 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期 $6.14 \pm 0.86 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $2.77 \pm 2.44 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。	
彰化大城水稻田	91 年第一期作台中秈 2 號，大氣甲烷濃度孕穗期 $1.99 \pm 0.16 \text{ ppmv}$ ，休閒期 $1.75 \pm 0.07 \text{ ppmv}$ ，平均 $1.87 \pm 0.17 \text{ ppmv}$ 。甲烷釋放量孕穗期 $1.64 \pm 0.02 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，休閒期 $1.07 \pm 0.07 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.29 \pm 1.92 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。	陳顛竹等，2003。
宜蘭羅東分場	間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量 $2.92 \text{ g/m}^2$ ，第二期作水稻田甲烷釋放量 $24.64 \text{ g/m}^2$ 。	楊盛行等，1997、1998、1999。
嘉義農家及高雄旗山改良場	嘉義農家水稻田間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量 $3.48 \text{ g/m}^2$ ，第二期作水稻田甲烷釋放量 $10.17 \text{ g/m}^2$ 。甲烷最大釋放量 $45.3 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，甲烷平均釋出率 $10.5 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。鹿草水稻田 1998 年第一期作水稻田，間歇性灌溉時水稻生長期間，上午 6 時甲烷釋放率介於 $0.05\text{-}3.87 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，中午 12 時 $0.24\text{-}5.00 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。連續浸水時，上午 6 時水稻生長過程甲烷釋放量介於 $0.24\text{-}43.15 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，中午 12 時 $0.29\text{-}38.98 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1998 年第二期作水稻田，間歇性灌溉時水稻生長期間，上午 6 時甲烷釋放量介於 $0.16\text{-}45.59 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，中午 12 時 $0.22\text{-}91.87 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。連續浸水時，水稻生長過程上午 6 時甲烷釋放量介於 $0.21\text{-}57.98 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，中午 12 時 $0.25\text{-}74.86 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。高雄旗山改良場水稻田間歇性灌溉第一期作水稻田甲烷釋放量 $2.36 \text{ g/m}^2$ ，第二期作水稻田甲烷釋放量 $8.47 \text{ g/m}^2$ 。	張哲明等，1995；王銀波和謝學武，1997、1998；黃山內等，1998。
花蓮吉安分場	間歇性灌溉稻草移除 1994 年二期作水稻田甲烷釋放量 $0.004\text{-}0.273 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.09 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年一期作甲烷釋放量 $0\text{-}1.889 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.832 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年二期作甲烷釋放量 $0\text{-}2.45 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.809 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1996 年一期作甲烷釋放量 $0\text{-}1.993 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.494 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。稻草掩埋 1994 年二期作甲烷釋放量 $0.029\text{-}3.872 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $1.086 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年一期作水稻田甲烷釋放量 $0\text{-}2.256 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.989 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年二期作甲烷釋放 $0.189\text{-}12.252 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $2.639 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1996 年一期作甲烷釋放量 $0\text{-}4.683 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $0.961 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。	彭德昌和黃山內，1998。
花蓮富里分場	1994 年二期作水稻田施氮肥 $120 \text{ kg/ha}$ 甲烷釋放量 $0.033\text{-}38.221 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均為 $7.481 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年一期作甲烷釋放量 $0.482\text{-}8.623 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $2.571 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年二期作甲烷釋放量 $0\text{-}101.820 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $16.795 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1996 年一期作甲烷釋放量 $0.234\text{-}17.315 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $4.548 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995 年一期作施氮肥 $150 \text{ kg/ha}$ 甲烷釋放量 $0.486\text{-}13.223 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $4.029 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1996 年一期作甲烷釋放量 $0.10\text{-}28.365 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $6.851 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1994 年二期作施氮肥 $90 \text{ kg/ha}$ 甲烷釋放量 $0.015\text{-}25.827 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $4.340 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ；1995 年二期作甲烷釋放量 $0\text{-}31.322 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，平均 $8.436 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。	彭德昌和黃山內，1998。
花蓮吉安分場	間歇性灌溉 1995 年一期作水稻田稻草移除時，下午 6 時最高 $0.760 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，中午 12 時最低 $0.386 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1996 年一期作稻草移除時，中午 12 時最高 $1.933 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，下午 6 時最低為 $0 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995 年二期作水稻田稻草移除時，中午 12 時最高 $8.933 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，上午 6 時最低，只有 $0.60 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1995 年一期作水稻田稻草添加時，下午 3 時最高 $1228 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，上午 6 時最低 $189 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。1996 年一期作水稻田稻草添加時，中午 12 時最高 $1.933 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，	彭德昌和黃山內，1998。

逸散源	研究成果	出處
	下午 6 時最低為 0 mg/m <sup>2</sup> /h。1995 年二期作水稻田稻草添加時，中午 12 時最高 15.266 mg/m <sup>2</sup> /h，上午 9 時最低 1.003 mg/m <sup>2</sup> /h。	
台南區 農業改 良場	鹿草分場 1999 年第一期作水稻台中秈 10 號施用銨態氮肥上午 6 時甲烷釋放量 0.30±0.30-2.61±2.88 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.04±0.05-2.96±1.13 mg/m <sup>2</sup> /h。上午 6 時平均 0.87±0.81 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.89±0.57 mg/m <sup>2</sup> /h。台梗 8 號上午 6 時甲烷釋放量 0.09±0.02-1.05±0.32 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.00±0.00-1.39±0.52 mg/m <sup>2</sup> /h。上午 6 時平均 0.37±0.07 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.44±0.10 mg/m <sup>2</sup> /h。台中秈 10 號全季生長期間共釋放量甲烷 2.58 g/m <sup>2</sup> ，台梗 8 號則釋出 1.20 g/m <sup>2</sup> 。施用硝酸態氮肥 1999 年第一期作水稻台中秈 10 號上午 6 時甲烷釋放量 0.04±0.07-12.29±1.04 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.03±0.05-12.71±0.92 mg/m <sup>2</sup> /h。上午 6 時平均 2.68±0.38 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 2.95±0.34 mg/m <sup>2</sup> /h。台梗 8 號甲烷釋放量上午 6 時 0.05±0.00-10.03±0.74 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.00±0.03-11.10±3.57 mg/m <sup>2</sup> /h。上午 6 時平均 2.70±0.77 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 3.30±1.58 mg/m <sup>2</sup> /h。台中秈 10 號種植期間全季釋放量甲烷 8.26 g/m <sup>2</sup> ，台梗 8 號則釋放量 8.78 g/m <sup>2</sup> 。	黃山內等， 2000。
台南區 農業改 良場	1999 年鹿草分場第二期作水稻台中秈 10 號施用銨態氮肥上午 6 時甲烷釋放量 0.09±0.09-33.69±16.08 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.10±0.08-82.43±8.52 mg/m <sup>2</sup> /h。平均上午 6 時 8.88±3.54 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 14.96±3.47 mg/m <sup>2</sup> /h。台梗 8 號上午 6 時甲烷釋放量 0.02±0.04-32.57±12.61 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.04±0.05-70.00±10.38 mg/m <sup>2</sup> /h。平均上午 6 時 9.64±2.73 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 15.86±3.40 mg/m <sup>2</sup> /h。台中秈 10 號生長期間全季釋放甲烷 34.3 g/m <sup>2</sup> ，台梗 8 號則全季釋放甲烷 36.7 g/m <sup>2</sup> 。1999 年鹿草分場第二期作水稻台中秈 10 號施用硝酸態氮肥上午 6 時甲烷釋放量 0.06±0.10-32.54±6.66 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.03±0.03-64.40±18.53 mg/m <sup>2</sup> /h。上午 6 時平均 11.19±2.80 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 14.24±5.23 mg/m <sup>2</sup> /h。台梗 8 號上午 6 時甲烷釋放量 0.13±0.04-93.66±74.11 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 0.13±0.06-65.71±14.38 mg/m <sup>2</sup> /h。上午 6 時平均 18.60±11.65 mg/m <sup>2</sup> /h 和中午 12 時 22.06±7.06 mg/m <sup>2</sup> /h。台中秈 10 號全季生長期間共釋出甲烷 36.63 g/m <sup>2</sup> ，台梗 8 號則釋出 58.55 g/m <sup>2</sup> 。	黃山內等， 2000。
台南區 農業改 良場	鹿草分場 2000 年一期水稻種植 17 週在移植後 7 週，清晨 6 時在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，其最大甲烷釋放量分別為 3.99±1.29、3.79±1.07 和 3.90±0.8 mg/m <sup>2</sup> /h。在中午 12 時情形類似，最大甲烷釋放量，分別為 4.15、5.54 和 5.00 mg/m <sup>2</sup> /h。2000 年二期水稻種植 17 週在移植後 1 週，清晨 6 時在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，其最大甲烷釋放量分別為 32.8±13.4、63.7±15.7 和 137.5±39.1 mg/m <sup>2</sup> /h。其後甲烷釋放量下降，中午 12 時其情形類似，最大甲烷釋放量，分別為 28.1±4.1、62.5±5.2 和 133.1±32.5 mg/m <sup>2</sup> /h。	黃山內等， 2001。
台南區 農業改 良場	鹿草分場 2000 年一期作插秧期，清晨 6 時在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，甲烷釋放量分別為 0.02±0.03-4.13±1.48、0.11±0.03-3.79±1.07 和 0.04±0.01-5.01±4.80 mg/m <sup>2</sup> /h。中午 12 時其值分別為 0.02±0.02-3.99±1.29、0.13±0.01-3.79±1.07 和 0.04±0.02-5.38±4.28 mg/m <sup>2</sup> /h。平均甲烷釋放量分別為 1.47±0.48、1.26±0.36 和 1.76±0.51 mg/m <sup>2</sup> /h。2000 年一期作全季甲烷釋放量分別為 4.41、3.78 和 5.27 g/m <sup>2</sup> 。2000 年二期作插秧期清晨 6 時，在移除稻草處理區、稻草燃燒後掩埋區和稻草切碎並犁入土壤處理區，甲烷釋放量分別為 0.03±0.02-33.7±2.3、0.10±0.06-65.1±31.6 和 0.07±0.07-137.5±39.1 mg/m <sup>2</sup> /h。中午 12 時其值分別為 0.05±0.01-36.7±3.2、0.05±0.02-64.25±28.2 和 0.08±0.03-133.1±32.5 mg/m <sup>2</sup> /h。平均甲烷釋放量分別為 11.9±2.6、14.1±9.7 和 27.2±5.9 mg/m <sup>2</sup> /h。2000 年二期作全季甲烷釋放量分別為 32.8、38.9 和 75.1 g/m <sup>2</sup> 。	黃山內等， 2001。
南部水 稻田	鹿草水稻田 87 年第一期作連續浸水栽培時甲烷平均釋放量 16.37±9.31 mg/m <sup>2</sup> /h，間歇性灌溉時 1.75±0.96 mg/m <sup>2</sup> /h。第二期作連續浸水栽培時甲烷插秧期最高，隨生長而下降。連續浸水栽培時，第一期作甲烷平均釋放量 55.8 g/m <sup>2</sup> ，第二期作為 84.5 g/m <sup>2</sup> 。間歇性灌溉時第一期作甲烷平均釋放量 9.2 g/m <sup>2</sup> ，	黃山內等， 2003。

逸散源	研究成果	出處
台灣水稻田甲烷排放	<p>第二期作為 49.0 g/m<sup>2</sup>。1998 年 7-11 月，水稻田施用雞糞堆肥 (C/N=9.8)，甲烷釋放量最高 22.57±7.00 mg/m<sup>2</sup>/h，施用大豆粕堆肥 (C/N=7.9) 最低 15.74±5.43 mg/m<sup>2</sup>/h。1999 年 2-7 月，施用米糠堆肥 (C/N=40.0)，甲烷釋放量只有 4.58±2.68 mg/m<sup>2</sup>/h。1999 年 2-7 月，梗稻田施用硫酸銨甲烷全季釋放量 2.78 g/m<sup>2</sup>，秈稻全季釋放量 2.48 g/m<sup>2</sup>，梗稻施用 KNO<sub>3</sub> 甲烷全季釋放量 8.65 g/m<sup>2</sup>，秈稻全季釋放量 9.22 g/m<sup>2</sup>。1999 年 8-12 月，梗稻田施用硫酸銨甲烷全季釋放量 24.6 g/m<sup>2</sup>，秈稻全季釋放量 34.2 g/m<sup>2</sup>，梗稻施用 KNO<sub>3</sub> 甲烷全季釋放量 36.4 g/m<sup>2</sup>，秈稻全季釋放量 52.6 g/m<sup>2</sup>。2000 年第一期作水稻移除稻草、稻草燃燒放入和犁入稻草其甲烷釋放量分別為 4.41、3.78 和 5.27 g/m<sup>2</sup>。第二期作分別為 32.8、38.9 和 75.1 g/m<sup>2</sup>。2000 年第一期作種植稻及休耕時，全季甲烷釋放量分別為 6.15 和 1.58 g/m<sup>2</sup>。第二期作種植水稻及休耕時，全季甲烷釋放量分別為 25.3 和 2.58 g/m<sup>2</sup>。</p>	Yang 和 Chang, 2001a、2001b。
台灣水田甲烷排放量推估	<p>以八處實測值估算甲烷釋放量，1985 年第一期作釋出 19,443 ton，第二期作 42,125 ton；1986 年第一期作釋出 18,831 ton，第二期作 38,683 ton；1987 年第一期作釋出 17,890 ton，第二期作 36,235 ton；1988 年第一期作釋出 16,864 ton，第二期作 33,910 ton；1989 年第一期作釋出 17,031 ton，第二期作 34,206 ton；1990 年第一期作釋出 16,977 ton，第二期作 31,201 ton；1991 年第一期作釋出 15,934 ton，第二期作 29,644 ton；1992 年第一期作釋出 14,677 ton，第二期作 27,626 ton；1993 年第一期作釋出 14,839 ton，第二期作 26,369 ton；1994 年第一期作釋出 13,755 ton，第二期作 24,953 ton；1995 年第一期作釋出 13,163 ton，第二期作 20,980 ton；1996 年第一期作釋出 12,176 ton，第二期作 20,624 ton；1997 年第一期作釋出 13,455 ton，第二期作 20,280 ton。以 IPCC 方法估算，台灣於 1996 年第一期作水稻田甲烷排放量係數為 4.804 kg/ha/d，第二期作水稻田甲烷排放量係數為 5.584 kg/ha/d。則 1996 年水稻田甲烷排放量第一期作為 126,160 ton，第二期作為 115,028 ton。</p>	Yang 和 Chang, 2001a、2001b。
水田甲烷排放量以 IPCC 連續浸水栽培推估	<p>以台灣十處水稻田實測值，依其鄰近縣市水稻耕作面積，分別推估第一期作及第二期作甲烷排放量。1990 年第一期作甲烷排放量估算為 12,066 ton，第二期作 25,007 ton。1991 年第一期作為 11,239 ton，第二期作 23,515 ton。1992 年第一期作為 10,498 ton，第二期作 21,852 ton。1993 年第一期作為 10,400 ton，第二期作 20,780 ton。1994 年第一期作為 9,736 ton，第二期作 19,604 ton。1995 年第一期作為 8,062 ton，第二期作 17,398 ton。1996 年第一期作為 9,129 ton，第二期作 18,841 ton。1997 年第一期作為 9,871 ton，第二期作 18,773 ton。1998 年第一期作為 9,779 ton，第二期作 17,947 ton。1999 年第一期作為 9,559 ton，第二期作 17,813 ton。2000 年第一期作為 9,417 ton，第二期作 16,261 ton。</p>	楊盛行等，2003a。
台灣水田甲烷排放量以 IPCC 單一排水栽培推估	<p>以 IPCC (1997) 連續浸水栽培估算，依栽培面積，分別推估台灣第一期作及第二期作甲烷排放量。1990 年第一期作水稻甲烷排放量估算為 87,323 ton，第二期作 82,541 ton。1991 年第一期作為 81,051 ton，第二期作 78,420 ton。1992 年第一期作為 74,656 ton，第二期作 73,080 ton。1993 年第一期作為 75,482 ton，第二期作 69,757 ton。1994 年第一期作為 69,882 ton，第二期作 66,011 ton。1995 年第一期作為 60,660 ton，第二期作 56,529 ton。1996 年第一期作為 65,153 ton，第二期作 64,234 ton。1997 年第一期作為 71,998 ton，第二期作 63,162 ton。1998 年第一期作為 71,787 ton，第二期作 60,848 ton。1999 年第一期作為 70,253 ton，第二期作 60,724 ton。2000 年第一期作為 69,517 ton，第二期作 53,485 ton。</p>	楊盛行等，2003a。
台灣水田甲烷排放量以 IPCC 單一排水栽培推估	<p>以 IPCC (1997) 單一排水栽培估算，依栽培面積，分別推估第一期及第二期作甲烷排放量。1990 年第一期作水稻甲烷排放量估算為 43,662 ton，第二期作 61,906 ton。1991 年第一期作為 40,526 ton，第二期作 58,815 ton。1992 年第一期作為 37,328 ton，第二期作 54,810 ton。1993 年第一期作為 37,741 ton，第二期作 52,318 ton。1994 年第一期作為 34,941 ton，第二期作 49,508 ton。1995 年第一期作為 30,330 ton，第二期作 42,397 ton。1996 年第一期作為 32,577 ton，第二期作 48,176 ton。1997 年第一期作為 35,999 ton，第二期作 47,372 ton。1998 年第一期作為 35,894 ton，第二期作 45,636 ton。1999 年第一期作為 35,127 ton，第二期作 45,543 ton。2000 年第一期作為 34,759 ton，第二期作 40,114 ton。</p>	楊盛行等，2003a。

逸散源	研究成果	出處
台灣水田甲烷排放量以 IPCC 多次排水栽培推估	以 IPCC (1997) 多次排水栽培估算, 依栽培面積, 分別推估第一期及第二期作甲烷排放量。1990 年第一期作水稻甲烷排放量估算為 17,465 ton, 第二期作 24,762 ton。1991 年第一期作為 16,210 ton, 第二期作 23,526 ton。1992 年第一期作為 14,931 ton, 第二期作 21,924 ton。1993 年第一期作為 15,096 ton, 第二期作 20,927 ton。1994 年第一期作為 13,976 ton, 第二期作 19,803 ton。1995 年第一期作為 12,132 ton, 第二期作 16,959 ton。1996 年第一期作為 13,031 ton, 第二期作 19,270 ton。1997 年第一期作為 14,400 ton, 第二期作 18,949 ton。1998 年第一期作為 14,357 ton, 第二期作 18,254 ton。1999 年第一期作為 14,051 ton, 第二期作 18,217 ton。2000 年第一期作為 13,903 ton, 第二期作 16,046 ton。	楊盛行等, 2003a。
盆栽落花生 70 天	未施肥 CH <sub>4</sub> 釋放量-61.5-122.8 mg/m <sup>2</sup> /d, 每盆施用 0.04 g 氮之豬糞, CH <sub>4</sub> 釋放量-11.3-75.5 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.08 g 氮之豬糞, CH <sub>4</sub> 釋放量-143.4-106.5 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.04 g 氮之雞糞, CH <sub>4</sub> 釋放量-90-51.4 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.08 g 氮之雞糞, CH <sub>4</sub> 釋放量-119.2-66.0 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.04 g 氮之牛糞, CH <sub>4</sub> 釋放量-157.7-42.2 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.08 g 氮之牛糞, CH <sub>4</sub> 釋放量-222.8-94.9 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.04 g 氮之化肥, CH <sub>4</sub> 釋放量-119.0-133.7 mg/m <sup>2</sup> /d; 每盆施用 0.08 g 氮之化肥, CH <sub>4</sub> 釋放量-44.6-165.8 mg/m <sup>2</sup> /d。	譚鎮中和王銀波, 2000。
添加豬糞堆肥	土壤在 3-70 天培養過程中, CH <sub>4</sub> 釋放量 0.71-3.26 μM/kg soil/d; 添加 0.09 g-N/kg soil, CH <sub>4</sub> 釋放量 0.32-6.02 μM /kg soil/d; 添加 0.18 g-N/kg soil, CH <sub>4</sub> 釋放量 0.35-3.684 μM /kg soil/d; 添加 0.36 g-N/kg soil, CH <sub>4</sub> 釋放量 0.13-84.79 μM /kg soil/day。	譚鎮中等, 1999。
桃園	玉米田全期甲烷釋放量 0.42 g/m <sup>2</sup> , 荳類全期甲烷釋放量 0.01-0.4 g/m <sup>2</sup> , 蔬菜類全期甲烷釋放量 0.03-0.42 g/m <sup>2</sup> , 果樹園全期甲烷釋放量 0.22 g/m <sup>2</sup> 。	鍾仁賜等, 1997。
台南	紅豆田甲烷平均釋放量-0.008 mg/m <sup>2</sup> /h, 花生田甲烷平均釋放量 0.005 mg/m <sup>2</sup> /h。	王銀波和謝學武, 1997。
高雄	旗山蔬菜田甲烷平均釋放量-0.004 mg/m <sup>2</sup> /h, 旱田甲烷吸收量 21.2±1.7 g/ha/h, 長豆田甲烷平均釋放量-0.035 mg/m <sup>2</sup> /h。	王銀波和謝學武, 1997。
林場	新化林場甲烷釋放量介於-0.043-0.183 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均 0.009 mg/m <sup>2</sup> /h; 蕙蓀林場甲烷釋放量介於-0.535- -0.070 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均-0.257 mg/m <sup>2</sup> /h; 下午 2 時甲烷吸收量 0.8-1.15 mg/m <sup>2</sup> /h 和上午 6 時 0.2-1.6 mg/m <sup>2</sup> /h, 其吸收量介於 0.77-1.74 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均 1.20 mg/m <sup>2</sup> /h; 新化林場甲烷釋放量 1.0 mg/m <sup>2</sup> /h 至下午 2 時吸收量 1.3 g/m <sup>2</sup> /h 和上午 6 時吸收量 0.4-1.5 mg/m <sup>2</sup> /h, 其吸收量介於 0.07-1.45 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均 0.47 mg/m <sup>2</sup> /h。	王銀波和謝學武, 1998; 楊秋忠, 1997、1998。
塔塔加	雲杉區土壤甲烷釋放量-72.96-116.89 μg/m <sup>2</sup> /h, 鐵杉區土壤甲烷釋放量-38.94-73.45 μg/m <sup>2</sup> /h, 草原區土壤甲烷釋放量-13.31-60.12 μg/m <sup>2</sup> /h。雲杉葉子甲烷釋放量-130.14-66.55 μg/m <sup>2</sup> /h, 鐵杉葉子甲烷釋放量-323.39-34.51 μg/m <sup>2</sup> /h, 草原葉子甲烷釋放量-114.86-15.78 μg/m <sup>2</sup> /h	楊盛行和張讚昌, 1996、1997、1998; 張讚昌和楊盛行, 1998。
台灣旱作田	台南旱田 CH <sub>4</sub> 吸收量 5.50±0.22 mg/m <sup>2</sup> /h, 台灣旱田 CH <sub>4</sub> 年釋放量 274.76-288.33 ton, 蔬菜田和花卉田 CH <sub>4</sub> 年釋放量 1,317.85-1,579.64 ton。花生田施用化學肥料 CH <sub>4</sub> 釋放量-119.0-191.0 mg/m <sup>2</sup> /day, 施用畜產廢棄物 CH <sub>4</sub> 釋放量-61.5-122.8 mg/m <sup>2</sup> /day, 施用牛糞堆肥 CH <sub>4</sub> 釋放量-222.8-94.9 mg/m <sup>2</sup> /day, 施用豬糞堆肥 CH <sub>4</sub> 釋放量-143.4-106.5 mg/m <sup>2</sup> /day, 施用雞糞堆肥 CH <sub>4</sub> 釋放量-119.2-66.0 mg/m <sup>2</sup> /day。	楊盛行, 1996、1997; 王銀波和譚鎮中, 1998。
台灣果園	新化芒果園 CH <sub>4</sub> 釋放量介於-0.205-0.434 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均 0.018 mg/m <sup>2</sup> /h。下午 2 時 CH <sub>4</sub> 釋放量 1.1 mg/m <sup>2</sup> /h 至吸收量 0.3 g/m <sup>2</sup> /h 和上午 6 時釋放量 0.1 mg/m <sup>2</sup> /h 至吸收量 0.6 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均為 0.11 mg/m <sup>2</sup> /h。國姓香蕉園 CH <sub>4</sub> 釋放量介於-0.903-0.213 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均 0.083 mg/m <sup>2</sup> /h。下午 2 時 CH <sub>4</sub> 釋放量 0.2 mg/m <sup>2</sup> /h 至吸收量 0.4 g/m <sup>2</sup> /h 和上午 6 時釋放量 1.3 mg/m <sup>2</sup> /h 至吸收量 0.4 mg/m <sup>2</sup> /h, 平均為 0.12 mg/m <sup>2</sup> /h。	王銀波和謝學武, 1998。

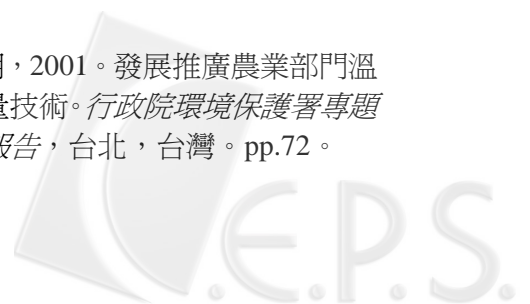


逸散源	研究成果	出處
台灣旱田甲烷釋放量推估	以台灣旱作 (包括玉米、小麥、粟、高粱、大豆、花生、common bean、紅豆、蠶豆、甘藷、茶、菸草、甘蔗、芝麻、油菜仔、香草作物和其他) 實測值, 依其鄰近縣市旱作面積, 分別推估其甲烷釋放量。1990 年旱作全年甲烷釋放量估算為 252.2 ton, 1991 年 245.8 ton, 1992 年 241.7 ton, 1993 年 237.0 ton, 1994 年 234.8 ton, 1995 年 228.2 ton, 1996 年 209.1 ton, 1997 年 191.1 ton, 1998 年 163.9 ton, 1999 年 143.5 ton 和 2000 年 137.8 ton。蔬菜田 (包括蘿蔔、胡蘿蔔、其他根類蔬菜、薑、芋頭、蔥、蔥頭、洋蔥、蒜頭、粟、韭菜、竹筍、大芥菜、甕菜、芹菜、高麗菜、包心菜、不結球白菜、蘆筍、筊白筍、其他莖類蔬菜、青花菜、百合花、越瓜、小黃瓜、冬瓜、茄子、苦瓜、蕃茄、辣椒、菜豆、荷蘭豆、毛豆、其他果類蔬菜、西瓜、香瓜、洋香瓜、西瓜仔、草莓和香菇) 實測值, 依其種植面積, 估算其甲烷釋放量。1990 年蔬菜田全年甲烷釋放量估算為 453.7 ton, 1991 年 460.2 ton, 1992 年 454.9 ton, 1993 年 444.2 ton, 1994 年 411.7 ton, 1995 年 417.1 ton, 1996 年 426.0 ton, 1997 年 434.3 ton, 1998 年 434.0 ton, 1999 年 442.5 ton 和 2000 年 426.7 ton。果園 (包括香蕉、鳳梨、柑橘、桶柑、文旦柚、斗柚、白柚、柳橙、citrus-valencies、檸檬、葡萄柚、其他橘類、龍眼、芒果、檳榔、蕃石榴、蓮霧、葡萄、枇杷、李、桃、柿、梅、荔枝、橄欖、楊桃、梨、蘋果、木瓜、棗、蕃荔枝、百香果、椰子和其他) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年果園全年甲烷釋放量估算為 96.5 ton, 1991 年 98.0 ton, 1992 年 98.0 ton, 1993 年 98.9 ton, 1994 年 98.1 ton, 1995 年 99.1 ton, 1996 年 99.7 ton, 1997 年 98.2 ton, 1998 年 98.4 ton, 1999 年 97.4 ton 和 2000 年 97.2 ton。花卉田 (包括切花、球莖、草花種子、花苗和盆花類) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年花卉田全年甲烷釋放量為 2.7 ton, 1991 年 2.9 ton, 1992 年 3.3 ton, 1993 年 3.9 ton, 1994 年 4.1 ton, 1995 年 4.2 ton, 1996 年 4.3 ton, 1997 年 4.5 ton, 1998 年 4.4 ton, 1999 年 4.7 ton 和 2000 年 4.8 ton。牧草作物 (包括燕麥、盤固拉草、狼尾草和其他) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年牧草作物全年甲烷釋放量為 4.5 ton, 1991 年 4.4 ton, 1992 年 4.6 ton, 1993 年 4.4 ton, 1994 年 4.6 ton, 1995 年 4.4 ton, 1996 年 4.2 ton, 1997 年 4.1 ton, 1998 年 3.9 ton, 1999 年 3.8 ton 和 2000 年 3.8 ton。綠肥作物 (包括大菜、田菁、大豆、豌豆、紫雲英、富貴豆、太陽麻、油菜、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆、其他單播和或混播) 實測值, 依其種植面積, 估算甲烷釋放量。1990 年綠肥作物全年甲烷釋放量為 3.3 ton, 1991 年 5.0 ton, 1992 年 10.4 ton, 1993 年 12.0 ton, 1994 年 17.8 ton, 1995 年 17.3 ton, 1996 年 19.6 ton, 1997 年 23.6 ton, 1998 年 34.0 ton, 1999 年 45.2 ton 和 2000 年 51.5 ton。	楊盛行等, 2003a。

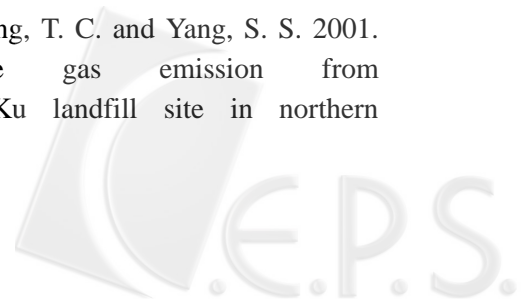
## 參考文獻

- 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。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系, 台北, 台灣。
- 王銀波、謝學武, 1998。台灣中南部坡地果園與森林土壤甲烷釋放及其影響因子。《台灣地區大氣環境變遷》(三) (呂世宗、柳中明、楊盛行編), pp.34-53。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系, 台北, 台灣。
- 呂世宗、柳中明、楊盛行, 1997。《台灣地區大氣環境變遷》。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系, 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)。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系, 台北, 台灣。pp. 322。
- 林鴻淇、梁致遠, 1997。栽培耕作制度對碳通量之影響。《台灣地區大氣環境變遷》(呂世宗、柳中明、楊盛行編), pp.60-78。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系, 台北, 台灣。

- 黃山內、劉瑞美、李孫榮，1999。台灣南部水稻田之甲烷釋放與減量對策。*溫室氣體通量測定及減量對策*，楊盛行編，pp.74-83。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，台北，台灣。
- 黃山內、劉瑞美、林經偉，2000。台灣南部水稻田之甲烷釋放與減量對策 (II)。*溫室氣體通量測定及減量對策 (II)* (楊盛行編)，pp. 80-94。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。
- 黃山內、劉瑞美、林經偉、陳世雄、陳文雄，2003。台灣南部水稻田之甲烷排放量及減量對策研究。*溫室氣體通量測定及減量對策(II)* (楊盛行編)，pp.135-150。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。
- 陳顛竹、賴朝明、楊盛行，2003。水稻田甲烷及二氧化碳排放量測及減量對策。*溫室氣體通量測定及減量對策 (IV)*，楊盛行編，pp.59-72。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。
- 郭坤土，1997。台灣地區溫室氣體含量及通量之測定。*台灣地區大氣環境變遷* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，p.142。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，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.7-23。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，台北，台灣。
- 彭德昌、黃山內，1998。台灣東部水田土壤甲烷氣體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.314-332。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，台北，台灣。
- 楊秋忠，1997。果園及森林土壤對溫室效應氣體之釋放及吸收研究。*台灣地區大氣環境變遷*，呂世宗、柳中明、楊盛行編，pp. 122-141。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，台北，台灣。
- 楊秋忠、劉智文，1998。台灣中部及南部溫室效應氣體釋放及控制的環境因子之研究。*台灣地區大氣環境變遷* (三) (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.54-69。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，台北，台灣。
- 楊盛行，1995。*氣候變遷與農業生產*。中國農業化學會及行政院農業委員會，台北，台灣。pp.319。
- 楊盛行，1999。*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、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。pp.220。
- 楊盛行，2000a。*溫室氣體通量測定及減量對策 (II)*。*溫室氣體通量測定及減量對策 (II)*，楊盛行編，pp.1-43。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。
- 楊盛行，2000b。*溫室氣體通量測定及減量對策 (II)*。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。pp. 233。
- 楊盛行，2001。*溫室氣體通量測定及減量對策 (III)*。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。pp. 239。
- 楊盛行，2003。*溫室氣體通量測定及減量對策 (IV)*。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. 250。
- 楊盛行、張綉蘭、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* (呂世宗、柳中明、楊盛行編)，pp.7-8。國立台灣大學全球變遷中心和農業化學系，台北，台灣。
- 楊盛行、賴朝明，2001。發展推廣農業部門溫室氣體減量技術。*行政院環境保護署專題計畫成果報告*，台北，台灣。pp.72。



- 楊盛行、張讚昌，2000。以氣態 FTIR 分光儀測定濕地及掩埋場之溫室氣體排放。*溫室氣體通量測定及減量對策 (II)* (楊盛行編)，pp. 57-71。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。
- 蔡養正，1999。水田轉作對甲烷釋放及減量對策之研究。*溫室氣體通量測定及減量對策*，(楊盛行編)，pp.194-203。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。
- 譚鎮中、王銀波，2000。畜產廢棄物堆積及施用之甲烷釋放及減量對策。*溫室氣體通量測定及減量對策 (II)* (楊盛行編)，pp. 95-109。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。
- 譚鎮中、吳正宗、謝學武、王銀波，1999。畜產廢棄物堆積及施用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.84-97。國立台灣大學全球變遷中心、農業化學系和農業陳列館，台北，台灣。
- Cicerone, R. J. and Oremland, R. S. 1988. Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biochem. Cycles* 2: 299-327.
- Chang, H. L. and Yang, S. S. 1997. Measurement of methane emission from soil. *J. Agric. Chem. Soc.* 35: 475-484.
- 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. Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Chang, T. C. and Yang, S. S. 1996. Methane emission of wetlands in northern Taiwan. *Abstracts of the 34th Annual Meeting of the Chinese Agricultural Chemical Society*. Taipei, Taiwan. p. 92.
- Chang, T. C. and Yang, S. S. 1998. Methane emission from paddy fields, wetlands and forest soils in northern Taiwan. In: *Change of Atmospheric Environments in Taiwan Area (III)*. Ed. by Lu, S. C., Liu, C. M. and Yang, S. S., pp. 7-23. Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- 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. Global Change Research Center, Department of Agricultural Chemistry and Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- 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. Global Change Research Center, Department of Agricultural Chemistry and Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Chang, T. C. and Yang, S. S. 2003. Methane emission from wetlands in northern Taiwan. *Atmospheric Environment* 37: 4551-4558.
- 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.
- Hansen, J., Lacis, A. and Prather, M. 1989. Greenhouse effect of chlorofluorocarbons and other trace gases. *J. Geophys. Res.* 94: 16417-16421.
- Hedge, U., Chang, T. C. and Yang, S. S. 2001. Greenhouse gas emission 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, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Hedge, U., Chang, T. C. and Yang, S. S. 2003. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere* 52: 1275-1285.
- Houghton, J. J., Jenkins, G. J. and Ephraums, J. J. 1990. *Climate Change. The IPCC Scientific Assessment*. United Nations Environmental Programme/World Meteorological Organization, Cambridge University Press, New York. pp. 364.
- 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*. Volume 2. OECD, Paris, France.
- Inubushi, K. and Umebayashi, M. 1992. Current overview of global environmental issues. *Report of the Environmental Science* 16: 77-87.
- Luo, Y. C., Jang, H. D., Chang, E. H. and Yang, S. S. 1997. Measurement of greenhouse gas by gas-type FTIR/GC methods. In: *Greenhouse Effect and Energy Development*. Ed. by Lin, H. C. and Yang, S. S., pp. 18-32. The Biomass Energy Society of China. Taipei, Taiwan.
- Ramanathan, V., Cicerone, R. J., Singh, H. B. and Kiehl, J. T. 1985. Trace gas trends and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.* 90: 5547-5566.
- 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). IPCC Supplement*. pp. 29-42. Cambridge University Press, New York.
- Yang, S. S. 1996. Estimate greenhouse gases emission in Taiwan. *Proceedings of the Symposium of the Database of Greenhouse Gases in Taiwan*. pp. 2-18. Global Change Research Center, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Yang, S. S. 1997. Methane emission from agriculture in Taiwan area. *Abstract of the 2nd International Conference of Environmental Geochemistry and Health in Tropics*. p. 16. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 1998. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 76: 75-84.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 1999. Diurnal variation of methane emission from paddy fields at different growth stages of rice cultivation in Taiwan. *Agric. Ecosyst. Environ.* 76: 75-84.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 2001a. Effect of green manure amendment and flooding on methane emission from paddy fields. *Chemosphere: Global Change Science* 3: 41-49.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 2001b. Methane emission from paddy fields in Taiwan. *Biol. Fert. Soils* 33: 157-165.
- Yang, S. S. and Hegde, U. 2001. Greenhouse gas production during anaerobic digestion of municipal solid waste. In: *Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (III)*. pp. 57-67. Ed. by Yang, S. S. Global Change Research Center, Department of Agricultural Chemistry and Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

University, Taipei, Taiwan.

Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M. and Liu, Y. L. 2003a. Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990-2000 in Taiwan. *Chemosphere* 52: 1295-1305.

Yang, S. S., Liu, C. M. and Liu, Y. L. 2001. Estimation of methane and nitrous oxide

emission from animal husbandry industry on Taiwan. *J. Agric. Assoc. China* 2: 450-463.

Yang, S. S., Liu, C. M. and Liu, Y. L. 2003b. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990-2000. *Chemosphere* 52: 1381-1388.