

# 第七章

## 廢棄物部門 (CRT Sector 5)

7.1 部門概述

7.2 固體廢棄物處理 (5.A)

7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B)

7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

7.5 廢水處理與放流 (5.D)

7.6 參考文獻

## 第七章 廢棄物部門 (CRT Sector 5)

### 7.1 部門概述

依據 2006 IPCC 國家溫室氣體排放清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南)，我國廢棄物部門溫室氣體排放源範疇，包括 5.A「固體廢棄物處理」、5.B「固體廢棄物之生物處理」、5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」、5.D「廢水處理與放流」及 5.E「其他」，為廢棄物管理衍生之溫室氣體排放，如表 7.1.1 所示。主要計算規定如下：

1. 屬生物成因 (Biogenic Origin) 之二氧化碳不納入計算，因廢棄物在生物界中本身會被細菌分解成二氧化碳，如：掩埋場廢棄物分解及廢水處理廠好氧處理所產生之二氧化碳。
2. 依據 2006 IPCC 指南規範，凡涉及能源部門之內容，如掩埋場回收沼氣進行發電及大型焚化爐焚化發電，此部分屬燃料燃燒能源利用，其溫室氣體排放應列於能源部門，避免重複計算。
3. 依據 2019 年對 2006 年 IPCC 國家溫室氣體清冊指南之精進版 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2019 IPCC 精進指南)，污水處理必須考量移除污泥量、更新開放水體排放係數及新增排入開放水體排放之計算方式。

4. 溫室氣體當量換算，依據 UNFCCC 締約方第 27 次會議之決議，於 2024 年起修正改為參採 IPCC 第 5 次評估報告 (AR5) 之溫暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 計算，即甲烷為 28 倍二氧化碳，氧化亞氮為 265 倍二氧化碳。

另依據 IPCC 針對各方法學所提出之方法學使用層級，可分為 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1)、方法 2(Tier 2) 及方法 3(Tier 3) 等三類，相關採用原則如表 7.1.2 所示。另根據每年排放量統計結果，按 2006 IPCC 指南建議，進行定量與定性之不確定性分析，以提升清冊的正確度。

今年廢棄物部門依照 2006 IPCC 指南以及 2019 IPCC 精進指南，事業廢水中有機碳，主要來自生物成因，這些生物成因的二氧化碳，被視為短期生物循環 (Biogenic Carbon Cycle)，其不涉及從地質圈轉移至大氣，這些中性碳 (carbon-neutral) 對氣候變遷沒有直接影響，故不計入國家溫室氣體排放清冊。依 2006 IPCC 指南「事業廢水處理與放流」不產生二氧化碳排放，因此於 2025 年廢棄物部門清冊精進刪除事業盤查資料中所產生的二氧化碳排放。

1990 年至 2023 年廢棄物部門溫室氣體排放量與不確定性分析結果，如表 7.1.3 與表 7.1.4 所示。根據歷年排放趨勢顯示，2001 年為廢棄物部門排放量最高年度，達 13,789 千公噸二氧化碳當量。其主要原因為 1990 年以來廢棄物掩埋處理排放量逐年增加，另焚化處理排放亦大幅上升所致。隨著廢棄物處理政策轉變，由過去以掩埋為主，逐步導向資源回收再利用及焚化為主軸的策略，自 1999 年起掩埋處理排放量逐年下降，進而帶動整體部門排放量逐步減少。自 2016 年起，廢棄物部門之主要排放來源亦由掩埋及焚化轉為以廢水處理與放流為主。

表 7.1.1 廢棄物部門排放源分類

排放源		範疇定義	排放氣體
5.A	固體廢棄物處理	固體廢棄物掩埋場中之有機物質於厭氧狀態下經微生物分解而產生甲烷。	甲烷
	5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	妥善管理之廢棄物掩埋場必須具備受控制的廢棄物放置地點，且包含以下其中一種：覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物整平等措施。	甲烷
	5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	不屬於以上妥善管理之廢棄物掩埋場之其他形式廢棄物掩埋場。	甲烷
	5.A.3 未分類之廢棄物處理廠址	其他廢棄物掩埋場。	無
5.B	固體廢棄物之生物處理	廢棄物堆肥與其他生物處理；沼氣發電設施的排放，應列於能源部門 (1.A.4) 下。	甲烷、氧化亞氮
5.C	廢棄物之焚化與露天燃燒	1. 廢棄物焚化，但不包括廢棄物發電設備。 2. 廢棄物燃燒發電所產生之排放應列於能源部門 (1.A)。 3. 而農作物、森林與草地等燃燒，所產生的排放應列於農業部門 (3.C)。	二氧化碳、氧化亞氮
	5.C.1 廢棄物焚化	於可控制之焚化設施中燃燒的固體廢棄物。	二氧化碳、氧化亞氮
	5.C.2 廢棄物露天燃燒	露天或露天垃圾場中的廢棄物燃燒。	無
5.D	廢水處理與放流	1. 污 (廢) 水處理過程中，有機物及總氮等經細菌厭氧分解而產生甲烷與氧化亞氮。 2. 氧化亞氮亦可能由污水處理與人類的排泄物所釋出。	甲烷、氧化亞氮
	5.D.1 生活污水處理與放流	1. 住宅與商業來源之污水與污泥處理 (包括人體排泄物) 透過污水收集與處理、露天廁所、污水池或逕流釋放。 2. 由人體排泄物排放至環境水體過程中產生之氧化亞氮亦包含於此類別。	甲烷、氧化亞氮
	5.D.2 事業廢水處理與放流	1. 來自於工業製程之廢水及污泥處理，因經厭氧處理及好氧硝化作用產生甲烷及氧化亞氮。 2. 此類別可能包括廢水收集與處理、廢水池或未處理直接排放出去的廢水。 3. 排放到市鎮污水系統的事業廢水，應納入 5.D.1 下。	甲烷、氧化亞氮
5.E	其他	其他廢棄物處理活動所釋放出之溫室氣體；如生物醫療廢棄物、有害事業廢棄物與農業廢棄物等。	無

表 7.1.2 廢棄物部門所使用方法學

溫室氣體排放源分類	二氧化碳		甲烷		氧化亞氮	
	方法學	排放係數	方法學	排放係數	方法學	排放係數
5.A 固體廢棄物處理	NE	NE	T2	T2	NE	NE
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	NE	NE	T2	T2	NE	NE
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	NE	NE	T2	T2	NE	NE
5.B 固體廢棄物之生物處理	NE	NE	T1	T1	T1	T1
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	T1	T2	NE	NE	T1	T1
5.C.1 廢棄物焚化	T1	T2	NE	NE	T1	T1
5.C.2 廢棄物露天燃燒	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.D 廢水處理與放流	NE	NE	T3/T2/T1	T3/T2/T1	T3/T1	T3/T1
5.D.1 生活污水處理與放流	NE	NE	T3/T2	T3/T2/T1	T1	T1
5.D.2 事業廢水處理與放流	NE	NE	T1	T1	T3	T3

備註：各式符號係指我國該分類採用 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1, T1)；2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2, T2)；2006 IPCC 指南方法 3(Tier 3, T3)；NE(未估計)指對現有排放量和移除量未調查估計；灰底為指南未建議納入統計該氣體。

表 7.1.3 1990 年至 2023 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
5 廢棄物部門	8,694	8,858	9,415	10,444	11,430	13,424	13,703	12,616	13,170	12,865	12,599	13,789
5.A 固體廢棄物處理	7,102	7,206	7,431	8,492	9,252	10,112	10,231	10,496	10,962	10,958	10,310	9,655
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	5,171	5,247	5,413	6,281	6,882	7,642	7,670	7,906	8,385	8,538	8,197	7,722
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	1,931	1,959	2,018	2,211	2,370	2,470	2,561	2,590	2,577	2,420	2,113	1,934
5.B 固體廢棄物之生物處理	22	1.0	1.5	0.9	0.3	1.2	0.5	3	0.1	4	0.5	0.04
5.B.1 堆肥處理	22	1.0	1.5	0.9	0.3	1.2	0.5	3	0.1	4	0.5	0.04
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	95	35	312	305	505	1,591	1,669	333	496	283	698	2,624
5.C.1 廢棄物焚化	95	35	312	305	505	1,591	1,669	333	496	283	698	2,624
5.D 廢水處理與放流	1,476	1,616	1,671	1,647	1,673	1,719	1,803	1,784	1,712	1,621	1,590	1,510
5.D.1 生活污水處理與放流	1,116	1,124	1,139	1,156	1,164	1,177	1,184	1,198	1,177	1,124	1,073	1,052
5.D.2 事業廢水處理與放流	360	492	531	490	509	542	619	586	534	497	517	458
溫室氣體排放源	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5 廢棄物部門	12,810	11,829	11,050	9,109	8,434	7,719	6,836	5,948	5,421	4,943	4,447	4,127
5.A 固體廢棄物處理	8,976	8,192	7,482	6,786	6,066	5,349	4,644	3,942	3,347	2,862	2,432	2,054
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	7,250	6,686	6,187	5,678	5,124	4,552	3,965	3,370	2,866	2,455	2,089	1,766
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	1,726	1,506	1,295	1,108	942	797	678	572	482	407	343	289
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.7	4	13	19	22	28	32	34	40	50	47	43
5.B.1 堆肥處理	0.7	4	13	19	22	28	32	34	40	50	47	43
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	2,299	2,086	2,017	784	857	845	740	710	754	678	665	825
5.C.1 廢棄物焚化	2,299	2,086	2,017	784	857	845	740	710	754	678	665	825
5.D 廢水處理與放流	1,534	1,546	1,538	1,521	1,490	1,496	1,421	1,262	1,280	1,353	1,303	1,204
5.D.1 生活污水處理與放流	1,039	1,032	993	962	914	882	843	813	798	768	733	705
5.D.2 事業廢水處理與放流	495	515	546	559	576	615	578	449	482	584	570	499
溫室氣體排放源	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
5 廢棄物部門	3,664	3,308	3,420	3,208	2,869	2,785	2,753	2,835	2,700	2,546		
5.A 固體廢棄物處理	1,736	1,469	1,252	1,080	937	837	769	694	663	612		
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	1,493	1,264	1,079	920	783	680	605	529	503	469		
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	243	205	173	160	155	157	165	165	160	143		
5.B 固體廢棄物之生物處理	39	38	38	39	44	47	50	51	47	45		
5.B.1 堆肥處理	39	38	38	39	44	47	50	51	47	45		
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	743	503	595	619	645	710	806	918	941	902		
5.C.1 廢棄物焚化	743	503	595	619	645	710	806	918	941	902		
5.D 廢水處理與放流	1,145	1,298	1,535	1,470	1,243	1,191	1,128	1,172	1,048	987		
5.D.1 生活污水處理與放流	688	674	636	611	589	535	513	482	455	432		
5.D.2 事業廢水處理與放流	458	624	899	859	654	656	615	690	593	555		



表 7.1.4 2023 年廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性

IPCC 分類		溫室氣體	排放量 ( 千公噸二氧化碳當量 )	不確定性 (%)
5.A. 固體廢棄物處理	5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	甲烷	469	33.34
	5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	甲烷	143	39.05
5.B. 固體廢棄物之生物處理	5.B.1 堆肥處理	甲烷	26	22.36
		氧化亞氮	19	22.36
5.C. 廢棄物之焚化與露天燃燒	5.C.1 廢棄物焚化	二氧化碳	893	20.28
		氧化亞氮	9	17.18
5.D. 廢水處理與放流	5.D.1 生活污水處理與放流	甲烷	355	43.51
		氧化亞氮	77	35.89
	5.D.2 事業廢水處理與放流	甲烷	553	38.28
		氧化亞氮	3	21.16
廢棄物部門			2,546	14.15

2023 年廢棄物部門排放量為 2,546 千公噸二氧化碳當量，較 1990 年與 2005 年分別減少 70.72% 與 72.05%，相較 2022 年則減少 5.71%。2023 年廢棄物部門各排放源之溫室氣體排放（如圖 7.1.1），以廢水處理與放流排放量 987 千公噸二氧化碳當量最高（占 38.78%）；其次依序為廢棄物焚化排放量 902 千公噸二氧化碳當量（占 35.44%）、固體廢棄物處理排放量 612 千公噸二氧化碳當量（占 24.03%），以及堆肥處理排放量 45 千公噸二氧化碳當量（占 1.75%）。而廢水處理與放流可分為事業廢水與生活污水，其中事業廢水處理與放流排放量 555 千公噸二氧化碳當量（占 21.81%），生活污水處理與放流排放量 432 千公噸二氧化碳當量（占 16.97%），各類排放源溫室氣體排放量變化趨勢如圖 7.1.3 所示。

廢棄物部門排放之溫室氣體，主要以甲烷為最大宗（如圖 7.1.2），2023 年之排放量為 1,546 千公噸二氧化碳當

量（60.72%），其次為二氧化碳 893 千公噸二氧化碳當量（35.07%）及氧化亞氮 107 千公噸二氧化碳當量（4.21%），有關各種溫室氣體排放量趨勢如圖 7.1.4 所示。

依據 2006 IPCC 指南之不確定性採用原則，以及運用誤差傳播法（高斯法），來獲得各排放源活動數據與排放係數的不確定性，以計算各排放源的不確定性數值，並依排放源不確定性整合方法，評估整體廢棄物部門的不確定性。

廢棄物部門清冊係參考 2013 年至 2014 年各排放源計算參數資料，並依據實地訪查各類處理廠／場（掩埋場、堆肥場、焚化廠及污廢水處理廠）處理量等活動數據量測記錄操作、管理執行過程與紀錄，及環境部於 2015 年 11 月 30 日舉辦之廢棄物部門溫室氣體排放不確定性專家諮詢會議之結論，計算各排放源之排放量與不確定性，再依公式 7.2.1.4 得廢棄物部門整體之溫室氣體排放量不確定性，結果如表 7.1.4 所示。

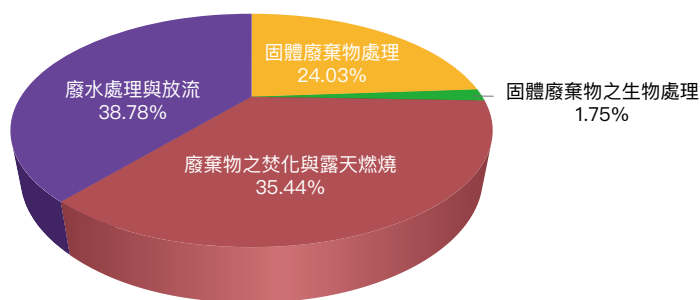


圖 7.1.1 2023 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放占比

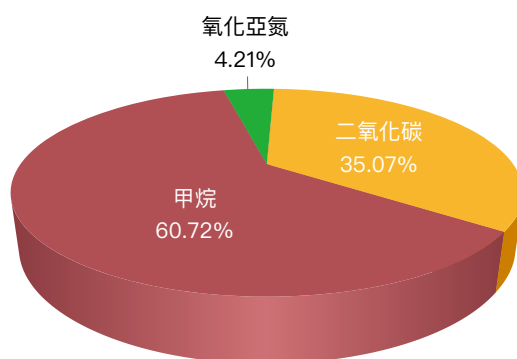


圖 7.1.2 2023 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量占比

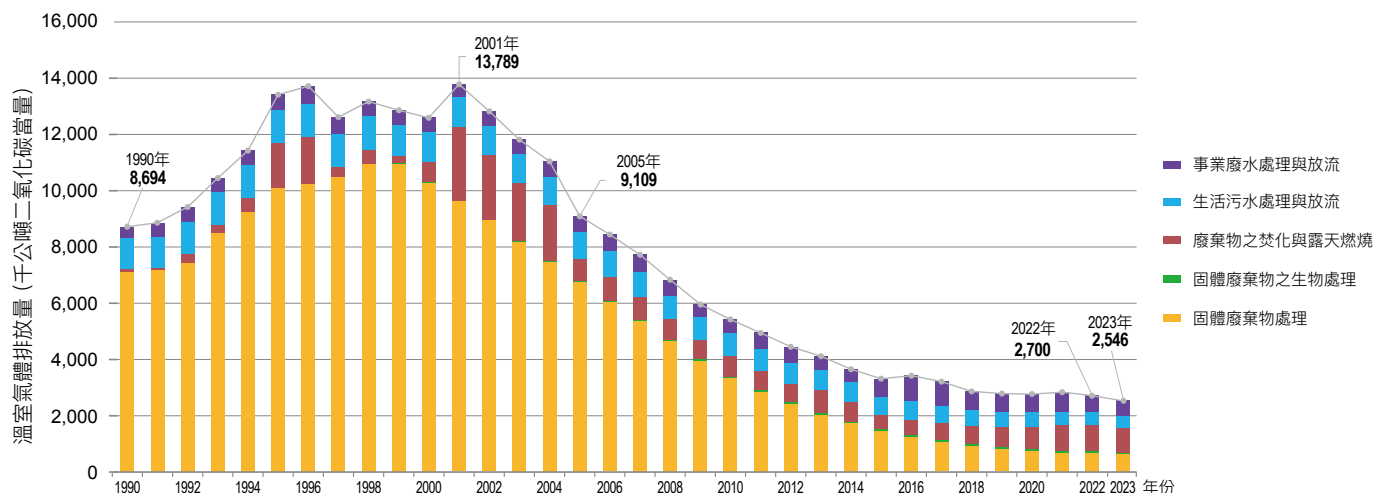


圖 7.1.3 1990 年至 2023 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量趨勢

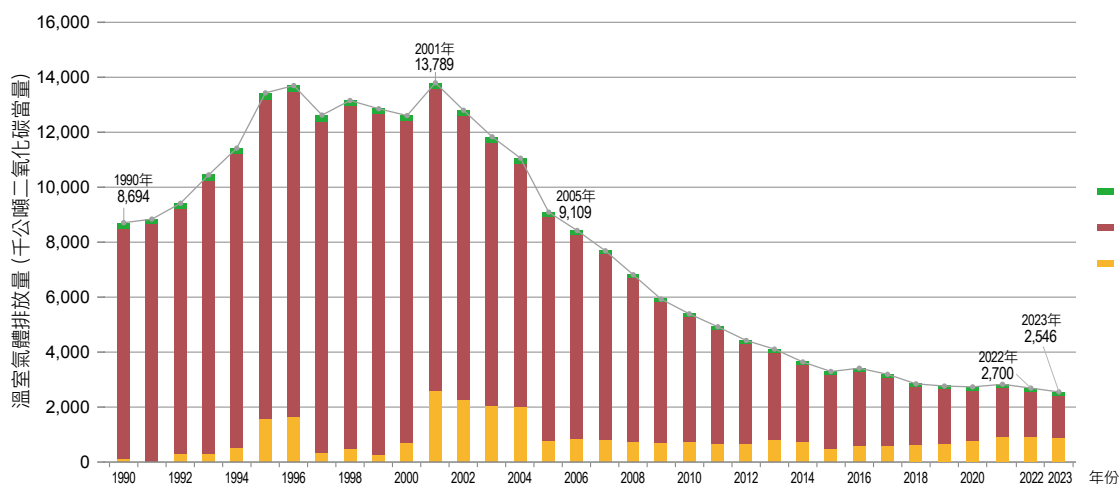


圖 7.1.4 1990 年至 2023 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量趨勢

綜合評估掩埋處理、生物處理、焚化處理及污廢水處理等各排放源的溫室氣體排放不確定性，估算結果顯示 2023 年廢棄物部門整體不確定性從 2022 年 14.28% 下降至 2023 年之 14.15%。

## 7.2 固體廢棄物處理 (5.A)

依據 2006 IPCC 指南定義，廢棄物掩埋場可分為「妥善管理」、「未妥善管理」及「未分類」等三類。我國的衛生掩埋場屬於「妥善管理（即有管理）」之掩埋場；而一般掩埋場則屬於「未妥善管理（即未管理）」之掩埋場，可包含一般掩埋、堆置及其他之陸上垃圾處理場。此外，2006 IPCC 指南定義「未分類」為其他廢棄物掩埋場，我國並無符合此定義之廢棄物掩埋場，故無此部分排放。以下分別就 5.A.1「妥善管理之廢棄物掩埋場」及 5.A.2「未妥善管理之廢棄物掩埋場」的溫室氣體排放分述其內容。1990 年至 2023 年固體廢棄物處理溫室氣體排放量如表 7.2.1。

2023 年妥善管理排放占比為 76.61%，未妥善管理排放占比為 23.39%，2023 年固體廢棄物處理溫室氣體排放量相較 2022 年減少 7.74%，相較 2005 年減少 90.98%，相較 1990 年減少 91.38%。

### 7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.1)

#### 1. 排放源及匯分類的描述

妥善管理之廢棄物掩埋場必須具備受處理控制的廢棄物放置地點，其中處理方法包括覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物整平等。

妥善管理之廢棄物掩埋場可能產生的溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷。2006 IPCC 指南說明二氧化碳排放為生物自然產生，且氧化亞氮在此排放源排放量微乎其微，故不計算此二種溫室氣體，僅計算掩埋所產生之甲烷排放。

表 7.2.1 1990 年至 2023 年固體廢棄物處理總溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源與吸收匯	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
5.A 固體廢棄物處理	7,102	7,206	7,431	8,492	9,252	10,112	10,231	10,496	10,962	10,958	10,310	9,655
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	5,171	5,247	5,413	6,281	6,882	7,642	7,670	7,906	8,385	8,538	8,197	7,722
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	1,931	1,959	2,018	2,211	2,370	2,470	2,561	2,590	2,577	2,420	2,113	1,934
溫室氣體排放源與吸收匯	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5.A 固體廢棄物處理	8,976	8,192	7,482	6,786	6,066	5,349	4,644	3,942	3,347	2,862	2,432	2,054
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	7,250	6,686	6,187	5,678	5,124	4,552	3,965	3,370	2,866	2,455	2,089	1,766
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	1,726	1,506	1,295	1,108	942	797	678	572	482	407	343	289
溫室氣體排放源與吸收匯	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
5.A 固體廢棄物處理	1,736	1,469	1,252	1,080	937	837	769	694	663	612		
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	1,493	1,264	1,079	920	783	680	605	529	503	469		
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	243	205	173	160	155	157	165	165	160	143		

備註：妥善管理之固體廢棄物處理採用環境部中華民國環境統計年報之衛生掩埋量，未妥善管理之固體廢棄物處理採用環境部中華民國環境統計年報之一般掩埋量與期末一般廢棄物暫存量進行統計。

## 2. 方法論議題

### (1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南統計方法，掩埋場甲烷產生量應採用一階衰減法計算，並須延長 50 年統計年限，亦即計算回溯至 1950 年來進行統計分析。由於我國並未統計 1990 年前之掩埋量資料，故根據 2006 IPCC 指南統計方法，可依人口量與垃圾量之比例換算。有關計算程序說明如下：

A. 1950 年至 1989 年之人口量以 1% 成長率推估，據此人口數量推估掩埋量，並以 1990 年之垃圾組成成分做為 1950 年至 1989 年之垃圾組成。

B. 依據一階衰減法計算 1950 年至 1990 年之累積可分解有機碳含量 (Degradable Organic Carbon, DOC)。

C. 以 1990 年計算累積 DOC 量結果，做為 1990 年後之累積 DOC 量計算基準，再依據環境部中華民國環境統計年報實際掩埋垃圾量與組成，以一階衰減法計算 1990 年至 2023 年甲烷排放量。

廢棄物掩埋產生甲烷的計算公式，如公式 7.2.1.1 所示，主要定義「每年分解的 DOC 量 (DDOCm decomp<sub>T</sub>)」參數，此參數則以一階衰減法估算，詳如公式 7.2.1.2 所示。在使用一階衰減法計算分解之 DDOCm 時，2006 IPCC 指南表示至少需計算 50 年的處置資料，該計算時限為大部分通用處置作法和條件，提供一個可接受的精確結果，如果選擇更短的時限，則應證明沒有明顯低估排放。計算公式如下：

公式 7.2.1.1：

甲烷排放量 (Gg/yr)

$$= (\text{DDOCm decomp}_T \times F \times 16/12 - R) \times (1 - \text{OX})$$

DDOCm decomp<sub>T</sub> = 第 T 年分解之 DDOCm (Gg/yr)

F：掩埋場產氣中甲烷之比例 (預設為 0.5、體積比)

16/12：分子量比例 (CH<sub>4</sub>/C)

R：甲烷回收量 (Gg/yr)

OX：氧化係數 (預設值為 0.1)

$$\text{垃圾可分解 DOC 量 (DDOCm)} = W \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F$$

W = 廢棄物掩埋量 (mass of waste deposited) (Gg/yr)

MCF：甲烷修正係數 (CH<sub>4</sub> correction factor for aerobic decomposition)

DOC：可分解有機碳含量 (比例) (Degradable Organic Carbon)

DOC<sub>F</sub>：DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decompose)

公式 7.2.1.2：

$$\text{DDOCma}_T = \text{DDOCmd}_T + (\text{DDOCma}_{T-1} \times e^{-k})$$

$$\text{DDOCm decomp}_T = \text{DDOCma}_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

T：年份

DDOCma<sub>T</sub>：第 T 年末累積之 DDOCm (Gg/yr)

DDOCma<sub>T-1</sub>：第 (T-1) 年末累積之 DDOCm (Gg/yr)

DDOCmd<sub>T</sub>：第 T 當年沉積之 DDOCm (Gg/yr)

DDOCm decomp<sub>T</sub>：第 T 年分解之 DDOCm (Gg/yr)

k = 反應常數

$$k = \left\{ \frac{(\sum \text{各成分預設} k \text{ 值} \times \text{該年度垃圾成分占比})}{(\text{各類成分組成})} \times \text{處置 DOC 量} \right\} \\ + \frac{(t-1) \text{ 年} k \text{ 值} \times (t-1) \text{ 年累積 DOC 量}}{(\text{處置 DOC 量} + (t-1) \text{ 年累積 DOC 量})}$$

t = 計算該年 (yr)

### (2) 排放係數

公式 7.2.1.1 與公式 7.2.1.2 的各項計算參數說明如下：

A. F：掩埋場產氣中甲烷之比例 (Fraction of methane in generated landfill gas)

多數掩埋場沼氣中甲烷的比例接近 50%，2006 IPCC 指南預設值為 0.5。1999 年以前採用 IPCC 預設值 0.5，2000 年以後根據國內山豬窟、福德坑、文山、西青埔四處沼氣發電掩埋場，其歷年沼氣組成分析結果，採用本土係數調查結果 0.471。

#### B. R：甲烷回收量 (Methane recovery)

本參數係依據「國內一般廢棄物掩埋場降低溫室氣體排放獎勵金暨環境效益統計」之實際甲烷回收量。

#### C. MCF：甲烷修正係數 (Methane Correction Factor)

如表 7.2.2 所示，2006 IPCC 指南列出掩埋場型式與其對應之 MCF，並說明各種掩埋場型式之處理情形，及定義未分類者之 MCF 引用條件。依據 2006 IPCC 指南，預設妥善管理廢棄物掩埋場之甲烷修正係數值 (MCF) 為 1.0。

#### D. DOC：可分解有機碳含量 (比例) (Degradable Organic Carbon)

表 7.2.3 為 2006 IPCC 指南提供之各種廢棄物可分解有機碳含量及礦物碳占總碳之比例，可分解有機碳含量可做為生物處理 (如掩埋及堆肥) 等計算甲烷排放之參數，礦物碳則可做為焚化處理計算二氧化碳排放之參數。由本國之垃圾

組成並引用 2006 IPCC 指南所列各類垃圾的建議 DOC 值 (表 7.2.3)，以計算各年度廢棄物的 DOC 值。

#### E. DOC<sub>F</sub>：DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decomposes)

依據 2019 IPCC 精進指南所提供之各類垃圾建議的 DOC<sub>F</sub> 值，如表 7.2.4，並利用環境部中華民國環境統計年報之垃圾組成，如表 7.2.8，以計算各年度整體廢棄物的 DOC<sub>F</sub> 值。

#### F. OX：氧化係數 (Oxidation factor)

氧化係數反映廢棄物在土壤或覆蓋層材料裡，甲烷被氧化的比例。2006 IPCC 指南建議有覆蓋甲烷氧化材料且管理完善的掩埋場，使用氧化係數值 0.1 (表 7.2.5)。由於衛生掩埋規定皆須進行覆土，因此會有部分甲烷氧化成二氧化碳，故採用氧化係數 0.1 計算。

表 7.2.2 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數 (MCF)

掩埋場型式	甲烷修正係數預設值
管理 – 厭氧 <sup>1</sup>	1.0
管理 – 準好氧 <sup>2</sup>	0.5
未管理 – 深 (深層掩埋 ≥ 5 公尺) 和 (或) 地下水位高 <sup>3</sup>	0.8
未管理 – 淺 (淺層掩埋 < 5 公尺) <sup>4</sup>	0.4
未分類之掩埋場 <sup>5</sup>	0.6

1. 厭氧管理固體廢棄物處置場所：這些必須已控制廢棄物放置 (即，將廢棄物指定到特定處置區域，一定程度的淨化控制和一定程度的火災控制)，並至少要包括如下其中一個：(i) 覆蓋材料；(ii) 機械壓實；或 (iii) 廢棄物平整。

2. 準好氧管理固體廢棄物處置場所：這些必須已控制廢棄物放置，並包括如下所有將空氣引入廢棄物層的以下結構：(i) 可滲透覆蓋材料；(ii) 濾液排放系統；(iii) 控制貯水量；和 (iv) 氣體通風系統。

3. 未妥善管理固體廢棄物處置場所：深層掩埋或地下水位高，所有不符合固體廢棄物處理場 (Solid Waste Disposal Sites, SWDS) 管理標準的 SWDS，其深度大於或等於 5 米或高地下水位近似地平面。後者情形相當於廢棄物充填內陸水域，如池塘、河流或濕地。

4. 未妥善管理淺固體廢棄物處置場所：所有不符合管理 SWDS 標準的 SWDS，其深度不足 5 米。

5. 未分類固體廢棄物處置場所：只有當各國不能將其 SWDS 歸類為上述四種類別的管理和未妥善管理 SWDS 時，才可使用此類別的 MCF。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3–14, Table 3.1, 2006.

表 7.2.3 2006 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳比例 (DOC)

城市固體廢棄物 (MSW) 成分 (單位：%)	乾基占濕基之百分比	DOC 占濕基之百分比		DOC 量占乾基之百分比		總碳含量占乾基之百分比		礦物碳比例占總碳之百分比	
	預設值	預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍
紙張 / 紙板	90	40	36–45	44	40–50	46	42–50	1	0–5
紡織品	80	24	20–40	30	25–50	50	25–50	20	0–50
廚餘	40	15	8–20	38	20–50	38	20–50	–	–
木材	85	43	39–46	50	46–54	50	46–54	–	–
庭園和公園廢棄物	40	20	18–22	49	45–55	49	45–55	0	0
尿布	40	24	18–32	60	44–80	70	54–90	10	10
橡膠和皮革	84	(39) <sup>1</sup>	(39) <sup>1</sup>	(47) <sup>1</sup>	(47) <sup>1</sup>	67	67	20	20
塑膠	100	–	–	–	–	75	67–85	100	95–100
金屬	100	–	–	–	–	NA	NA	NA	NA
玻璃	100	–	–	–	–	NA	NA	NA	NA
其他，惰性廢棄物	90	–	–	–	–	3	0–5	100	50–100

備註：( )<sup>1</sup> 表示橡膠和皮革在掩埋場厭氧條件下可能不會降解。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2–14, Table 2.4, 2006.



表 7.2.4 2019 IPCC 精進指南廢棄物之 DOC 可被分解之比例 (DOC<sub>F</sub>)

廢棄物類型	DOC <sub>F</sub> 預設值
輕度分解廢棄物，如木材、木製品、樹枝等。	0.1
中度分解廢棄物，如紙類、紡織品、尿布等	0.5
高度分解廢棄物，如廚餘、花草、公園垃圾等。	0.7
散裝廢棄物	0.5

備註：當固體廢棄物中輕度分解、中度分解和高度分解廢棄物的比例未知時，採用散裝廢棄物之假設。

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3–12, Table 3.0, 2019.

表 7.2.5 2006 IPCC 指南掩埋場之氧化係數

掩埋場型式	氧化係數 (OX) 預設值
妥善管理 <sup>1</sup> 、未妥善管理和未分類掩埋場	0.0
覆蓋有甲烷氧化材料 <sup>2</sup> 的妥善管理掩埋場	0.1

1 妥善管理但未覆蓋通風材料。

2 例如土壤、堆肥。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3–15, Table 3.2, 2006.

### G. k：甲烷生成率 (Methane generation rate)

表 7.2.6 為 2006 IPCC 指南中不同廢棄物種類之反應常數 (k) 值，包括紙張 / 紡織品係數、木材係數及廚餘。依據我國地理位置與氣候環境，選擇熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值，加上每年之廢棄物組成與剩餘未分解的 DOC 量（即累積 DOC 量）之反應常數進行加權平均計算，求得每年度之反應常數值，再據以計算每年分解之 DDOC 量。由於我國並未統計 1990 年前之掩埋量資料，1950 年至 1990 年之反應常數 (k) 皆依據 1990 年之廢棄物組成加權計算。

有關廢棄物妥善管理掩埋場甲烷排放量係依據公式 7.2.1.1 及公式 7.2.1.2 計算，相關參數的計算方法及採用數據與國內數據來源，如表 7.2.7 所示。

### (3) 活動數據

依據環境部中華民國環境統計年報，彙整 1990 年至 2023 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據，並按廢棄物一般垃圾組成分析計算，包含「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、

「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據，如表 7.2.8 所示。

### (4) 排放量

妥善管理廢棄物掩埋場產生之甲烷排放量係依據公式 7.2.1.1 及公式 7.2.1.2 計算，如表 7.2.9 所示。我國積極推動資源回收與垃圾焚化處理等政策，1993 年後大型焚化爐陸續完工，焚化處理量自 1994 年至 1995 年間由 412.5 千公噸明顯上升至 1,301.0 千公噸，使衛生掩埋量自 5,574.4 千公噸降至 4,362.8 千公噸；1995 年至 1998 年衛生掩埋量些微上升，則推測與一般掩埋量逐年下降有關；1998 年後垃圾掩埋處理量即大幅下降，並於近幾年趨於平緩。2023 年較 1990 年衛生掩埋量減少 95.92%，排放量也從 1990 年的 5,171 千公噸二氧化碳當量降至 2023 年的 469 千公噸二氧化碳當量（減少 90.94%），2023 年衛生掩埋排放量亦較 2022 年減少 34 千公噸二氧化碳當量（減少 6.80%）。

表 7.2.6 2006 IPCC 指南掩埋場甲烷生成率 (k) 值

廢棄物類型		氣候帶							
		北溫帶 (MAT ≤ 20° C)				熱帶 (MAT > 20° C)			
		乾 (MAP/PET < 1)		濕 (MAP/PET > 1)		乾 (MAP < 1000mm)		濕潤和濕 (MAP ≥ 1000mm)	
		預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍
緩慢降解的廢棄物	紙張 / 紡織品廢棄物	0.04	0.03–0.05	0.06	0.05–0.07	0.045	0.04–0.06	0.07	0.06–0.085
	木材 / 秸稈廢棄物	0.02	0.01–0.03	0.03	0.02–0.04	0.025	0.02–0.04	0.035	0.03–0.05
輕度降解的廢棄物	其他（非食品） 有機易腐 / 庭園和公園 廢棄物	0.05	0.04–0.06	0.10	0.06–0.10	0.065	0.05–0.08	0.17	0.15–0.20
快速降解的廢棄物	廚餘 / 污水污泥	0.06	0.05–0.08	0.185	0.10–0.20	0.085	0.07–0.10	0.40	0.17–0.70
大型廢棄物		0.05	0.04–0.06	0.09	0.08–0.10	0.065	0.05–0.08	0.17	0.15–0.20

備註：MAT 表示年均溫度；MAP 表示年均降水量；PET 表示可能蒸發量。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3–17, Table 3.3, 2006.



表 7.2.7 2006 IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表

參數	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
累積 DOC 量 (W×DOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>依據人口數回推掩埋廢棄物量。</li> <li>1950 年至 1990 年各年之 DOC 含量，依據 1990 年之分析結果計算。</li> <li>參考 2006 IPCC 指南，以一階衰減法估算累積量並至少追溯 50 年。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人口數取內政部內政統計年報資料</li> <li>環境部中華民國環境統計年報</li> </ul>
反應常數 (k)	<ul style="list-style-type: none"> <li>依據 2006 IPCC 指南提供之反應常數值計算。</li> <li>根據交通部中央氣象署資料，全國 1971 年至 2009 年平均溫度為 21℃，年平均降水量大於 1,000mm，引用之反應常數如下： <ul style="list-style-type: none"> <li>★紙張 / 紡織品係數 0.07</li> <li>★木材係數 0.035</li> <li>★廚餘係數 0.4</li> </ul> </li> <li>根據每年之成分組成加權計算反應常數值。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境部中華民國環境統計年報</li> <li>2006 IPCC 指南預設值</li> </ul>
甲烷修正係數 (MCF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>依據 2006 IPCC 指南針對不同型態之固態廢棄物掩埋場所提供之甲烷修正係數。</li> <li>衛生掩埋採妥善管理 1.0 及一般掩埋採未分類 0.5 計算。</li> </ul>	2006 IPCC 指南預設值
可分解有機碳含量 (DOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>依據 2006 IPCC 指南之各種廢棄物可分解有機碳含量的預設值，以及我國一般垃圾廢棄物組成占比，計算每年可分解有機碳比例。</li> <li>由於我國垃圾性質分析含碳量含有有機碳與礦物碳成分，因此取垃圾性質分析含碳量計算與國內研究資料兩者較低者做為計算值。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2006 IPCC 指南預設值</li> <li>環境部中華民國環境統計年報</li> <li>國內研究資料</li> </ul>
有機物可被分解比例 (DOC <sub>F</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>依據 2019 IPCC 精進指南之各種廢棄物之有機物可被分解比例的預設值，以及搭配我國一般垃圾廢棄物組成占比，以計算每年有機物可被分解比例。</li> <li>★廚餘類、木竹稻草落葉類：0.7</li> <li>★紙類、纖維布類：0.5</li> <li>★其他類：0.5</li> <li>根據每年之成分組成加權計算有機物可被分解比例。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019 IPCC 精進指南預設值</li> <li>環境部中華民國環境統計年報</li> </ul>
掩埋場產氣中甲烷比例 (F)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1999 年以前採用 2006 IPCC 指南預設值 0.5。</li> <li>2000 年以後採用本土調查結果 0.471。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2006 IPCC 指南預設值</li> <li>本土調查值</li> </ul>
甲烷回收量 (R)	依據國內福德坑、山豬窟、台中文山與高雄西青埔掩埋場之發電量回推回收量。	國內掩埋場實際發電量
氧化係數 (OX)	<ul style="list-style-type: none"> <li>參考 2006 IPCC 指南針對蓋有甲烷氧化材料者，氧化係數值為 0.1，其餘為 0。</li> <li>國內衛生掩埋場皆有進行土壤覆蓋作業，因此採用 0.1 計算；而一般掩埋場則採用 0 計算。</li> </ul>	2006 IPCC 指南預設值

表 7.2.8 1990 年至 2023 年妥善管理掩埋場活動數據統計

年份	衛生掩埋 (千公噸)	廢棄物組成 (%)							水分 (%)	可分解 有機碳比例 (%)
		紙類	纖維布類	皮革橡膠類	廚餘類	木竹稻草落葉類	塑膠	其他		
1990	3,979.6	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	19.14	2.45	51.97	15.88
1991	4,323.5	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	19.14	2.45	51.97	13.51
1992	5,087.5	24.86	3.97	1.73	25.73	5.06	19.14	2.45	51.97	16.50
1993	5,090.8	27.84	5.13	1.55	23.47	5.79	18.01	1.15	51.06	17.04
1994	5,574.4	29.98	4.81	0.80	23.50	4.69	18.90	4.31	53.21	18.69
1995	4,362.8	32.17	6.21	0.88	17.94	5.82	18.27	3.34	48.14	18.60
1996	4,824.0	30.95	5.05	1.08	18.97	5.89	17.83	4.72	50.60	18.97
1997	5,129.7	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	46.03	18.87
1998	5,598.0	32.77	5.27	0.83	18.29	4.81	20.14	4.54	51.06	18.47
1999	5,366.9	35.83	5.20	0.60	21.83	4.89	19.85	1.97	50.76	18.87
2000	3,822.1	26.37	6.06	1.35	27.76	3.36	22.00	0.44	45.02	17.61
2001	2,996.8	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	55.80	17.62
2002	2,116.4	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	51.24	18.29
2003	1,700.4	32.97	3.78	0.22	27.19	3.88	21.36	3.58	55.69	18.71
2004	1,474.2	31.56	4.90	0.87	29.76	4.91	20.60	0.98	51.19	20.38
2005	1,184.6	38.64	2.38	0.43	38.15	1.93	13.78	0.67	54.03	17.98
2006	851.0	44.30	1.84	0.19	34.57	1.74	14.63	0.36	52.41	20.58
2007	504.9	41.75	3.20	0.51	32.86	1.83	17.13	0.33	51.55	21.44
2008	236.1	44.54	2.63	0.36	30.56	1.99	17.28	0.48	50.94	23.89
2009	185.8	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	54.19	22.47
2010	181.8	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	52.66	22.53
2011	142.2	38.31	2.04	0.23	39.21	1.39	15.66	0.61	55.06	21.70
2012	102.1	38.85	2.52	0.20	38.33	1.46	15.61	0.49	53.97	22.36
2013	91.4	41.71	2.35	0.36	35.07	1.32	16.57	0.52	54.08	22.26
2014	83.1	39.42	2.34	0.14	37.64	1.31	16.56	0.60	55.17	22.03
2015	91.7	34.69	4.67	0.54	40.39	1.61	15.55	0.50	54.79	21.75
2016	77.9	36.76	3.55	0.63	37.98	1.28	16.61	0.61	52.91	21.80
2017	70.4	36.12	4.63	0.43	38.14	1.55	16.00	0.64	52.60	21.95
2018	87.3	35.64	4.93	0.84	34.48	3.27	17.79	0.57	50.77	22.02

續下表

續上表

年份	衛生掩埋 (千公噸)	廢棄物組成 (%)							水分 (%)	可分解 有機碳比例 (%)
		紙類	纖維布類	皮革橡膠類	廚餘類	木竹稻草落葉類	塑膠	其他		
2019	86.4	38.83	5.10	0.55	31.12	2.42	18.67	0.43	48.49	22.46
2020	106.7	34.61	8.55	1.05	21.78	5.22	20.20	5.84	45.34	21.41
2021	247.1	37.26	7.63	0.86	17.63	3.19	26.28	3.78	40.33	20.75
2022	200.1	36.60	9.74	0.80	15.80	3.45	28.40	2.82	41.45	20.83
2023	162.4	39.74	9.79	0.53	17.41	3.80	25.86	1.19	40.07	22.49

備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。其中參閱環境部中華民國環境統計年報表 4-10 垃圾性質中，按物理組成（濕基）分「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」及按化學分析分「水分」之數據，而可分解有機碳比例係為「化學分析可燃碳」及依照 2006 IPCC 指南所統計之 DOC，取最小值。

資料來源：環境部，中華民國環境統計年報 113 年，2024 年 9 月。

表 7.2.9 1990 年至 2023 年妥善管理掩埋場甲烷排放量

年份	衛生掩埋量	甲烷修正係數 (MCF)	可分解有機碳 (DOC)	有機物分解比例 (DOC <sub>f</sub> )	處置 DOC 量	累積 DOC 量	分解 DOC 量	反應常數 (K)	甲烷生成比例 (F)	甲烷回收量 (R)	氧化係數 (OX)	甲烷排放量
	千公噸	比率	比率	比率	千公噸	千公噸	千公噸	比率	比率	ktCO <sub>2</sub> e	比率	ktCO <sub>2</sub> e
1990	3,979.6	1.0	15.88	0.562	355.0	2,470.9	307.8	0.135	0.500	NO	0.1	5,171
1991	4,323.5	1.0	13.51	0.581	339.7	2,498.2	312.3	0.138	0.500	NO	0.1	5,247
1992	5,087.5	1.0	16.50	0.603	506.4	2,682.4	322.2	0.150	0.500	NO	0.1	5,413
1993	5,090.8	1.0	17.04	0.594	515.3	2,823.9	373.9	0.157	0.500	NO	0.1	6,281
1994	5,574.4	1.0	18.69	0.590	614.1	3,028.4	409.6	0.163	0.500	NO	0.1	6,882
1995	4,362.8	1.0	18.60	0.576	467.8	3,041.3	454.9	0.163	0.500	NO	0.1	7,642
1996	4,824.0	1.0	18.97	0.582	532.3	3,117.0	456.6	0.164	0.500	NO	0.1	7,670
1997	5,129.7	1.0	18.87	0.592	573.0	3,219.4	470.6	0.168	0.500	NO	0.1	7,906
1998	5,598.0	1.0	18.47	0.576	595.1	3,315.5	499.1	0.168	0.500	NO	0.1	8,385
1999	5,366.9	1.0	18.87	0.579	586.3	3,388.8	512.9	0.169	0.500	87.6	0.1	8,538
2000	3,822.1	1.0	17.61	0.598	402.5	3,264.6	526.7	0.174	0.471	153.5	0.1	8,197
2001	3,015.1	1.0	17.62	0.600	318.7	3,063.3	520.1	0.177	0.471	565.2	0.1	7,722
2002	2,130.2	1.0	18.29	0.590	230.0	2,796.6	496.7	0.178	0.471	678.1	0.1	7,250
2003	1,712.9	1.0	18.71	0.592	189.6	2,530.2	456.0	0.179	0.471	589.8	0.1	6,686
2004	1,474.2	1.0	20.38	0.597	179.5	2,294.0	415.6	0.181	0.471	433.3	0.1	6,187
2005	1,184.6	1.0	17.98	0.599	127.5	2,041.5	380.1	0.183	0.471	374.9	0.1	5,678
2006	851.0	1.0	20.58	0.588	103.0	1,802.3	342.1	0.185	0.471	322.5	0.1	5,124
2007	504.9	1.0	21.44	0.587	63.6	1,562.1	303.8	0.185	0.471	284.2	0.1	4,552
2008	236.1	1.0	23.89	0.582	32.8	1,330.6	264.2	0.186	0.471	240.1	0.1	3,965
2009	185.8	1.0	22.47	0.598	24.9	1,130.3	225.3	0.186	0.471	217.5	0.1	3,370
2010	181.8	1.0	22.53	0.594	24.3	962.6	192.0	0.187	0.471	192.8	0.1	2,866
2011	142.2	1.0	21.70	0.600	18.5	817.0	164.1	0.188	0.471	156.7	0.1	2,455
2012	102.1	1.0	22.36	0.598	13.6	690.9	139.8	0.188	0.471	136.9	0.1	2,089
2013	91.4	1.0	22.26	0.590	12.0	584.3	118.6	0.189	0.471	123.0	0.1	1,766
2014	83.1	1.0	22.03	0.597	10.9	494.7	100.5	0.189	0.471	108.2	0.1	1,493
2015	91.7	1.0	21.75	0.603	12.0	421.4	85.3	0.190	0.471	96.1	0.1	1,264
2016	77.9	1.0	21.80	0.599	10.2	358.5	73.1	0.191	0.471	85.6	0.1	1,079
2017	70.4	1.0	21.95	0.599	9.2	305.4	62.4	0.192	0.471	75.1	0.1	920
2018	87.3	1.0	22.02	0.596	11.5	263.5	53.4	0.193	0.471	69.0	0.1	783
2019	86.4	1.0	22.46	0.587	11.4	228.6	46.2	0.193	0.471	57.1	0.1	680
2020	106.7	1.0	21.41	0.577	13.2	201.6	40.2	0.192	0.471	34.5	0.1	605
2021	247.1	1.0	20.75	0.563	28.9	195.3	35.2	0.188	0.471	31.4	0.1	529
2022	200.1	1.0	20.83	0.559	23.3	185.2	33.4	0.183	0.471	28.6	0.1	503
2023	162.4	1.0	22.49	0.560	20.4	174.6	31.0	0.183	0.471	24.6	0.1	469

備註：1. NO( 未發生 )，代表我國該分類項目無生產或使用。  
2. 甲烷回收量、甲烷排放量單位為千公噸二氧化碳當量。  
3. 轉換係數 16/12 = 1.333。

(5) 完整性

有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2023 年採用環境部中華民國環境統計年報，缺少之 1990 年及 1991 年數據則採用環境部 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

依據 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，評估整體排放量之不確定性可採用誤差傳播法及蒙地卡羅分析兩種方法。誤差傳播法與蒙地卡羅法略有不同，

其假設相關參數都為常態分布型態，惟因無法得知常態機率密度函數分布值，因此須先確認（或合理假設）各參數不確定性，再依以下公式計算各來源排放量不確定性及合併計算整體部門排放量不確定性。

#### A. 依不確定量相乘規則計算公式

溫室氣體來源排放量不確定性，為該來源排放係數之不確定性平方與活動數據不確定性平方之總和開根號，其公式如下。

公式 7.2.1.3：

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U：排放源的不確定性 [%]

$U_{EF}$ ：排放係數的不確定性 [%]

$U_A$ ：活動係數的不確定性 [%]

#### B. 依不確定量相加規則計算公式

計算各排放源之不確定性加總方式，如公式 7.2.1.4 所示。其方法為各來源溫室氣體排放量之不確定性與排放量相乘後平方之總和再開根號，除以各來源溫室氣體排放量之總和。

公式 7.2.1.4：

$$U_{Total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

$U_{Total}$ ：部門總排放量不確定性 [%]

$U_i$ ：各來源溫室氣體排放量不確定性 [%]

$E_i$ ：各來源溫室氣體排放量 [Gg]

在評估廢棄物部門不確定性上，依前述計算參數（活動數據、排放係數）、排放量之機率密度函數分布，取其 95% 信賴區間之上下限，與採用數值之偏差計算不確定度（%），再透過上述不確定性之計算公式，以估算各排放源排放量的不確定性數值，最後依公式 7.2.1.4 計算部門總排放量之不確定性數值。

2006 IPCC 指南提供妥善管理掩埋場甲烷估算各參數引用之不確定性範圍，如表 7.2.10 所示。表 7.2.11 為不確定參數計算掩埋場甲烷排放量計算公式中之各項活動資料與排放係數不確定性結果，依前述不確定量相乘與相加規則計算公式，可得妥善管理掩埋場甲烷排放活動數據、排放係數及排放量之不確定性，分別為 26.46%、22.91% 及 33.34%。

#### (2) 時間序列的一致性

妥善管理掩埋場甲烷排放估算，係採用 IPCC 2006 指南建議之「一階衰減法」公式進行計算。活動數據蒐集係依據環境部中華民國環境統計年報，完整彙整 1990 年至 2023 年一般廢棄物清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 年至 2023 年可燃分之「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」及「化

表 7.2.10 妥善管理掩埋場甲烷排放之不確定性

活動資料 / 排放係數之不確定性	不確定性範圍
固體廢棄物總量 (Total Municipal Solid Waste, MSW <sub>T</sub> )	特定國家值： 30%：定期收集廢棄物資料 ±10%：具有高品質資料（如在所有掩埋場和其他處理設施處進行稱重） 200%：低品質資料
廢棄物組成	±10%：具有高品質資料（如對代表性掩埋場進行定期取樣） ±30%：是具有基於研究（包括週期性取樣） 200%：低品質資料
可降解有機碳 (DOC)	±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於代表性的取樣和分析
經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC <sub>F</sub> )	±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於長期以來試驗性資料
甲烷修正係數 (MCF) =1.0 =0.8 =0.5 =0.4 =0.6	使用 2006 IPCC 指南預設值： —10%, 0% ±20% ±20% ±30% —50%, 60%
產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)=0.5	±5%：使用 2006 IPCC 指南預設值
甲烷回收量 (R)	不確定性範圍取決於計量回收、燃燒或利用的甲烷量 ±10%：如果現地量測 ±50%：如果未現地量測
氧化係數 (OX)	當 OX 使用非零值時，則 OX 須納入不確定性分析，應當說明非零值之各不確定性。
半衰期 (t <sub>1/2</sub> )	2006 IPCC 指南提供各種廢棄物的半衰期範圍值，使用者應納入不確定性說明。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3–27, Table 3.5, 2006.

表 7.2.11 2023 年廢棄物部門掩埋甲烷排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)		說明
	妥善管理掩埋	未妥善管理掩埋	
城市固體廢棄物總量 (MSW <sub>T</sub> )	10.00	10.00	具有高品質資料，引用 2006 IPCC 指南預設值 10%。
廢棄物組成	10.00	10.00	依據 2006 IPCC 指南建議，具有基於研究不確定性預設值 30%。國內數據掌握十分清楚，不確定性 10% 計算。
可降解有機碳 (DOC)	20.00	20.00	以 2006 IPCC 指南預設值計算可降解有機碳，不確定性引用 2006 IPCC 指南預設值 20%。
甲烷修正係數 (MCF)	0.00	20.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 (衛生 1.0，一般 0.5)，及不確定性建議 (衛生 0%，一般 20%)。
經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC <sub>F</sub> )	20.00	20.00	DOC <sub>F</sub> 使用 2006 IPCC 指南預設值 0.5，不確定性引用 2006 IPCC 指南預設值 20%。
產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)	5.00	5.00	甲烷比例使用 2006 IPCC 指南預設值 0.5 及本土係數，不確定性引用 2006 IPCC 指南預設值 5%。
甲烷回收量 (R)	20.00	N/A	以實際發電量換算甲烷回收量，2006 IPCC 指南建議現地量測值 10%，預設 20%。一般掩埋場無此數據，因此不適用。
氧化係數 (OX)	10.00	0.00	設定衛生掩埋場以 10% 計算；一般掩埋場以 0% 計算。
半衰期 (t <sub>1/2</sub> )	10.00	10.00	依 2006 IPCC 指南係數及本土組成加權計算，預設 10%。
活動數據不確定性計算結果	26.46	26.46	
排放係數不確定性計算結果	22.91	28.72	
排放量不確定性計算結果	33.34	39.05	

學分析含碳量」百分比數據，其中缺少 1990 年與 1991 年之數據，則採用環境部 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告。

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

利用國家妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，以 2006 IPCC 指南建議排放係數，並參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月、10 月、2016 年 7 月、2023 年 11 月與 2024 年 3 月召開廢棄物部門清冊專家諮詢會議，確認計算方式、引用參數與活動數據合理性。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」，如表 7.2.12 所示，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

表 7.2.12 妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準	• 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料 (垃圾衛生掩埋、垃圾組成) 和排放係數 (2006 IPCC 指南預設值) 的種類，並確保其正確記錄並歸檔
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	• 確認正確引用環境部中華民國環境統計年報結果
檢查排放計算的準確性	• 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	• 確認各欄位單位標記的準確性 • 確認整個計算過程中單位使用的準確性 • 確認轉換因數的準確性 • 無時間和空間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	• 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	• 確認引用適用多種排放源類別的活動數據資料相關常數與參數之一致性與複檢結果
檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性	• 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 • 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	• 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 • 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 • 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值
展開內部檔的審評	• 詳細登錄資料來源引用與版本差異 • 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	• 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 • 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 • 無時間序列一致性缺漏情事
展開完全檢查	• 確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別
比較現有估算和原始估算	• 對於每個排放源類別，應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處 • 本年度此排放源無重新計算

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5, 2006.



## 5. 特定排放源的重新計算

本年度此排放源無重新計算。

## 6. 特定排放源的改善計畫

我國掩埋廢棄物之組成，目前採用環境部中華民國環境統計年報之一般廢棄物組成，為使數據較接近實際情形，建議後續調查各掩埋場的垃圾組成。

### 7.2.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.2)

#### 1. 排放源及匯分類的描述

未妥善管理之廢棄物掩埋場即為不符合妥善管理之廢棄物掩埋場條件之廢棄物掩埋場，其掩埋溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷。由於大部分的二氧化碳排放為生物自然產生，且氧化亞氮在此排放源排放量微乎其微，故此二種溫室氣體不納入計算，僅計算掩埋所產生之甲烷排放。

#### 2. 方法論議題

##### (1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南統計方法，廢棄物掩埋產生甲烷產生量應該以一階衰減法計算，並須延長 50 年統計年限，亦即計算需回溯至 1950 年來進行統計分析。由於缺少 1990 年前之掩埋資料，依 2006 IPCC 指南統計方法，利用人口量與垃圾量之比例換算。有關計算順序說明如下：

- A. 1950 年至 1989 年之人口量以 1% 成長率推估，據此人口數量推估掩埋量，並以 1990 年之垃圾組成成分做為 1950 年至 1989 年之垃圾組成。
- B. 依據一階衰減法計算 1950 年至 1989 年之累積可分解有機碳含量（累積 DOC）。
- C. 以 1990 年計算之累積 DOC 結果，做為 1990 年後累積 DOC 計算基準，再依據環境部中華民國環境統計年報實際垃圾量與組成，根據一階衰減法計算 1990 年至 2023 年甲烷排放量。

廢棄物掩埋產生甲烷的計算公式，如公式 7.2.1.1 所示，主要定義「每年分解的 DOC 量 ( $DDOC_m \text{ decomp}_T$ )」參數，此參數則以一階衰減法估算，詳如公式 7.2.1.2 所示。在使用一階衰減法計算分解之  $DDOC_m$  時，2006 IPCC 指南表示至少需計算 50 年的處置資料，該計算時限為大部分通用處置作法和條件提供一個可接受的精確結果，如果選擇更短的時限，則應證明沒有明顯低估排放。

##### (2) 排放係數

有關公式 7.2.1.1 與公式 7.2.1.2 的各項參數，說明如下：

- A. F：掩埋場產氣中甲烷之比例 (Fraction of methane in generated landfill gas)

多數掩埋場沼氣中甲烷的比例接近 50%，2006 IPCC 指

南預設值為 0.5。1999 年以前採用 IPCC 指南預設值 0.5，2000 年以後根據國內山豬窟、福德坑、文山及西青埔四處沼氣發電掩埋場，其歷年沼氣組成分析結果，採用本土係數調查結果 0.471。

- B. R：甲烷回收量 (Methane recovery)

我國未妥善管理掩埋場無進行沼氣回收，故設為 0。

- C. MCF：甲烷修正係數 (Methane correction factor)

表 7.2.2 列出 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數，主要詳細說明各種掩埋場型式之處理情形，及定義未分類者之 MCF 引用條件。依據 2006 IPCC 指南，除了非屬於其表格所列之處理方式才可以引用未分類掩埋場 MCF 預設值，故預設未妥善管理之廢棄物掩埋場之甲烷修正係數值 (MCF) 為 0.5。

- D. DOC：可分解有機碳含量（比例）(Degradable Organic Carbon)

表 7.2.3 為 2006 IPCC 指南提供之各種廢棄物可分解有機碳含量以及礦物碳占總碳之比例。可分解有機碳含量可做為生物處理（如掩埋、堆肥）等計算甲烷排放之參數；礦物碳則可做為焚化處理之計算二氧化碳排放之參數。由本國之垃圾組成並引用表 7.2.3 所列各類垃圾的建議 DOC 值，以計算各年度廢棄物的 DOC 值。

- E.  $DOC_F$ ：DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decomposes)

依據 2019 IPCC 精進指南所提供之各類垃圾建議的  $DOC_F$  值，如表 7.2.4，並利用環境部中華民國環境統計年報之垃圾組成，以計算各年度整體廢棄物的  $DOC_F$ 。

- F. OX：氧化係數 (Oxidation factor)

氧化係數反映廢棄物在土壤或覆蓋層材料裡，被氧化的甲烷量。2006 IPCC 指南建議的氧化係數，如表 7.2.5 所示。由於一般掩埋場管理較不完善，覆土亦不完整，甲烷易直接逸散，故氧化係數以 0 計算。

- G. k：甲烷生成率 (Methane generation rate)

表 7.2.6 為 2006 IPCC 指南廢棄物之反應常數 (k) 值，據以計算每年累積之 DOC 量。依據我國地理位置與氣候環境，選擇熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值，再比照妥善管理之廢棄物掩埋場甲烷生成率常數 (k) 的計算公式，得一般掩埋場之 k 值。

##### (3) 活動數據

依據環境部中華民國環境統計年報，彙整 1990 年至 2023 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」及「期末一般廢棄物暫存量」數據。2017 年以前未妥善管理之廢棄物掩埋場之廢棄物量包括「一般掩埋」、「堆置」、「其他」

等三項類別，2018 年後一般掩埋廢棄物量改列於「期末一般廢棄物暫存量」，累計未處理之垃圾量，為避免重複計算，需扣除前一年之垃圾暫存量，以計算當年度一般垃圾掩埋量。

另廢棄物組成則採用大型焚化爐之一般垃圾組成分析，包括「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據，如表 7.2.13 所示。

(4) 排放量

由於廢棄物處理政策由掩埋處理逐漸轉以資源回收再利用及焚化為主，1993 年起大型焚化爐陸續完工，再加上垃

圾妥善率逐年提升，一般掩埋量自 1995 年後即逐年下降，自 2004 年後垃圾妥善率已高達 99% 以上。2023 年排放量為 143 千公噸二氧化碳當量，較 2022 年減少 17 千公噸二氧化碳當量（如表 7.2.14 所示），減少 10.71%，惟相較 2005 年減少 87.08%，相較 1990 年減少 90.59%。

(5) 完整性

有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2023 年採用環境部中華民國環境統計年報，1990 年及 1991 年則採用環境部 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告。

表 7.2.13 1990 年至 2023 年未妥善管理掩埋場活動數據統計

年份	一般掩埋 (千公噸)	廢棄物組成 (%)							水分 (%)	可分解 有機碳 (%)
		紙類	纖維布類	皮革橡膠類	廚餘類	木竹稻草落葉類	塑膠	其他		
1990	2,674.4	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	19.14	2.45	51.97	15.88
1991	2,881.3	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	19.14	2.45	51.97	13.51
1992	2,650.5	24.86	3.97	1.73	25.73	5.06	19.14	2.45	51.97	16.50
1993	2,877.5	27.84	5.13	1.55	23.47	5.79	18.01	1.15	51.06	17.04
1994	2,504.5	29.98	4.81	0.80	23.50	4.69	18.90	4.31	53.21	18.69
1995	3,037.6	32.17	6.21	0.88	17.94	5.82	18.27	3.34	48.14	18.60
1996	2,547.8	30.95	5.05	1.08	18.97	5.89	17.83	4.72	50.60	18.97
1997	2,059.5	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	46.03	18.87
1998	1,541.4	32.77	5.27	0.83	18.29	4.81	20.14	4.54	51.06	18.47
1999	1,178.1	35.83	5.20	0.60	21.83	4.89	19.85	1.97	50.76	18.87
2000	823.6	26.37	6.06	1.35	27.76	3.36	22.00	0.44	45.02	17.61
2001	525.1	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	55.80	17.62
2002	296.6	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	51.24	18.29
2003	141.3	32.97	3.78	0.22	27.19	3.88	21.36	3.58	55.69	18.71
2004	81.0	31.56	4.90	0.87	29.76	4.91	20.60	0.98	51.19	20.38
2005	40.3	38.64	2.38	0.43	38.15	1.93	13.78	0.67	54.03	17.98
2006	17.7	44.30	1.84	0.19	34.57	1.74	14.63	0.36	52.41	20.58
2007	32.5	41.75	3.20	0.51	32.86	1.83	17.13	0.33	51.55	21.44
2008	0.7	44.54	2.63	0.36	30.56	1.99	17.28	0.48	50.94	23.89
2009	1.3	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	54.19	22.47
2010	2.2	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	52.66	22.53
2011	0.1	38.31	2.04	0.23	39.21	1.39	15.66	0.61	55.06	21.70
2012	0.1	38.85	2.52	0.20	38.33	1.46	15.61	0.49	53.97	22.36
2013	0.1	41.71	2.35	0.36	35.07	1.32	16.57	0.52	54.08	22.26
2014	0.1	39.42	2.34	0.14	37.64	1.31	16.56	0.60	55.17	22.03
2015	1.7	34.69	4.67	0.54	40.39	1.61	15.55	0.50	54.79	21.75
2016	62.2	36.76	3.55	0.63	37.98	1.28	16.61	0.61	52.91	21.80
2017	90.7	36.12	4.63	0.43	38.14	1.55	16.00	0.64	52.60	21.95
2018	126.7	35.64	4.93	0.84	34.48	3.27	17.79	0.57	50.77	22.02
2019	162.3	38.83	5.10	0.55	31.12	2.42	18.67	0.43	48.49	22.46
2020	166.0	34.61	8.55	1.05	21.78	5.22	20.20	5.84	45.34	21.41
2021	151.0	37.26	7.63	0.86	17.63	3.19	26.28	3.78	40.33	20.75
2022	64.3	36.60	9.74	0.80	15.80	3.45	28.40	2.82	41.45	20.83
2023	84.3	39.74	9.79	0.53	17.41	3.80	25.86	1.19	40.07	22.49

備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。  
資料來源：環境部，中華民國環境統計年報 113 年，2024 年 9 月。

表 7.2.14 1990 年至 2023 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量

年份	一般掩埋量	甲烷修正係數 (MCF)	可分解有機碳 (DOC)	有機物分解比例 (DOC <sub>F</sub> )	處置 DOC 量	累積 DOC 量	分解 DOC 量	反應常數 (K)	甲烷生成比例 (F)	甲烷回收量 (R)	氧化係數 (OX)	甲烷排放量
	千公噸	比率	比率	比率	千公噸	千公噸	千公噸	比率	比率	ktCO <sub>2</sub> e	比率	ktCO <sub>2</sub> e
1990	2,674.4	0.5	15.88	0.562	119.3	830.2	103.4	0.135	0.500	NO	0.0	1,931
1991	2,881.3	0.5	13.51	0.581	113.2	838.5	104.9	0.138	0.500	NO	0.0	1,959
1992	2,650.5	0.5	16.50	0.603	131.9	862.3	108.1	0.148	0.500	NO	0.0	2,018
1993	2,877.5	0.5	17.04	0.594	145.6	889.5	118.4	0.154	0.500	NO	0.0	2,211
1994	2,504.5	0.5	19.08	0.590	138.0	900.5	127.0	0.159	0.500	NO	0.0	2,370
1995	3,037.6	0.5	18.60	0.576	162.9	931.0	132.3	0.159	0.500	NO	0.0	2,470
1996	2,547.8	0.5	18.99	0.582	140.6	934.4	137.2	0.161	0.500	NO	0.0	2,561
1997	2,059.5	0.5	20.44	0.592	115.0	910.7	138.7	0.164	0.500	NO	0.0	2,590
1998	1,541.4	0.5	18.47	0.576	81.9	854.5	138.1	0.165	0.500	NO	0.0	2,577
1999	1,178.1	0.5	18.87	0.579	64.3	789.2	129.6	0.165	0.500	NO	0.0	2,420
2000	823.6	0.5	21.12	0.598	43.4	712.4	120.2	0.168	0.471	NO	0.0	2,113
2001	525.1	0.5	18.24	0.600	27.8	630.2	110.0	0.169	0.471	NO	0.0	1,934
2002	296.6	0.5	20.45	0.590	16.0	548.1	98.1	0.170	0.471	NO	0.0	1,726
2003	141.3	0.5	18.71	0.592	7.8	470.3	85.6	0.170	0.471	NO	0.0	1,506
2004	81.0	0.5	20.60	0.597	4.9	401.6	73.6	0.171	0.471	NO	0.0	1,295
2005	40.3	0.5	17.98	0.599	2.2	340.7	63.0	0.171	0.471	NO	0.0	1,108
2006	17.7	0.5	20.58	0.588	1.1	288.3	53.5	0.171	0.471	NO	0.0	942
2007	32.5	0.5	21.44	0.587	2.0	245.0	45.3	0.171	0.471	NO	0.0	797
2008	0.7	0.5	24.14	0.582	0.1	206.5	38.6	0.171	0.471	NO	0.0	678
2009	1.3	0.5	22.53	0.598	0.1	174.0	32.5	0.171	0.471	NO	0.0	572
2010	2.2	0.5	22.90	0.594	0.1	146.8	27.4	0.171	0.471	NO	0.0	482
2011	0.1	0.5	21.70	0.600	0.0	123.7	23.1	0.171	0.471	NO	0.0	407
2012	0.1	0.5	22.36	0.598	0.0	104.2	19.5	0.171	0.471	NO	0.0	343
2013	0.1	0.5	22.26	0.590	0.0	87.8	16.4	0.171	0.471	NO	0.0	289
2014	0.1	0.5	22.03	0.597	0.0	74.0	13.8	0.171	0.471	NO	0.0	243
2015	1.7	0.5	21.75	0.603	0.1	62.4	11.7	0.171	0.471	NO	0.0	205
2016	62.2	0.5	21.80	0.599	4.1	56.7	9.8	0.175	0.471	NO	0.0	173
2017	90.7	0.5	21.95	0.599	6.0	53.5	9.1	0.180	0.471	NO	0.0	160
2018	126.7	0.5	22.02	0.596	8.3	53.0	8.8	0.184	0.471	NO	0.0	155
2019	162.3	0.5	22.46	0.587	10.7	54.8	8.9	0.187	0.471	NO	0.0	157
2020	166.0	0.5	21.41	0.577	10.3	55.7	9.4	0.184	0.471	NO	0.0	165
2021	151.0	0.5	20.75	0.563	8.8	55.1	9.4	0.181	0.471	NO	0.0	165
2022	64.3	0.5	20.83	0.559	3.7	49.8	9.1	0.179	0.471	NO	0.0	160
2023	84.3	0.5	22.49	0.560	5.3	46.9	8.1	0.176	0.471	NO	0.0	143

備註：1. NO（未發生），代表我國該分類項目無生產或使用。  
2. 甲烷回收量、甲烷排放量單位為千公噸二氧化碳當量。  
3. 轉換係數  $16/12 = 1.333$ 。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

有關廢棄物部門各來源排放量不確定性之評估方法，參閱 7.2.1 節不確定性分析。

2006 IPCC 指南提供未妥善管理掩埋場甲烷排放各參數引用之不確定性說明，如表 7.2.15。表 7.2.11 所提供之不確定參數計算掩埋場甲烷排放量，計算公式中之各項活動資料與排放係數不確定性結果，依前述不確定量相乘與相加規則計算公式，可得未妥善管理掩埋場甲烷排放活動數據、排放係數及排放量之不確定性，分別為 26.46%、28.72% 及 39.05%。

#### (2) 時間序列的一致性

未妥善管理掩埋場甲烷排放估算，採用 2006 IPCC 指南建議之「一階衰減法」公式進行計算，依據環境部中華民國環境統計年報，彙整 1990 年至 2023 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」及「期末一般廢棄物暫存量」數據，及 1992 年至 2023 年可燃分之「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」及「化學分析含碳量」百分比數據。其中，缺少之 1990 年與 1991 年數據，則引用環境部 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告中該兩年期數據，以建立各年期排放估算之完整性。

表 7.2.15 未妥善管理掩埋場甲烷排放之不確定性

活動資料 / 排放係數之不確定性	不確定性範圍
固體廢棄物總量 (MSW <sub>T</sub> )	特定國家值： 30%：定期收集廢棄物資料 ±10%：具有高品質資料（如在所有掩埋場和其他處理設施處進行稱重） 200%：低品質資料
廢棄物組成	±10%：具有高品質資料（如對代表性掩埋場進行定期取樣） ±30%：是具有基於研究（包括週期性取樣） 200%：低品質資料
可降解有機碳 (DOC)	±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於代表性的取樣和分析
經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC <sub>F</sub> )	±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於長期以來試驗性資料
甲烷修正係數 (MCF) =1.0 =0.8 =0.5 =0.4 =0.6	使用 2006 IPCC 指南預設值： -10%, 0% ±20% ±20% ±30% -50%, 60%
產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)=0.5	±5%：使用 2006 IPCC 指南預設值
甲烷回收量 (R)	不確定性範圍取決於計量回收、燃燒或利用的甲烷量 ±10%：如果現地量測 ±50%：如果未現地量測
氧化係數 (OX)	當 OX 使用非零值時，則 OX 須納入不確定性分析，應當說明非零值之各不確定性。
半衰期 (t <sub>1/2</sub> )	2006 IPCC 指南提供各種廢棄物的半衰期範圍值，使用者應納入不確定性說明。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5, 2006.

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

利用國家未妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，採 2006 IPCC 指南建議排放係數，與 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月、10 月及 2016 年 7 月、2023 年 11 月與

2024 年 3 月召開廢棄物部門清冊專家諮詢會議，確認計算方式、引用參數與活動數據其合理性。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊水準品質控制程序」（表 7.2.16），檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

表 7.2.16 未妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準	交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料（垃圾一般掩埋、堆置、其他、垃圾組成）和排放因數（2006 IPCC 指南預設值）的種類並確保其正確記錄並歸檔
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	確認正確引用環境部中華民國環境統計年報結果
檢查排放計算的準確性	條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	確認各欄位單位標記的準確性 確認整個計算過程中單位使用的準確性 確認轉換因數的準確性 無時間和空間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	確認引用適用多種排放源類別的活動數據資料相關常數與參數之一致性與複檢結果
檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性	避免有轉錄情事，並加強複查檢核 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值
展開內部檔的審評	詳細登錄資料來源引用與版本差異 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 無時間序列一致性缺漏情事
展開完全檢查	確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別
比較現有估算和原始估算	對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處。 更新 2018 至 2022 年未妥善管理掩埋場之活動數據，並據以修正排放量。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, 2006.



## 5. 特定排放源的重新計算

參閱 2024 年環境部中華民國環境統計年報修正 2018 年起活動數據「期末一般廢棄物暫存量」，重新計算未妥善管理掩埋場甲烷排放量，惟 2018 年至 2022 年排放量變化皆小於 0.1%，符合 2006 IPCC 指南對重新計算影響可忽略之說明原則。

## 6. 特定排放源的改善計畫

另我國掩埋廢棄物之組成，目前採用環境部中華民國環境統計年報之一般廢棄物組成，為使數據較接近實際情形，建議後續調查各掩埋場的垃圾組成。

### 7.2.3 未分類之廢棄物處理廠址 (5.A.3)

依據環境部中華民國環境統計年報，針對垃圾處理方式之分類說明，摒除回收資源、事業廢棄物及遷移舊垃圾外，大致可分焚化、衛生掩埋、一般處理、堆置、其他、巨大垃圾回收再利用、廚餘回收與資源回收等八類，依據 2006 IPCC 指南廢棄物部門分類指南，除了資源回收與再利用外，均已包括在其規範內，並已依 2006 IPCC 指南進行估算。因此，無其他陸地廢棄物掩埋處理排放範疇。

## 7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B)

### 1. 排放源及匯分類的描述

依據 2006 IPCC 指南，將堆肥與有機廢棄物之厭氧消化，歸屬固體廢棄物之生物處理。生物處理之優點為減少廢棄物體積、消除廢棄物中的病原體，及產生沼氣回收發電等，對已開發國家與開發中國家而言，常將有機廢棄物（如廚餘、花園庭園之落葉等）回收再利用為堆肥和土地改良劑。

堆肥處理過程中會發生有機物厭氧分解，因而產生甲烷與氧化亞氮，目前未將過程中產生之甲烷進一步回收再利用，

未來若將廚餘進行厭氧消化，並將甲烷進行回收，可產生熱能或用於發電，而此類能源再利用之溫室氣體排放，將歸屬於能源部門。

## 2. 方法論議題

### (1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南，堆肥產生之溫室氣體（甲烷與氧化亞氮）排放量計算公式如下：

公式 7.3.1：

$$\text{甲烷 (Gg / yr)} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

$M_i$ ：生物處理之有機廢棄物量 (Gg/yr)

$EF_i$ ：有機廢棄物厭氧反應下甲烷排放係數 (g CH<sub>4</sub>/kg 廢棄物)

$i$ ：堆肥處理或厭氧處理

$R$ ：甲烷回收量 (Gg CH<sub>4</sub>/yr)

公式 7.3.2：

$$\text{氧化亞氮 (Gg / yr)} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

$M_i$ ：生物處理之有機廢棄物量 (Gg/yr)

$EF_i$ ：有機廢棄物厭氧反應下氧化亞氮排放係數 (g N<sub>2</sub>O/kg 廢棄物)

$i$ ：堆肥處理或厭氧處理

### (2) 排放係數

依據公式 7.3.1 與公式 7.3.2，其 2006 IPCC 指南建議排放係數如表 7.3.1 所示，而我國採用排放係數值詳列於表 7.3.2，其中甲烷排放係數為 4.0g CH<sub>4</sub>/kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3 g N<sub>2</sub>O/kg 廢棄物。

### (3) 活動數據

依據環境部中華民國環境統計年報，彙整 1990 年至 2023 年廚餘回收之「堆肥」數據，如表 7.3.3 堆肥數據欄位所示。

表 7.3.1 2006 IPCC 指南生物處理甲烷和氧化亞氮排放係數預設值

生物處理類型	甲烷排放係數 (g CH <sub>4</sub> /kg 廢棄物)		氧化亞氮排放係數 (g N <sub>2</sub> O/kg 廢棄物)		備註
	乾重	濕重	乾重	濕重	
堆肥處理	10 (0.08 – 20)	4 (0.03 – 8)	0.6 (0.2 – 1.6)	0.3 (0.06 – 0.6)	關於廢棄物處理的假設：乾物質中的 DOC 為 25%–50%，乾物質中的氮 2%，含水量 60%。假設濕廢棄物的含水量為 60%，可根據濕廢棄物的排放係數來估算乾廢棄物的排放係數。
厭氧分解	2 (0 – 20)	1 (0 – 8)	假設可忽略不計	假設可忽略不計	

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4–6, Table 4.1, 2006.

表 7.3.2 2006 IPCC 指南估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表

參數	2006 IPCC 指南計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
生物處理之有機廢棄物量 ( $M_i$ )	依照國內資料進行統計	依據國內堆肥量進行計算。	環境部中華民國環境統計年報
排放係數 (EF)	公布堆肥處理與厭氧處理之預設值	採用 2006 IPCC 指南排放係數之預設值計算，其中甲烷排放係數為 4.0g CH <sub>4</sub> /kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3g N <sub>2</sub> O/kg 廢棄物。	2006 IPCC 指南預設值
甲烷回收量 (R)	預設值 0	採 2006 IPCC 指南預設值計算	2006 IPCC 指南預設值

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4–6, Table 4., 2006.

表 7.3.3 1990 年至 2023 年生物處理各類溫室氣體排放量

年份	堆肥 (千公噸)	甲烷 排放係數 (g CH <sub>4</sub> /kg 廢棄物)	氧化亞氮 排放係數 (g N <sub>2</sub> O/kg 廢棄物)	甲烷排放量 (千公噸二氧化碳當量)	氧化亞氮排放量 (千公噸二氧化碳當量)	總溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量)
1990	113.2	4.0	0.3	12.67	9.00	21.67
1991	5.5	4.0	0.3	0.61	0.44	1.05
1992	7.9	4.0	0.3	0.88	0.62	1.50
1993	4.6	4.0	0.3	0.52	0.37	0.88
1994	1.4	4.0	0.3	0.15	0.11	0.26
1995	6.3	4.0	0.3	0.70	0.50	1.20
1996	2.5	4.0	0.3	0.28	0.20	0.48
1997	14.2	4.0	0.3	1.59	1.13	2.71
1998	0.5	4.0	0.3	0.06	0.04	0.10
1999	19.5	4.0	0.3	2.18	1.55	3.73
2000	2.8	4.0	0.3	0.31	0.22	0.53
2001	0.2	4.0	0.3	0.02	0.02	0.04
2002	3.7	4.0	0.3	0.42	0.29	0.71
2003	23.1	4.0	0.3	2.59	1.84	4.42
2004	66.8	4.0	0.3	7.49	5.31	12.80
2005	97.5	4.0	0.3	10.92	7.75	18.68
2006	112.7	4.0	0.3	12.62	8.96	21.58
2007	144.6	4.0	0.3	16.20	11.50	27.70
2008	164.6	4.0	0.3	18.43	13.08	31.52
2009	179.3	4.0	0.3	20.08	14.25	34.34
2010	208.9	4.0	0.3	23.39	16.61	40.00
2011	261.5	4.0	0.3	29.29	20.79	50.08
2012	243.8	4.0	0.3	27.31	19.39	46.70
2013	226.1	4.0	0.3	25.32	17.97	43.29
2014	204.5	4.0	0.3	22.90	16.26	39.16
2015	197.1	4.0	0.3	22.08	15.67	37.75
2016	197.3	4.0	0.3	22.10	15.69	37.78
2017	204.6	4.0	0.3	22.91	16.27	39.18
2018	231.7	4.0	0.3	25.95	18.42	44.37
2019	246.4	4.0	0.3	27.59	19.59	47.18
2020	261.5	4.0	0.3	29.29	20.79	50.07
2021	263.8	4.0	0.3	29.55	20.97	50.52
2022	246.7	4.0	0.3	27.63	19.61	47.24
2023	232.8	4.0	0.3	26.07	18.51	44.58

資料來源：環境部，中華民國環境統計年報 113 年，2024 年 9 月。

由於 1990 年起臺灣省政府農林廳推動「有機農業先驅計畫」，設置簡易堆肥舍並試行有機栽培，且我國亦於 1990 年立法禁止露天焚燒稻草，鼓勵直接掩埋可改善土壤物理、化學及生物性之效果，可於水稻收割時直接用收稻機將稻稈切割成小段當作基肥，使 1991 年起堆肥數量大幅下降。

而自 2003 年起堆肥量增加，主要與廢棄物處理政策之施行有關，其中 2001 年起推動「廚餘回收與建置」影響堆肥處理量較大。然而，堆肥處理量於 2011 年達到近年最高值之後，開始逐年下降，推測與環境部自 2012 年起不再補助經費協助地方政府處理，回歸地方自治事項有關，並且民間堆肥處理場因運輸及處理過程的臭味，經常有地方民眾抗爭問題，而造成運輸困難、遭關場或不再收受處理，造成堆肥量自 2011 年以後逐年下降。2015 年起堆肥量再度上升，係因非洲豬瘟疫情嚴峻，為阻絕其藉由廚餘傳播，禁止未經處理的生廚餘養豬，導致養豬廚餘量下降而堆肥量上升。

#### (4) 排放量

堆肥處理產生之溫室氣體排放量，依公式 7.3.1 及公式 7.3.2 計算，其主要計算參數為堆肥處理量、甲烷和氧化亞氮排放係數，如表 7.3.3 所示。2023 年堆肥量為 233 千公噸，較 2022 年減少 14 千公噸；溫室氣體排放總量 45 千公噸二氧化碳當量，其中甲烷排放量 26 千公噸二氧化碳當量，氧化亞氮排放量 19 千公噸二氧化碳當量，惟堆肥總溫室氣體排放量相較 2022 年減少 5.62%，較 2005 年增加 138.69%，較 1990 年增加 105.75%。

#### (5) 完整性

有關活動數據，係採用環境部中華民國環境統計年報記載 1990 年至 2023 年廚餘回收之「堆肥」數據。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

由於 2006 IPCC 指南並未針對生物處理有預設不確定性數據，係參考我國掩埋場之不確定性計算，有關廢棄物部門各來源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。生物處理排放之各項參數詳細資料列於表 7.3.4，所計算之活動數據、排放係數及排放量不確定性，分別為 10.00%、20.00% 和 22.36%。

#### (2) 時間序列的一致性

生物處理產生甲烷與氧化亞氮排放量，係依據環境部中華民國環境統計年報，彙整 1990 年至 2023 年廚餘回收之「堆肥」數據，且各年期估算方法一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」(表 7.3.5)，檢核

數據與引用數據來源內容是否一致。

#### 5. 特定排放源的重新計算

本年度此排放源無重新計算。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

本年度無排放源的改善計畫。

### 7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

廢棄物焚燒可分為 5.C.1「廢棄物焚化」及 5.C.2「露天燃燒」二類。依據 2006 IPCC 指南，有能源回收之廢棄物焚化所產生的排放量，應歸屬於能源部門，而無能源回收之廢棄物焚化產生的排放量，屬廢棄物部門，因此我國統計 5.C.1「廢棄物焚化」為無能源回收之廢棄物焚化廠。此外，我國僅農業廢棄物有露天燃燒，排放量歸屬農業部門，廢棄物部門則無露天燃燒處理，因而無計算 5.C.2「露天燃燒」項目。

表 7.3.4 2023 年廢棄物部門廢棄物生物處理之排放不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
城市固體廢棄物總量 (MSW <sub>T</sub> )	10.00	年報來源具有高品質資料，參考掩埋場不確性數據，以「廢棄物總量 - 以具有高品質資料」之不確定性 10% 計算。
排放係數	20.00	參考掩埋場不確定性判斷原則，以「可降解有機碳 (DOC)」採 2006 IPCC 指南預設係數，不確定性 20%。
活動數據不確定性計算結果	10.00	
排放係數不確定性計算結果	20.00	
排放量不確定性計算結果	22.36	

表 7.3.5 堆肥品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準	· 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料 (廚餘回收之「堆肥」數據) 和排放因數 (2006 IPCC 指南預設值) 的種類並確保其正確記錄並歸檔
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	· 確認正確引用環境部中華民國環境統計年報結果
檢查排放計算的準確性	· 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	· 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 無時間和空間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	· 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	· 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性	· 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 · 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	· 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值
展開內部檔的審評	· 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	· 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事
展開完全檢查	· 確認提交的評估報告涵蓋了從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別
比較現有估算和原始估算	· 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處。 · 本年度該排放源無重新計算

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5, 2006.

1990 年至 2023 年廢棄物焚化溫室氣體排放量如表 7.4.1。2023 年廢棄物焚化總溫室氣體排放量 902 千公噸二氧化碳當量，其中二氧化碳排放量 893 千公噸二氧化碳當量，氧化亞氮排放量 9 千公噸二氧化碳當量，惟總溫室氣體排放量相較 2022 年減少 4.15%，較 2005 年提升 15.11%，相較 1990 則增幅 9.5 倍。

由於我國有多座新設之中小型焚化爐，以致中小型焚化處理量持續增加，最近 5 年之中小型焚化廠焚化處理量<sup>1</sup>逐年小幅提升 (2019 年至 2023 年平均增加 9.11%)，近五年增加 263 千公噸焚化量，約成長 53.70%。值得注意的是焚化之部門排放占比也同樣逐年增加，自 2019 年起超越事業廢水排放占比成為排放大宗並持續擴大 (2019 年焚化占 25.49%，事業廢水占 23.55%)。

2023 年焚化處理量仍較 2022 年增加 26 千公噸，惟排放量變化呈現下降趨勢 (減少 39 千公噸二氧化碳當量)，主要係因「一般事業廢棄物」小幅減量且碳排係數較大，使減量幅度大於其餘增量焚化類型，以致呈現活動數據增加但排放下降的情形。

7.4.1 廢棄物焚化 (5.C.1)

1. 排放源及匯分類的描述

廢棄物燃燒可能產生的溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷。由於焚化爐內燃燒高溫與長停留時間，甲烷排放量甚少，因此僅估算廢棄物燃燒過程中產生之二氧化碳及氧化亞氮排放量，並僅需計算礦物碳產生之溫室氣體排放量。

另外，依據 2006 IPCC 指南，有能源回收之廢棄物焚化所產生的排放量，應歸屬於能源部門，而無能源回收之廢棄物焚化產生的排放量，屬廢棄物部門。我國設計處理量小於 10 噸 / 時之中小型焚化爐無燃燒發電，因此排放量計入廢棄物部門。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

A. 二氧化碳排放量

依據 2006 IPCC 指南計算方式 (公式 7.4.1.1)，化石燃料及其產品 (例如塑膠、某些織物、橡膠、液體溶劑、廢油) 列入廢棄物焚化排放計算，而來自生物質 (紙張、廚餘和木

表 7.4.1 1990 年至 2023 年廢棄物之焚化與露天燃燒總溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)												
溫室氣體排放源與吸收匯	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	95	35	312	305	505	1,591	1,669	333	496	283	698	2,624
5.C.1 廢棄物焚化	95	35	312	305	505	1,591	1,669	333	496	283	698	2,624
一般廢棄物	0.2	0.08	0.6	0.6	1.1	3.4	3.6	0.8	1.1	0.6	1.9	6.2
一般事業廢棄物	87	32	284	277	459	1,449	1,520	303	452	258	635	2,388
醫療廢棄物	3	1	11	10	17	54	57	11	17	10	24	90
有害事業廢棄物	5	2	17	16	27	85	89	18	26	15	37	139
5.C.2 廢棄物露天燃燒	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源與吸收匯	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	2,299	2,086	2,017	784	857	845	740	710	754	678	665	825
5.C.1 廢棄物焚化	2,299	2,086	2,017	784	857	845	740	710	754	678	665	825
一般廢棄物	5.8	4.8	4.9	1.2	1.5	1.8	1.7	1.6	1.7	1.1	1.3	1.7
一般事業廢棄物	2,093	1,899	1,836	714	780	770	674	647	687	621	608	765
醫療廢棄物	79	71	69	27	29	29	25	24	26	25	23	24
有害事業廢棄物	122	111	107	42	46	45	39	38	40	31	33	34
5.C.2 廢棄物露天燃燒	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源與吸收匯	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	743	503	595	619	645	710	806	918	941	902		
5.C.1 廢棄物焚化	743	503	595	619	645	710	806	918	941	902		
一般廢棄物	1.9	1.6	1.5	1.7	0.9	2.1	2.2	2.5	2.7	7.9		
一般事業廢棄物	710	447	557	564	588	640	709	810	795	721		
醫療廢棄物	0	23	9	25	24	28	32	41	43	49		
有害事業廢棄物	31	31	28	28	32	39	63	64	101	125		
5.C.2 廢棄物露天燃燒	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE		

備註：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。

1 環境部，固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，資料日期 2024 年 10 月。



料)的排放則不計入，另外廢棄物焚化具能源回收利用之排放，則歸屬能源部門。計算公式說明如下：

公式 7.4.1.1：

二氧化碳 (Gg/yr)

$$= \sum_i (SW_i \times (1 - \text{水分比例}) \times FCF_i \times OF_i \times 44/12)$$

$SW_i$ ：廢棄物總燃燒量 (濕重) (Gg/yr)

$FCF_i$ ：廢棄物乾物質的礦物碳比例 (%)

$OF_i$ ：氧化比例 (燃燒效率) (%)

44/12：從 C 到二氧化碳的轉換係數

$i$ ：焚化 / 露天燃燒廢棄物類型，如一般廢棄物、事業、醫療及有害廢棄物

$FCF_i = \sum_i (CF_i \times \text{礦物碳比例占總碳的} \%)$

$CF_i$ ：廢棄物乾物質之總碳比例 (總碳含量) (%)

$CF_i = \sum_i (\text{各垃圾組成} \% \times \text{乾物質含量占濕重的} \% \times \text{總碳含量占乾重})$

## B. 氧化亞氮排放量

依據 2006 IPCC 指南，氧化亞氮排放量計算，如公式 7.4.1.2 所示。

公式 7.4.1.2：

$$\text{氧化亞氮 (Gg / yr)} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

$IW_i$ ：廢棄物總燃燒量 (Gg/yr)

$EF_i$ ： $N_2O$  排放係數 (kg  $N_2O$ /Gg 廢棄物)

### (2) 排放係數

有關各類廢棄物溫室氣體排放計算參採公式 7.4.1.1 及公式 7.4.1.2 及採用國內數據與來源如表 7.4.2 至表 7.4.6 所示。

二氧化碳排放係數依據垃圾成分組成換算含碳量與礦物碳比例；氧化亞氮排放係數由於焚化爐多屬於連續式鍋爐，故採用日本連續式爐體排放係數 47g  $N_2O$ /公噸計算。2006 IPCC 指南提供之各國焚化爐氧化亞氮排放係數如表 7.4.4 與表 7.4.6 所示。

表 7.4.2 事業廢棄物組成份相關參數之 2006 IPCC 指南預設值 (濕基)

事業廢棄物種類	DOC (%)	礦物碳比例 (%)	總碳比例 (%)	含水率 (%)
食品	15	—	15	60
纖維布	24	16	40	20
木頭	43	—	43	15
紙	40	1	41	10
石油化學產品、溶劑、塑膠	—	80	80	0
橡膠	39	17	56	16
營造 (建) 及拆除業	4	20	24	0
其他	1	3	4	10

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2–16, Table 2.5, 2006.

表 7.4.3 有害及醫療廢棄物組成份相關參數之 2006 IPCC 指南預設值 (濕基)

廢棄物種類	DOC (%)	礦物碳比例 (%)	總碳比例 (%)	含水率 (%)
有害事業廢棄物	NA	5–50	NA	10–90
醫療廢棄物	15	25	40	35

備註：NA 表示無此分析數據。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2–16, Table 2.6, 2006.

表 7.4.4 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放係數

國家	焚化 / 技術類型		MSW 排放係數 (g $N_2O$ /公噸廢棄物焚化量)	計算基準
日本	連續焚化	階梯式爐床	47	濕重
		流體化床	67	濕重
	半連續焚化	階梯式爐床	41	濕重
		流體化床	68	濕重
	分批類焚化	階梯式爐床	56	濕重
		流體化床	221	濕重
德國	—		8	濕重
荷蘭	—		20	濕重
奧地利	—		12	濕重

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.5–21, Table 5.4, 2006.

表 7.4.5 2006 IPCC 指南焚化處理二氧化碳排放計算一覽表

參數	2006 IPCC 指南 計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
廢棄物總燃燒量 (SW <sub>i</sub> )	依照國內資料進行統計	<ul style="list-style-type: none"> <li>2010 年以前依據國內生活垃圾燃燒量與一般事業垃圾處理量，做為全國燃燒廢棄物量。</li> <li>由於大型焚化爐會產生能源發電須扣除其垃圾量，其餘垃圾量燃燒計入廢棄物部門。</li> <li>2011 年以後採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，做為全國燃燒廢棄物量。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境部中華民國環境統計年報</li> <li>環境部固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統</li> </ul>
乾物質比例 (dm <sub>i</sub> )	依照國內資料進行統計	依據國內垃圾分析含水量計算乾物質含量。	環境部中華民國環境統計年報
乾物質之總碳比例 (CF <sub>i</sub> )	提供各種物質之總碳比例預設值	依據我國垃圾組成與 2006 IPCC 指南公布含碳量計算。	環境部中華民國環境統計年報
乾物質總碳中 礦物碳比例 (FCF <sub>i</sub> )	提供各種物質之礦物碳比例預設值	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般廢棄物：依據國內研究資料與 2006 IPCC 指南公布各種物質之礦物碳比例計算。</li> <li>一般事業廢棄物：參考 2006 IPCC 指南之各事業廢棄物種類並彙整環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」資料，以估算一般事業廢棄物之礦物碳比例。</li> <li>醫療與有害廢棄物：依據 2006 IPCC 指南礦物碳比例預設值，分別採用 25% 及 27.5%。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2006 IPCC 指南預設值</li> <li>環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」</li> </ul>
氧化比例 (OF <sub>i</sub> )	未公布	依據 2006 IPCC 指南預設值 100% 計算。	2006 IPCC 指南預設值

表 7.4.6 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表

參數	2006 IPCC 指南 計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
廢棄物總燃燒量 (IW <sub>i</sub> )	依照國內資料進行統計	<ul style="list-style-type: none"> <li>2010 年以前依據國內一般廢棄物焚化量及一般事業垃圾處理量，扣除大型焚化爐處理量，做為廢棄物部門燃燒廢棄物量。</li> <li>2011 年以後採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，做為全國燃燒廢棄物量。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境部中華民國環境統計年報</li> <li>環境部固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統</li> </ul>
氧化亞氮 排放係數 (EF <sub>i</sub> )	公布相關焚化設施之氧化亞氮排放係數範圍值	依據國內現況多數屬於連續式鍋爐，因此引用 2006 IPCC 指南提供設施中，日本連續式爐體排放係數 47g N <sub>2</sub> O / 公噸焚化廢棄物計算。	2006 IPCC 指南預設值

### (3) 活動數據

1990 年至 2004 年活動數據引用環境部中華民國環境統計年報中「一般廢棄物焚化處理量」、「一般廢棄物焚化量」及「一般事業廢棄物處理量」加總並扣除「大型焚化爐焚化量」，據以計算中小型焚化爐活動數據。

2005 年至 2010 年間，廢棄物焚化處理量改參採環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並乘上 1.1 進行修正；後期因 2011 年至 2013 年焚化處理量呈現劇降情形，導致溫室氣體排放量變動過大。為降低廢棄物焚化處理量不確定與提升品質，2011 年起改採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」之中小型焚化爐廢棄物焚化量。

另外，依據 2022 年 1 月廢棄物部門清冊專家諮詢會議之決議，依廢棄物種類分別計算排放量，則種類可分為「一般廢棄物」、「一般事業廢棄物」、「醫療廢棄物」以及「有害事業廢棄物」等。其中，1990 年至 2010 年各式廢棄物種類採用 2011 年至 2020 年平均占比計算，2011 年後採用原始資料中廢棄物代碼進行分類。各式廢棄物種類之活動數據如表 7.4.7 所示。

### (4) 排放量

依據公式 7.4.1.1、公式 7.4.1.2 及焚化相關活動數據與參數等，估算廢棄物焚化處理所產生溫室氣體排放量，如表 7.4.7 至表 7.4.10 所示。

近幾年由於大型焚化爐整改，大型焚化量能部份轉移到中小型焚化爐，再加上有多座新設之中小型焚化爐，導致 2019 年起焚化處理量逐年小幅提升，至 2023 年中小型焚化爐焚化處理量達 752 千公噸，較 2022 年增加 26 千公噸。

2023 年焚化處理排放量為 902 千公噸二氧化碳當量，在焚化廢棄物種類中，焚化排放占比最高為「一般事業廢棄物」，占比高達 79.92%，其餘依次為「有害事業廢棄物」占 13.81%、「醫療廢棄物」占 5.40% 以及「一般廢棄物」占 0.87%。2023 年相較 2005 年增加 15.11%，相較 1990 年增加 9.5 倍，主要係因一般事業廢棄物大幅增加，而相較 2022 年減少 4.15%，主要係因「一般事業廢棄物」小幅減量且碳排係數較大，使減量幅度大於其餘增量焚化類型，以致呈現活動數據增加但排放下降的情形。

表 7.4.7 1990 年至 2023 年廢棄物焚化處理之活動數據

(單位：千公噸)

年份	環境統計年報 <sup>1</sup>				事業廢棄物申報管理系統 <sup>2</sup>		空污申報管理系統 <sup>3</sup>	焚化處理量	分類			
	一般廢棄物焚化量	一般事業廢棄物處理量	大型焚化爐焚化量	中小型焚化爐焚化量	原始中小型焚化爐處理量	修正後中小型焚化爐處理量	中小型焚化爐廢棄物焚化量		一般廢棄物	一般事業廢棄物	醫療廢棄物	有害廢棄物
1990	77.7	NE	NE	77.7	NE	NE	NE	77.7	0.7	68.6	3.5	5.0
1991	28.8	NE	NE	28.8	NE	NE	NE	28.8	0.3	25.4	1.3	1.8
1992	255.4	NE	NE	255.4	NE	NE	NE	255.4	2.3	225.4	11.5	16.3
1993	249.0	NE	NE	249.0	NE	NE	NE	249.0	2.2	219.8	11.2	15.9
1994	412.5	NE	NE	412.5	NE	NE	NE	412.5	3.6	364.0	18.6	26.3
1995	1,301.0	NE	NE	1,301.0	NE	NE	NE	1,301.0	11.5	1,148.1	58.6	82.9
1996	1,364.6	NE	NE	1,364.6	NE	NE	NE	1,364.6	12.1	1,204.2	61.4	86.9
1997	1,691.6	NE	1,419.3	272.3	NE	NE	NE	272.3	2.4	240.3	12.3	17.3
1998	1,741.1	NE	1,335.4	405.7	NE	NE	NE	405.7	3.6	358.0	18.3	25.8
1999	2,020.6	NE	1,789.1	231.5	NE	NE	NE	231.5	2.0	204.3	10.4	14.7
2000	3,229.7	NE	2,659.7	570.1	NE	NE	NE	570.1	5.0	503.1	25.7	36.3
2001	3,736.9	2,330.1	3,922.4	2,144.6	NE	NE	NE	2,144.6	18.9	1,892.5	96.5	136.6
2002	4,316.0	2,873.9	5,311.0	1,878.9	NE	NE	NE	1,879.0	16.6	1,658.1	84.6	119.7
2003	4,304.6	2,869.8	5,470.7	1,703.6	NE	NE	NE	1,705.1	15.1	1,504.6	76.8	108.6
2004	4,307.7	2,952.1	5,611.5	1,648.3	NE	NE	NE	1,648.3	14.6	1,454.5	74.2	105.0
2005					582.9	641.1	NE	641.1	5.7	565.8	28.9	40.8
2006					637.0	700.6	NE	700.6	6.2	618.3	31.5	44.6
2007					628.4	691.3	NE	691.3	6.1	610.0	31.1	44.0
2008					550.0	605.0	NE	605.0	5.3	533.9	27.2	38.5
2009					527.9	580.7	NE	580.7	5.1	512.5	26.1	37.0
2010					560.5	616.6	NE	616.6	5.4	544.1	27.8	39.3
2011					536.1	589.7	660.2	660.2	3.9	599.1	26.7	30.6
2012					494.2	543.6	616.9	616.9	4.6	555.3	25.0	32.0
2013					528.0	580.8	629.4	629.4	5.6	564.1	25.9	33.8
2014					521.4	573.6	624.1	624.1	6.3	577.7	0.4	30.8
2015					483.3	531.6	434.1	434.1	5.3	373.1	25.0	30.8
2016					481.7	529.9	480.3	480.3	4.9	438.6	10.0	26.9
2017					489.3	538.2	471.9	471.9	5.3	412.5	26.9	27.2
2018					516.7	568.4	488.9	488.9	2.5	429.5	26.0	30.9
2019					528.0	580.8	570.4	570.4	5.9	495.4	30.4	38.7
2020					533.2	586.5	654.1	654.1	5.7	552.8	34.3	61.3
2021					540.0	594.0	696.2	696.2	5.0	583.9	44.6	62.8
2022							725.5	725.5	5.1	575.6	46.2	98.6
2023							751.5	751.5	15.3	561.8	52.4	122.1

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料僅無法追朔至 1990 年，故未進行調查。

- 資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物＋一般事業廢棄物－大型焚化爐焚化量），環境部中華民國環境統計年報。  
2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2023 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。  
3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

表 7.4.8 1990 年至 2023 年一般廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量

年份	一般廢棄物焚化量	含水率 (1-dm)	含碳比例 (CF)	礦物碳比例 (FCF)	焚化爐燃燒效率 (OF)	二氧化碳排放量	氧化亞氮排放係數	氧化亞氮排放量
	千公噸	%	%	%	%	kt CO <sub>2</sub> e	g N <sub>2</sub> O/T	kt CO <sub>2</sub> e
1990	0.7	51.97%	34.35%	46.76%	100%	0.19	47	0.01
1991	0.3	51.97%	34.35%	51.14%	100%	0.08	47	0.00
1992	2.3	51.97%	34.35%	45.11%	100%	0.62	47	0.03
1993	2.2	51.06%	34.82%	41.86%	100%	0.58	47	0.03
1994	3.6	53.21%	40.78%	42.98%	100%	1.10	47	0.05
1995	11.5	48.14%	35.87%	41.15%	100%	3.23	47	0.14
1996	12.1	50.60%	38.44%	41.23%	100%	3.46	47	0.15
1997	2.4	46.03%	37.87%	43.39%	100%	0.78	47	0.03
1998	3.6	51.06%	37.74%	43.87%	100%	1.06	47	0.04
1999	2.0	50.76%	38.32%	41.43%	100%	0.59	47	0.03
2000	5.0	45.02%	38.41%	47.59%	100%	1.86	47	0.06
2001	18.9	55.80%	41.27%	47.14%	100%	5.97	47	0.24
2002	16.6	51.24%	41.94%	45.30%	100%	5.64	47	0.21

續下表

續上表

年份	一般廢棄物 焚化量	含水率 (1-dm)	含碳比例 (CF)	礦物碳比例 (FCF)	焚化爐燃燒效率 (OF)	二氧化碳 排放量	氧化亞氮 排放係數	氧化亞氮 排放量
	千公噸	%	%	%	%	kt CO <sub>2</sub> e	g N <sub>2</sub> O/T	kt CO <sub>2</sub> e
2003	15.1	55.69%	42.23%	44.59%	100%	4.61	47	0.19
2004	14.6	51.19%	42.20%	42.81%	100%	4.71	47	0.18
2005	5.7	54.03%	39.11%	31.47%	100%	1.18	47	0.07
2006	6.2	52.41%	43.24%	31.35%	100%	1.46	47	0.08
2007	6.1	51.55%	44.25%	35.60%	100%	1.71	47	0.08
2008	5.3	50.94%	49.21%	35.14%	100%	1.66	47	0.07
2009	5.1	54.19%	49.18%	35.75%	100%	1.52	47	0.06
2010	5.4	52.66%	48.37%	35.46%	100%	1.62	47	0.07
2011	3.9	55.06%	48.29%	34.48%	100%	1.08	47	0.05
2012	4.6	53.97%	48.58%	34.22%	100%	1.29	47	0.06
2013	5.6	54.08%	48.48%	34.95%	100%	1.61	47	0.07
2014	6.3	55.17%	49.14%	35.51%	100%	1.81	47	0.08
2015	5.3	54.79%	48.88%	34.98%	100%	1.49	47	0.07
2016	4.9	52.91%	48.95%	36.28%	100%	1.49	47	0.06
2017	5.3	52.60%	48.84%	35.43%	100%	1.59	47	0.07
2018	2.5	50.77%	48.93%	37.63%	100%	0.84	47	0.03
2019	5.9	48.49%	48.30%	38.34%	100%	2.06	47	0.07
2020	5.7	45.34%	44.69%	41.49%	100%	2.10	47	0.07
2021	5.0	40.33%	45.42%	48.29%	100%	2.39	47	0.06
2022	5.1	41.45%	48.03%	50.06%	100%	2.61	47	0.06
2023	15.3	40.07%	49.67%	46.07%	100%	7.68	47	0.19

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物＋一般事業廢棄物－大型焚化爐焚化量），環境部中華民國環境統計年報。  
 2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2023 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。  
 3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

表 7.4.9 1990 年至 2023 年一般事業廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量

年份	一般 事業 廢棄物 焚化量	分類								礦物碳 比例 (FCF)	焚化爐 燃燒 效率 (OF)	二氧化碳 排放量	氧化亞氮 排放係數	氧化亞氮 排放量
		食品	纖維布	木頭	紙	石油 化學	橡膠	營造 拆除	其他					
	千公噸	%								%	%	kt CO <sub>2</sub> e	g N <sub>2</sub> O/T	kt CO <sub>2</sub> e
1990	77.7	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	85.73	47	0.85
1991	28.8	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	31.80	47	0.32
1992	255.4	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	281.62	47	2.81
1993	249.0	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	274.62	47	2.74
1994	412.5	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	454.90	47	4.53
1995	1,301.0	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	1,434.64	47	14.30
1996	1,364.6	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	1,504.77	47	15.00
1997	272.3	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	300.29	47	2.99
1998	405.7	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	447.40	47	4.46
1999	231.5	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	255.29	47	2.54
2000	570.1	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	628.64	47	6.27
2001	2,144.6	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	2,364.84	47	23.57
2002	1,878.9	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	2,071.98	47	20.65
2003	1,703.6	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	1,880.16	47	18.74
2004	1,648.3	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	1,817.54	47	18.12
2005	1,956.1	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	706.99	47	7.05
2006	2,174.6	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	772.60	47	7.70
2007	2,121.7	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	762.24	47	7.60
2008	1,470.6	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	667.13	47	6.65
2009	614.5	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	640.37	47	6.38

續下表



續上表

年份	一般 事業 廢棄物 焚化量	分類								礦物碳 比例 (FCF)	焚化爐 燃燒 效率 (OF)	二氧化碳 排放量	氧化亞氮 排放係數	氧化亞氮 排放量
		食品	纖維布	木頭	紙	石油 化學	橡膠	營造 拆除	其他					
	千公噸	%								%	%	kt CO <sub>2</sub> e	g N <sub>2</sub> O/T	kt CO <sub>2</sub> e
2010	773.0	0.00%	0.55%	0.74%	15.68%	40.66%	0.16%	0.07%	42.13%	34.08%	100%	679.92	47	6.78
2011	660.2	0.00%	0.54%	0.48%	16.96%	32.58%	0.92%	0.04%	48.48%	27.94%	100%	613.71	47	7.46
2012	616.9	0.00%	0.54%	0.69%	17.77%	34.78%	0.22%	0.05%	45.94%	29.52%	100%	601.00	47	6.92
2013	629.4	0.00%	0.39%	0.91%	17.26%	44.11%	0.03%	0.01%	37.29%	36.65%	100%	758.02	47	7.03
2014	624.1	0.00%	0.47%	0.91%	18.32%	39.58%	0.10%	0.02%	40.61%	33.16%	100%	702.33	47	7.19
2015	434.1	0.00%	0.52%	0.84%	19.52%	38.53%	0.08%	0.01%	40.50%	32.33%	100%	442.29	47	4.65
2016	480.3	0.00%	0.49%	0.79%	15.34%	40.95%	0.06%	0.05%	42.32%	34.28%	100%	551.31	47	5.46
2017	471.9	0.00%	0.56%	0.68%	13.50%	44.36%	0.07%	0.00%	40.81%	36.95%	100%	558.94	47	5.14
2018	488.9	0.00%	0.63%	0.80%	14.85%	44.45%	0.07%	0.01%	39.19%	37.00%	100%	582.72	47	5.35
2019	570.4	0.00%	0.56%	0.64%	14.08%	41.65%	0.05%	0.29%	42.74%	34.90%	100%	633.88	47	6.17
2020	654.1	0.00%	0.68%	0.68%	14.63%	41.35%	0.11%	0.14%	42.42%	34.65%	100%	702.46	47	6.89
2021	696.2	0.00%	0.69%	0.70%	10.27%	44.93%	0.09%	0.18%	43.14%	37.50%	100%	802.81	47	7.27
2022	575.6	0.00%	0.69%	0.70%	10.48%	44.71%	0.09%	0.18%	43.15%	37.33%	100%	787.79	47	7.17
2023	561.8	0.00%	1.90%	0.83%	12.64%	41.04%	0.62%	0.04%	42.92%	34.66%	100%	714.03	47	7.00

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物＋一般事業廢棄物－大型焚化爐焚化量），環境部中華民國環境統計年報。  
2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2023 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。  
3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

表 7.4.10 1990 年至 2023 年醫療廢棄物與有害廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量

年份	活動數據		礦物碳比例 (FCF)		焚化爐 燃燒 效率 (OF)	二氧化碳排放量		氧化亞氮 排放係數 g N <sub>2</sub> O/T	氧化亞氮排放量	
	醫療廢棄物 焚化量	有害廢棄物 焚化量	醫療 廢棄物	有害 廢棄物		醫療 廢棄物	有害 廢棄物		醫療 廢棄物	有害 廢棄物
	千公噸	千公噸	%	%		kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e		kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
1990	3.5	5.0	25%	25%	100%	3.21	4.99	47	0.04	0.06
1991	1.3	1.8	25%	25%	100%	1.19	1.85	47	0.02	0.02
1992	11.5	16.3	25%	25%	100%	10.54	16.41	47	0.14	0.20
1993	11.2	15.9	25%	25%	100%	10.28	16.00	47	0.14	0.20
1994	18.6	26.3	25%	25%	100%	17.02	26.50	47	0.23	0.33
1995	58.6	82.9	25%	25%	100%	53.69	83.58	47	0.73	1.03
1996	61.4	86.9	25%	25%	100%	56.31	87.67	47	0.77	1.08
1997	12.3	17.3	25%	25%	100%	11.24	17.49	47	0.15	0.22
1998	18.3	25.8	25%	25%	100%	16.74	26.06	47	0.23	0.32
1999	10.4	14.7	25%	25%	100%	9.55	14.87	47	0.13	0.18
2000	25.7	36.3	25%	25%	100%	23.52	36.62	47	0.32	0.45
2001	96.5	136.6	25%	25%	100%	88.50	137.77	47	1.20	1.70
2002	84.6	119.7	25%	25%	100%	77.54	120.71	47	1.05	1.49
2003	76.8	108.6	25%	25%	100%	70.36	109.53	47	0.96	1.35
2004	74.2	105.0	25%	25%	100%	68.02	105.89	47	0.92	1.31
2005	28.9	40.8	25%	25%	100%	26.46	41.19	47	0.36	0.51
2006	31.5	44.6	25%	25%	100%	28.91	45.01	47	0.39	0.56
2007	31.1	44.0	25%	25%	100%	28.52	44.41	47	0.39	0.55
2008	27.2	38.5	25%	25%	100%	24.97	38.87	47	0.34	0.48
2009	26.1	37.0	25%	25%	100%	23.96	37.31	47	0.33	0.46
2010	27.8	39.3	25%	25%	100%	25.44	39.61	47	0.35	0.49
2011	26.7	30.6	25%	25%	100%	24.46	30.82	47	0.33	0.38
2012	25.0	32.0	25%	25%	100%	22.96	32.24	47	0.31	0.40
2013	25.9	33.8	25%	25%	100%	23.70	34.06	47	0.32	0.42
2014	0.4	30.8	25%	25%	100%	0.37	31.07	47	0.01	0.38
2015	25.0	30.8	25%	25%	100%	22.87	31.08	47	0.31	0.38
2016	10.0	26.9	25%	25%	100%	9.12	27.16	47	0.12	0.34
2017	26.9	27.2	25%	25%	100%	24.65	27.48	47	0.33	0.34
2018	26.0	30.9	25%	25%	100%	23.84	31.12	47	0.32	0.38

續下表

續上表

年份	活動數據		礦物碳比例 (FCF)		焚化爐 燃燒 效率 (OF)	二氧化碳排放量		氧化亞氮 排放係數	氧化亞氮排放量	
	醫療廢棄物 焚化量	有害廢棄物 焚化量	醫療 廢棄物	有害 廢棄物		醫療 廢棄物	有害 廢棄物		醫療 廢棄物	有害 廢棄物
	千公噸	千公噸	%	%		kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e		kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
2019	30.4	38.7	25%	25%	100%	27.89	39.00	47	0.38	0.48
2020	34.3	61.3	25%	25%	100%	31.46	61.81	47	0.43	0.76
2021	44.6	62.8	25%	25%	100%	40.84	63.31	47	0.55	0.78
2022	46.2	98.6	25%	25%	100%	42.38	99.41	47	0.58	1.23
2023	52.4	122.1	25%	25%	100%	48.03	123.10	47	0.65	1.52

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物＋一般事業廢棄物－大型焚化爐焚化量），環境部中華民國環境統計年報。

2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2023 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。

3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

### (5) 完整性

1990 年至 2004 年活動數據參採環境部中華民國環境統計年報關於一般廢棄物焚化處理量與事業廢棄物處理量以及大型焚化爐焚化量等資訊來估算；2005 年至 2010 年活動數據改為環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並乘上 1.1 進行修正估算；2011 年以後的活動數據，則改為引用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中小型焚化爐廢棄物焚化量。因此，1990 年至 2023 年焚化處理量均具有完整的時序統計。

另引用之垃圾性質百分比數據，估算「含碳量比例」及「礦物碳比例」，僅有 1992 年至 2023 年，缺少 1990 年及 1991 年活動數據，處理方式詳時間序列的一致性。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

由於 2006 IPCC 指南並未針對焚化處理有預設之不確定性，係參考我國掩埋場之不確定性計算。有關廢棄物部門各來源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。廢棄物焚化處理總溫室氣體排放量之不確定性為 20.08%，以下進一步說明二氧化碳與氧化亞氮排放之不確定性。

有關廢棄物焚化處理所產生之二氧化碳排放之各項參數詳細資料列於表 7.4.11，廢棄物焚化處理二氧化碳排放之總不確定性為 20.28%。研析不同焚化類型之各項活動資料與排放係數不確定性結果，一般廢棄物依活動數據、排放係數、排放量分別計算不確定性，分別為 10.00%、55.90% 和 56.79%；一般事業廢棄物依活動數據、排放係數、排放量

表 7.4.11 2023 年焚化處理溫室氣體排放不確定性

項目	不確定性	說明
焚化處理		
二氧化碳排放量	20.28%	
氧化亞氮排放量	17.18%	
總溫室氣體排放量	20.08%	
一般廢棄物		
焚化固體廢棄物類型的總量 (MSW)(Gg/yr)	10.00%	依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，其中申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。
含水分 (%)	30.00%	參考「掩埋場廢棄物組成之不確定性是具有基於研究」的原則，其不確定性以 30% 計算。
總碳比例 (CF)	30.00%	參考「掩埋場廢棄物組成之不確定性是具有基於研究」的原則，其不確定性以 30% 計算。
礦物碳比例 (FCF)	36.06%	1. 參考「掩埋場廢棄物組成之不確定性是具有基於研究」的原則，其不確定性以 30% 計算。 2. 比例則引用 2006 IPCC 指南預設值，故係參考掩埋場不確定性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 2006 IPCC 指南預設值」之不確定 20% 計算。 3. 兩者不確定加總為 36.06%。
焚化爐燃燒效率 (OF)	5.00%	燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確定性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。
氧化亞氮排放係數	20.00%	排放係數引用 2006 IPCC 指南建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 2006 IPCC 指南 DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。
活動數據	10.00%	
二氧化碳排放係數	55.90%	
二氧化碳排放量	56.79%	
氧化亞氮排放係數	20.00%	
氧化亞氮排放量	22.36%	

續下表

續上表

項目	不確定性	說明
<b>一般事業廢棄物</b>		
焚化固體廢棄物類型的總量 (MSW)(Gg/yr)	10.00%	依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，其中報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。
礦物碳比例 (FCF)	20.36%	1. 依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，採用原始資料中廢棄物代碼進行分類，分為「食品」、「纖維布」、「木頭」、「紙」、「石油化學」、「橡膠」、「營造拆除」以及「其他」，其中報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。 2. 比例引用 2006 IPCC 指南預設值，故係參考掩埋場不確定性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 2006 IPCC 指南預設值」之不確定 20% 計算。 3. 兩者不確定加總為 20.36%。
焚化爐燃燒效率 (OF)	5.00%	燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確定性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。
氧化亞氮排放係數	20.00%	排放係數引用 2006 IPCC 指南建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 2006 IPCC 指南 DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。
活動數據	10.00%	
二氧化碳排放係數	22.91%	
二氧化碳排放量	25.00%	
氧化亞氮排放係數	20.00%	
氧化亞氮排放量	22.36%	
<b>醫療廢棄物 / 有害廢棄物</b>		
焚化固體廢棄物類型的總量 (MSW)(Gg/yr)	10.00%	依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，其中報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。
礦物碳比例 (FCF)	20.00%	比例引用 2006 IPCC 指南預設值，故係參考掩埋場不確定性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 2006 IPCC 指南預設值」之不確定性 20% 計算。
焚化爐燃燒效率 (OF)	5.00%	燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確定性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。
氧化亞氮排放係數	20.00%	排放係數引用 2006 IPCC 指南建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 2006 IPCC 指南 DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。
活動數據	10.00%	
二氧化碳排放係數	20.62%	
二氧化碳排放量	22.91%	
氧化亞氮排放係數	20.00%	
氧化亞氮排放量	22.36%	

分別計算不確定性，分別為 10.00%、22.91% 和 25.00%；而醫療廢棄物與有害廢棄物依活動數據、排放係數、排放量分別計算不確定性，分別為 10.00%、20.62% 和 22.91%。

有關廢棄物焚化處理所產生之氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.4.11，廢棄物焚化處理氧化亞氮排放之總不確定性為 17.18%。研析以焚化類型之各項活動資料與排放係數不確定性結果，一般廢棄物、一般事業廢棄物、醫療廢棄物及有害廢棄物不確定性結果均相同，依活動數據、排放係數、排放量分別計算不確定性，分別為 10.00%、20.00% 和 20.36%。

## (2) 時間序列的一致性

在估算廢棄物焚化處理二氧化碳與氧化亞氮排放量之相關計算參數與引用活動數據來源，係引用環境部中華民國環境統計年報登載 1990 年至 2010 年垃圾清運之「焚化」數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化（處理）量」以及環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量，2011 年後則引用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」之中小型焚化爐廢棄物焚化量。然而，環境部中華

民國環境統計年報登載數據缺少 1990 年與 1991 年垃圾性質百分比數據，故假設這兩年數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同，以進一步估算該兩年「含碳量比例」及「礦物碳比例」，完整建立各年期排放估算所需之相關活動數據及排放參數之一致性與完整性。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

引用環境部中華民國環境統計年報之一般廢棄物清理概況中焚化處理量、環境部事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化（處理）量」、環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量、環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」的中小型焚化爐廢棄物焚化量與垃圾性質百分比等活動數據為基礎，參採 2006 IPCC 指南建議排放係數與 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月及 10 月召開廢棄物部門清冊專家諮詢會議，確認計算方式、引用參數與活動數據合理性。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一



般清冊品質控制程序」(表 7.4.12)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

#### 5. 特定排放源的重新計算

本年度此排放源無重新計算。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

本年度無排放源的改善計畫。

#### 7.4.2 廢棄物露天燃燒 (5.C.2)

我國現僅農業廢棄物有露天燃燒情形，歸屬於農業部門，廢棄物部門並無其他廢棄物以露天燃燒處理情形。

#### 7.5 廢水處理與放流 (5.D)

污(廢)水處理產生溫室氣體排放量可分為 5.D.1「生活污水處理與放流」與 5.D.2「事業廢水處理與放流」。生活污水及事業廢水處理系統的活動數據和排放係數來源並不相同，故分別計算溫室氣體排放量。

污(廢)水處理過程中會產生甲烷及氧化亞氮排放，而污(廢)水處理產生的二氧化碳在 2006 IPCC 指南認為生物成因，不須計算納入國家排放總量(如植物光合作用減少二氧化碳亦未納入)。

2006 IPCC 指南針對污(廢)水處理可能造成之甲烷和氧化亞氮排放潛勢，如表 7.5.1 所示。相較於 1996 IPCC 指南，主要增加估算未收集廢水的甲烷排放、高級廢水處理廠(三級處理)的氧化亞氮排放，並簡化事業廢水排放量計算，針對事業廢水甲烷與氧化亞氮排放提供建議盤點的產業類別。

甲烷生成量主要取決於污(廢)水中的可降解有機物、溫度及處理系統的類型。當溫度增加時，甲烷產生的速率增大，這在無控制系統和溫暖氣候中尤其重要。然而，溫度較低時，甲烷生成量可能會受影響，緣自甲烷微生物活性不大。另外，在生活與住商污水中，以生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, BOD)為指標，在事業廢水中則以化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)為指標，包含生物可分解及不可分解的碳含量。

氧化亞氮與廢水中的氮成分(如尿素、硝酸鹽和蛋白質)之硝化與脫硝作用有關，意即將氮和其他氮化合物轉化成硝酸鹽( $\text{NO}_3^-$ )和硝酸鹽轉化成氮氣( $\text{N}_2$ )的生物化學轉化。氧化亞氮可能成為這兩個過程的中間產物，通常與脫硝作用關聯較大。生活污水與事業廢水處理系統為去除氮化合物可能包括各種處理流程，從化糞池處理技術到高級處理技術均可產生氧化亞氮直接排放。

表 7.4.12 廢棄物焚化一般清冊品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準	· 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料(垃圾清運之「焚化」數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化(處理)量」、垃圾組成)和排放因數(2006 IPCC 指南預設值)的種類並確保其正確記錄並歸檔
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	· 確認正確引用環境部中華民國環境統計年報結果
檢查排放計算的準確性	· 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	· 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 檢核 1990 年與 1991 年垃圾性質百分比數據，確認假設數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同
檢查資料庫檔的完整性	· 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	· 確認引用適用多種排放源類別的活動數據資料常數與參數之一致性與複檢結果
檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性	· 複查檢核「含碳量比例」及「礦物碳比例」，確認轉錄結果無誤
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	· 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值
展開內部檔的審評	· 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	· 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則/方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事
展開完全檢查	· 確認提交的評估報告，涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內，所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	· 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處 · 本年度此排放源無重新計算

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Waste, 2006.



表 7.5.1 廢水處理系統甲烷及氧化亞氮排放潛勢

處理及排放類型				甲烷及氧化亞氮排放潛勢	
納管	未處理	河流排放		· 不流動且溶氧不足的河流和湖泊，水中有機污染物可能厭氧分解，產生甲烷。 · 河流、湖泊和港灣，可能成為氧化亞氮排放源。	
		下水道（封閉、地下的）		· 不是甲烷 / 氧化亞氮排放來源。	
		下水道（露天）		· 滯流、超負荷的露天收集下水道或溝渠 / 水道，可能成為甲烷排放的重要來源。	
	已處理	好氧處理	集中式好氧廢水處理廠	· 可能由好氧槽之厭氧區域，產生些微甲烷。 · 設計或操作管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。 · 具去除營養鹽之三級污水處理廠（硝化、脫硝反應），雖規模小，但也是氧化亞氮排放來源之一。	
			集中式好氧廢水處理廠的污泥厭氧處理	· 污泥厭氧處理排放之甲烷，若未採取回收或燃燒處理，可能成為甲烷重要排放來源。	
			好氧淺污水塘	· 一般而言，不太可能成為甲烷 / 氧化亞氮主要排放來源。 · 設計或管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。	
		厭氧處理	厭氧化糞池	· 可能是甲烷的排放來源。 · 不是氧化亞氮的排放源。	
			厭氧反應槽	· 如果排放的甲烷未被回收或燃燒處理，可能成為甲烷重要排放來源。	
		未納管	化糞池		· 經常清除沉澱污泥，可降低甲烷產生量。
露天坑 / 廁所			· 當溫度和停留時間適當，則可能產生甲烷。		

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–8, Table 6.1, 2006.

1990 年至 2023 年廢水處理與放流溫室氣體排放量如表 7.5.2。2023 年生活污水排放占比為 42.89%，事業廢水排放占比為 57.11%，2023 年廢水處理與放流溫室氣體排放量相較 2022 年減少 5.72%，相較 2005 年減少 36.06%，相較 1990 年減少 34.11%。

## 7.5.1 生活污水處理與放流 (5.D.1)

### 1. 排放源及匯分類的描述

生活及住商污水（以下簡稱生活污水）主要產生的溫室氣體為甲烷與氧化亞氮。其中，一般生活污水之糞尿經化糞池厭氧反應處理後，產生甲烷排放；生活污水中之蛋白質等有機物質，在水體環境中發生硝化脫硝反應而產生氧化亞氮。生活污水之處理方式可分為未納管處理與納管後送至污

表 7.5.2 1990 年至 2023 年廢水處理與放流總溫室氣體排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

溫室氣體排放源與吸收匯	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
5.D 廢水處理與放流	1,476	1,616	1,671	1,647	1,673	1,719	1,803	1,784	1,712	1,621	1,590	1,510
5.D.1 生活污水處理與放流	1,116	1,124	1,139	1,156	1,164	1,177	1,184	1,198	1,177	1,124	1,073	1,052
直接排入開放水體	373	377	380	383	387	390	392	395	392	373	357	352
化糞池	495	500	505	509	513	517	521	524	520	495	473	467
化糞池處理後排入開放水體	248	248	255	264	264	270	272	280	266	257	243	232
污水處理廠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
污水處理廠處理後排入開放水體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.D.2 事業廢水處理與放流	360	492	531	490	509	542	619	586	534	497	517	458
厭氧處理	358	489	529	488	507	539	615	582	531	494	514	456
厭氧處理後排入開放水體	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
盤查申報	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源與吸收匯	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5.D 廢水處理與放流	1,534	1,546	1,538	1,521	1,490	1,496	1,421	1,262	1,280	1,353	1,303	1,204
5.D.1 生活污水處理與放流	1,039	1,032	993	962	914	882	843	813	798	768	733	705
直接排入開放水體	346	343	332	322	312	300	290	278	266	254	241	233
化糞池	460	455	441	428	414	398	385	369	354	337	320	309
化糞池處理後排入開放水體	234	234	219	212	188	183	168	162	157	153	145	138
污水處理廠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1	7	10	9	7
污水處理廠處理後排入開放水體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	14	15	17	19
5.D.2 事業廢水處理與放流	495	515	546	559	576	615	578	449	482	584	570	499
厭氧處理	492	512	543	556	573	611	570	441	474	577	562	492
厭氧處理後排入開放水體	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	6
盤查申報	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

續下表

續上表

溫室氣體排放源與吸收匯	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
5.D 廢水處理與放流	1,145	1,298	1,535	1,470	1,243	1,191	1,128	1,172	1,048	987		
5.D.1 生活污水處理與放流	688	674	636	611	589	535	513	482	455	432		
直接排入開放水體	225	215	206	195	185	168	157	145	137	132		
化糞池	298	286	261	247	233	209	196	181	170	162		
化糞池處理後排入開放水體	136	135	127	123	119	107	102	94	90	85		
污水處理廠	8	8	8	9	11	11	12	14	17	14		
污水處理廠處理後排入開放水體	21	30	32	37	41	40	45	47	42	39		
5.D.2 事業廢水處理與放流	458	624	899	859	654	656	615	690	593	555		
厭氧處理	451	555	825	811	601	609	580	669	580	546		
厭氧處理後排入開放水體	7	6	6	7	5	5	4	5	4	3		
盤查申報	NE	62	68	40	46	39	29	13	7	3		

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

水處理廠處<sup>2</sup>理兩大類，而在未納管處理中，又分為直接排入開放水體、化糞池以及化糞池處理後排入開放水體等類別。

## 2. 方法論議題

### (1) 計算方法

依據我國污水處理情況，將未納管處理之生活污水分為直接排入開放水體、化糞池以及化糞池處理後排入開放水體等類別，而納管處理之生活污水分為污水處理廠與污水處理廠之處理後排入開放水體。

根據 2019 IPCC 精進指南，針對生活污水處理單位排放量計算，除計算本身污水處理排放量，需進一步計算處理後排入開放水體的排放量。

依照 2019 IPCC 精進指南，生活污水甲烷排放的計算，應分為未納管污水處理（直接排入開放水體、化糞池及化糞池處理後排入開放水體）以及納管污水處理（污水處理廠與污水處理廠之處理後排入開放水體）；氧化亞氮排放計算也應分為未納管污水處理（化糞池與化糞池處理後排入開放水體）以及納管污水處理（污水處理廠與污水處理廠處理後排入開放水體）。生活污水之各排放源的排放量相關計算公式說明如下：

#### A. 未納管污水處理（直接排入開放水體）

2006 IPCC 指南針對生活污水甲烷排放計算，主要以不同收入級距之人口比例及其採用之污水處理系統類型，加總各類處理系統甲烷排放量。直接排入開放水體之甲烷排放量計算方法如公式 7.5.1.1 所示。

公式 7.5.1.1：

甲烷排放量 (kg CH<sub>4</sub>/yr)

$$= [(P \times BOD \times (1-T) \times 10^{-6}) \times EF \times I] - R$$

P：全國人口數

BOD：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)

I：與事業廢水共排之修正係數，我國因未含事業廢水之預設值為 1.0

EF：甲烷排放係數 (kg CH<sub>4</sub>/kg BOD)，2019 IPCC 精進指南預設值修正為 0.068 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD，參如表 7.5.3

T：污水處理率 (%)

R：甲烷回收量 (kg CH<sub>4</sub>/yr)

#### B. 未納管污水處理（化糞池）

化糞池處理之甲烷排放量，參考 2006 IPCC 指南計算主要以不同收入級距之人口比例及其採用之污水處理系統類型，加總各類處理系統甲烷排放量，計算公式方法如公式 7.5.1.2 所示。

公式 7.5.1.2：

甲烷排放量 (kg CH<sub>4</sub>/yr)

$$= \{[(P \times BOD \times (1-T) \times 10^{-6} \times TOW_{RWM}) - S] \times EF \times I\} - R$$

P：全國人口數

BOD：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)

T：污水處理率 (%)

I：與事業廢水共排之修正係數，我國因未含事業廢水之預設值為 1.0

TOW<sub>RWM</sub>：處理設施之 BOD 移除率，2019 IPCC 精進指南預設化糞池 BOD 移除率為 0.625，參如表 7.5.4

S：污泥移除量，指污（廢）水處理過程中移除污泥所含之有機物量 (kg BOD/yr)

EF：甲烷排放係數 (kg CH<sub>4</sub>/kg BOD)，2019 IPCC 精進指南預設值修正為 0.068 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD，參如表 7.5.3

R：甲烷回收量 (kg CH<sub>4</sub>/yr)

化糞池處理之氧化亞氮排放量，係依據 2006 IPCC 指南，參照農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，並配合歷年國內人口數進行計算。考量廢水中非消耗之蛋白質，以及是否與事業廢水共排等參數，計算氧化亞氮排放量方法如公式 7.5.1.3 所示。

公式 7.5.1.3：

氧化亞氮排放量 (kg N<sub>2</sub>O/yr)

$$= [P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{NPR} \times \text{FRC} \times N_{HH} \times F_{NON-CON} \times$$

$$F_{IND-COM} \times N_{REM}] \times EF_{effluent} \times 44/28$$

P：國內人口數 (人)

Protein：每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)

Frac<sub>NPR</sub>：蛋白質中氮的比例（預設值為 0.16 kg N/kg protein）

FRC：蛋白質消耗比率，預設為 0.86。

N<sub>HH</sub>：家用產品排入於污水中額外產生的氮，預設值為 1.1。

F<sub>NON-CON</sub>：廚餘排入下水道之氮修正係數，因我國廚餘不排入污水下水道，以固體廢棄物處理，預設值為 1.0

F<sub>IND-COM</sub>：下水道系統含有事業廢水共排之修正係數，我國無與事業廢水共排，預設值為 1.0

$N_{REM}$ ：污水處理過程中廢水除去的總氮比例，化糞池預設值為 0.15，參如表 7.5.6

$EF_{effluent}$ ：氧化亞氮排放係數 (kg  $N_2O-N$ /kg N) 依 2019 IPCC 精進指南，由於排放量不顯著，預設為 0.00 kg  $N_2O-N$ /kg N，參如表 7.5.3

44/28：kg  $N_2O-N$  換算成 kg  $N_2O$  轉換係數

#### C. 未納管污水處理（化糞池處理後排入開放水體）

2019 IPCC 精進指南針對生活污水處理單位排放量計算，除計算本身污水處理排放量，需進一步計算處理後排入開放水體之溫室氣體排放量。

在化糞池處理後排入開放水體的甲烷排放量評估上，活動數據統計方式與化糞池相同，利用處理設施之 BOD 移除率 ( $TOW_{RWM}$ ) 計算化糞池處理未移除之 BOD 以及處理後排入開放水體之排放係數來估算排放量，計算公式方法如公式 7.5.1.4 所示。

公式 7.5.1.4：

甲烷排放量 (kg  $CH_4$ /yr)

$$= [P \times BOD \times (1-T) \times 10^{-6} \times (1-TOW_{RWM}) \times EF \times I]$$

P：全國人口數

BOD：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)

T：污水處理率 (%)

$TOW_{RWM}$ ：處理設施之 BOD 移除率，2019 IPCC 精進指南預設化糞池 BOD 移除率為 0.625，參如表 7.5.4

EF：甲烷排放係數 (kg  $CH_4$ /kg BOD)，2019 IPCC 精進指南預設處理後排入開放水體為 0.068 kg  $CH_4$ /kg BOD，參如表 7.5.3

I：與事業廢水共排之修正係數，我國因未含事業廢水之預設值為 1.0

在化糞池處理後排入開放水體的氧化亞氮排放量評估上，活動數據統計方式與化糞池相同，利用污水處理過程中廢水除去的總氮比例 ( $N_{REM}$ ) 計算化糞池未去除之總氮量，以及利用處理後排入開放水體的排放係數來估算，排放量計算方法如公式 7.5.1.5 所示。

公式 7.5.1.5：

氧化亞氮排放量 (kg  $N_2O$ /yr)

$$= [P \times Protein \times Frac_{NPR} \times FRC \times N_{HH} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM} \times (1-N_{REM})] \times EF_{effluent} \times 44/28$$

P：國內人口數 (人)

Protein：每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)

$Frac_{NPR}$ ：蛋白質中氮的比例 (預設值為 0.16 kg N/kg protein)

FRC：蛋白質消耗比率，預設為 0.86

$N_{HH}$ ：家用產品排入於污水中額外產生的氮，預設值為 1.1

$F_{NON-CON}$ ：廚餘排入下水道之氮修正係數，因我國廚餘不排入污水下水，以固體廢棄物處理，預設值為 1

$F_{IND-COM}$ ：下水道系統含有事業廢水共排之修正係數，我國無與事業廢水共排，預設值為 1.0

$N_{REM}$ ：污水處理過程中廢水除去的總氮比例，化糞池預設值為 0.15，參如表 7.5.6

$EF_{effluent}$ ：氧化亞氮排放係數 (kg  $N_2O-N$ /kg N) 依 2019 IPCC 精進指南，處理後排入開放水體的預設為 0.005 kg  $N_2O-N$ /kg N，參如表 7.5.5

44/28：kg  $N_2O-N$  換算成 kg  $N_2O$  轉換係數

#### D. 納管污水處理（污水處理廠）

有鑑於污水處理廠處理單元可能有甲烷逸散排放，2009 年後統計範疇增列公共污水處理廠甲烷排放，納入污水處理廠水質及污泥處理程序中之甲烷排放，以提升廢棄物部門排放量之完整性。

根據 2019 IPCC 精進指南，活動數據依國內公共污水處理廠之進放流量及 BOD 濃度計算，除新增排入開放水體之溫室氣體排放外，亦將公共污水處理廠內之排放係數更新為我國 4 座公共污水處理廠溫室氣體採樣之排放係數 (參採環境部 2021 年廢棄物部門清冊專家諮詢會結論)，並將引用之日本污泥處理流程排放係數，估算甲烷排放量計算方法如公式 7.5.1.6 所示。

公式 7.5.1.6：

甲烷排放量 (kg  $CH_4$ /yr) =  $A_i \times EF$

$A_i$ ：每年全國公共污水處理廠污水處理量 (kg BOD/yr)

EF：污水處理廠處理每噸污水甲烷排放係數 (kg  $CH_4$ /kg BOD)，利用本土污水處理係數<sup>2</sup> (5.161×10<sup>-3</sup> kg  $CH_4$ /kg BOD) 與日本污泥處理係數 (1.933×10<sup>-3</sup> kg  $CH_4$ /kg BOD)，設定為 7.094×10<sup>-3</sup> kg  $CH_4$ /kg BOD

根據 2019 IPCC 精進指南，生活污水妥善處理氧化亞氮排放量估算上，採用我國公共污水處理廠出流 BOD 量，並且以國內 4 座公共污水處理廠之採樣結果作為水質處理係數，以及引用日本清冊的污泥處理排放係數估算氧化亞氮排放量，計算方法如公式 7.5.1.7 所示。

公式 7.5.1.7：

氧化亞氮排放量 (kg  $N_2O$ /yr) =  $A_i \times EF$

$A_i$ ：每年全國公共污水處理廠污水處理量 (kg N/yr)

EF：污水處理廠處理每噸污水氧化亞氮排放係數 (kg  $N_2O$ /kg N)，利用本土污水處理係數<sup>2</sup> (3.262×10<sup>-5</sup> kg  $N_2O$ /kg N) 與日本污泥處理係數 (1.613×10<sup>-5</sup> kg  $N_2O$ /kg N)，設定為 4.875×10<sup>-5</sup> kg  $N_2O$ /kg N

#### E. 納管污水處理（污水處理後排入開放水體）

在污水處理廠處理後排入開放水體之甲烷排放量評估上，利用污水處理廠未移除之 BOD，以及排入開放水體之排放係數來估算排放量，計算方法如公式 7.5.1.8 所示。

公式 7.5.1.8：

甲烷排放量 (kg  $CH_4$ /yr) =  $A_i \times EF$

$A_i$ ：每年全國公共污水處理廠污水排入開放水體的 BOD 量 (kg BOD/yr)

EF：處理後排入開放水體每噸污水甲烷排放係數 (kg  $CH_4$ /kg BOD)，採用排入水庫、湖泊、河口以外之 2019 IPCC 精進指南預設值 0.021 kg  $CH_4$ /kg BOD，參如表 7.5.3

2 污水處理廠溫室氣體排放係數建置之研究，行政院環境保護署 (現為環境部)，2020。



在污水處理廠處理後排入開放水體之氧化亞氮排放量評估上，利用污水處理廠污水處理過程中未去除之總氮量，以放流總氮量作為活動數據，並利用處理後排入開放水體的排放係數來估算排放量，計算方法如公式 7.5.1.9 所示。

公式 7.5.1.9：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = A_i \times \text{EF}$$

$A_i$ ：每年全國公共污水處理廠污水流出總氮量 (kg N/yr)

EF：氧化亞氮排放係數 (kg N<sub>2</sub>O/kg N)，依 2019 IPCC 精進指南，處理後排入開放水體的預設為 0.005 kg N<sub>2</sub>O/kg N，參如表 7.5.5

## (2) 排放係數

### A. 未納管污水處理之甲烷排放

每人每年之 BOD 產生量，各國多數參採 2006 IPCC 指南之預設值，依各國生活水準高低而有差異，愈先進國家其每人每天產生之 BOD 量愈高。依據 IPCC 預設值，亞洲地區每人每天產生 BOD 量為 40(g BOD/persons/day)。

為貼近我國國人生活型態，每人每年之 BOD 產生量數據採用環境部「污水源頭減量手冊」，並分為直接排入開放水體與化糞池以及化糞池處理後排入開放水體等排放源，則各排放源說明如下：

### (a) 直接排入開放水體

依據環境部之「污水源頭減量手冊」，未納管排放（即開放水體）為 27g BOD/persons/day。根據 2019 IPCC 精進指南公布各種污水處理系統之 MCF 值，採納未處理系統直接排放至海洋、河、湖之 MCF 值 0.11，如表 7.5.3 所示。

此外，生活污水如和事業廢水共同處理，則須將下水道含額外事業廢水 BOD 排放之修正係數 (I) 納入考量，以及考量處理設施如有甲烷回收者 (R)，可以扣除排放量等。其中，最大甲烷產生量  $B_0$ ，依 2019 IPCC 精進指南建議以 0.60 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD 計算，其它依據 2006 IPCC 指南建議公式 7.5.1.1 計算未納管處理之生活污水甲烷排放量。

表 7.5.3 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 MCF 值與甲烷排放係數

處理系統	註釋	甲烷修正係數 (MCF)	排放係數 (kg CH <sub>4</sub> /kg BOD)	排放係數 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)
未經處理的系統				
排放到水生環境 (2006 IPCC 指南方法 1)	大多數水生環境（包括河流）的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。	0.11 (0.004–0.27)	0.068	0.028
排放到水庫、湖泊和河口以外的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 2)	大多數水生環境（包括河流）的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。	0.035 (0.004–0.06)	0.021	0.009
排放到水庫、湖泊和河口 (2006 IPCC 指南方法 2)	碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。	0.19 (0.08–0.27)	0.114	0.048
流動順暢的下水道	空曠且溫暖。	0.5 (0.4–0.8)	0.3	0.125
不流動的下水道	乾淨且快速流動（甲烷總量微小且來自泵站）。	0	0	0
經處理的系統				
集中式好氧處理廠	甲烷可從沉澱池和其他厭氧池中排放。也可能排放自湍流和 / 或需氧處理過程中上下游水道中所產生的甲烷。對於接收超出設計容量的污水處理廠，清冊編撰者應相應判斷污泥中去除的有機物質的量。	0.03 (0.003–0.09)	0.018	0.0075
厭氧反應器（如上流式厭氧污泥床 UASB）	不考慮甲烷回收。	0.8 (0.8–1.0)	0.48	0.2
淺厭氧塘	深度小於兩公尺，使用專家的判斷。	0.2 (0–0.3)	0.12	0.05
深厭氧塘	深度大於兩公尺。	0.8 (0.8–1.0)	0.48	0.2
化糞池	化糞池排放甲烷。	0.5 (0.4–0.72)	0.3	0.125
化糞池 + 土壤灌溉廠	化糞池排放甲烷；而土壤灌溉廠的排放可忽略不計	0.5 (0.4–0.72)	0.3	0.125
公共廁所	乾燥的氣候，地表水面低於公廁（3 至 5 人小家庭）。	0.1 (0.05–0.15)	0.06	0.025
公共廁所	乾燥的氣候，地表水面低於公廁（多人使用）。	0.5 (0.4–0.6)	0.3	0.125
公共廁所	潮濕的氣候，地表水面高於公廁。	0.7 (0.7–1.0)	0.42	0.175

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–20, Table 6.3, 2019.



### (b) 化糞池

依據環境部之「污水源頭減量手冊」，未納管排放至化糞池之 BOD 產生量為約 13g BOD/persons/day，並根據 2006 IPCC 指南公布各種污水處理系統之 MCF 值，參採化糞池系統之 MCF 值 0.5，如表 7.5.3 所示。

### (c) 化糞池處理後排入開放水體

依據環境部之「污水源頭減量手冊」，未納管排放至化糞池之 BOD 產生量為約 13g BOD/persons/day，並根據 2019 IPCC 精進指南公布各種污水處理系統之 MCF 值，參採化糞池系統之 MCF 值 0.5，如表 7.5.3 所示。

## B. 納管污水處理之甲烷排放

### (a) 污水處理廠

全國公共污水處理廠污水處理之甲烷排放係依公式 7.5.1.6 計算，污水處理廠處理每噸污水的甲烷排放係數 (EF)，為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和，即  $7.094 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ，其中水質處理流程排放係數，採用國內研究結果為  $5.161 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ，污泥處理流程排放係數，則引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數  $1.933 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。

### (b) 污水處理後排入開放水體

依照 2019 IPCC 精進指南，採用排放到水庫、湖泊和河口以外的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 2) 之預設值  $0.021 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ，如表 7.5.3 所示。

## C. 未納管污水處理之氧化亞氮排放

### (a) 化糞池

化糞池之氧化亞氮排放依公式 7.5.1.3 計算，排放係數以 2019 IPCC 精進指南的預設參數 0.0 ( $\text{kg N}_2\text{O}-\text{N}/\text{kg N}$ ) 計算 (參考如表 7.5.5)，亦即不排放氧化亞氮。

### (b) 化糞池處理後排入開放水體

化糞池處理後排入開放水體氧化亞氮排放依公式 7.5.1.5 計算，氧化亞氮排放係數以 2019 IPCC 精進指南的預設參數 0.005 ( $\text{kg N}_2\text{O}-\text{N}/\text{kg N}$ ) 計算，參考如表 7.5.5。

關於蛋白質含氮比例 ( $\text{Frac}_{\text{NPR}}$ ) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值  $0.16 \text{ kg N}/\text{kg protein}$  計算；蛋白質消耗比例 (FRC) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.86 計算；家用產品排入於污水額外產生的氮 ( $\text{N}_{\text{HH}}$ ) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 1.1 計算；廚餘排入下水道之氮修正係數 ( $\text{F}_{\text{NON-CON}}$ ) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 1.0 計算；我國生活污水處理系

表 7.5.4 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之  $\text{TOW}_{\text{REM}}$  值

處理系統	$\text{TOW}_{\text{REM}}$ 值	範圍
未經處理的系統	0	0–0.1
初級 (機械處理廠)	0.40	0.25–0.50
初級 + 二級 (生物處理廠)	0.85	0.80–0.90
初級 + 次級 + 三級 (先進生物處理廠)	0.90	0.50–0.60
化糞池 / 化糞池系統	0.625	0.05–0.60
公共廁所 – 乾燥的氣候，地表水面低於公廁 (3 至 5 人小家庭)。	0.1	0.05–0.15
公共廁所 – 乾燥的氣候，地表水面低於公廁 (多人使用)。	0.5	0.4–0.6
公共廁所 – 潮濕的氣候，地表水面高於公廁。	0.7	0.7–1.0

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–28, Table 6.6B, 2019。

表 7.5.5 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之氧化亞氮排放係數

處理系統	註釋	排放係數 ( $\text{kg N}_2\text{O}-\text{N}/\text{kg N}$ )	範圍
未經處理的系統 $\text{EF}_{\text{effluent}}$			
海洋、河、湖排放	基於有限的現場數據以及關於河流和河口硝化和反硝化發生的具體假設	0.005	0.0005–0.075
受優養化影響和 / 或缺氧的淡水、河口和海洋環境	較高的排放量與受優養化影響 / 缺氧的水有關，例如優養化湖泊、河口和河流，或出現缺氧條件的地方。	0.5	0.0041–0.091
經處理的系統 $\text{EF}_{\text{effluent}}$			
集中式好氧處理廠	氧化亞氮排放是多變的並具有顯著性。	0.016	0.00016–0.045
厭氧反應器	氧化亞氮排放不顯著。	0	0–0.001
厭氧塘	氧化亞氮排放不顯著。	0	0–0.001
化糞池	氧化亞氮排放不顯著。	0	0–0.001
化糞池 + 土壤灌溉廠	氧化亞氮由土壤灌溉廠排放。	0.0045	0–0.005
公共廁所	氧化亞氮排放不顯著。	0	0–0.001
污泥處理系統			
污泥厭氧消化	氧化亞氮排放不顯著。	0	0

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–39, Table 6.8A, 2019。

統未與事業廢水共排，事業廢水共排之修正係數 ( $F_{\text{IND-COM}}$ ) 採用未共排之排放係數值 1；廢水去除總氮比例 ( $N_{\text{REM}}$ ) 採用化糞池係數 0.15 計算，相關參數選用詳列於表 7.5.9。

#### D. 納管污水處理之氧化亞氮排放

##### (a) 污水處理廠

全國公共污水處理廠污水處理之氧化亞氮排放係依公式 7.5.1.7 計算。污水處理廠處理每噸污水的氧化亞氮排放係數 (EF)，為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和，即  $4.875 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2\text{O/kg BOD}$ ，其中水質處理流程排放係數，採用國內研究結果<sup>3</sup> 為  $3.262 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2\text{O/kg BOD}$ ，污泥處理流程排放係數，則引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數  $1.613 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2\text{O/kg BOD}$ 。

##### (b) 污水處理後排入開放水體

全國公共污水處理廠污水處理之氧化亞氮排放係依公式 7.5.1.9 計算。依照 2019 IPCC 精進指南，採用排放到海洋、河、湖排放之預設值  $0.005 \text{ kg N}_2\text{O-N/ kg N}$ ，參考如表 7.5.5。

#### (3) 活動數據

##### A. 未納管污水處理之甲烷排放

依內政部國土管理署下水道系統污水處理率做為生活污水經污水處理廠處理之比例，其餘皆屬於未納管處理之生活污水。

##### (a) 直接排入開放水體

用內政部統計處內政統計年報中的國內人口數，乘上污水未處理率 ( $1-T$ ) 以及排放至開放水體之 BOD 量 ( $27 \text{ g BOD/persons/day}$ ) 等參數，計算直接排放至開放水體 BOD 量，相關參數選用詳列於表 7.5.7，計算如表 7.5.11 所示。

##### (b) 化糞池

運用內政部內政統計年報中的國內人口數，乘上污水未處理率 ( $1-T$ )、排放至化糞池 BOD 量 ( $13 \text{ g BOD/persons/day}$ ) 以及化糞池 BOD 移除率 ( $\text{TOW}_{\text{RWM}}$ ) 等參數，最後扣除水肥移除量，來估算化糞池 BOD 處理量，相關參數選用詳列於表 7.5.7，計算如表 7.5.11 所示。

表 7.5.6 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之  $N_{\text{REM}}$  值

處理系統	$N_{\text{REM}}$ 值	範圍
未經處理的系統	0	0
初級 (機械處理廠)	0.10	0.05–0.20
二級 (生物處理廠)	0.40	0.35–0.55
三級 (先進生物處理廠)	0.80	0.45–0.85
化糞池 / 化糞池系統	0.15	0.10–0.25
化糞池 + 土壤灌溉廠	0.68	0.62–0.73
公共廁所	0.12	0.07–0.21

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–43, Table 6.10C, 2019.

表 7.5.7 2019 IPCC 精進指南生活污水未納管處理甲烷排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
人口數 (P)	依照國內資料進行統計	內政部內政統計年報的人口統計資訊。	人口數取內政統計年報的資料
污水處理程度 (T)	依據鄉村、城市高低收入分類計算	內政部營建署用戶接管普及率及污水處理率，並利用戶籍數換算處理效率。	內政部國土管理署統計資料與內政部內政統計年報之戶籍數
每人每年產生之可分解有機物量 (BOD)	$14.6 (\text{kg BOD/persons/yr})$	排放至化糞池系統 $13 \text{ g BOD/persons/day}$ 。 排放至開放水體 $27 \text{ g BOD/persons/day}$ 。	環境部 – 源頭減量手冊
處理設施 BOD 移除率 ( $\text{TOW}_{\text{RWM}}$ )	化糞池預設值 0.625	採用 2019 IPCC 精進指南化糞池預設值 0.625。	2019 IPCC 精進指南預設值
污泥移除量 (S)	以污泥移除量 $S_{\text{mass}}$ 與污泥係數 $K_{\text{rem}}$ 計算	環境部公告之水肥清運總量，以比重 1.2 與水肥 BOD 為 $4,000 \text{ mg/L}$ 假設計算。	清運量取環境部統計資料
甲烷排放係數 (EF)	化糞池預設值 $0.3 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ； 排入開放水體預設值 $0.068 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$	採用 2019 IPCC 精進指南化糞池預設值 $0.3 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 採用 2019 IPCC 精進指南排入開放水體預設值 $0.068 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。	2019 IPCC 精進指南預設值
下水道含額外事業廢水 BOD 之修正係數 (I)	有合併事業廢水者預設值為 1.25，其餘為 1。	生活污水主要計算為化糞池產生之甲烷量，不會有事業廢水共同排放，採取 2019 IPCC 精進指南公布值 1 計算。	2019 IPCC 精進指南預設值
甲烷回收量 (R)	預設值 0	因國內化糞池並無回收甲烷氣，採 2019 IPCC 精進指南預設值 0 計算。	2019 IPCC 精進指南預設值

3 污水處理廠溫室氣體排放係數建置之研究，行政院環境保護署 (現為環境部)，2020。

### (c) 化糞池處理後排入開放水體

運用內政部內政統計年報中的國內人口數，乘上污水未處理率 ( $1-T$ )、排放至化糞池 ( $13\text{g BOD/persons/day}$ ) 以及化糞池 BOD 未移除率 ( $1-TOW_{RWM}$ ) 等參數 (參考如表 7.5.4)，來計算化糞池處理後排入開放水體的 BOD 量，相關參數選用詳列於表 7.5.7，計算如表 7.5.11 所示。

### B. 納管污水處理之甲烷排放

#### (a) 污水處理廠

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水 BOD 處理量。該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2023 年，因此從 2009 年起計算生活污水妥善處理之污水處理廠甲烷排放量。相關參數選用詳列於表 7.5.8，計算說明如表 7.5.13 所示。

#### (b) 污水處理後排入開放水體

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水 BOD 放流量。該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2023 年，因此從 2009 年起計算生活污水妥善處理後排入開放水體的甲烷排放量。相關參數選用詳列於表 7.5.8，計算說明如表 7.5.13 所示。

### C. 未納管污水處理之氧化亞氮排放

#### (a) 化糞池

依據歷年農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，並配合國內歷年人口數、污水處理率、蛋白質含氮比例 ( $F_{\text{NPR}}$ )、蛋白質消耗比例 (FRC)、家用產品排入於污水額外產生的氮 ( $N_{\text{HH}}$ )、廚餘排入下水道之氮修正係數 ( $F_{\text{NON-CON}}$ ) 以及下水道含事業廢水共排之修正係數 ( $F_{\text{IND-COM}}$ ) 進行計算

化糞池處理總氮量，相關參數選用詳列於表 7.5.9，計算說明如表 7.5.14 所示。

#### (b) 化糞池處理後排入開放水體

利用化糞池處理總氮量乘上化糞池處理過程中廢水未去除的總氮比例 ( $1-N_{\text{REM}}$ )，廢水去除總氮比例 ( $N_{\text{REM}}$ ) 採用化糞池係數 (參考如表 7.5.6)，以計算化糞池處理後排入開放水體總氮量，相關參數選用詳列於表 7.5.9，計算說明如表 7.5.14 所示。

### D. 納管污水處理之氧化亞氮排放

#### (a) 污水處理廠

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水進流總氮量與放流總氮量，相扣除求得污水處理總氮量。該管理系統的資料統計期間為 2015 年至 2023 年，因此從 2015 年起計算生活污水妥善處理之污水處理廠氧化亞氮排放量，計算說明如表 7.5.10 與表 7.5.16 所示。

#### (b) 污水處理後排入開放水體

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水放流總氮量。該管理系統的資料統計期間為 2015 年至 2023 年，因此從 2015 年起計算生活污水妥善處理之污水處理後排入開放水體的氧化亞氮排放量，計算說明如表 7.5.10 與表 7.5.16 所示。

### (4) 排放量

#### A. 未納管污水處理之甲烷排放量

未納管污水處理之甲烷排放量計算結果如表 7.5.12 所示，分析我國生活污水未納管處理之甲烷排放趨勢，由於污水處理率自 1999 年起明顯增加，由 10.10% 上升至 2023

表 7.5.8 2019 IPCC 精進指南生活污水納管處理甲烷排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
污水處理廠			
全國公共污水處理廠污水 BOD 處理量 (A)	依照國內資料進行統計	內政部營建署統計資料	全國公共污水處理廠資料管理系統
甲烷排放係數 (EF)	依照國內資料進行統計	1. 為水質處理流程及污泥處理流程排放係數的總和 $7.094 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。 2. 水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 $5.161 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。 3. 污泥處理流程排放係數係引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數 $1.933 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。	環境部 (2020) 及日本清冊採用值
污水處理廠處理後排入開放水體			
全國公共污水處理廠污水放流 BOD 量 (A)	依照國內資料進行統計	內政部營建署統計資料	全國公共污水處理廠資料管理系統
甲烷排放係數 (EF)	排入開放水體預設值 $0.068 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$	採用 2019 IPCC 精進指南排入開放水體預設值 $0.068 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。	2019 IPCC 精進指南預設值

表 7.5.9 2019 IPCC 精進指南生活污水未納管處理氧化亞氮排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
人口數 (P)	依照國內資料進行統計	內政部統計資料	人口數取內政部內政統計年報資料
每人每年蛋白質攝取量 (Protein)	依照國內資料進行統計	取自糧食平衡表內所提供之每人蛋白質供應量	農業部糧食平衡表
蛋白質含氮比例 ( $Frac_{NPR}$ )	0.16 kg N/kg protein	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.16 kg N/kg protein	2019 IPCC 精進指南預設值
蛋白質消耗比例 (FRC)	0.86	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.86	
家用產品排入於污水額外產生的氮 ( $N_{HH}$ )	1.1	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 1.1	
廚餘排入下水道之氮修正係數 ( $F_{NON-CON}$ )	廚餘排入預設值 1.1 廚餘不排入預設值 1.0	採用 2019 IPCC 精進指南廚餘不排入預設值 1.0	
事業廢水共排之修正係數 ( $F_{IND-COM}$ )	共排預設值 1.25 未共排預設值 1.0	採用 2019 IPCC 精進指南未共排之係數 1.0	
廢水去除總氮比例 ( $N_{REM}$ )	化糞池預設值 0.15 開放水體預設值 0.0	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.15 計算	
氧化亞氮排放係數 (EF)	化糞池預設值 0.0 開放水體預設值 0.005 kg $N_2O$ -N/kg N (須再計算 $N_2O/N$ 比例)	化糞池採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.0 kg $N_2O$ -N/kg N 開放水體採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg $N_2O$ -N/kg N	

表 7.5.10 2019 IPCC 精進指南生活污水納管處理氧化亞氮排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
全國公共污水處理廠污水處理量 (A)	依照國內資料進行統計	內政部國土管理署統計資料	內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統
污水處理廠排放係數 (EF)	依照國內資料進行統計	1. 為水質處理流程及污泥處理流程排放係數的總和 $4.875 \times 10^{-5}$ kg $N_2O$ /kg N。 2. 水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 $3.262 \times 10^{-5}$ kg $N_2O$ /kg N。 3. 污泥處理流程排放係數係引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數 $1.613 \times 10^{-5}$ kg $N_2O$ /kg N。	環境部 (2020) 及日本清冊採用值
開放水體排放係數 (EF)	開放水體預設值 0.005 kg $N_2O$ -N/kg N (須再計算 $N_2O/N$ 比例)	開放水體採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg $N_2O$ -N/kg N。	2019 IPCC 精進指南預設值

表 7.5.11 1990 年至 2023 年生活污水未納管處理甲烷排放活動數據

年份	人口數	污水處理率	每人每日產生 BOD (g/POP/day)		化糞池 BOD 產生量	水肥移除量	化糞池 BOD 處理量	化糞池 BOD 移除率	化糞池處理後排入開放水體 BOD 量	開放水體 BOD 量
	仟人	%	化糞池	開放水體	kt BOD	kt BOD	kt BOD	比率	kt BOD	kt BOD
1990	20,401	2.6	13	27	94.3	NE	58.9	0.625	35.4	195.9
1991	20,606	2.6	13	27	95.3	NE	59.5	0.625	35.7	197.8
1992	20,803	2.6	13	27	96.1	NE	60.1	0.625	36.0	199.6
1993	20,995	2.7	13	27	97.0	NE	60.6	0.625	36.4	201.4
1994	21,178	2.7	13	27	97.8	NE	61.1	0.625	36.7	203.0
1995	21,357	2.8	13	27	98.5	NE	61.6	0.625	37.0	204.7
1996	21,525	2.9	13	27	99.1	NE	62.0	0.625	37.2	205.9
1997	21,743	3.3	13	27	99.8	NE	62.4	0.625	37.4	207.3
1998	21,929	4.8	13	27	99.0	NE	61.9	0.625	37.1	205.7
1999	22,092	10.1	13	27	94.2	NE	58.9	0.625	35.3	195.7
2000	22,277	14.7	13	27	90.2	NE	56.4	0.625	33.8	187.3
2001	22,406	16.2	13	27	89.0	NE	55.7	0.625	33.4	184.9
2002	22,521	18.1	13	27	87.5	NE	54.7	0.625	32.8	181.8
2003	22,605	19.2	13	27	86.7	NE	54.2	0.625	32.5	180.1
2004	22,689	22.0	13	27	84.0	NE	52.5	0.625	31.5	174.5

續下表



續上表

年份	人口數	污水處理率	每人每日產生 BOD (g/POP/day)		化糞池 BOD 產生量	水肥移除量	化糞池 BOD 處理量	化糞池 BOD 移除率	化糞池處理後排入開放水體 BOD 量	開放水體 BOD 量
	仟人	%	化糞池	開放水體	kt BOD	kt BOD	kt BOD	比率	kt BOD	kt BOD
2005	22,770	24.6	13	27	81.5	NE	50.9	0.625	30.5	169.2
2006	22,877	27.3	13	27	78.9	NE	49.3	0.625	29.6	163.9
2007	22,958	30.4	13	27	75.9	NE	47.4	0.625	28.4	157.6
2008	23,037	32.9	13	27	73.4	NE	45.9	0.625	27.5	152.4
2009	23,120	36.0	13	27	70.2	NE	43.9	0.625	26.3	145.8
2010	23,162	38.7	13	27	67.4	NE	42.1	0.625	25.3	139.9
2011	23,225	41.8	13	27	64.2	NE	40.1	0.625	24.1	133.3
2012	23,316	44.9	13	27	61.0	NE	38.1	0.625	22.9	126.7
2013	23,374	47.0	13	27	58.8	NE	36.8	0.625	22.1	122.2
2014	23,434	48.9	13	27	56.8	NE	35.5	0.625	21.3	118.0
2015	23,492	51.2	13	27	54.5	NE	34.0	0.625	20.4	113.1
2016	23,540	53.4	13	27	52.1	1.5	31.1	0.625	19.5	108.2
2017	23,571	55.9	13	27	49.4	1.5	29.4	0.625	18.5	102.5
2018	23,589	58.1	13	27	46.9	1.5	27.8	0.625	17.6	97.4
2019	23,603	62.1	13	27	42.4	1.6	24.9	0.625	15.9	88.2
2020	23,561	64.5	13	27	39.7	1.4	23.4	0.625	14.9	82.5
2021	23,375	66.9	13	27	36.7	1.4	21.5	0.625	13.8	76.2
2022	23,265	68.6	13	27	34.6	1.4	20.2	0.625	13.0	71.9
2023	23,420	70.0	13	27	33.3	1.5	19.3	0.625	12.5	69.2

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：1. 內政部下水道系統污水處理率。

2. 內政部內政統計年報中的國內人口數。

3. 環境部水肥清運總量 [https://data.moen.gov.tw/dataset/detail/STAT\\_P\\_43](https://data.moen.gov.tw/dataset/detail/STAT_P_43)。

表 7.5.12 1990 年至 2023 年生活污水未納管處理甲烷排放量

年份	化糞池 BOD 處理量	事業共排修正係數 I	甲烷排放係數	化糞池甲烷排放量	化糞池處理後排入開放水體 BOD 量	開放水體 BOD 量	甲烷排放係數	化糞池處理後排入開放水體甲烷排放量	開放水體甲烷排放量	未納管處理甲烷排放量
	kt BOD	比率	kg CH <sub>4</sub> /kg BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt BOD	kt BOD	kg CH <sub>4</sub> /kg BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
1990	58.9	1.0	0.3	495	35.4	195.9	0.068	67	373	935
1991	59.5	1.0	0.3	500	35.7	197.8	0.068	68	377	945
1992	60.1	1.0	0.3	505	36.0	199.6	0.068	69	380	953
1993	60.6	1.0	0.3	509	36.4	201.4	0.068	69	383	962
1994	61.1	1.0	0.3	513	36.7	203.0	0.068	70	387	970
1995	61.6	1.0	0.3	517	37.0	204.7	0.068	70	390	977
1996	62.0	1.0	0.3	521	37.2	205.9	0.068	71	392	983
1997	62.4	1.0	0.3	524	37.4	207.3	0.068	71	395	990
1998	61.9	1.0	0.3	520	37.1	205.7	0.068	71	392	982
1999	58.9	1.0	0.3	495	35.3	195.7	0.068	67	373	935
2000	56.4	1.0	0.3	473	33.8	187.3	0.068	64	357	894
2001	55.7	1.0	0.3	467	33.4	184.9	0.068	64	352	883
2002	54.7	1.0	0.3	460	32.8	181.8	0.068	63	346	868
2003	54.2	1.0	0.3	455	32.5	180.1	0.068	62	343	860
2004	52.5	1.0	0.3	441	31.5	174.5	0.068	60	332	833
2005	50.9	1.0	0.3	428	30.5	169.2	0.068	58	322	808
2006	49.3	1.0	0.3	414	29.6	163.9	0.068	56	312	783
2007	47.4	1.0	0.3	398	28.4	157.6	0.068	54	300	752
2008	45.9	1.0	0.3	385	27.5	152.4	0.068	52	290	728
2009	43.9	1.0	0.3	369	26.3	145.8	0.068	50	278	696
2010	42.1	1.0	0.3	354	25.3	139.9	0.068	48	266	668
2011	40.1	1.0	0.3	337	24.1	133.3	0.068	46	254	637
2012	38.1	1.0	0.3	320	22.9	126.7	0.068	44	241	605

續下表

續上表

年份	化糞池 BOD 處理量	事業共 排修正 係數 I	甲烷排放 係數	化糞池 甲烷排放量	化糞池處理 後排入開放 水體 BOD 量	開放水體 BOD 量	甲烷排放 係數	化糞池處理後 排入開放水體 甲烷排放量	開放水體 甲烷排放量	未納管處理 甲烷排放量
	kt BOD	比率	kg CH <sub>4</sub> /kg BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt BOD	kt BOD	kg CH <sub>4</sub> /kg BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
2013	36.8	1.0	0.3	309	22.1	122.2	0.068	42	233	583
2014	35.5	1.0	0.3	298	21.3	118.0	0.068	41	225	563
2015	34.0	1.0	0.3	286	20.4	113.1	0.068	39	215	540
2016	31.1	1.0	0.3	261	19.5	108.2	0.068	37	206	505
2017	29.4	1.0	0.3	247	18.5	102.5	0.068	35	195	477
2018	27.8	1.0	0.3	233	17.6	97.4	0.068	33	185	452
2019	24.9	1.0	0.3	209	15.9	88.2	0.068	30	168	408
2020	23.4	1.0	0.3	196	14.9	82.5	0.068	28	157	382
2021	21.5	1.0	0.3	181	13.8	76.2	0.068	26	145	352
2022	20.2	1.0	0.3	170	13.0	71.9	0.068	25	137	331
2023	19.3	1.0	0.3	162	12.5	69.2	0.068	24	132	318

年之 70.02%，使甲烷排放逐年降低。儘管我國人口數成長，但 2023 年未納管處理之甲烷排放量仍較 1990 年、2005 年及 2022 年分別減少 66.02%、60.67% 及 4.06%。

#### B. 納管污水處理之甲烷排放量

納管污水處理之甲烷排放量計算結果如表 7.5.13 所示。隨著污水下水道各期建設計畫的逐步完成，各縣市用戶接管普及率及整體污水處理率逐年提升，使全國污水廠污水處理量漸增，甲烷排放量呈現逐年緩步增加之趨勢。

綜整生活污水處理甲烷排放量結果，隨著污水處理率的逐年增加，占比較大的未納管污水處理甲烷排放量呈逐年下降的趨勢，加上緩慢增加的污水處理廠甲烷排放量，2023 年納管處理之甲烷排放量，較 2009 年（統計起始年）增加 787.98%，較 2022 年減少 9.70%。

#### C. 未納管污水處理之氧化亞氮排放量

未納管污水處理之氧化亞氮排放量計算結果如表 7.5.15 所示。歷年氧化亞氮排放趨勢會隨人口及國人蛋白質攝取量的變化而影響，以及隨著污水下水道各期建設計畫的逐步完成，污水處理率提高，直接排入開放水體的總氮量逐漸減少。2023 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放量較 1990 年減少 65.77%，較 2005 年減少 59.88%，較 2022 年排放量減少 5.49%。

#### D. 納管污水處理之氧化亞氮排放量

納管污水處理之氧化亞氮排放量計算結果如表 7.5.16 所示。隨著污水處理率的逐年增加，使全國污水廠污水處理總氮量漸增，2023 年生活污水納管處理之氧化亞氮排放較 2015 年（統計起始年）增加 119.52%，較 2022 年減少 12.76%。

表 7.5.13 1990 年至 2023 年生活污水納管處理甲烷排放之活動數據與排放量

年份	全國污水廠 BOD 處理量	污水處理廠 甲烷排放係數	污水處理廠 CH <sub>4</sub> 排放量	全國污水廠 BOD 放流量	開放水體 甲烷排放係數	污水廠處理後排 入開放水體的甲 烷排放量	納管處理 甲烷排放量
	kt BOD	kg CH <sub>4</sub> /kt BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt BOD	kg CH <sub>4</sub> /kt BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
1990	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1991	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1992	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1993	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1994	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1995	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1996	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1997	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1998	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
1999	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2000	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2001	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2002	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2003	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2004	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2005	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE

續下表

續上表

年份	全國污水廠 BOD 處理量	污水處理廠 甲烷排放係數	污水處理廠 CH <sub>4</sub> 排放量	全國污水廠 BOD 放流量	開放水體 甲烷排放係數	污水廠處理後排 入開放水體的甲 烷排放量	納管處理 甲烷排放量
	kt BOD	kg CH <sub>4</sub> /kt BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt BOD	kg CH <sub>4</sub> /kt BOD	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
2006	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2007	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2008	NE	7.0939×10 <sup>-3</sup>	NE	NE	0.021	NE	NE
2009	3.7	7.0939×10 <sup>-3</sup>	0.7	6.0	0.021	3	4
2010	35.5	7.0939×10 <sup>-3</sup>	7.1	23.0	0.021	14	21
2011	48.3	7.0939×10 <sup>-3</sup>	9.6	25.3	0.021	15	24
2012	43.6	7.0939×10 <sup>-3</sup>	8.7	29.3	0.021	17	26
2013	34.4	7.0939×10 <sup>-3</sup>	6.8	31.7	0.021	19	26
2014	38.7	7.0939×10 <sup>-3</sup>	7.7	36.4	0.021	21	29
2015	39.1	7.0939×10 <sup>-3</sup>	7.8	40.3	0.021	24	31
2016	42.4	7.0939×10 <sup>-3</sup>	8.4	41.4	0.021	24	33
2017	43.0	7.0939×10 <sup>-3</sup>	8.5	43.7	0.021	26	34
2018	55.2	7.0939×10 <sup>-3</sup>	11.0	47.6	0.021	28	39
2019	54.9	7.0939×10 <sup>-3</sup>	10.9	45.8	0.021	27	38
2020	59.2	7.0939×10 <sup>-3</sup>	11.8	50.5	0.021	30	41
2021	70.9	7.0939×10 <sup>-3</sup>	14.1	48.4	0.021	28	43
2022	83.3	7.0939×10 <sup>-3</sup>	16.5	42.6	0.021	25	42
2023	69.0	7.0939×10 <sup>-3</sup>	13.71	40.6	0.021	24	38

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：內政部全國公共污水處理廠資料管理系統。

表 7.5.14 1990 年至 2023 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放之活動數據

年份	人口數	污水 處理率	每人每日 蛋白質供 給量	蛋白質 消耗比例	蛋白質 含氮比	家用產品 共排修正 係數	廚餘排入下水道 之氮修正係數	事業廢水 共排修正係數	化糞池處理 去除總氮 比例	化糞池 處理總氮量	化糞池處理 後排入開放 水體總氮量
	千人	%	公克	FRC	Frac <sub>NPR</sub>	N <sub>HH</sub>	F <sub>NON-CON</sub>	F <sub>IND-COM</sub>	N <sub>REM</sub>	kt N	kt N
1990	20,401	2.6	92.72	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	101.8	86.5
1991	20,606	2.6	91.56	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	101.5	86.3
1992	20,803	2.6	93.90	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	105.1	89.3
1993	20,995	2.7	97.34	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	109.9	93.4
1994	21,178	2.7	96.51	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	109.9	93.4
1995	21,357	2.8	98.22	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	112.7	95.8
1996	21,525	2.9	98.25	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	113.4	96.4
1997	21,743	3.3	101.41	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	117.8	100.2
1998	21,929	4.8	95.55	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	110.2	93.7
1999	22,092	10.1	97.55	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	107.0	91.0
2000	22,277	14.7	96.23	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	101.0	85.9
2001	22,406	16.2	92.00	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	95.4	81.1
2002	22,521	18.1	94.85	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	96.7	82.2
2003	22,605	19.2	96.13	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	97.0	82.5
2004	22,689	22.0	91.94	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	89.9	76.4
2005	22,770	24.6	91.57	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	86.9	73.8
2006	22,877	27.3	80.66	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	74.1	63.0
2007	22,958	30.4	82.64	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	73.0	62.0
2008	23,037	32.9	76.34	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	65.2	55.4
2009	23,120	36.0	77.68	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	63.5	54.0
2010	23,162	38.7	78.42	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	61.5	52.3
2011	23,225	41.8	80.97	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	60.5	51.4
2012	23,316	44.9	81.06	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	57.6	48.9
2013	23,374	47.0	79.34	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	54.3	46.2
2014	23,434	48.9	81.28	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	53.8	45.7
2015	23,492	51.2	85.39	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	54.1	46.0
2016	23,540	53.4	83.95	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	50.9	43.3
2017	23,571	55.9	86.12	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	49.5	42.1

續下表

續上表

年份	人口數	污水處理率	每人每日蛋白質供給量	蛋白質消耗比例	蛋白質含氮比	家用產品共排修正係數	廚餘排入下水道之氮修正係數	事業廢水共排修正係數	化糞池處理去除總氮比例	化糞池處理總氮量	化糞池處理後排入開放水體總氮量
	千人	%	公克	FRC	Frac <sub>NPR</sub>	N <sub>HH</sub>	F <sub>NON-CON</sub>	F <sub>IND-COM</sub>	N <sub>REM</sub>	kt N	kt N
2018	23,589	58.1	88.45	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	48.3	41.1
2019	23,603	62.1	87.41	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	43.2	36.7
2020	23,561	64.5	90.53	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	41.8	35.6
2021	23,375	66.9	90.18	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	38.5	32.7
2022	23,265	68.6	91.49	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	36.9	31.3
2023	23,420	70.0	89.83	0.86	0.16	1.1	1.0	1.0	0.15	34.8	29.6

資料來源：1. 內政部下水道系統污水處理率。

2. 內政部門統計年報中的國內人口數。

3. 農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量。

表 7.5.15 1990 年至 2023 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放量

年份	化糞池處理總氮量	化糞池氧化亞氮排放係數	化糞池氧化亞氮排放量	化糞池處理後排入開放水體總氮量	化糞池處理後排入開放水體氧化亞氮排放係數	氧化亞氮轉換係數	化糞池處理後排入開放水體氧化亞氮排放量	生活污水未納管處理氧化亞氮排放量
	kt N	kg N <sub>2</sub> O/kg N	kt CO <sub>2</sub> e	kt N	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N		kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
1990	101.8	0.00	0	86.5	0.005	44/28	180	180
1991	101.5	0.00	0	86.3	0.005	44/28	180	180
1992	105.1	0.00	0	89.3	0.005	44/28	186	186
1993	109.9	0.00	0	93.4	0.005	44/28	194	194
1994	109.9	0.00	0	93.4	0.005	44/28	194	194
1995	112.7	0.00	0	95.8	0.005	44/28	199	199
1996	113.4	0.00	0	96.4	0.005	44/28	201	201
1997	117.8	0.00	0	100.2	0.005	44/28	209	209
1998	110.2	0.00	0	93.7	0.005	44/28	195	195
1999	107.0	0.00	0	91.0	0.005	44/28	189	189
2000	101.0	0.00	0	85.9	0.005	44/28	179	179
2001	95.4	0.00	0	81.1	0.005	44/28	169	169
2002	96.7	0.00	0	82.2	0.005	44/28	171	171
2003	97.0	0.00	0	82.5	0.005	44/28	172	172
2004	89.9	0.00	0	76.4	0.005	44/28	159	159
2005	86.9	0.00	0	73.8	0.005	44/28	154	154
2006	74.1	0.00	0	63.0	0.005	44/28	131	131
2007	73.0	0.00	0	62.0	0.005	44/28	129	129
2008	65.2	0.00	0	55.4	0.005	44/28	115	115
2009	63.5	0.00	0	54.0	0.005	44/28	112	112
2010	61.5	0.00	0	52.3	0.005	44/28	109	109
2011	60.5	0.00	0	51.4	0.005	44/28	107	107
2012	57.6	0.00	0	48.9	0.005	44/28	102	102
2013	54.3	0.00	0	46.2	0.005	44/28	96	96
2014	53.8	0.00	0	45.7	0.005	44/28	95	95
2015	54.1	0.00	0	46.0	0.005	44/28	96	96
2016	50.9	0.00	0	43.3	0.005	44/28	90	90
2017	49.5	0.00	0	42.1	0.005	44/28	88	88
2018	48.3	0.00	0	41.1	0.005	44/28	85	85
2019	43.2	0.00	0	36.7	0.005	44/28	76	76
2020	41.8	0.00	0	35.6	0.005	44/28	74	74
2021	38.5	0.00	0	32.7	0.005	44/28	68	68
2022	36.9	0.00	0	31.3	0.005	44/28	65	65
2023	34.8	0.00	0	29.6	0.005	44/28	62	62



表 7.5.16 1990 年至 2023 年生活污水納管處理氧化亞氮排放之活動數據與排放量

年份	污水處理廠		污水處理廠 氧化亞氮排放係數	污水處理廠 氧化亞氮排放量	污水處理後 排入開放水體氧化亞氮 排放係數	污水處理後 排入開放水體氧化亞氮 排放量	生活污水 納管處理 氧化亞氮排放量
	進流總氮量	放流總氮量					
	kt N	kt N					
1990	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1991	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1992	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1993	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1994	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1995	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1996	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1997	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1998	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
1999	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2000	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2001	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2002	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2003	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2004	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2005	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2006	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2007	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2008	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2009	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2010	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2011	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2012	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2013	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2014	NE	NE	$4.8746 \times 10^{-5}$	NE	0.005	NE	NE
2015	5.3	3.3	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.03	0.005	7	7
2016	6.2	3.9	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.03	0.005	8	8
2017	11.7	5.6	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.08	0.005	12	12
2018	12.5	6.1	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.08	0.005	13	13
2019	13.4	6.3	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.09	0.005	13	13
2020	14.9	7.5	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.10	0.005	16	16
2021	18.3	9.0	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.12	0.005	19	19
2022	19.5	8.2	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.15	0.005	17	17
2023	19.1	7.1	$4.8746 \times 10^{-5}$	0.16	0.005	15	15

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：內政部全國公共污水處理廠資料管理系統。

## (5) 完整性

### A. 生活污水未納管處理之甲烷排放量計算

內政部內政統計年報僅登載 2000 年至 2023 年之公共污水下水道系統普及率(%)、專用污水下水道系統普及率(%)、建築物污水處理設施普及率(%)及三者合計之污水處理率(%)。1990 年至 1999 年之數據則參閱內政部相關會議之資料。另 1990 年至 2023 年國內人口數，已登載於內政部內政統計年報。

### B. 生活污水納管處理產生甲烷排放量計算（污水處理廠）

此活動數據引用自內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2023 年，缺少 1990 年至 2008 年之數據，此期

間之污水處理廠污水處理量仍待研究。

### C. 生活污水放流氧化亞氮排放

氧化亞氮之排放量估算係參照農業部糧食平衡表 1990 年至 2023 年每人每日蛋白質供給量，及內政部內政統計年報登載 1990 年至 2023 年之國內人口數。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

有關廢棄物部門各排放源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。2006 IPCC 指南提供生活污水甲烷排放係數和活動資料不確定性預設值，如表 7.5.17 所示。

未納管處理生活污水甲烷排放之各項參數不確定性計算結果如表 7.5.18 所示，未納管處理甲烷排放所計算的活動

表 7.5.17 生活污水甲烷排放相關參數預設值之不確定性範圍

參數	不確定性範圍
排放係數	
最大甲烷生成量 (Bo)	±30%
甲烷修正係數 (MCF)	±50%：未處理系統 ±30%：化糞池、管理不完善的處理廠 ±10%：集中管理完善的處理廠
活動資料	
人口數 (P)	±5%
BOD/persons	±30%
人口收入族群比例 (U)	±15%：城市高收入和城市低收入之間的區別可能必須基於專家判斷
各個收入群體 ( $T_{ij}$ ) 的處理 / 排放途徑或系統的利用程度	±3%：記錄優良且僅有一個或兩個系統 ±50%：個別方法驗證 100%：驗證總 $T_{ij}$
與事業廢水共排之 BOD 修正係數 (I)	0%：未收集 ±20%：共同收集

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–29, Table 6.7, 2006.

表 7.5.18 2023 年生活污水未納管處理甲烷排放不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
開放水體		
P：人口數	5.00	採國家人口統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。
BOD：住商部門污水處理中可分解有機物量	5.00	BOD 採 2006 IPCC 指南預設值 40g/p/d，預設不確定性 30%。經專家會議，確認 2006 IPCC 指南 BOD 預設值，接近國內及日本實際數據不確定性，以 5% 計。
T：污水處理率	5.00	依主管機關統計污水接管戶數及處理人數，屬高品質數據，不確定性以 5% 計。
Bo：最大甲烷產生量	30.00	以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。
MCF：甲烷修正係數	30.00	以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。
I：與事業廢水共排之修正係數	20.00	以 2019 IPCC 精進指南預設值 20% 計算。
活動數據不確定性計算結果		8.66
排放係數不確定性計算結果		67.08
排放量不確定性計算結果		67.64
化糞池、化糞池處理後排入開放水體		
P：人口數	5.00	採國家人口統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。
BOD：住商部門污水處理中可分解有機物量	5.00	BOD 採 2006 IPCC 指南預設值 40g/p/d，預設不確定性 30%。經專家會議，確認 2006 IPCC 指南 BOD 預設值，接近國內及日本實際數據不確定性，以 5% 計。
T：污水處理率	5.00	依主管機關統計污水接管戶數及處理人數，屬高品質數據，不確定性以 5% 計。
TOW <sub>RWM</sub> ：處理設施 BOD 移除率	30.00	以 2019 IPCC 精進指南預設值 30% 計算。
S：污泥移除量	30.00	以 2019 IPCC 精進指南預設值 30% 計算。
Bo：最大甲烷產生量	30.00	以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。
MCF：甲烷修正係數	30.00	以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。
I：與事業廢水共排之修正係數	20.00	以 2019 IPCC 精進指南預設值 20% 計算。
活動數據不確定性計算結果		43.30
排放係數不確定性計算結果		51.96
排放量不確定性計算結果		67.64

數據、排放係數及排放量不確定性為 43.30%、51.96% 和 67.64% (開放水體、化糞池以及化糞池處理後排入開放水體)。

由於 2006 IPCC 指南並未針對污水處理廠甲烷排放有預設不確定性數值，此範疇的不確定性判斷原則係統一參考掩埋場之不確定性 10% 計算。

全國公共污水處理廠污水處理甲烷排放之各項參數詳細資料，如表 7.5.19 所示，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，納管處理甲烷排放所計算活動數據、排放係數及排放量不確定性分別為 20.00%、20.00% 和 28.28% (污水處理廠)，以及 14.14%、42.43% 和 44.72% (污水處理排入開放水體)。

以不確定量相加規則公式，以上述未納管處理、納管處理之污水處理廠不確定性及其排放量作為計算基礎，得 2023 年生活污水甲烷排放量之總不確定性為 43.51%，如表 7.5.20。

有關生活污水氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.5.21，依各項活動資料與排放係數不確定性結果。計算生活污水未納管處理 (化糞池、化糞池處理後排入開放水體) 所計算活動數據、排放係數及排放量不確定性分別為 12.25%、42.13% 和 43.87%。

而生活污水納管處理 (污水處理廠與污水處理後排入開放水體) 所計算活動數據、排放係數及排放量不確定性

表 7.5.19 2023 年生活污水納管處理甲烷排放不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
污水處理廠		
Ai：全國公共污水處理廠污水進流 BOD 量	10.00	引用國家層級資訊系統的統計資料設定資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 10%。
Ai：全國公共污水處理廠污水放流 BOD 量		
進流水 BOD 濃度		
放流水 BOD 濃度		
EF：甲烷排放係數	20.00	引用環境部 (2020) 及日本清冊採用值設定 20%。
活動數據不確定性計算結果		20.00
排放係數不確定性計算結果		20.00
排放量不確定性計算結果		28.28
污水處理後排入開放水體		
Ai：全國公共污水處理廠污水放流 BOD 量	10.00	引用國家層級資訊系統的統計資料設定資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 10%。
排入開放水體 BOD 濃度		
Bo：最大甲烷產生量	30.00	以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。
MCF：甲烷修正係數	30.00	以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。
活動數據不確定性計算結果		14.14
排放係數不確定性計算結果		42.43
排放量不確定性計算結果		44.72

表 7.5.20 2023 年生活污水甲烷排放之總不確定性

活動資料和排放係數		未納管處理			納管處理	
		開放水體	化糞池	化糞池處理排入開放水體	污水處理廠	污水處理後排入開放水體
不確定性	活動數據	8.66%	43.30%	43.30%	20.00%	14.14%
	排放係數	67.08%	51.96%	51.96%	20.00%	42.43%
	排放量	67.64%	67.64%	67.64%	28.28%	44.72%
甲烷排放量		132 kt CO <sub>2</sub> e	162 kt CO <sub>2</sub> e	24 kt CO <sub>2</sub> e	14 kt CO <sub>2</sub> e	24 kt CO <sub>2</sub> e
生活污水總不確定性 (%)		43.51%				

表 7.5.21 生活污水氧化亞氮排放相關參數預設值之不確定性範圍

參數	不確定性範圍
排放係數	
氧化亞氮排放係數	±30%
活動資料	
人口或產品產量 (P)	±25%。利用專家對資料來源品質的判斷來分配更準確的不確定性範圍。
污水水量 / 單位產量 (W)	這些數據可能非常不確定，因為同一部門可能在不同工廠和不同國家使用不同的廢棄物處理程序。參數的乘積 (W×TN) 具有較小的不確定性。不確定性直接歸因於 TN 濃度。建議 -50 % 或 +100%。
污水氮量 / 單位污水水量 (TN)	

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–49, Table 6.13, 2019.

分別為 20.00%、20.00% 和 28.28%( 污水處理廠 ) 以及 43.87%、28.28% 和 33.17%( 污水處理後排入開放水體 )，如表 7.5.22 與表 7.5.23。

以不確定量相加規則公式，以上述未納管處理、納管處理之污水處理廠不確定性及其排放量作為計算基礎，得 2023 年生活污水氧化亞氮排放之總不確定性為 35.89%，參如表 7.5.24。

## (2) 時間序列的一致性

生活污水未納管甲烷 ( 全國人口 ) 排放資料來源為依據內政部內政統計年報登載資料，均已包含 1990 年至 2023 年公共污水下水道系統普及率 (%)、專用污水下水道系統普及率 (%)、建築物污水處理設施普及率 (%)、污水處理率 (%) 及國內人口數。

生活污水納管甲烷 ( 污水處理廠 ) 排放資料來源為內政部之全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，目前仍缺少 1990 年至 2008 年之數據，此期間的污水處理廠污水處理量仍待研究。

生活污水氧化亞氮排放量之活動數據引用內政部內政統計年報登載 1990 年至 2023 年國內人口數，及 1990 年至 2023 年農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，活動數據已符合時間序列之一致性及完整性。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

生活污水甲烷排放利用國家公共污水下水道系統普及率 (%)、專用污水下水道系統普及率 (%)、建築物污水處理設施普及率 (%)、污水處理率 (%)、國內人口數與全國公共污水處理廠污水處理量等活動數據為基礎，氧化亞氮排放則利用

表 7.5.22 2023 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
化糞池、化糞池處理後排入開放水體		
P：國內人口數	5.00	引用國家層級資訊系統的統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。
Protein：每人每年蛋白質攝取量	10.00	依據農業部糧食平衡表每人每日蛋白質供給量，具有高品質數據，不確定性以 10% 計算。
Frac <sub>NPR</sub> ：蛋白質中氮的比例	20.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 0.16，不確定性以 20% 計算。
FRC：蛋白質消耗比率	5.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 0.86。不確定性 5% 計算。
N <sub>HH</sub> ：家用產品共排修正係數	20.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 1.1。不確定性 20% 計算。
F <sub>NON-COM</sub> ：廚餘共排修正係數	5.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 1.0。不確定性 5% 計算。
F <sub>IND-COM</sub> ：事業廢水共排修正係數	5.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 1.0。不確定性 5% 計算。
N <sub>REM</sub> ：化糞池去除總氮比例	5.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 0.15。不確定性 5% 計算。
EF：氧化亞氮排放係數	30.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 0.005，不確定性以 30% 計算。
活動數據不確定性計算結果		12.25
排放係數不確定性計算結果		42.13
排放量不確定性計算結果		43.87

表 7.5.23 2023 年生活污水納管處理氧化亞氮排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
污水處理廠		
Ai：全國公共污水處理廠污水進流總氮量	10.00	引用國家層級資訊系統的統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 10%。
Ai：全國公共污水處理廠污水放流總氮量		
進流水總氮濃度		
放流水總氮濃度	20.00	引用環境部 (2020) 及日本清冊採用值設定 20%。
EF：氧化亞氮排放係數		
活動數據不確定性計算結果		20.00
排放係數不確定性計算結果		20.00
排放量不確定性計算結果		28.28
污水處理後排入開放水體		
Ai：全國公共污水處理廠污水放流總氮量	10.00	引用國家層級資訊系統的統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 10%。
排入開放水體總氮濃度		
EF：氧化亞氮排放係數	30.00	採 2006 IPCC 指南預設係數 0.005，不確定性以 30% 計算。
活動數據不確定性計算結果		14.14
排放係數不確定性計算結果		30.00
排放量不確定性計算結果		33.17

表 7.5.24 2023 年生活污水氧化亞氮排放之總不確定性

活動資料和排放係數		未納管處理		納管處理	
		化糞池	化糞池處理排入開放水體	污水處理廠	污水處理廠處理後排入開放水體
不確定性	活動數據	12.25%	12.25%	20.00%	14.14%
	排放係數	42.13%	42.13%	20.00%	30.00%
	排放量	43.87%	43.87%	28.28%	33.17%
氧化亞氮排放量		0 kt CO <sub>2</sub> e	62 kt CO <sub>2</sub> e	0.2 kt CO <sub>2</sub> e	15 kt CO <sub>2</sub> e
生活污水總不確定性 (%)		35.89%			

全國人口數及糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量活動數據為基礎，參考 2006 IPCC 指南所建議排放係數，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月及 10 月召開廢棄物部門清冊專家諮詢會議，另針對未納管處理之生活污水已於 2016 年至 2019 年期間針對數據來源、引用參數研析其合理性召開廢棄物部門清冊專家諮詢會進行確認，並於 2019 年 4 月同意以未納管處理之生活污水排放至化糞池 13 g BOD/ persons/ day 與排放至開放水體 27 g BOD/ persons/ day 精進排放量之計算。另

參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」(如表 7.5.25)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

#### 5. 特定排放源的重新計算

生活污水 N<sub>2</sub>O 排放計算已依照 2019 IPCC 精進指南可分為未妥善處理和妥善處理兩大類。未妥善處理統計中，更新農業部糧食平衡表 2006 年至 2023 年每人每日蛋白質供給量，另於妥善處理統計中更新 2015 年至 2022 年全國污水處理廠之總氮處理量，生活污水氧化亞氮排放經重新計算後，2006 年變化量最大，由原先 146.5 千公噸二氧化碳當



表 7.5.25 生活污水一般清冊品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	<ul style="list-style-type: none"> <li>交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料（內政部內政統計年報登載公共污水下水道系統普及率、專用污水下水道系統普及率、建築物污水處理設施普及率及污水好氧處理率及國內人口數、農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量）和排放因數（2006 IPCC 指南預設值）的種類並確保其正確記錄並歸檔</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>確認正確引用「內政部內政統計年報登載資料」及「農業部糧食平衡表」結果</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性</li> </ul>
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	<ul style="list-style-type: none"> <li>確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>確認轉換因數的準確性</li> <li>確認時間校正因數應用</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>無引用適用多種排放源類別的資料</li> </ul>
檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>避免有轉錄情事，並加強複查檢核</li> <li>無計算轉錄計算情事</li> </ul>
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格</li> <li>檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性</li> <li>相關參數引用 2006 IPCC 指南與 2019 IPCC 精進指南預設值</li> </ul>
展開內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性</li> <li>無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
展開完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源類別</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>對每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處</li> <li>依據糧食平衡表修正 1990 年至 2022 年每人每日蛋白質攝取數據，據此更新生活污水氧化亞氮排放量，亦將 2007 年至 2019 年每人每日蛋白質攝取數據小數點更新至第十位</li> </ul>

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

2. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.

量減少至 131.2 千公噸二氧化碳當量，而 2022 年排放量由原先 82.0 千公噸二氧化碳當量微幅增加至 82.4 千公噸二氧化碳當量。

## 6. 特定排放源的改善計畫

本年度無排放源之改善計畫。

## 7.5.2 事業廢水處理與放流 (5.D.2)

### 1. 排放源及匯分類的描述

#### (1) 事業廢水甲烷排放

依據 2019 IPCC 精進指南，甲烷排放僅需考量廠內厭氧處理設施單元之排放，且具高甲烷排放潛勢之業別，如紙漿和造紙業、肉類和家禽處理業、醇，啤酒，澱粉製造業、有機化工原料的生產、其他食品和飲料加工等。

依據環境部提供之事業廢水申報資料，篩選我國具廢水厭氧處理設施之業別，共計 16 類如下：

- A. 紙漿和造紙業，包括紙漿製造業與造紙業。
- B. 肉類和家禽處理業，包括肉品市場、魚市場及屠宰業。
- C. 酒精、啤酒及澱粉製造業，僅涵蓋醱酵業。

D. 有機化學品製造，包括印染整理業、製革業、石油化學業、毛滌業、化工業、藥品製造及紡織業。

E. 其他食品和飲料製造（乳製品，植物油，水果和蔬菜，罐頭，果汁製作等），包括食品製造業、製糖業及製粉業。

除納入 2019 IPCC 精進指南建議之業別，有鑑於事業廢水經厭氧處理即會產生甲烷排放，依 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專諮會<sup>4</sup>結論納入特定行業包括：鋼鐵製造業（金屬基本工業）、電鍍業、玻璃業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業等 6 大行業之厭氧處理的大型工廠。

依據 2023 年 5 月廢棄物部門清冊專諮會結論，納入工業區廢水處理排放，其中包括工業區未納管、工業區納管以及工業區污水處理廠，並且依據 2019 IPCC 精進指南，針對廢水處理單位排放量計算，除計算本身污水處理排放量，需進一步計算廠外排入開放水體的排放量。

此外，環境部於 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專家諮詢會議決議，每年更新非工業區廢水處理之厭氧比例，以

4 2023 年 5 月廢棄物部門清冊專諮會結論，事業廢水納入工業區事業廢水廠處理排放，以及特定行業廢水處理甲烷排放僅納入厭氧大廠。

及工業區及特定行業排放以盤查管制對象登錄之數據優先，其餘參照 2006 IPCC 指南的公式計算。

## (2) 事業廢水氧化亞氮排放

依據 2019 IPCC 精進指南，氧化亞氮排放需考量廠內具有生物處理之產業別，如酒精煉製業、啤酒製造業、魚類處理業、鋼鐵製造業、肉類和家禽處理業、氮肥產業、塑膠與樹脂生產業、澱粉製造業等。

依據環境部所提供之事業廢水申報資料，篩選我國具有生物處理之產業別，共計 9 類如下：

- A. 酒精煉製業，僅涵蓋釀酵業。
- B. 啤酒製造業，僅涵蓋食品製造業。
- C. 魚類處理業，僅涵蓋魚市場。
- D. 鋼鐵製造業，僅涵蓋鋼鐵製造業（金屬基本工業）。
- E. 肉類和家禽處理業，僅涵蓋肉品市場。
- F. 氮肥產業，包括農藥衛生用藥製造業與肥料製造。塑膠與樹脂生產業，包括合成樹脂與塑膠及橡膠製造業。
- G. 澱粉製造業，僅涵蓋製粉業。

## 2. 方法論議題

### (1) 計算方法

#### A. 事業廢水處理（甲烷）

依據 2019 IPCC 精進指南，針對事業廢水處理產生甲烷排放計算方法，如公式 7.5.2.1 所示。

公式 7.5.2.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = (\text{TOW}_i - S_i) \times (\text{Bo} \times \text{MCF}) - R$$

$\text{TOW}_i$ ：每年事業廢水之 COD 處理量 (kg COD/yr)

$S_i$ ：每年事業廢水之污泥移除量 (kg COD/yr)

$\text{Bo}$ ：最大甲烷產生量 (maximum  $\text{CH}_4$  producing capacity)(kg  $\text{CH}_4$ /kg COD)

$\text{MCF}$ ：甲烷修正係數 (methane correction factor)， $\text{Bo} \times \text{MCF} = \text{EF}$  (甲烷排放係數)，參考如表 7.5.26

$R$ ：甲烷回收量 (kg  $\text{CH}_4$ /yr)，預設值為 0

#### B. 事業廢水處理後排入開放水體（甲烷）

污水處理後排入開放水體的甲烷排放量，是利用污水處理廠未移除之 BOD，亦即事業廢水排入開放水體 COD 總量，以及排入水庫、湖泊和河口以外的水生環境甲烷排放係數，計算方法如公式 7.5.2.2 所示。

公式 7.5.2.2：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = \text{TOW} \times \text{EF}$$

$\text{TOW}$ ：每年事業廢水流出之 COD 處理量 (kg COD/yr)

$\text{EF}$ ：排入水庫、湖泊和河口以外的水生環境甲烷排放係數，2019 IPCC 精進指南預設值 0.009 kg  $\text{CH}_4$ /kg COD，參考如表 7.5.26

#### C. 事業廢水處理（氧化亞氮）

參考日本計算氧化亞氮之方法，採用排放係數法（排放係數為水質處理流程及污泥處理流程之氧化亞氮排放係數合計值）計算排放量，活動數據為事業廢水處理總氮量，再乘上日本氧化亞氮排放係數得排放量，計算方法如公式 7.5.2.3 所示。

公式 7.5.2.3：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = \text{TN}_{\text{IND}} \times \text{EF} \times 44/28$$

$\text{TN}_{\text{IND}}$ ：事業廢水處理總氮量 (kg N/yr)

$\text{EF}$ ：廢水處理廠處理氧化亞氮排放係數 (kg  $\text{N}_2\text{O-N/kg N}$ )，引用日本事業廢水處理氧化亞氮排放係數 0.0043 kg  $\text{N}_2\text{O-N/kg N}$

#### D. 事業廢水處理後排入開放水體（氧化亞氮）

事業廢水處理後排入開放水體的氧化亞氮排放量，利用污水處理廠污水處理過程中未去除之總氮量，以放流總氮量作為活動數據，並利用排入開放水體之排放係數統計，計算方法如公式 7.5.2.4。

公式 7.5.2.4：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = \text{N}_{\text{Effluent}} \times \text{EF}_{\text{Effluent}} \times 44/28$$

$\text{N}_{\text{Effluent}}$ ：事業廢水排放到水生環境中的氮，事業廢水處理出流水總氮量 (kg N/yr)

$\text{EF}_{\text{Effluent}}$ ：事業廢水排放到水生環境中氧化亞氮排放係數，2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg  $\text{N}_2\text{O-N/kg N}$ ，參考如表 7.5.27

### (2) 排放係數

#### A. 事業廢水處理（甲烷）

在事業單位申報的資料中，實際操作情形仍按該廠處理單元之好、厭氧處理單元篩選，將各行業別廢水資料再區分為好氧與厭氧。

依據 2019 IPCC 精進指南的預設值，分別選用好氧處理系統之  $\text{MCF}=0.0$  與厭氧處理系統之  $\text{MCF}=0.8$  計算，另最大甲烷產生量 ( $\text{Bo}$ ) 參採 2019 IPCC 精進指南公布預設值 0.25 kg  $\text{CH}_4$ /kg COD 來計算，如表 7.5.26。

依 2006 IPCC 指南之公式 7.5.2.1 來計算事業廢水厭氧處理產生之甲烷排放量，相關參數選用詳列於表 7.5.28。

#### B. 事業廢水處理後排入開放水體（甲烷）

處理後排入開放水體之甲烷排放係數，參考排入水庫、湖泊和河口以外的水生環境預設值 0.009 kg  $\text{CH}_4$ /kg COD，如表 7.5.26。

依 2006 IPCC 指南公式 7.5.2.2 計算事業廢水處理處理後排入開放水體甲烷排放量，相關參數選用詳列於表 7.5.29。

### C. 事業廢水處理（氧化亞氮）

事業廢水處理廠氧化亞氮排放係數係引用日本事業廢水處理使用之排放係數 0.0043 kg N<sub>2</sub>O/kg N（為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和）。

依公式 7.5.2.3 計算，事業廢水氧化亞氮排放的相關參數，如表 7.5.30 所示。

### D. 事業廢水處理後排入開放水體（氧化亞氮）

處理後排入開放水體之氧化亞氮排放係數，參考排入海洋、河、湖排放預設值 0.005 kg N<sub>2</sub>O-N/kg TN，如表 7.5.27。

依公式 7.5.2.4 計算，統計事業廢水處理處理後排入開放水體之氧化亞氮排放的相關參數，如表 7.5.31 所示。

### (3) 活動數據

#### A. 事業廢水處理產生甲烷排放

有關事業廢水甲烷排放活動數據，係直接引用環境部「水污染源管制資料管理系統」申報資料，取得產業廢水處理設施之水量與水質進行估算，計算方式如下：

- 篩選 2019 IPCC 精進指南建議行業別中我國具有廢水厭氧處理設施行業別共 16 類。
- 依據資料分為非工業區與工業區，工業區中，進一步納管、非納管以及工業區內廢水處理廠。
- 依據進流量、進流 COD 濃度、放流量以及放流 COD 濃度計算 COD 處理量、放流水 COD 量。
- COD 總處理量依據厭氧（或兼氧）處理設施，區分為厭氧處理及好氧處理類別，以厭氧處理類別占比計算厭氧處理之 COD 處理量。

表 7.5.26 事業廢水 2019 IPCC 精進指南預設 MCF 值與甲烷排放係數

處理系統	註釋	甲烷修正係數 (MCF)	排放係數 (kg CH <sub>4</sub> /kg BOD)	排放係數 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)
未經處理的系統				
排放到水生環境 (2006 IPCC 指南方法 1)	大多數水生環境（包括河流）的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。	0.11 (0.004–0.27)	0.068	0.028
排放到水庫、湖泊和河口以外的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 2)	大多數水生環境（包括河流）的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。	0.035 (0.004–0.06)	0.021	0.009
排放到水庫、湖泊和河口 (2006 IPCC 指南方法 2)	碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。	0.19 (0.08–0.27)	0.114	0.048
經處理的系統				
集中式好氧處理廠	甲烷可從沉澱池和其他厭氧池中排放。也可能排放自湍流和 / 或需氧處理過程中上游下水道中所產生的甲烷。對於接收超出設計容量的廢水處理廠，清冊編撰者應相應判斷污泥中去除的有機物質的量。	0 (0–0.1)	0	0
厭氧反應器 (如流式厭氧污泥床 UASB)	此處不考慮甲烷回收。	0.8 (0.8–1.0)	0.48	0.2
淺厭氧塘	深度不足 2 米，採用專家判斷。	0.2 (0–0.3)	0.12	0.05
深厭氧塘	深度超過 2 米。	0.8 (0.8–1.0)	0.48	0.2

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–34, Table 6.8, 2019.

表 7.5.27 事業廢水 2019 IPCC 精進指南預設氧化亞氮排放係數

處理系統	註釋	排放係數 (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	範圍
經處理或未經處理的系統，EF <sub>Effluent</sub>			
排放到水生環境 (2006 IPCC 指南方法 1)	基於有限的現地數據以及關於河流和河口硝化和反硝化發生的具體假設。	0.005	0.0005–0.75
排放到受營養鹽影響和 / 或缺氧的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 3)	較高的排放量與受營養鹽影響或缺氧的水生環境有關，例如優養化湖泊、河口和河流，或不流動且污濁的環境地區。	0.019	0.0041–0.091

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–39, Table 6.8A, 2019.



表 7.5.28 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表

參數	2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
事業廢水 COD 處理量 (TOW)	依照國內資料進行統計	由於列管事業廢水資料庫中已具有各列管單位廢水處理之進排水量與進排水口之 COD 值，因此可直接計算各列管事業廢水廠商廢水處理所移除之可分解有機物 COD(公斤)。	列管事業廢水資料，其取自於環境部「列管事業廢水資料庫」中篩選具有厭氧處理設施之業別。
污泥移除量 (S)	預設值 0	考量目前沒有轉變為污泥之 COD 資料，故暫設為 0。	2019 IPCC 精進指南預設值
最大甲烷生成量 (Bo)	0.25 kg CH <sub>4</sub> /kg COD	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.25 kg CH <sub>4</sub> /kg COD。	
甲烷修正係數 (MCF)	提供各種處理系統預設值	好氧：採用 2019 IPCC 精進指南好氧系統 MCF 值 0.0 計算。 厭氧：採用 2019 IPCC 精進指南厭氧系統 MCF 值 0.8 計算。	
甲烷移除量 (R)	預設值 0	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0。	

表 7.5.29 事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放參數採用一覽表

參數	2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
事業廢水 COD 處理量 (TOW)	依照國內資料進行統計	計算各列管事業廢水廠商廢水處理排入開放水體以及放流水 COD 濃度，以取得放流水 COD 量(公斤)，作為廢水處理完成後排入開放水體之 COD 總量。	列管事業廢水資料，其取自於環境部「列管事業廢水資料庫」中篩選具有厭氧處理設施之業別。
甲烷排放係數 (EF)	0.009 kg CH <sub>4</sub> /kg COD	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.009 kg CH <sub>4</sub> /kg COD。	2019 IPCC 精進指南預設值

表 7.5.30 事業廢水處理氧化亞氮排放參數採用一覽表

參數	2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
事業廢水處理總氮量 (TN <sub>IND</sub> )	依照國內資料進行統計	列管事業廢水資料庫申報資料中，採用進流量與進流口氮氣濃度 (mg/L)、進流口硝酸鹽氮 (mg/L)、放流量與放流口氮氣濃度 (mg/L)、放流口硝酸鹽氮 (mg/L)，以取得進流總氮量與放流總氮量，並進一步計算廢水處理總氮量 (kg N)。	環境部之事業廢水申報資料中有申報總氮資料之業別。
氧化亞氮排放係數 (EF)	依照國內資料進行統計	引用日本事業廢水處理氧化亞氮排放係數 0.0043 kg N <sub>2</sub> O/kg N。	日本清冊採用值

表 7.5.31 事業廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放參數採用一覽表

參數	2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
事業廢水處理出流水總氮量 事業廢水排放到水生環境中的氮 (N <sub>Effluent</sub> )	依照國內資料進行統計	列管事業廢水資料庫申報資料中，採用放流量 (mg/L) 與放流口氮氣濃度 (mg/L)、放流口硝酸鹽氮 (mg/L)，以計算放流總氮量。	環境部水質保護司提供之事業廢水申報資料中有申報總氮資料之業別。
事業廢水排放到水生環境中 氧化亞氮排放係數 (EF <sub>Effluent</sub> )	0.005 kg N <sub>2</sub> O/kg N	採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg N <sub>2</sub> O/kg N。	2019 IPCC 精進指南預設值

由於環境部「水污染源管制資料管理系統」申報資料僅可追溯至 2007 年，針對 1990 年至 2006 年 COD 總處理量、厭氧處理 COD 處理量以及放流 COD 量，以每年全國列管家數比例推估，其中列管家數，係參閱環境部中華民國環境統計年報資料，引用 (三) 水質監測及污染防治表 3-5 中關於「列管家數」之數據。此外，環境部依據廢棄物部門清冊專家諮詢會議決議，納入工業區廠家之溫室氣體盤查資料，於 COD 處理量總量處扣除採用溫室氣體盤查資料之廠家其廢水處理申報 COD 處理量。

而特定行業別範疇係考量電鍍業、玻璃業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業、鋼鐵製造業等六大行業，均不屬於 2019 IPCC 精進指南建議納入行業別，加上廢水處理過程中除具生物處理，亦具不會產生甲烷排放之化學處理，如將該行業全納入計算恐有高

估排放量之結果，因此經廢棄物部門清冊專諮會<sup>5</sup>結論，改以僅納入具厭氧處理之廠家。彙總 2019 IPCC 精進指南建議行業別與特定行業別的相關活動數據如表 7.5.32，進一步排放量計算結果，如表 7.5.33 所示。

#### B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

依據歷年環境部「水污染源管制資料管理系統」申報資料，篩選 2019 IPCC 精進指南建議行業別，即我國具有廢水生物處理設施行業別，共計 9 類，依據進流量、進流總氮濃度、放流量以及放流總氮濃度，統計事業廢水的總氮處理量。該管理系統現僅有 2013 年後之總氮濃度申報資料，1990 年至 2012 年期間事業廢水廠總氮數據仍待研究。歷年活動數據如表 7.5.34 所示。

5 行政院環境保護署 (現為環境部)，環境部門廢水處理計算精進，2023 年 5 月 16 日。



表 7.5.32 1990 年至 2023 年事業廢水處理甲烷活動數據

(單位：公噸 COD)

年份	列管 家數	非工業區 (2019 IPCC 精進 指南建議行業 )		工業區 (2019 IPCC 精進指南建議行業 )						特定行業別				厭氧 處理 COD 總處理 量總計	處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量總計
				非納管		納管	盤查申報	廢水處理廠		非納管		納管	盤查申報		
		厭氧 處理 COD 總處理 量	處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量	處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量	處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量	處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量	厭氧 處理 COD 總處理 量		
1990	10,394	32,213	3,832	29,205	1,735	132	NE	NO	1,967	2,382	88	35	NE	63,966	7,622
1991	14,188	43,971	5,231	39,865	2,368	180	NE	NO	2,685	3,251	120	48	NE	87,315	10,404
1992	15,339	47,538	5,655	43,099	2,560	194	NE	NO	2,903	3,515	130	52	NE	94,399	11,248
1993	14,154	43,866	5,218	39,769	2,362	179	NE	NO	2,679	3,243	120	48	NE	87,106	10,379
1994	14,699	45,555	5,419	41,301	2,453	186	NE	NO	2,782	3,368	124	50	NE	90,460	10,778
1995	15,650	48,502	5,770	43,973	2,612	198	NE	NO	2,962	3,586	132	53	NE	96,313	11,476
1996	17,853	55,330	6,582	50,163	2,980	226	NE	NO	3,379	4,091	151	61	NE	109,870	13,091
1997	16,901	52,379	6,231	47,488	2,821	214	NE	NO	3,198	3,873	143	58	NE	104,011	12,393
1998	15,421	47,793	5,685	43,329	2,574	195	NE	NO	2,918	3,534	130	53	NE	94,903	11,308
1999	14,330	44,411	5,283	40,264	2,392	181	NE	NO	2,712	3,284	121	49	NE	88,189	10,508
2000	14,908	46,203	5,496	41,888	2,488	189	NE	NO	2,821	3,416	126	51	NE	91,746	10,932
2001	13,217	40,962	4,873	37,137	2,206	167	NE	NO	2,501	3,029	112	45	NE	81,340	9,692
2002	14,279	44,253	5,264	40,121	2,383	181	NE	NO	2,702	3,272	121	49	NE	87,875	10,470
2003	14,860	46,054	5,478	41,753	2,480	188	NE	NO	2,812	3,405	126	51	NE	91,451	10,896
2004	15,754	48,825	5,808	44,265	2,629	199	NE	NO	2,981	3,610	133	54	NE	96,953	11,552
2005	16,130	49,990	5,947	45,321	2,692	204	NE	NO	3,053	3,696	136	55	NE	99,267	11,828
2006	16,624	51,521	6,129	46,709	2,775	210	NE	NO	3,146	3,809	141	57	NE	102,307	12,190
2007	17,739	54,976	6,540	49,842	2,961	225	NE	NO	3,357	4,065	150	60	NE	109,169	13,008
2008	18,694	52,789	11,780	45,045	5,969	—	NE	NO	12,634	3,885	230	43	NE	101,763	30,612
2009	18,837	42,204	11,130	31,619	5,359	54	NE	NO	14,812	4,795	299	38	NE	78,710	31,600
2010	19,315	38,126	11,570	35,772	5,693	30	NE	NO	15,401	9,180	475	1,457	NE	84,565	33,139
2011	20,259	62,807	11,196	34,078	4,707	148	NE	NO	14,843	2,042	552	3,875	NE	102,950	31,298
2012	20,570	57,583	10,526	27,441	4,795	22	NE	NO	16,954	10,156	390	5,178	NE	100,379	32,665
2013	20,693	40,478	15,218	23,850	5,463	250	NE	26.9	3,515	13,716	624	9,618	NE	87,939	24,820
2014	20,521	37,215	11,079	25,171	5,761	288	NE	NO	2,598	9,507	742	8,367	NE	80,548	20,180
2015	20,968	62,317	14,404	84,310	5,805	168	55,727	NO	1,821	7,555	350	37,221	36,706	99,137	22,381
2016	21,338	81,807	7,498	62,567	5,569	12,991	20,503	262.8	8,226	8,894	188	35,063	33,773	147,309	21,481
2017	21,899	70,947	10,210	60,291	5,813	17,483	29,653	0.8	12,955	21,825	284	45,272	41,309	144,856	29,262
2018	24,941	54,577	9,735	48,736	5,621	24,915	31,277	371.7	1,929	2,638	53	48,242	40,841	107,362	17,337
2019	27,100	49,248	9,135	68,901	5,252	23,536	44,539	150.8	3,185	1,296	39	69,177	59,037	108,733	17,612
2020	29,281	45,048	7,878	68,752	5,021	19,712	42,481	5.6	1,482	422	26	37,526	25,366	103,618	14,407
2021	31,950	41,905	8,577	83,229	5,248	34,322	64,208	84.1	2,512	2,892	69	56,948	35,670	119,503	16,406
2022	31,770	40,005	8,192	86,729	4,074	25,129	79,601	65.1	317	2,794	41	48,318	19,807	103,632	12,624
2023	33,634	62,512	7,584	47,071	3,363	12,863	47,411	NO	749	4,693	133	26,133	8,324	97,537	11,830

- 備註：
- 2019 IPCC 精進指南建議行業之 COD 總處理量 (公噸 COD) = 非工業區厭氧處理 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量)。
  - 特定行業別之 COD 總處理量 = 非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量。
  - 厭氧處理後放流之 COD 總處理量 = 非工業區厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理後放流 COD 總處理量) + 特定行業別非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量。
  - NO (未發生)，代表我國該分類項目無生產或使用。
  - NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：

- 環境部中華民國環境統計年報資料引用 (三) 水質監測及污染防治表 3-5 「列管家數」。
- 環境部水污染源管制資料管理系統。

表 7.5.33 1990 年至 2023 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量

年份	厭氧處理 COD 總處理量	Bo 最大甲烷產生量	MCF 甲烷 轉換係數		事業廢水 厭氧處理 甲烷排放量	事業廢水 盤查申報 甲烷排放量	事業廢水 厭氧處理 (含盤查申報) 甲烷排放量	處理後排入 開放水體 COD 總處理量	處理後排入 開放水體甲 烷排放係數	事業廢水 處理後放流 甲烷排放量	事業廢水 甲烷總排 放量
	ton COD	kg CH <sub>4</sub> /kg COD	好氧	厭氧	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e	ton COD	kg CH <sub>4</sub> /kg COD	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
1990	63,966	0.25	0.0	0.8	358	NE	358	7,622	0.009	2	360
1991	87,315	0.25	0.0	0.8	489	NE	489	10,404	0.009	3	492
1992	94,399	0.25	0.0	0.8	529	NE	529	11,248	0.009	3	531
1993	87,106	0.25	0.0	0.8	488	NE	488	10,379	0.009	3	490
1994	90,460	0.25	0.0	0.8	507	NE	507	10,778	0.009	3	509
1995	96,313	0.25	0.0	0.8	539	NE	539	11,476	0.009	3	542
1996	109,870	0.25	0.0	0.8	615	NE	615	13,091	0.009	3	619
1997	104,011	0.25	0.0	0.8	582	NE	582	12,393	0.009	3	586
1998	94,903	0.25	0.0	0.8	531	NE	531	11,308	0.009	3	534
1999	88,189	0.25	0.0	0.8	494	NE	494	10,508	0.009	3	497
2000	91,746	0.25	0.0	0.8	514	NE	514	10,932	0.009	3	517
2001	81,340	0.25	0.0	0.8	456	NE	456	9,692	0.009	2	458
2002	87,875	0.25	0.0	0.8	492	NE	492	10,470	0.009	3	495
2003	91,451	0.25	0.0	0.8	512	NE	512	10,896	0.009	3	515
2004	96,953	0.25	0.0	0.8	543	NE	543	11,552	0.009	3	546
2005	99,267	0.25	0.0	0.8	556	NE	556	11,828	0.009	3	559
2006	102,307	0.25	0.0	0.8	573	NE	573	12,190	0.009	3	576
2007	109,169	0.25	0.0	0.8	611	NE	611	13,008	0.009	3	615
2008	101,763	0.25	0.0	0.8	570	NE	570	30,612	0.009	8	578
2009	78,710	0.25	0.0	0.8	441	NE	441	31,600	0.009	8	449
2010	84,565	0.25	0.0	0.8	474	NE	474	33,139	0.009	8	482
2011	102,950	0.25	0.0	0.8	577	NE	577	31,298	0.009	8	584
2012	100,379	0.25	0.0	0.8	562	NE	562	32,665	0.009	8	570
2013	87,939	0.25	0.0	0.8	492	NE	492	24,820	0.009	6	499
2014	80,548	0.25	0.0	0.8	451	NE	451	20,180	0.009	5	456
2015	99,137	0.25	0.0	0.8	555	62	619	22,381	0.009	6	625
2016	147,309	0.25	0.0	0.8	825	68	894	21,481	0.009	5	899
2017	144,856	0.25	0.0	0.8	811	40	852	29,262	0.009	7	859
2018	107,362	0.25	0.0	0.8	601	46	647	17,337	0.009	4	652
2019	108,733	0.25	0.0	0.8	609	39	648	17,612	0.009	4	653
2020	103,618	0.25	0.0	0.8	580	29	609	14,407	0.009	4	613
2021	119,503	0.25	0.0	0.8	669	13	683	16,406	0.009	4	687
2022	103,632	0.25	0.0	0.8	580	7	587	12,624	0.009	3	590
2023	97,537	0.25	0.0	0.8	546	3	550	11,830	0.009	3	553

備註：

1. 2019 IPCC 精進指南建議行業之 COD 總處理量 (公噸 COD) = 非工業區厭氧處理 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量)。
2. 特定行業別之 COD 總處理量 = 非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量。
3. 厭氧處理後放流之 COD 總處理量 = 非工業區厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理後放流 COD 總處理量) + 特定行業別非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量。
4. NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：

1. 環境部中華民國環境統計年報資料引用 (三) 水質監測及污染防治表 3-5 「列管家數」。
2. 環境部水污染源管制資料管理系統。

表 7.5.34 1990 年至 2023 年事業廢水氧化亞氮活動數據及排放量

年份	廢水處理 總處理量	廢水處理 氧化亞氮排放係數	廢水處理 氧化亞氮排放量	廢水處理 總氮放流量	廢水處理後排入開放水體 氧化亞氮排放係數	廢水處理後排入開放水體 氧化亞氮排放量	事業廢水 氧化亞氮排放量
	公噸 / 年	kg N <sub>2</sub> O/kg N	kt CO <sub>2</sub> e	公噸 / 年	kg N <sub>2</sub> O/kg N	kt CO <sub>2</sub> e	kt CO <sub>2</sub> e
1990	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1991	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1992	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1993	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1994	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE

續下表

續上表

年份	廢水處理 總氮處理量 公噸 / 年	廢水處理 氧化亞氮排放係數 kg N <sub>2</sub> O/kg N	廢水處理 氧化亞氮排放量 kt CO <sub>2</sub> e	廢水處理 總氮放流量 公噸 / 年	廢水處理後排入開放水體 氧化亞氮排放係數 kg N <sub>2</sub> O/kg N	廢水處理後排入開放水體 氧化亞氮排放量 kt CO <sub>2</sub> e	事業廢水 氧化亞氮排放量 kt CO <sub>2</sub> e
1995	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1996	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1997	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1998	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
1999	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2000	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2001	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2002	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2003	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2004	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2005	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2006	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2007	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2008	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2009	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2010	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2011	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2012	NE	0.0043	NE	NE	0.005	NE	NE
2013	NE	0.0043	NE	52.2	0.005	0.1	0.1
2014	NE	0.0043	NE	727.3	0.005	1.5	1.5
2015	NE	0.0043	NE	325.5	0.005	0.7	0.7
2016	421.7	0.0043	0.5	89.4	0.005	0.2	0.7
2017	88.9	0.0043	0.1	52.4	0.005	0.1	0.2
2018	1,656.3	0.0043	1.9	234.5	0.005	0.5	2.4
2019	2,044.1	0.0043	2.3	433.9	0.005	0.9	3.2
2020	1,940.7	0.0043	2.2	206.5	0.005	0.4	2.6
2021	3,276.0	0.0043	3.7	228.2	0.005	0.5	4.2
2022	2,239.0	0.0043	2.6	292.1	0.005	0.6	3.2
2023	1,839.8	0.0043	2.2	205.7	0.005	0.4	2.6

備註：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：環境部水污染源管制資料管理系統。

#### (4) 排放量

##### A. 事業廢水處理產生甲烷排放

事業廢水處理甲烷排放量活動數據來自廢水申報處理量，其估算結果隨 COD 處理量而變化。2023 年甲烷排放量為 553 千公噸二氧化碳當量，為 1990 年排放量的 1.53 倍，與 2022 年相比，排放量則下降 6.34%(2022 年排放量為 590 千公噸二氧化碳當量)，係因工業區中未納管廠家 COD 處理量減少，甲烷排放計算結果如表 7.5.33 所示。

##### B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

事業廢水氧化亞氮排放量隨行業申報的處理水量、氨氮及硝酸鹽氮濃度而變化。2023 年排放量相較 2013 年增加 2 千公噸二氧化碳當量，推測可能與 2017 年底增訂氨氮和總氮管制規定，事業廢水含氨氮與硝酸鹽氮之申報家數增加有關。2023 年排放量為 2.6 千公噸二氧化碳當量，相較 2022 年減少 0.6 千公噸二氧化碳當量，相當於減少 18.14%，主要係受石油化學業及半導體製造業近年廢水總氮處理量趨於平緩所致，氧化亞氮排放計算結果如表 7.5.34 所示。

#### (5) 完整性

##### A. 事業廢水處理產生甲烷排放

事業列管家數係參閱 2003 年至 2023 年環境部中華民國環境統計年報，因僅登載 1998 年後的活動數據，故依據工廠登記家數回推至 1990 年至 1998 年期間各年度的列管家數。

環境部水質保護司所提供之事業廢水申報資料，於 2007 年後較為齊全，故針對不齊備年期之列管單位申報資料，以其 2007 年之後完整申報資料之年平均值進行概估，進而以列管家數外推方式，計算各年期事業廢水中去除之有機物，以符合各年期時間序列之完整性及一致性。

##### B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

環境部事業廢水申報資料，目前僅取得上述資料庫中 2013 年後申報資料的總氮濃度，1990 年至 2012 年期間事業廢水廠的總氮數據仍待研究。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

有關廢棄物部門各排放源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。2019 IPCC 精進指南列出事業廢水甲烷排放之排放係數和活動資料的預設值不確定性範圍，如表 7.5.35 所示。不同類型事業廢水的甲烷排放潛勢差異很大，因此應盡可能收集資料，以確定最大甲烷產生量 (Bo) 和厭氧處理的廢水比例。

表 7.5.36 為事業廢水之廢水處理甲烷排放量計算公式中，各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動數據、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、36.06% 和 38.73%。

表 7.5.37 為事業廢水之廢水處理後排入開放水體甲烷排放量計算公式中，各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動數據、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、42.43% 和 44.72%。

2019 IPCC 精進指南列出事業廢水氧化亞氮排放之排放係數和活動資料的預設值不確定性範圍，如表 7.5.38 所示。不同類型事業廢水的氧化亞氮排放潛勢差異很大，不確定性值大多歸因於總氮濃度數據。

事業廢水之廢水處理氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.5.39，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動數據、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、20.00% 和 24.49%。

表 7.5.35 事業廢水甲烷排放相關參數預設值之不確定性範圍

參數	不確定性範圍
排放係數	
最大甲烷生成量 (Bo)	±30%
甲烷修正係數 (MCF)	不確定性範圍應當由專家判斷來確定
活動資料	
工業產量 (P)	± 25%，利用專家來評判資料來源品質，以獲得更精確的不確定性範圍。
單位產品之廢水產生量 (W)	這些資料有較高不確定。因為不同國家、不同工廠的同一個部門可能採用不同的廢水處理步驟。產品參數 (W×COD) 不確定性較小。不確定性值可以直接歸因於公斤 COD/ 公噸產品。建議假設 -50 %、100% 等數值。
單位產品之化學需氧量 (COD)	

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–23, Table 6.10, 2006.

表 7.5.36 2023 年事業廢水處理甲烷排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
事業廢水 COD 處理量 (TOW)	W：廢水處理水量 (ton) COD：COD 值 (mg/L)	引用處理廠連續計量設施之申報處理量，具高品質數據來源，不確定性 10%。 為進出流廢水定期檢測數據，計算 COD 移除量，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。
S：廢水處理後產生有機污泥之 COD 總量 (kg COD/yr)	N/A	未納入計算。
Bo：最大甲烷產生量 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	30.00	Bo 採 2019 IPCC 精進指南預設值 (0.25)，不確定性引用 2019 IPCC 精進指南預設值 30% 計算。
MCF：甲烷修正係數	20.00	參考 2019 IPCC 精進指南建議集中管理完善的處理廠不確定性 10%，管理不完善者 30%。保守以不確定性 20% 計算。
R：甲烷移除量 (kg CH <sub>4</sub> /yr)	N/A	未納入計算。
活動數據不確定性計算結果		14.14
排放係數不確定性計算結果		36.06
排放量不確定性計算結果		38.73

表 7.5.37 2023 年事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
事業廢水 COD 處理量 (TOW)	廢水處理排入開放水體量 (ton) 放流口 COD 值 (mg/L)	引用處理廠連續計量設施之申報處理量，具高品質數據來源，不確定性 10%。 為進出流廢水定期檢測數據，計算 COD 移除量，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。
EF：甲烷排放係數 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	30.00	參考 2019 IPCC 精進指南建議集中管理完善的處理廠不確定性 10%，管理不完善者 30%。
活動數據不確定性計算結果		14.14
排放係數不確定性計算結果		42.43
排放量不確定性計算結果		44.72



表 7.5.38 事業廢水氧化亞氮排放相關參數預設值之不確定性範圍

參數	不確定性範圍
排放係數	
氧化亞氮排放係數 (EF)	±30%
活動資料	
工業產量 (P)	± 25%，利用專家來評判資料來源品質，以獲得更精確的不確定性範圍。
單位產品之廢水產生量 (W)	這些資料有較高不確定。因為不同國家、不同工廠的同一個部門可能採用不同的廢水處理步驟。產品參數 (W×TN) 不確定性較小。不確定性值可直接歸因於總氮濃度。建議假設 -50 %、100% 等數值。
單位廢水之總氮濃度 (TN)	

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–49, Table 6.13(New), 2019.

表 7.5.39 2023 年事業廢水氧化亞氮排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
事業廢水處理 總氮量 (TN <sub>IND</sub> )	10.00	引用處理廠連續計量設施之申報水量資料，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。
事業處理水中總氮濃度 (mg/L)	10.00	為放流廢水定期檢測數據，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。
EF：氧化亞氮排放係數 (kg N <sub>2</sub> O/kg N)	20.00	引用日本清冊採用值，設定 20%。
活動數據不確定性計算結果		14.14
排放係數不確定性計算結果		20.00
排放量不確定性計算結果		24.49

表 7.5.40 為事業廢水之廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放量計算公式中，各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動數據、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、30.00% 和 33.17%。

總整事業廢水之不確定性如表 7.5.41，甲烷不確定性為 38.28%，氧化亞氮不確定性為 21.16%。

#### (2) 時間序列的一致性

同事業廢水處理產生甲烷排放之完整性說明。

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

利用環境部之事業廢水定檢申報活動數據為基礎，以 2019 IPCC 精進指南建議排放係數，並參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家會議，確認計算方式、引用參數與活動數據合理性。另針對事業廢水好氧菌占比，

已於 2016 年至 2019 年期間針對數據來源、引用參數研析其合理性召開廢棄物部門清冊專家諮詢會進行確認，並同意事業廢水有機物移除量以好、厭氧區分為計算方式。

依據 2021 年 9 月廢棄物部門清冊專家諮詢會結論，由於發電業廢水之總氮量非以生物方式進行處理且未列入 2019 IPCC 精進指南建議行業別，因此將發電業從事業廢水氧化亞氮行業別範疇排除。

另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」(表 7.5.42)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

#### 5. 特定排放源的重新計算

參考 2006 年 IPCC 指南說明事業廢水中有機碳，主要來自生物成因，如人類排泄物或食物廢棄物等，這些生物成因的二氧化碳，被視為短期生物循環 (Biogenic Carbon Cycle)，其不涉及從地質圈轉移至大氣，對氣候變遷沒有直接影響，故不計入國家溫室氣體清冊。然而 2019 年 IPCC

表 7.5.40 2023 年事業廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
事業廢水處理出流水 總氮量事業廢水排放 到水生環境中的氮 (N <sub>Effluent</sub> )	10.00	引用處理廠連續計量設施之申報水量資料，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。
事業處理水中總氮濃度 (mg/L)	10.00	為放流廢水定期檢測數據，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。
EF <sub>Effluent</sub> ：事業廢水排放到水生環境中氧化亞氮排放係數 (kg N <sub>2</sub> O/kg N)	30.00	參考 2019 IPCC 精進指南建議集中管理完善的處理廠不確定性 10%，管理不完善者 30%。
活動數據不確定性計算結果		14.14
排放係數不確定性計算結果		30.00
排放量不確定性計算結果		33.17

表 7.5.41 2023 年事業廢水總不確定性

活動資料和排放係數		甲烷			氧化亞氮	
		廢水處理	排入開放水體	盤查申報	廢水處理	排入開放水體
不確定性	活動數據	14.14%	14.14%	5.00%	14.14%	14.14%
	排放係數	36.06%	42.43%	5.00%	20.00%	20.00%
	排放量	38.73%	44.72%	5.00%	24.49%	33.73%
溫室氣體排放量		546 kt CO <sub>2</sub> e	3 kt CO <sub>2</sub> e	3 kt CO <sub>2</sub> e	2 kt CO <sub>2</sub> e	0.4 kt CO <sub>2</sub> e
事業廢水總不確定性 (%)		38.28%			21.16%	

表 7.5.42 事業廢水一般清冊品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	• 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料（事業廢水污染管制資料）和排放因數（2019 IPCC 精進指南預設值）的種類並確保其正確記錄並歸檔
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	• 確認正確引用環境部中華民國環境統計年報及環境部水質保護司所提供之事業廢水申報資料中，篩選出資料庫中定檢資料結果
檢查排放計算的準確性	• 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	• 確認各欄位單位標記的準確性 • 確認整個計算過程中單位使用的準確性 • 確認轉換因數的準確性 • 確認時間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	• 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	• 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性	• 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 • 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	• 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 • 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 • 相關參數引用 2006 IPCC 指南與 2019 IPCC 精進指南預設值
展開內部檔的審評	• 詳細登錄資料來源引用與版本差異 • 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	• 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 • 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 • 無時間序列一致性缺漏情事
展開完全檢查	• 確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內，所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	• 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處 • 移除 2015 年至 2023 年事業盤查資料中所產生的二氧化碳排放使排放量下降

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.  
2. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.

精進指南再次強調不計入二氧化碳，說明二氧化碳多來自於人類排泄物或食物廢棄物中的有機物，這些源自於生物的二氧化碳被視為中性碳 (carbon-neutral)，因此移除事業盤查資料中所產生的二氧化碳排放。

重新計算後，因移除 2015 年至 2023 年事業盤查資料中所產生的二氧化碳排放使排放量下降，其中僅 2015 年排放量變化大於 0.1%(0.27%)，減少 1.68 千公噸二氧化碳當量，2016 年至 2023 年排放量變化率小於 0.1%，符合 2006 IPCC 指南對重新計算影響可忽略之說明原則。

6. 特定排放源的改善計畫

因應 2019 IPCC 精進指南，後續將持續調整事業廢水甲烷及氧化亞氮排放計算之行業別範疇，並更新相關排放係數。

廢水處理廠設置厭氧處理及沼氣回收屬有效能資源再利用方式，將持續調查我國廢水處理廠沼氣回收情形，以掌握減量潛力。

7.6 參考文獻

1. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
2. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.
3. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
4. National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, 2016.
5. 內政部，內政部統計查詢網－污水下水道系統執行概況，瀏覽日期 2024 年 12 月。
6. 內政部，內政部統計查詢網－土地面積、戶數與人口數，瀏覽日期 2024 年 12 月。
7. 農業部，糧食平衡表－每人每日蛋白質供給量，瀏覽日期 2024 年 12 月。

8. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報91年,2002年08月。
9. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報92年,2003年08月。
10. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報93年,2004年08月。
11. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報94年,2005年08月。
12. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報95年,2006年08月。
13. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報96年,2007年08月。
14. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報97年,2008年08月。
15. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報98年,2009年08月。
16. 行政院環境保護署(現為環境部),國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用,EPA-98-FA11-03-A060,2010年02月。
17. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報99年,2010年08月。
18. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報100年,2011年08月。
19. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報101年,2012年08月。
20. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報102年,2013年08月。
21. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報103年,2014年08月。
22. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報104年,2015年08月。
23. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報105年,2016年08月。
24. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報106年,2017年08月。
25. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報107年,2018年08月。
26. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報108年,2019年11月。
27. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報109年,2020年09月。
28. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報110年,2021年08月。
29. 行政院環境保護署(現為環境部),中華民國環境統計年報111年,2022年11月。
30. 環境部,中華民國環境統計年報112年,2023年11月。
31. 環境部,中華民國環境統計年報113年,2024年9月。
32. 環境部,水污染源管制資料管理系統-事業廢水檢測申報許可管理資料,2024年10月。
33. 環境部,中小型焚化爐空污費申報系統資料,2024年10月。

