

紙漿與造紙廠估算溫室氣體排放量的計算工具(1.0 版) - 溫室氣體盤查議定計畫

計算作業表的指導 - (來源：http://www.ghgprotocol.org/standard/Current_Tools_10_2_03/pulp_&_paper_guidancev1.0.pdf)

這是森林與造紙公會國際委員會(ICFPA)氣候變化工作小組一項專案的成果，另有特殊的貢獻者，如：南非造紙公會、日本紙業公會、加拿大森林產業公會、歐洲造紙工業聯盟、智利森林與工業公會、澳大利亞造紙工業協會、美國森林與造紙公會。

編輯者為空氣與河流改善國家委員會NCASI, Research Triangle Park, NC, USA

有關此份資料的問題或意見請聯絡

Reid Miner

NCASI

P.O. Box 13318

Research Triangle Park, NC, USA 27709-3318

phone + 919-558-1991 ; fax +919-558-1998

e-mail rminer@ncasi.org

►計畫摘要

在2001年初，全球許多紙業公會決心合作發展一套紙漿與造紙廠估算溫室氣體排放量的國際通用工具，因而完成此份報告；此報告可與世界資源研究所/世界企業永續發展委員會(WRI / WBCSD)的溫室氣體盤查議定書配合使用。

計算化石燃料燃燒的CO₂排放量是依據燃料的燃燒量與碳含量，生質燃料燃燒的CO₂排放量不納入總量，是目前的共識，但要以“佐證資料”方式保存；化石燃料與生質燃料燃燒的甲烷與氧化亞氮排放量要藉排放因子來估算。石灰窯與鍛燒窯的CO₂、甲烷與氧化亞氮排放量的計算方法有詳細的說明，而工廠的掩埋場與廢水處理廠的溫室氣體排放量，機動車與其它使用化石燃料設備的排放量，就是採用IPCC建議的方法；但工廠最好是使用自己的量測值，因為估算所得的結果會比使用一般提供的內設值為精準。使用外購電力或蒸汽的間接排放量與售出部分的電力或蒸汽相關排放量要納入清冊，但要分開列舉以便查驗。

申報公司要先界定自身的界線範圍，包括(a)所有現場“主要的”紙漿與造紙操作，不論其排放源的擁有者，與(b)其它自有的排放源(例如公司的貨運車隊)，這方面的認定要依據其申報目的在報告中加以說明。

►銘謝

NCASI與ICFPA要特別向下列人士與機構致謝：

_ Adam Costanza, International Paper Company

_ Chris Laughran and Terry Shires, URS Corporation, on behalf of Karen Ritter and the American Petroleum Institute GHG Emissions Methodology Workgroup

_ Inna Gritsevich, Center for Energy Efficiency (CENEf) in Russia

1.0 介紹

在本報告中，計算工具在報告內有說明，而計算方法的引用背景資料則在附件中說明；這些資料僅限於紙漿與造紙相關的排放量，至於碳匯或森林儲藏等議題則未納入考量；此工具雖可適用於內部公司基準對照、公開報告、產品資料與碳交易報表中，但各個狀況要求不一，使用者須事先瞭解。

2.0 森林產品工業溫室氣體排放量前景

森林產品工業在全球碳循環中，包括產品原料與碳儲存與釋出，參與多重與相當重要的一環；如果木紙產品能夠持續回收再利用，就是保留固定碳的一種方式，估計每年藉木紙產品儲存碳的新增量是139百萬公噸。如果木紙產品無法經濟的回收再利用，也可成為生質燃料而有溫室氣體減量的效果。

紙漿與造紙工業也是重要的汽電共生(CHP)參與者，藉著一種燃料而同時產生蒸汽與電力兩種能源，因此能源使用效率較高，減少化石燃料的需求量。

3.0 計算工具對於其他溫室氣體議定書的關係

雖然目前已經有各種版本的盤查議定書，但是所提供的原則大同小異；其中以WRI/WBCSD與PEW中心發展的文件特別適合公司採用本工具，因為其編撰是以公司層次的申報來考量，特別是在下列項目議題中的界定。

- > 溫室氣體會計與申報原則(例如：組織與營建邊界的確認、相關性、完整性、一致性、透明度與精確度)
- > 定位企業清冊的目的(例如：公開報告、自願計畫、碳交易)
- > 建立基線與計算減量
- > 管理清冊品質
- > 查驗

雖然WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書已被廣泛接受，但其中有些要求，本盤查工具內尚未提供相關的計算方法，例如申報公司應提供使用空調系統與冰箱時排放氫氟碳化物(HFCs)的資料；WRI/WBCSD尚未發佈相關計算工具，但是IPCC的指導手冊有相關資料可供參考(IPCC 1997c年版，第2.17.4.2節)。和IPCC的建議方法稍有差異的領域是掩埋場排放量，IPCC採取包容性的估算方式，而本工具則建議掩埋場採樣分析來推算自身的排放量。

4.0 計算工具的概要

4.1 計算工具的目的

主要是為紙漿與造紙廠提供全球相容的溫室氣體盤查工具，以因應公、私領域的要求與需求。

4.2 計算工具的應用步驟

4.2.1 瞭解清冊的目的

在進行溫室氣體清冊之前，公司要先依據清冊的目的來決定採取執行的方式，以期符合相關

的要求。

4.2.2 確認界線狀況

溫室氣體清冊的界線有兩種 – 操作界線與組織界線；操作界線以操作與排放源位置來決定清冊的範圍，組織界線則以排放源的擁有權來決定排放量是屬於“直接”或“間接”型態。

> 直接排放量 - 就是“排放源是申報公司所擁有或控制的。”

> 間接排放量 - 就是“排放量是申報公司業務活動所造成的，但排放源是另一家公司所擁有或控制的。”

雖然產業的上下游關係多樣化、牽連頗廣，但間接排放量適用的範圍相當有限 – 像是電力、蒸汽與暖氣；本工具建議操作界線的選擇範圍如下

> 直接排放量來自現場主要操作(例如公司擁有的鍋爐)

> 直接排放量來自外場主要操作(例如公司擁有的採收設備)

> 間接排放量來自輸入的電力或蒸汽(包括來自外包的汽電共生廠)

> 排放量歸因於輸出的電力或蒸汽

> 間接排放量來自現場主要操作，但不涉及電力與蒸汽傳送(例如現場外包的廢水處理操作)
主要操作就是那些和紙漿與造紙相關的程序，那些和正常紙漿與造紙程序不相關的排放量並未被本工具納入考量，但公司若因清冊的目標有要求則不妨納入。

4.2.3 估計操作界線內來源的排放量

下一步是要估計溫室氣體排放量，本報告工具將說明：

> CO₂排放量來自固定式化石燃料的燃燒

> CH₄與N₂O排放量來自化石燃料燃燒的單元、回收爐、生質燃料鍋爐與石灰窯

> CO₂排放量來自用於紙漿廠的加工化學品CaCO₃或Na₂CO₃

> CO₂排放量來自現場使用的機動車與機器

> CH₄排放量歸因於工廠廢棄物掩埋與厭氧廢棄物處理操作

> 排放量來自其他外場主要操作(例如公司擁有的採收設備與貨運車隊)

> 化石燃料衍生的CO₂輸出到衛星廠的沉澱碳酸鈣(PCC)製程

> 輸入的CO₂(例如為了pH中和作用)

> 溫室氣體排放量相對於電力與蒸汽的輸入

> 溫室氣體排放量歸因於電力與蒸汽的輸出

氣候中立的生質燃料衍生CO₂排放量在附件I說明。

有些工廠的天然氣鍋爐輸氣管可能洩漏甲烷氣，雖然是少量，但有意納入考量的廠商可參考美國環保署出版的*Protocol for Equipment Leak Emission Estimates* (USEPA 1995)。

4.2.4 確認組織邊界與排放量擁有權

藉此決定排放量是否來自申報公司所擁有或控制的，以及是否來自申報公司現場的排放源。

4.2.5 呈報結果

申報廠商盤查結果的呈報內容包括：

- > 盤查廠商操作邊界內的操作項目
- > 直接排放量
- > 間接排放量，以及歸因於電力或蒸汽輸出的排放量
- > 化石燃料衍生的CO₂輸出與輸入
- > 用來發展清冊的排放因子

附件I提供一份表單格式，以供申報生質燃料的佐證資料。

4.3 數據品質

本工具說明計算的方式與步驟，但隨著清冊目的不同的要求，數據選用的精確度亦不相同；所以，清冊預期的用途決定數據的品質要求，是申報公司一開始就要確認的。多數情況下，申報公司利用排放因子與相關的“活動數據”(例如燃料使用量與旅行里程數)，就可以得到可靠的溫室氣體排放量。

4.4 單位

為了全球的數據與資料能相容比較，本報告採取公制(十進位)單位。

4.4.1 量測溫室氣體的單位

不同種類的溫室氣體都可以轉換成二氧化碳當量，轉換因子又稱全球暖化潛勢(GWPs)，其數值列在IPCC指導中(IPCC 1996)；有時候二氧化碳當量會以碳重量表示，轉換因子12/44就是二氧化碳分子量中的碳原子量。

4.4.2 燃料熱含量 – 總熱值GCV與淨熱值NCV

有的國家量測燃料是用總熱值(GCV)或高熱值(HHV)，其他的國家量測燃料是用淨熱值(NCV)或低熱值(LHV)；兩者的差異在於總熱值含水的凝結熱，所以煤與油的淨熱值(NCV)是95%的總熱值(GCV)，天然氣的淨熱值(NCV)是90%的總熱值(GCV)。本報告採用淨熱值NCV (LHV)。

5.0 確認清冊的操作界線內主要的紙漿與造紙操作

所謂的“主要操作”包括：

- > 直接排放量(公司擁有的排放量)來自現場主要操作(例如紙漿廠、造紙廠、動力鍋爐)
- > 直接排放量來自外場主要操作(例如公司擁有的採收設備與貨運車隊)
- > 間接排放量來自現場主要操作，是公司擁有的或其他公司有參與部分擁有(包括來自外包的汽電共生廠)
- > 外場間接排放量，有關於輸入的電力或蒸汽
- > 現場排放量歸因於電力與蒸汽的輸出

申報公司要將所納入清冊界線內的各項排放量的操作情況加以說明，表10可用來記載相關資料；設定清冊的操作界線可參考WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書(WRI 2001a)，舉例說明如下：

- > 動力鍋爐、天然氣渦輪引擎、產生工廠所需的蒸汽與/或電力等燃燒設備
- > 回收爐與其它燃燒廢紙漿液的設備
- > 焚化爐

- > 石灰窯與鍛燒爐
- > 天然氣或其它化石燃料燃燒的乾燥器(例如紅外線乾燥器)
- > 厭氧廢水處理或污泥消化操作(是指現場或公司擁有的設施才納入清冊界線內)
- > 工廠處置廢棄物的掩埋場(是指現場或公司擁有的設施才納入清冊界線內)
- > 現場使用的機動車與機器
- > 工廠供料所需的採收設備(是指現場或公司擁有的設施才納入清冊界線內)
- > 工廠運送原料、產品或廢棄物的貨車(是指現場或公司擁有的設施才納入清冊界線內)

主要紙漿與造紙廠操作相關的溫室氣體間接排放量，包括外購的電力或蒸汽，舉例說明如下：

- > 原生纖維製備(剝皮、切塊與其他集材場操作，通常僅限公司擁有的設施)
- > 回收纖維製備 – 包括脫墨
- > 機械製漿
- > 化學製漿
- > 半化學製漿
- > 其他化學製漿程序
- > 化學回收操作
- > 紙漿的篩選、濃縮和洗滌
- > 原生纖維的漂白，與回收纖維的漂白與增白
- > 現場二氧化氯與其他漂白化學品的製備
- > 紙與紙板的製造，包括原紙清理與精製
- > 塗佈(含擠壓塗佈)
- > 裁切、包捲、截片等
- > 一般辦公室與建築物中工廠員工相關的作業
- > 製程用水處理、廢棄物處理與處置、或排放量控制的設備

非主要紙漿與造紙廠操作相關的例子說明如下：

- > 在場址內的板廠或木料化學品工廠
- > 毗鄰紙廠的商業發電廠，其主要業務是售電
- > 轉變操作，大多數情況下不在現場進行

公司要自行判斷何種情況下屬“現場”操作，必要時可以在清冊中說明；然而多數情況下，排放源的擁有權的考量優先於所在位置的考量。

6.0 釐清清冊的組織界線與排放量的擁有權

擁有權與控制權決定清冊的組織界線，直接排放量是指申報公司擁有或控制在組織界線內的排放源，間接排放量是指來自非上述範圍內的排放源；由於公司的營運與擁有型態日趨複雜，試舉例說明如下：

- > 汽電共生操作，而紙廠擁有部分所有權
- > 汽電共生廠，而其他廠擁有部分所有權

> 廢水處理或掩埋操作由第三者擁有或操作

> 紙廠的所有權是由數個機構共同持有

更詳細的擁有權與組織界線確認方式，可參考WRI/WBCSD溫室氣體盤查議定書(WRI 2001a)，附件H也有相關說明；其中建議，“應該與會計報表的邊界一致”。

7.0 具體性與不明顯的排放量

溫室氣體盤查議定書通常容許廠商忽略較不明顯的排放量，雖然沒有明白定義，但誤差5%是可以容許的；不過，盤查議定書提到，“排放源的具體性要先經過評估後才能決定，意味著其估計值還是要列入清冊為佐證。”表1列出一些具代表性的排放因子，可約略看出那些較不具體的排放源，而通常化石燃料燃燒的二氧化碳排放量是主要排放源，其它的排放源相對較小，但是否要將其納入總排放量必須由申報公司自行決定；如果決定歸類為不明顯的排放量，申報公司要註記，並說明決定不納入的準則。

表1. 排放因子數值範圍，排放量是否明顯的參考

	單位	化石-CO ₂	CH ₄ (CO ₂ -當量)*	N ₂ O(CO ₂ -當量)*	報告中含內設值的表
天然氣，用於鍋爐	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	56,100 – 57,000	13 – 357	31 – 620	2、3
蒸餘油，用於鍋爐	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	76,200 – 78,000	13 – 63	93 – 1550	2、3
煤炭，用於鍋爐	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	92,900 – 126,000	15 – 294	155 – 29,800 [⊖]	2、3
樹皮與木質廢棄燃料	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	0	<21 – 860	<310 – 8060	6
黑液	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	0	42 – 630	1550	6
石灰窯	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	和燃料有關	21 – 57	0 [Ⓜ]	2、4
石灰鍛燒爐	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	和燃料有關	21 – 57	1550 ^λ	2、4
紙漿廠加工化學品 CaCO ₃	公斤CO ₂ /公噸CaCO ₃	440	0	0	5
紙漿廠加工化學品 Na ₂ CO ₃	公斤CO ₂ /公噸Na ₂ CO ₃	415	0	0	5
柴油，用於機動車	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	74,000 – 75,300	82 – 231	620 – 9770	7、8
汽油，用在非陸路 移動源與機器 – 4- 衝程引擎	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	69,300 – 75,300	84 – 30,900	93 – 2580	8
汽油，用在非陸路 移動源與機器 – 2- 衝程引擎	公斤CO ₂ -當量/兆焦耳	69,300 – 75,300	9,860 – 162,000	124 – 861	8
厭氧廢水處理	公斤CO ₂ -當量/公斤 COD處理量	0	5.25 [Ⓝ]	0	公式6與7
工廠固態廢棄物掩埋	公斤CO ₂ -當量/乾噸固 態廢棄物	0	3,500 [Ⓞ]	0	公式3、4、5 與表9

* CO₂-當量是由IPCC全球暖化潛勢計算而得(CH₄ = 21與N₂O = 310)。

⑥ 申報的N₂O排放因子大於1,500公斤CO₂-當量/兆焦耳的情況通常限於流體化床鍋爐。

⑦ IPCC資料建議N₂O不太可能在石灰窯中形成顯著的量。

⑧ 即使有，鍛燒爐中生成N₂O的量屬未知，所以這裡所列窯爐中使用燃料的因子為最大值。

⑨ 假設沒有處理廠的廢氣被捕集。

⑩ 假設可分解有機碳佔50%的掩埋廢棄物，其中50%的可分解有機碳能轉變成沼氣，而沼氣中50%的碳是含在甲烷中，且掩埋場所捕集的甲烷都未遭氧化，然後所有的沼氣都在廢棄物掩埋的同一年中釋放出來。

8.0 固定式化石燃料燃燒的溫室氣體排放量

8.1 二氧化碳

固定式化石燃料燃燒排放的二氧化碳計算可由燃燒量、排放因子與燃燒程度導出，附件 A 提供一些參考資料，而數值的可靠度依序如下：

- > 廠內使用特定燃料與鍋爐的數據
- > 國家主管機構推薦的最適宜的數據
- > 從其他資料來源所得的最適宜的數據

表2列出一些通常用到的排放因子，包括理論值與修正值，至於燃燒程度，IPCC建議內設修正因子煤是0.98、油品類是0.99、天然氣是0.995、泥炭是0.99(IPCC 1997c)；然而IPCC指出，煤的燃燒程度變化較大，例如澳大利亞研究燃煤鍋爐時發現，燃燒不完全的煤佔1%至12%的進料。至於天然氣，由於在不同設備中的燃燒程度相當一致，可以就總耗用量來估算二氧化碳排放量。如果工廠生產的二氧化碳用在沉澱碳酸鈣(PCC)的製造，這部分的二氧化碳就不要算在排放量中，因為沒有排放；表12列舉如何在報告中單獨顯示該項數據。

表2. IPCC的化石燃料內設CO₂排放因子(參考IPCC 1997b)

化石燃料	未修正排放因子公斤CO ₂ /兆焦耳*	已修正排放因子公斤CO ₂ /兆焦耳
原油	73,300	72,600
汽油	69,300	68,600
煤油	71,900	71,200
柴油	74,100	73,400
蒸餘燃料油	77,400	76,600
液化石油氣	63,100	62,500
石油焦	100,800	99,800
無煙煤	98,300	96,300
煙煤	94,600	92,700
次煙煤	96,100	94,200
褐煤	101,200	99,200
泥煤	106,000	104,900
天然氣	56,100	55,900

* 這些因子假設碳完全燃燒。

都市固態廢棄物(MSW)或其衍生物有時候會當燃料使用，由於成份含化石碳(主要是在塑膠中)與氣候中立生質碳(主要是在紙與廚餘中)，IPCC建議以化石碳實際含量來估算CO₂排放量；如果缺資料，IPCC建議化石碳含量為16%，而其燃燒程度為0.95(IPCC 2000a)，如此導出都市固態廢棄物內設排放因子為557公斤CO₂/濕公噸。

8.2 甲烷與氧化亞氮

化石燃料燃燒的甲烷與氧化亞氮排放量通常遠小於二氧化碳排放量，申報工廠可自行決定是否要忽略；有時候一個排放因子已經將CO₂、CH₄與N₂O都納入考量，申報工廠就無需分別計算，附件A列舉一些相關資料。IPCC有提供第1階與第2階的排放因子，但以第2階的排放因子較具體，如表3所示；不過，第2階的排放因子是在無控制排放的情況下推算，有無控制設備不致於影響甲烷，但是會影響氧化亞氮，雖然整體影響相當小(IPCC 1997c)。

固定式內燃引擎(例如緊急發電機或渦輪引擎)燃燒化石燃料的甲烷與氧化亞氮排放因子可參考表8，約等於非陸路移動源的排放因子；有些常用在森林產品工業中的燃燒設備會有特定的甲烷與氧化亞氮排放量，將分項簡介如下。

> 回收爐 – 通常只有少量的化石燃料用在回收爐中，而回收爐的甲烷與氧化亞氮排放因子在第11.2節中說明。

> 燃燒生質與化石燃料的混合燃料燃燒鍋爐 – 雖然混合燃料燃燒鍋爐會使用生質與化石燃料，但使用生質燃料的比例較高，因此建議由輸入鍋爐的總熱值與生質的CH₄與N₂O排放因子來估算，如第11.2節所列舉。

> 牛皮紙廠石灰窯與鍛燒爐 – 石灰窯與鍛燒爐的排放情形很特殊，要分開考量。

> 天然氣燃燒紅外線乾燥器、焚化爐與其他各種紙漿與紙的來源 – 如果沒有特定的數據，可以假設CH₄與N₂O排放量可忽略，不然就利用現成的排放因子來估算。

表3. IPCC第2階工業鍋爐無控制情況的CH₄與N₂O排放因子(IPCC 1997c)

燃料	科技	結構	公斤CH ₄ /兆焦耳	公斤N ₂ O/兆焦耳
煙煤	火上加煤鍋爐		1.0	1.6
次煙煤	火上加煤鍋爐		1.0	1.6
煙煤	下方給煤鍋爐		14	1.6
次煙煤	下方給煤鍋爐		14	1.6
煙煤	煤粉化	乾底、牆式鍋爐	0.7	1.6
煙煤	煤粉化	乾底、切線式鍋爐	0.7	0.5
煙煤	煤粉化	液態排渣鍋爐	0.9	1.6
煙煤	噴燒式鍋爐		1.0	1.6
煙煤	流體化床鍋爐	迴圈或氣泡鍋爐	1.0	96
次煙煤	流體化床鍋爐	迴圈或氣泡鍋爐	1.0	96
無煙煤			10*	1.4*

燃料	科技	結構	公斤CH ₄ /兆焦耳	公斤N ₂ O/兆焦耳
殘渣油			3.0	0.3
蒸餾油			0.2	0.4
天然氣	鍋爐		1.4	0.1*
天然氣	渦輪引擎		0.6	0.1*
天然氣	內燃機	2-衝程稀薄燃燒	17	0.1*
天然氣	內燃機	4-衝程稀薄燃燒	13	0.1*
天然氣	內燃機	4-衝程稀薄燃燒	2.9	0.1*

* 這些是IPCC第1階通用排放因子，因為第2階並無相關資料。

案例計算：一家小紙廠使用天然氣的CO₂、CH₄、N₂O排放量。

一家小紙廠的小鍋爐與紅外線乾燥器使用天然氣為燃料，每年耗用17百萬標準立方公尺，由於沒有自行推算天然氣的排放因子，所以採取IPCC的內設值，55.9公噸CO₂/兆焦耳(經使用不完全燃燒因子0.5%做修正)，而CH₄與N₂O的排放因子參考表3(即，1.4公斤CH₄/兆焦耳，與0.1公斤N₂O/兆焦耳)，估計熱值是52兆焦耳/千噸，密度是0.8公斤/標準立方公尺，年排放量估計如下：

CO₂排放量：

$$\underline{(17 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ 天然氣/年}) \times (0.8 \text{ 公斤/m}^3) = 13.6 \times 10^6 \text{ 公斤天然氣/年} = 13.6 \text{ 千噸天然氣/年}}$$

$$\underline{(13.6 \text{ 千噸天然氣/年}) \times (52 \text{ 兆焦耳/千噸}) = 707 \text{ 兆焦耳/年}}$$

$$\underline{(707 \text{ 兆焦耳/年}) \times (55.9 \text{ 噸CO}_2\text{/兆焦耳}) = 39,500 \text{ 噸CO}_2\text{/年}}$$

CH₄排放量：

$$\underline{(707 \text{ 兆焦耳NCV/年}) \times (1.4 \text{ 公斤CH}_4\text{/兆焦耳NCV}) = 990 \text{ 公斤CH}_4\text{/年} = 0.99 \text{ 噸CH}_4\text{/年}}$$

應用IPCC的全球暖化潛勢因子21，計得21噸CO₂-當量/年

N₂O排放量：

$$\underline{(707 \text{ 兆焦耳NCV/年}) \times (0.1 \text{ 公斤N}_2\text{O/兆焦耳NCV}) = 70.7 \text{ 公斤N}_2\text{O/年} = 0.07 \text{ 噸N}_2\text{O/年}}$$

應用IPCC的全球暖化潛勢因子310，計得22噸CO₂-當量/年

$$\text{總溫室氣體排放量} = 39,500 + 21 + 22 = 39,500 \text{ 噸CO}_2\text{-當量/年}$$

看得出來CH₄與N₂O排放量僅佔0.1%，申報公司可以分開條列，以證明明確是可忽略的。

案例計算：一座大型乾底、牆式鍋爐使用煙煤粉化為燃料的CO₂、CH₄、N₂O排放量。

該鍋爐每小時產生350,000公斤蒸汽(約770,000磅/小時)，每年耗用煤336,000百萬公克(370,000短噸)，其高熱值平均為13,000 Btu HHV/磅。

狀況 1：以碳含量計算CO₂排放量

已知煤的碳含量(80.1%)，修正因子採用IPCC內設值為(2%的不完全燃燒率)，並參考使用表3所列第二階的IPCC排放因子以計算CH₄與N₂O，分別為0.7公斤CH₄/兆焦耳NCV與1.6公斤N₂O/兆焦耳NCV，而且假設煤的NCV(或LHV)比GCV(或HHV)低5%，因此年排放量估算如下。

CO₂排放量：

$(336,000 \text{ 百萬公克煤/年}) \times (0.801 \text{ 百萬公克碳/百萬公克煤}) \times (0.98 \text{ 百萬公克碳燃燒率}) \times (44 \text{ 百萬公克CO}_2/12 \text{ 百萬公克碳}) = 967,000 \text{ 百萬公克CO}_2/\text{年}$ 或 $967 \times 10^3 \text{ 噸CO}_2/\text{年}$

CH₄排放量：

$370,000 \text{ 短噸煤/年} = 740 \times 10^6 \text{ 磅/年}$

$(740 \times 10^6 \text{ 磅/年}) \times (13,000 \text{ Btu HHV/磅}) = 9.62 \times 10^{12} \text{ Btu HHV/年}$

煤的LHV是0.95乘上HHV(參考第4.4.2節)

$(9.62 \times 10^{12} \text{ Btu HHV/年}) \times (0.95 \text{ 修正為LHV}) = 9.14 \times 10^{12} \text{ Btu LHV/年}$

$(9.14 \times 10^{12} \text{ Btu LHV/年}) \times (1055 \text{ 焦耳/Btu}) = 9.64 \times 10^{15} \text{ 焦耳NCV/年} = 9.64 \times 10^3 \text{ 兆焦耳NCV/年}$

CH₄排放量 = $(9.64 \times 10^3 \text{ 兆焦耳NCV/年}) \times (0.7 \text{ 公斤CH}_4/\text{兆焦耳NCV}) = 6.75 \times 10^3 \text{ 公斤CH}_4/\text{年}$ 或 $6.75 \text{ 噸CH}_4/\text{年}$

使用IPCC給CH₄的GWP內設值，21，計算得142噸CO₂-當量/年

N₂O排放量：

N₂O排放量 = $(9.64 \times 10^3 \text{ 兆焦耳NCV/年}) \times (1.6 \text{ 公斤N}_2\text{O}/\text{兆焦耳NCV}) = 15.4 \text{ 噸N}_2\text{O}/\text{年}$

使用IPCC給N₂O的GWP內設值，310，計算得4,780噸CO₂-當量/年

總溫室氣體排放量 = $967,000 + 142 + 4,780 = 972,000 \text{ 噸CO}_2\text{-當量/年}$

來自鍋爐的CH₄與N₂O排放量與CO₂排放量相較為少。

CO₂排放量 = 967,000噸CO₂/年

CH₄排放量 = 142噸CO₂-當量/年或0.015%的CO₂排放量

N₂O排放量 = 4,780噸CO₂-當量/年或0.5%的CO₂排放量

狀況2：以排放因子計算CO₂排放量

如果缺碳含量的資料，參考IPCC第1階內設排放因子是94.6噸CO₂/兆焦耳NCV，並假設煤在鍋爐的燃燒修正因子依IPCC內設值(2%不完全燃燒)可適用。

CO₂排放量：

$370,000 \text{ 短噸煤/年} = 740 \times 10^6 \text{ 磅/年}$

$(740 \times 10^6 \text{ 磅/年}) \times (13,000 \text{ Btu HHV/磅}) = 9.62 \times 10^{12} \text{ Btu HHV/年}$

煤的LHV是0.95乘上HHV(參考第4.4.2節)

$(9.62 \times 10^{12} \text{ Btu HHV/年}) \times (0.95 \text{ 修正為LHV}) = 9.14 \times 10^{12} \text{ Btu LHV/年}$

$(9.14 \times 10^{12} \text{ Btu LHV/年}) \times (1055 \text{ 焦耳/Btu}) = 9.64 \times 10^{15} \text{ 焦耳NCV/年} = 9.64 \times 10^3 \text{ 兆焦耳NCV/年}$

未修正的CO₂排放量 = $(9.64 \times 10^3 \text{ 兆焦耳NCV/年}) \times (94.6 \text{ 噸CO}_2/\text{兆焦耳NCV}) = 912 \times 10^3 \text{ 噸CO}_2/\text{年}$

CO₂排放量依不完全燃燒率2%修正 = $894 \times 10^3 \text{ 噸CO}_2/\text{年}$

CH₄與N₂O排放量的計算如狀況1。

CO₂排放量 = 894,000噸CO₂/年

CH₄排放量 = 142噸CO₂-當量/年，或0.016%的CO₂排放量

N₂O排放量 = 4,780噸CO₂-當量/年，或0.5%的CO₂排放量

來自鍋爐的CH₄與N₂O排放量與CO₂排放量相較為少。

9.0 牛皮紙廠石灰窯與鍛燒爐的排放量

牛皮紙廠石灰窯與鍛燒爐燃燒化石燃料的CO₂排放量計算方式，可參考固定式燃燒排放量計算工具；雖然CO₂會自石灰窯或鍛燒爐中的CaCO₃加熱過程中釋文，但這股CO₂排放被認定是氣候中立的生質碳(譯者：?)，其量可不列入總溫室氣體排放量，也可以分別列舉，成為“佐證資料”，如附件I所示，而且其發展背景也在附件B中說明。

牛皮紙廠石灰窯與鍛燒爐燃燒化石燃料的CH₄與N₂O排放量數據相當少見，特別是窯爐溫度甚高，以至於N₂O排放量幾可忽略；附件B有更多的說明，一些數據彙整如表4所示。

表4. 牛皮紙廠石灰窯與鍛燒爐的排放因子

燃料	排放量，公斤/兆焦耳					
	牛皮紙廠石灰窯			牛皮紙廠鍛燒爐		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
殘渣油	76,600*	2.7 [⊖]	0 ^λ	76,600*	2.7 [⊖]	0.3 [Ⓜ]
蒸餾油	73,400*	2.7 [⊖]	0 ^λ	73,400*	2.7 [⊖]	0.4 [Ⓜ]
天然氣	55,900*	2.7 [⊖]	0 ^λ	55,900*	2.7 [⊖]	0.1 [Ⓜ]
沼氣	0	2.7 [⊖]	0 ^λ	0	2.7 [⊖]	0.1 [Ⓜ]

* 來自表2，依不完全燃燒率修正

⊖ 來自NCASI 1981

λ 依據IPCC說明明溫度狀況推估N₂O排放量

Ⓜ 來自表3

世界上有許多紙廠將石灰窯與鍛燒爐的廢氣，以管線輸送到毗鄰的沉澱碳酸鈣(PCC)廠而成為再利用的原料(沉澱碳酸鈣是造紙使用的加工化學品)；此作業不算是主要的造紙製程，所以排放量可分別條列，如同佐證資料(參考附件I)，應用的方式可參考表12。由於輸出的二氧化碳已成為接收廠使用的原料，至於其使用效率、逸散率、產品生命週期已非原先輸出的紙廠所能掌控。

案例計算：一座天然氣燃燒石灰窯的溫室氣體排放量。

一家紙廠有一座天然氣燃燒石灰窯的天然氣使用量每年為28.6 x 10⁶磅，其代表熱值為21,000 Btu HHV/磅 密度為0.77 kg/m³，而IPCC列出鍋爐天然氣CO₂排放因子可用於此石灰窯，即55.9 噸CO₂/兆焦耳(經0.5%不完全燃燒的修正)。至於CH₄，採用牛皮紙廠石灰窯排放因子(2.7 kg CH₄/兆焦耳)，並假設N₂O排放量在IPCC討論的高溫操作狀況下為可忽略，估算方式如下。

CO₂排放量：

$$28.6 \times 10^6 \text{ 磅/年} \times 21,000 \text{ Btu HHV/磅} = 601 \times 10^9 \text{ Btu HHV/年}$$

天然氣的LHV是0.9乘上HHV(參考第4.4.2節)

$$601 \times 10^9 \text{ Btu HHV/年} \times 0.9 \text{ (轉換成LHV)} = 541 \times 10^9 \text{ Btu LHV/年}$$

$$541 \times 10^9 \text{ Btu/年} \times (1.055 \times 10^{-6} \text{ 十億焦耳/Btu}) = 570,000 \text{ 十億焦耳/年} = 570 \text{ 兆焦耳/年}$$

$$570 \text{ 兆焦耳/年} \times 55.9 \text{ 噸CO}_2/\text{兆焦耳} = 31,900 \text{ 噸CO}_2/\text{年}$$

CH₄排放量：

_ 570兆焦耳/年 x 2.7 kg CH₄/兆焦耳 = 1540 kg CH₄/年

應用IPCC的CO₂當量因子，21，獲得32噸CO₂-當量，和CO₂排放量(31,900噸)比較相當微量；因此可認定CH₄排放量可忽略。

N₂O排放量：

_ 如附件B中依據IPCC所分析的操作溫度下，看起來N₂O的產生量微不足道，但工廠可自行決定是否要在清冊中說明。

總溫室氣體排放量 = 31,900 + 32 + 0 = 31,900噸CO₂-當量/年

10.0加工化學品的二氧化碳排放量

如果造紙廠使用來自化石燃料燃燒的CaCO₃與Na₂CO₃為加工化學品，本計算工具假設加工化學品的碳由石灰窯與回收爐以CO₂的形式逸散，所有用在回收與鹼化製程區的CaCO₃與Na₂CO₃的二氧化碳均釋放到大氣中，只有來自生質的碳可以不納入考量(雖然在附件I有建議可納入佐證資料中)；表5列舉來自化石燃料燃燒的CaCO₃與Na₂CO₃相關的排放因子。

表5. 紙廠使用來自化石燃料燃燒的CaCO₃與Na₂CO₃排放因子*

	排放量
紙廠加工化學品CaCO ₃	440 kg CO ₂ /噸CaCO ₃
紙廠加工化學品Na ₂ CO ₃	415 kg CO ₂ /噸Na ₂ CO ₃

*只有來自生質的碳可以不納入考量

有關鹼化製程區使用碳酸鈣的二氧化碳排放量說明如下例。

案例計算：牛皮紙廠在石灰窯使用CaCO₃為加工化學品

一座日產2000噸的牛皮紙廠每年用CaCO₃約7,000噸(7,700短噸)為鹼化製程區加工化學品(補充率約為2%)，而其CaCO₃是利用化石燃料生成的，二氧化碳排放量估算如下：

_ (7,000噸CaCO₃/年) x 440 kg CO₂/噸CaCO₃ = 3,080,000 kg CO₂/年 = 3,080噸CO₂/年

11.0固定式燃燒使用生質燃料的排放量

11.1燃燒生質燃料的氣候中立二氧化碳排放量

紙廠使用的燃料種類相當多，有些廠會以製漿採料的植物廢棄物做為燃料，這種生質燃料燃燒所釋出的二氧化碳視為氣候中立排放量；由於這是植物碳循環的一部分，IPCC已聲明生質燃料燃燒排放量不會增加大氣中的二氧化碳濃度(IPCC 1997a, c)。不過，WRI/WBCSD溫室氣體盤查議定書與一些國家申報制度會要求這些氣候中立排放量應予估算，並且以“佐證資料”的名義申報；附件I具備相關的參考資料。IPCC所列舉的生質燃料清單(IPCC 1997a, c)如下：

_ 木料與木質廢棄物(雖然木質廢棄物的沼氣與其他生質燃料並未由IPCC特別列舉，但應該屬於此範疇)

_ 木炭

- _ 糞便
- _ 農作殘餘和廢棄物
- _ 都市與工業廢棄物(其中有機物質是來自生物體) (這包括紙漿與造紙廠的廢水處理污泥)
- _ 蔗渣
- _ 生質酒精
- _ 黑液
- _ 掩埋場廢氣
- _ 污泥廢氣

11.2 燃燒生質燃料的甲烷與氧化亞氮排放量

雖然燃燒生質燃料的CO₂排放量通常不納入清冊，但CH₄與N₂O排放量有時候不得忽略；不過，生質燃料鍋爐與回收爐的CH₄與N₂O排放量資料相當少，附件C中有較詳細的說明，部分數據列於表6中，而排放量和鍋爐的年份、操作狀況、控制設備與燃料特性均有關聯。為了簡化，可以採用中間值作為排放因子，而這些中間值也在CORINAIR排放清冊的範圍之內(數值範圍亦列於表中) (EEA 1999)。

表6. 生質燃燒的CH₄與N₂O排放因子

排放因子說明	Kg CH ₄ /兆焦耳	Kg N ₂ O/兆焦耳	參考資料
木料廢棄物-燃燒鍋爐			
木料、木質廢棄物與其他生質與廢棄物	30	4	第 1 階 - IPCC 1997c
木料-燃燒機械式鍋爐未控制排放量	15	-	第 2 階 - IPCC 1997c
木料殘餘燃燒的平均排放量	9.5*	5.9*	USEPA 2001
循環流體化床鍋爐燃燒泥煤或樹皮的平均排放量	1	8.8	Fortum 2001
沸騰式流體化床鍋爐燃燒泥煤或樹皮的平均排放量	2**	<2	Fortum 2001
1980年之前木料殘餘燃燒機械式鍋爐未控制的排放量	8.2*	-	NCASI 1980
1980年之前木料殘餘燃燒機械式鍋爐經濕式洗滌器控制的排放量	2.7*	-	NCASI 1985
木料燃燒鍋爐	41 ^λ	3.1 ^λ	JPA 2002
木質燃料	24 ^λ	3.4 ^λ	AEA Tech. 2001
木質廢棄物	30	5	Swedish EPA 2001
<i>中間值 - 木料廢棄物的排放因子</i>	12	4	
	1 - 40	1.4 - 75	EEA 1999
回收爐			
回收爐	<1	<1	Fortum 2001

排放因子說明	Kg CH ₄ /兆焦耳	Kg N ₂ O/兆焦耳	參考資料
回收爐 – 黑液	2.5 ^Ω	-	JPA 2002
黑液	30	5	Swedish EPA 2001
中間值 - 黑液的排放因子	2.5	2	
	1-17.7	1-21.4	EEA 1999

* 將GCV轉換成NCV時假設有5%的差異

** 將一組低氧-高一氧化碳狀況下的極高值排除

^λ 依據熱含量為20十億焦耳/噸乾固料

^Ω 依據液體熱含量為13.3十億焦耳/噸乾固料

混合燃料-燃燒鍋爐燃燒生質與化石燃料 – 這種情形通常發生在生質燃料鍋爐，而甲烷與氧化亞氮排放量通常和燃燒狀況較有關聯，由於木質燃料的含水份，混合燃料-燃燒鍋爐的主要考量還是在木質廢棄物；所以計算時以總熱輸入量配合生質燃料的CH₄與N₂O排放因子來考量。

案例計算：紙廠的樹皮鍋爐。

樹皮鍋爐為循環流體化床(CFB)型式，輸出量為250,000 kg蒸汽/小時(550,000磅/小時)，每年燒掉 6.9×10^6 十億焦耳的樹皮與 0.8×10^6 十億焦耳的殘餘燃料油；因此化石燃料的CO₂排放量要計算，而CH₄與N₂O排放量要由總燃燒率來估算。依據IPCC資料選擇殘餘燃料油排放因子(76.6噸CO₂/兆焦耳，經考量1%不完全燃燒的修正)，並且以總熱輸入量與Fortum的CFB鍋爐排放因子(見表6得1 kg CH₄/兆焦耳與8.8 kg N₂O/兆焦耳)來估算CH₄與N₂O的排放量。

化石燃料的CO₂排放量：

$$\underline{(0.8 \times 10^6 \text{十億焦耳/年}) = (0.8 \times 10^3 \text{兆焦耳/年})}$$

$$\underline{(0.8 \times 10^3 \text{兆焦耳/年}) \times (76.6 \text{噸CO}_2/\text{兆焦耳}) = 61,300 \text{噸CO}_2/\text{年}}$$

CH₄排放量：

$$\underline{\text{總熱輸入量} = (6.9 \times 10^6 \text{十億焦耳/年}) + (0.8 \times 10^6 \text{十億焦耳/年}) = 7.7 \times 10^6 \text{十億焦耳/年} = 7.7 \times 10^3 \text{兆焦耳/年}}$$

$$\underline{7.7 \times 10^3 \text{兆焦耳/年} \times 1 \text{ kg CH}_4/\text{兆焦耳} = 7,700 \text{ kg CH}_4/\text{年} = 7.7 \text{噸CH}_4/\text{年}}$$

應用IPCC的暖化潛勢，21，計算而得162噸CO₂-當量/年

N₂O排放量：

$$\underline{\text{總熱輸入量} = 7.7 \times 10^3 \text{兆焦耳/年}}$$

$$\underline{7.7 \times 10^3 \text{兆焦耳/年} \times 8.8 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{兆焦耳} = 67,800 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{年} = 67.8 \text{噸N}_2\text{O}/\text{年}}$$

應用IPCC的暖化潛勢，310，計算而得21,000噸CO₂-當量/年

$$\underline{\text{總CO}_2\text{當量排放} = 61,300 + 162 + 21,000 = 82,500 \text{噸CO}_2\text{-當量/年}}$$

12.0 排放量歸因於電力與蒸汽的輸入與輸出

這類間接排放量 – 意即“排放量是歸因於申報公司製程活動的結果，但是產生源卻是由另一家公司所擁有或掌控。”(WRI 2001a)雖然幾乎所有的原料、物料、能源與服務都無法完全獨立，但間接排放量一般是指電力與蒸汽的輸入與輸出，而且要和直接排放量分別列報。

12.1 外購電力與蒸汽的排放因子

電力公司與國家主管當局會保有全國或區域的電力排放因子，可查詢獲得，附件D列舉一些國家的數據，但是無法判斷該數據中CO₂的成份是多少，所以視之為CO₂當量數；由於電力傳輸損耗變化難測，所以此項因素通常不納入考量。

此外，有些電力公司依據含上游排放量的“完全燃料循環”概念來計算電力排放因子，但未被普遍接受；除非申報公司所處國家有特別要求，還是以發電直接相關排放量為計算依據。使用“完全燃料循環”推算的因子要特別在報告中註明。

12.2 淨輸入與輸出

有些工廠會有電力輸入與輸出的現象，由於發電來源與結構的差異，無法以淨輸入與輸出來表示；所以WRI/WBCSD溫室氣體盤查議定書特別要求電力輸出部分的排放量，要以“佐證資料”的名義分別申報，禁止和電力輸入部分合併加總計算(WRI 2001a)。

12.3 電力輸入

紙廠輸入的電力來源通常假設是基本負載狀況下的產品，而不考慮可能的邊際或尖峰發電排放因子；如果輸入的電力來自附近的汽電共生系統，估算方式可參考第12.7節的說明。如果紙廠使用汽電共生系統所有的熱與電，其排放量就沒必要區分；如果申報公司完全擁有或掌控該汽電共生系統，其排放量就算是直接排放量，否則就算是間接排放量。

案例計算：紙廠價購電力

加拿大亞伯達省一紙廠每年購電300兆焦耳(83,300百萬瓦小時)，由附件D得知該地的電力排放因子為0.991 kg CO₂當量/千瓦小時，其間接排放量估算如下。

$$\underline{83,300 \text{ 百萬瓦小時/年} = 83.3 \times 10^6 \text{ 千瓦小時/年}}$$

$$\underline{(83.3 \times 10^6 \text{ 千瓦小時/年}) \times (0.991 \text{ kg CO}_2\text{-當量/千瓦小時}) = 82.6 \times 10^6 \text{ kg CO}_2\text{當量/年}}$$
$$= 82,600 \text{ 噸CO}_2\text{-當量/年}$$

12.4 電力輸出

溫室氣體盤查議定書建議紙廠要申報發電與產生蒸汽的直接排放量，不管電力與蒸汽是否自用；然而計算結果表單容許紙廠將電力與蒸汽輸出部分個別表列，並以碳密集度(kg CO₂/百萬瓦小時)的形式和公用電力做比較。由於紙廠的汽電共生設施發電量會有輸出的情況，要估算與輸出電力有關的排放量可參考第12.7節；在清冊結果中，公司可以碳密集度(kg CO₂/百萬瓦小時或kg CO₂/十億焦耳)的形式和公用供輸系統做比較。

12.5 蒸汽輸入

有些工廠會有蒸汽自鄰近汽電共生設施輸入的現象，此時可參考第12.7節分配方法來計算其間接排放量；有時候，紙廠與汽電共生廠會以合約界定供應電力與蒸汽的比例，這些資訊要在清冊中說明。如果蒸汽並非由汽電共生設施供應，廠方只好以最專業的判斷方式來估算間接排放量，並在清冊中說明採用的計算方法。蒸汽的熱量可藉回收凝結液的熱量作修正。

12.6 蒸汽與熱水輸出

紙廠要申報產生蒸汽與熱水的直接排放量，不管蒸汽與熱水是否自用；然而計算結果表單容許紙廠將蒸汽與熱水輸出部分個別表列。如果產生蒸汽的鍋爐不是汽電共生設施，其排放量直接和輸送量有關；熱水輸出的處理方式與蒸汽輸出的情況相似。

12.7 汽電共生(CHP)系統排放量的分配

如果紙廠的汽電共生設施是自產自用，排放量歸屬權單純，但如果有輸出、輸入的情況，排放量歸屬權要分別列舉。雖然汽電共生設施排放量分配有數種方法，但“效率”法是普為接受的計算方法，附件E有數種方法的介紹；不論用什麼方法計算，在計算結果中要加以說明。效率法是WRI/WBCSD所推薦的兩種方法之一，稱為“CHP方案1”(WRI 2001b, c)，但是有兩種版本；第一種是簡化的效率法，較不複雜，但對於設備效率有些假設。第二種是詳細的效率法，較為複雜，但可以針對各廠狀況做調整；附件E有較詳細的說明。

12.7.1 簡化的效率法

效率法要用到效率因子，如果沒有特定的數據就要假設數據；效率因子是熱能產生效率除以電力產生效率，例如汽電共生設施的蒸汽產生效率是80%，而電力產生效率是40%，那麼效率因子是2。使用效率因子的原因是(a)該數值代表排放量分配的比例，(b)由於汽電比例相依，無法獨立計算；所以排放量的分配是以輸出熱電之間的比例來決定，可利用公式1與2。

$$E_H = \left[\frac{H}{H + P \times R_{eff}} \right] \times E_T; R_{eff} = e_H / e_P \quad (\text{公式1})$$

在此： E_H = 排放量分擔歸因於熱能產生，噸溫室氣體/年

E_T = 汽電共生廠總排放量，噸溫室氣體/年

H = 熱能輸出，十億焦耳/年

P = 電力輸出，十億焦耳/年

R_{eff} = 熱能產生效率對電力產生效率的比值(WRI/WBCSD內設 = 2.3)

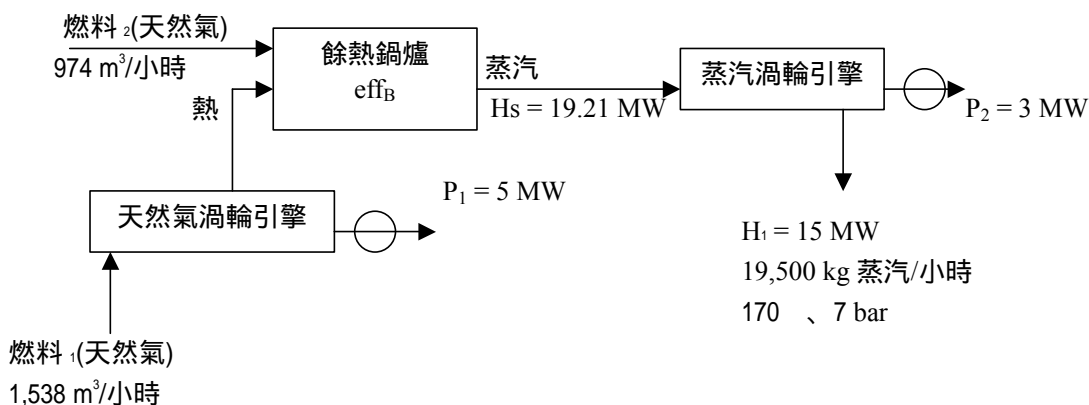
e_H = 一般熱能產生假設效率(WRI/WBCSD內設 = 0.8)

e_P = 一般電力產生假設效率(WRI/WBCSD內設 = 0.35)

排放量分擔歸因於電力產生的部分可由下式定義：

$$E_P = E_T - E_H \quad (\text{公式2})$$

在此： E_P = 排放量分擔歸因於電力產生
蒸汽的熱量可藉回收凝結液的熱量作修正。



案例計算：汽電共生廠排放量分三種輸出型式 – 簡化效率法，依據WRI/WBCSD建議的內設效率因子計算。

某一紙廠的汽電共生系統如上圖所示，熱能產生假設效率是0.8，電力產生假設效率是0.35；以小時為單位：

總系統排放量：

燃料1：

$$\text{CO}_2 (1538 \text{ m}^3/\text{小時}) \times (0.039 \text{ 十億焦耳}/\text{m}^3) \times (55.9 \text{ kg CO}_2/\text{十億焦耳}) = 3353 \text{ kg CO}_2/\text{小時}$$

$$\text{CH}_4 (1538 \text{ m}^3/\text{小時}) \times (0.039 \text{ 十億焦耳}/\text{m}^3) \times (0.0006 \text{ kg CH}_4 / \text{十億焦耳}) \times (21 \text{ CO}_2\text{-當量}/\text{CH}_4) = 0.76 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時}$$

$$\text{N}_2\text{O} (1538 \text{ m}^3/\text{小時}) \times (0.039 \text{ 十億焦耳}/\text{m}^3) \times (0.0001 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{十億焦耳}) \times (310 \text{ CO}_2\text{-當量}/\text{N}_2\text{O}) = 1.86 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{hr}$$

$$\text{燃料1總排放量} = 3356 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時}$$

燃料2：

$$\text{CO}_2 (974 \text{ m}^3/\text{小時}) \times (0.039 \text{ 十億焦耳}/\text{m}^3) \times (55.9 \text{ kg CO}_2/\text{十億焦耳}) = 2123 \text{ kg CO}_2/\text{小時}$$

$$\text{CH}_4 (974 \text{ m}^3/\text{小時}) \times (0.039 \text{ 十億焦耳}/\text{m}^3) \times (0.0014 \text{ kg CH}_4 / \text{十億焦耳}) \times (21 \text{ CO}_2\text{-當量}/\text{CH}_4) = 1.12 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時}$$

$$\text{N}_2\text{O} (974 \text{ m}^3/\text{小時}) \times (0.039 \text{ 十億焦耳}/\text{m}^3) \times (0.0001 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{十億焦耳}) \times (310 \text{ CO}_2\text{-當量}/\text{N}_2\text{O}) = 1.18 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時}$$

$$\text{燃料2總排放量} = 2126 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時}$$

$$\text{汽電共生系統總排放量} = 3356 + 2126 = 5482 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時}$$

$$\text{系統總電力輸出} = P_1 + P_2 = 8 \text{ MW}$$

$$R_{\text{eff}} = 0.8/0.35 = 2.3$$

$$E_H = \left[\frac{15\text{MW}}{15\text{MW} + 8\text{MW} \times 2.3} \right] \times 5482 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時} = 2462 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時} = 20,681 \text{ 噸CO}_2\text{-當量}/\text{年}, \text{ 假設每年操作350天。}$$

$$E_P = 5482 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時} - 2462 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時} = 3020 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時} = 25,368 \text{ 噸CO}_2\text{-當量}/\text{年}, \text{ 假設每年操作350天。}$$

分配的比例如下：

$$\text{汽電共生排放量熱能輸出所佔的百分比} = 100 \times 2462/5482 = 44.9\%$$

$$\text{汽電共生排放量電力輸出所佔的百分比} = 100 \times 3020/5482 = 55.1\%$$

排放因子依據能源輸出推算如下：

$$\text{汽電共生熱能輸出排放因子} = (2462 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時})/15 \text{ MW} = 164.1 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{百萬瓦小時}$$

$$\text{汽電共生電力輸出排放因子} = (3020 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{小時})/8 \text{ MW} = 377.5 \text{ kg CO}_2\text{-當量}/\text{百萬瓦小時}$$

13.0 機動車與雜項化石燃料燃燒設備的溫室氣體排放量

依據WRI/WBCSD溫室氣體盤查議定書，這類排放量列在範圍1的申報事項，並建議納入清冊中；申報公司必須要在清冊中說明是否有納入這類排放量。

13.1 陸路機動車的溫室氣體排放量

計算方式包括以耗油量來計算，或是以行程距離來估算；附件F列舉計算交通運輸產生CO₂、CH₄、N₂O排放量的排放因子，但是CH₄、N₂O的排放量相當小，約為CO₂排放量的1%。如果要用距離來估算，表7的排放因子可供參考(WRI 2001d)。

表7. 內設燃料效益與排放因子 - 不同種類移動源與活動數據(WRI 2001d)

機動車特性		每加侖里程數	排放因子 公克CO ₂ /公里
機動車種類	公升/100公里		
新的小型油/電混組車	4.2	56	100.1
小型汽油汽車，高速公路	7.3	32	175.1
小型汽油汽車，市區	9.0	26	215.5
中型汽油汽車，高速公路	7.8	30	186.8
中型汽油汽車，市區	10.7	22	254.7
大型汽油汽車，高速公路	9.4	25	224.1
大型汽油汽車，市區	13.1	18	311.3
中型旅行轎車，高速公路	8.7	27	207.5
中型旅行轎車，市區	11.8	20	280.1
小型休旅車，高速公路	9.8	24	233.5
小型休旅車，市區	13.1	18	311.3
大型休旅車，高速公路	13.1	18	311.3
大型休旅車，市區	16.8	14	400.2
中型載貨卡車，高速公路	10.7	22	254.7
中型載貨卡車，市區	13.8	17	329.6
大型載貨卡車，高速公路	13.1	18	311.3
大型載貨卡車，市區	15.7	15	373.5
液化石油氣汽車	11.2	21	266
柴油汽車	9.8	24	233
輕型汽油卡車	16.8	14	400
重型汽油卡車	39.2	6	924
輕型柴油卡車	15.7	15	374
重型柴油卡車	33.6	7	870
輕型摩托車	3.9	60	93
柴油巴士	35.1	6.7	1035

13.2非陸路機動車與設備的溫室氣體排放量

這類設備可能是起重機、鏈鋸等機器，若由燃料耗用量來估算CO₂排放量，表2的排放因子可參考使用，但是所產生的CH₄與N₂O排放量可能無法忽略；有些設備的N₂O排放量可能接近30公克/十億焦耳或9公斤CO₂-當量/十億焦耳，可能高達CO₂排放量的10%以上。附件F列舉一些相關資料，IPCC指導也列出一些排放因子(IPCC 1997c)，表8舉例說明一些數據，並利用IPCC全球暖化潛勢因子，CH₄(21)與N₂O(310)轉換成CO₂-當量。

表8. 由燃料耗用量估算排放量的排放因子 - 非陸路機動車與設備

來源與引擎型態	CO ₂ 公斤/兆焦耳	CH ₄ 公斤/兆焦耳	N ₂ O 公斤/兆焦耳	CO ₂ -當量 公斤/兆焦耳
森林 – 柴油	73,400*	4	30	82,800
工業 – 柴油	73,400*	4	30	82,800
鐵路 – 柴油	73,400*	4	30	82,800
內陸水道 – 柴油	73,400*	4	30	82,800
海洋 – 柴油	73,400*	7	2	74,200
工業 – 汽油4-衝程	68,600*	50	2	70,300
森林 – 汽油2-衝程	68,600*	170	0.4	72,300
工業 – 汽油2-衝程	68,600*	130	0.4	71,500
內陸水道 – 汽油4-衝程	68,600*	40	2	70,100
內陸水道 – 汽油2-衝程	68,600*	110	0.4	71,000

*來自表2，依據不完全燃燒修正。

資料來源：IPCC 1997c，IPCC修正1996年版指導，自EMEP/CORINAIR引用。

案例計算：廠內機動車與設備的溫室氣體排放量。

依據採購紀錄，一紙廠估計供廠內機動車與設備的燃料，若以表1所列排放因子最大值來計算溫室氣體排放量，發現佔整廠排放量的比例不到0.5%；紙廠決定在報告結果中註明這些排放量可忽略，因為所佔比例不到0.5%。

案例計算：公司的森林作業與木材運輸車隊的溫室氣體排放量。

依據採購紀錄，一紙廠估計供森林作業與木材運輸車隊的燃料資料如下：

— 汽油 = 10,000公升 – 公司估計用在森林作業設備以4-衝程引擎的比例佔90%，用在2-衝程引擎的比例佔10%。

— 柴油 = 200,000公升

汽油的熱含量是0.034十億焦耳/公升，而柴油的熱含量是0.038十億焦耳/公升。公司決定使用表8所列CO₂-當量排放因子來估算排放量。

— 汽油用在4-衝程引擎 = 10,000公升/年 × 0.9 = 9,000公升/年

— 9,000公升/年 × 0.034十億焦耳/公升 = 306十億焦耳/年 = 0.306兆焦耳/年

0.306兆焦耳/年 x 70,300 kg CO₂-當量/兆焦耳 = 21,500 kg CO₂-當量/年 = 21.5噸CO₂-當量/年

汽油用在2-衝程引擎 = 10,000公升/年 x 0.1 = 1,000公升/年

1,000公升/年 x 0.034十億焦耳/公升 = 34十億焦耳/年 = 0.034兆焦耳/年

0.034兆焦耳/年 x 72,300 kg CO₂-當量/兆焦耳 = 2460 kg CO₂-當量/年 = 2.5噸CO₂-當量/年

柴油耗用量 = 200,000公升/年

200,000公升/年 x 0.038十億焦耳/公升 = 7600十億焦耳/年 = 7.6兆焦耳/年

7.6兆焦耳/年 x 82,800 kg CO₂-當量/兆焦耳 = 629,000 kg CO₂-當量/年 = 629噸CO₂-當量/年

森林作業與木材運輸車隊的溫室氣體總排放量

21.5 + 2.5 + 629 = 653噸CO₂-當量/年

14.0紙廠廢棄物掩埋產生的溫室氣體排放量

如果紙廠在清冊邊界之內擁有掩埋場，就可參考此工具；通常此種狀況下只有CH₄排放量是主要的溫室氣體，表1有些參考值，由於保守的假設，估算值可能超過實際排放量。至少，估算值可用來判斷掩埋場排放量是否可予忽略；但若須計算，可參考如下的步驟。

14.1使用掩埋場廢氣收集系統的數據

如果掩埋場是有低滲透度層加蓋，並設有集氣系統，可以先用IPCC的模式估算掩埋場可能的總甲烷廢氣，然後減掉捕集燃燒之量，就得到逸散排放量；不過廢棄物掩埋場的甲烷產生並不穩定，所以另一種方法是以捕集系統的效率與捕集量來推估，只是捕集系統的效率也隨狀況變化，有資料顯示約在60至85%之間(USEPA 1998)，所以可選用75%為內設值。本計算工具也假設，凡是被捕集的甲烷會被完全燃燒成CO₂，因此不納入清冊排放量中；公式3可用來計算甲烷逸散排放量。

CH_4 (m^3 /年)釋放到大氣 =

$$[(R_{EC} / FR_{COLL}) \times (1 - FR_{COLL}) \times FR_{METH} \times (1 - OX)] + [R_{EC} \times FR_{METH} \times (1 - FR_{BURN})]$$

(公式3)

在此： R_{EC} = 掩埋場廢氣收集量， m^3 /年

FR_{COLL} = 掩埋場廢氣捕集系統的效率，內設值是0.75

FR_{METH} = 掩埋場廢氣的甲烷含量，內設值是0.5

OX = 甲烷在掩埋場表層遭氧化的比例，內設值是0.1

FR_{BURN} = 遭捕集甲烷被燃燒的比例，現場確認

14.2缺乏廢氣收集量數據時如何估算掩埋場廢氣的甲烷排放量

14.2.1簡化的一次衰減法

此為IPCC所推薦的方式，並且有許多國家當局採用(IPCC 2000a)，可用來估算活躍的與沉靜的掩埋場所產生的CH₄排放量；在假設每年堆積量是穩定不變的情況下，IPCC的簡化一次衰

減法化成兩公式。

$$CH_4 (m^3/\text{年}) \text{掩埋場所有廢棄物產生量} = R \times L_0 \times (e^{-kC} - e^{-kT}) \quad (\text{公式4})$$

在此：R = 每年送掩埋場處置廢棄物平均量，公噸/年

L_0 = 最終甲烷產生量， m^3 /公噸廢棄物

k = 甲烷產生速率常數，公升/年

C = 掩埋場中止收受廢棄物，年

T = 掩埋場開始收受廢棄物，年

(備註：R與 L_0 的單位可以是濕重、乾重、可分解有機碳、或其他單位，但是R與 L_0 的單位必須一致)

要估計甲烷排放大氣之量，須要將公式4的結果用在公式5中；

$$CH_4 (m^3/\text{年}) \text{逸散量} = [(CH_4 \text{ generated} - CH_4 \text{ recovered}) \times (1 - OX)] + [CH_4 \text{ recovered} \times (1 - FR_{BURN})] \quad (\text{公式5})$$

在此： $CH_4 \text{ generated}$ = 來自公式4

$CH_4 \text{ recovered}$ = 甲烷捕集量，現場量測

OX = 甲烷在掩埋場表層捕集前遭氧化的比例，內設值是0.1

FR_{BURN} = 甲烷捕集後遭燃燒的比例，現場量測

如果掩埋場的運作時常有變動與場址有重大改變，就需要更貼切的估算；細節會在第14.2.2節中說明，附件G列舉一些 L_0 與k的數值以用在公式4中，例如紙漿與造紙廠廢水處理污泥是主要的廢棄物，其速率常數k是在0.01/年至0.1/年的範圍內，而 L_0 是在50至200 m^3 /公噸的範圍內。如果工廠有自己推估的數值，是最好的情況，否則應參考表9。

表9. 推薦的內設k與 L_0 數值以估算紙廠掩埋場甲烷排放量

參數	內設值
k	0.03/年
L_0	100 m^3 /公噸乾重廢棄物

14.2.2詳細的一次衰減法

由於每年廢棄物掩埋量的變化，IPCC建議自第一次年開始掩埋作業後逐年計算甲烷排放量，而公式6與7可以應用。

$$CH_4 (m^3/\text{年}) \text{早年掩埋的廢棄物在指定年份的產生量} = k R_Y L_0 (e^{-k[T-Y]}) \quad (\text{公式6})$$

在此：k = 甲烷產生速率常數，公升/年

R_Y = 送掩埋場廢棄物處置量的年份Y，公噸/年

L_0 = 最終甲烷產生量， m^3 /公噸廢棄物

T = 掩埋場開張後計算排放量的年份

Y = 掩埋場開張後的年份

所以(T-Y)等於廢棄物處置的年份與排放量計算的年份的差距。

$$CH_4 (m^3/\text{年}) \text{逸散量} = [(CH_4 \text{ generated} - CH_4 \text{ recovered}) \times (1 - OX)] + [CH_4 \text{ recovered} \times (1 - FR_{BURN})]$$

(公式7)

在此： CH_4 generated = 來自公式5

CH_4 recovered = 甲烷捕集量，現場量測

OX = 甲烷在掩埋場表層捕集前遭氧化的比例，內設值是0.1

FR_{BURN} = 甲烷捕集後遭燃燒的比例，現場量測

舉例說，在第1年有A數量廢棄物掩埋，並且估計在第1、2、3...年會釋出 X_1 、 X_2 、 X_3 ...噸的甲烷，所以第1年申報 X_1 噸的甲烷；但在第2年有B數量廢棄物掩埋，並且估計在第2、3、4...年會釋出 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 ...噸的甲烷，所以第2年要申報 X_2 噸加 Y_2 噸的甲烷。到了第3年有C數量廢棄物掩埋，並且估計在第3、4、5...年會釋出 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 ...噸的甲烷，所以第3年要申報 X_3 噸加 Y_3 噸加 Z_3 噸的甲烷，餘此類推。而 k 與 L_0 的數值與簡化的一次衰減法所列的數值相同。

案例計算：紙廠一處具備現代化低滲透度層加蓋與集氣燃燒系統的掩埋場排放量。

經現場量測，此系統捕集廢氣量為820,000標準 m^3 /年，而甲烷含量佔47%；但掩埋場廢氣捕集系統的效率不知，所以選用內設值是0.75，並假設甲烷在掩埋場表層捕集前遭氧化的比例是0.1。

— 甲烷捕集量 = 820,000 m^3 /年 \times 0.47 = 385,000 m^3 /年

— 甲烷產生量 = (385,000 m^3 /年) / 0.75 = 513,000 m^3 /年

— 甲烷逸散量 = (513,000 - 385,000) m^3 /年 \times (1 - 0.1) = 115,000 m^3 /年 = 115 \times 10⁶公升/年 = (115 \times 10⁶公升/年) / 22.4公升/克莫耳 = 5.13 \times 10⁶克莫耳/年 = (5.13 \times 10⁶克莫耳/年) \times 16公克/克莫耳 = 82 \times 10⁶公克/年 = 82噸 CH_4 /年

應用IPCC的全球暖化潛勢(GWP = 21)，得到1,720噸 CO_2 -當量/年

案例計算：一處專收紙廠廢水處理污泥與灰燼已20年歷史的掩埋場排放量，沒有集氣系統。

每日由牛皮紙廠收50噸廢水處理污泥與灰燼，而紙廠每年運送廢棄物350天；該紙廠使用內設 k 與 L_0 值，如表9(L_0 是100 m^3 /公噸、 k 是0.03/年)。

R = 50公噸/天 \times 350天/年 = 17,500公噸/年

L_0 = 100 m^3 /公噸

k = 0.03/年

C = 0年

T = 20年

— 甲烷密度(0 與1大氣壓力) = 0.72 kg/m^3 (參考Perry化工人手冊)

— 甲烷產生量(m^3 /年) = 17,500 \times 100 \times ($e^{-0.03 \times 0} - e^{-0.03 \times 20}$) = 790,000 m^3 /年 = 790,000 m^3 /年 \times 0.72 kg/m^3 = 568,000 kg /年 = 568噸/年

假設甲烷在掩埋場表層捕集前遭氧化的比例是0.1。

— 甲烷逸散量 = 568噸/年 \times (1 - 0.1) = 511噸 CH_4 /年

應用IPCC的全球暖化潛勢(GWP = 21)，得到10,700噸 CO_2 -當量/年

請注意若使用表1所列排放因子，會產生估算值為：

— 溫室氣體逸散量 = 50噸/天 \times 350天/年 \times 3,500 kg /噸 = 61,250,000 kg /年 = 61,250噸 CO_2 -當量/年

這是前述較精準計算值的5倍。

15.0廢水或污泥厭氧處理的溫室氣體排放量

現有大部分的溫室氣體盤查議定書在說明廢水處理廠的溫室氣體排放量時，是以厭氧處理與消化程序為主，意味著其他種類廢水或污泥處理的排放量可忽略；甚至是厭氧處理系統，只有CH₄排放量須加以估算。如果厭氧處理系統為申報公司所擁有，該CH₄排放量被認定是直接排放量，至於CO₂排放量屬生質碳，通常不納入溫室氣體盤查清冊中；此外，N₂O排放量相當少，而且僅發生在廢水排放之際(IPCC 1997c)。

15.1厭氧處理操作廢氣捕集量

由於厭氧處理操作時為避免臭味四散，通常處理系統密閉情況相當有效，如果捕集的含CH₄廢氣加以燃燒處理，則產生的CO₂排放量屬生質碳，通常不納入溫室氣體盤查清冊中；如果密閉情況不理想，或是捕集的含CH₄廢氣不經燃燒處理就排放大氣之中，就需要加以量測估算，納入清冊中。

15.2厭氧處理操作廢氣排放量

如果厭氧處理操作捕集的含CH₄廢氣，未加以燃燒處理就排放至大氣之中，本計算工具建議採用IPCC在2000年五月良好措施中介紹的方式(IPCC 2000a)，以及公式8；至於部分厭氧處理操作的廢氣排放量估算方式，因為缺乏可靠的資料，暫時不予考慮。

$$\text{厭氧處理廠甲烷排放量(kg/年)} = (OC \times EF) - B \quad (\text{公式8})$$

在此：OC = 進入厭氧處理系統的BOD或COD，kg/年

EF = 排放因子，內設值 = 0.25 kg CH₄/kg COD廢水中含量，或0.6 kg CH₄/kg BOD廢水中含量(或由COD-為準的因子0.25 kg CH₄/kg COD乘上特定的COD/BOD比值，以獲得BOD-為準的因子)

B = 甲烷捕集與燃燒，kg CH₄/年，依據現場量測

如果固態廢棄物要分別處理，那麼污泥消化可藉公式9來估算，如果污泥要焚化處理，要依據第11節的生質燃料來處理溫室氣體排放量。

$$\text{厭氧污泥消化處理廠甲烷排放量(kg/年)} = (OCs \times EFs) - B \quad (\text{公式9})$$

在此：OCs = 污泥的有機含量

EFs = 排放因子，內設值 = 0.25 kg CH₄/kg COD污泥中含量

B = 甲烷捕集與燃燒，kg CH₄/年，依據現場量測

案例計算：紙板回收廠的厭氧處理系統，但不具備廢氣回收設備。

厭氧處理系統所收到的廢水含10,000 kg COD/天，而紙廠每年操作300天；依據IPCC給厭氧處理系統的甲烷排放因子內設值是0.25 kg CH₄/kg COD廢水中含量，甲烷排放量估算如下：

$$\text{OC} = 10,000 \text{ kg/天} \times 300 \text{ 天/年} = 3,000,000 \text{ kg COD/年}$$

$$\text{甲烷產生量} = 3,000,000 \text{ kg COD/年} \times 0.25 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD} = 750,000 \text{ kg CH}_4/\text{年} = 750 \text{ 噸 CH}_4/\text{年}$$

應用IPCC的全球暖化潛勢(GWP = 21)，得到15,750噸CO₂-當量/年

16.0 呈報清冊結果

本計算工具提供摘要報告的一些表單格式，作為申報工廠設計自用表單的參考。

表10可用來確認清冊邊界內主要操作。

表11可用來記錄清冊邊界內直接排放量，如果不是完全擁有或控制，則排放量分配方式應在清冊中說明。

表12可用來記錄清冊邊界內間接排放量(即，排放源設施由其他公司擁有或控制)；外購電力與蒸汽、委外作業與汽電共生等皆屬之。

表13是用來記錄盤查清冊可能會用到的排放因子，以便查核時做為佐證資料。

表14~17是用來說明紙廠盤查清冊申報表單的應用方式。

圖1說明盤查清冊所涵括的排放量來源與種類。

依據WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書，申報工廠應將生質燃料燃燒產生的氣候中立二氧化碳列為佐證資料；附件1與表4均以此為考量，本工具也提供Excel_作業手冊來進行相關計算。

表10. 清冊操作邊界申報表

操作邊界內一般說明：			
清冊邊界內主要操作項目	申報工廠 完全擁有	申報工廠部 分擁有	其他機構 完全擁有
採收			
木料/木屑/樹皮/廢紙/其他原料運輸機動車			
產品、副產品與廢棄物運輸機動車			
剝皮			
切塊			
機械製漿			
化學製漿 – 牛皮紙			
化學製漿 – 亞硫酸			
化學製漿 – 其他			
半化學製漿			
回收爐 – 牛皮紙			
黑液爐 – 亞硫酸			
黑液爐 – 半化學			
石灰窯或鍛燒爐			
無法凝結氣體等物資的焚化爐			
廢紙製漿與清理			
脫墨			
化學或半化學紙漿的漂白			
脫墨紙漿的增白			
現場化學品的製備，以供主要操作之用(例如ClO ₂ 或O ₃)			

紙與/或紙板的製造			
塗佈(含擠壓塗佈)			
滾動修整、包捲、截片			
現場電力與蒸汽鍋爐			
現場燃燒渦輪機			
天然氣燃燒紅外線乾燥器			
其他化石燃料燃燒乾燥器			
廢水處理操作			
污泥處理			
掩埋場收取紙廠廢棄物			
空氣排放量控制設備			
上路的機動車			
不上路的機動車與機器			
紙廠員工使用的一般辦公室/工作場所			
其他操作 – 說明：			
其他操作 – 說明：			
其他操作 – 說明：			

表11. 溫室氣體盤查結果申報表 – 直接排放量

排放源由申報工廠完全或部分擁有與控制

如果申報公司無相關設備就填寫“不適用”，如果排放量微不足道就填寫“可略”，並說明判定的基礎。		總直接排放量 – 公噸			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 當量
	製程與能源 相關排放量				
1	固定式化石燃料燃燒				
2	生質燃燒	0.0			
3	加工用化學品(CaCO ₃ 與Na ₂ CO ₃)				
	運輸與機器排放量				
4	上路的機動車				
5	不上路的機動車與機器				
	廢棄物管理排放量				
6	紙廠廢棄物掩埋排放量	0.0			
7	厭氧廢水處理系統	0.0			
8	其他直接排放量 – 請解釋：				
	總直接排放量(由第1欄到第8欄的總和)				

請說明非申報公司完全擁有的排放源如何用來決定擁有權的依據，建議採用WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書所提供的相關指引。

列舉任何說明清冊結果的相關資料：

¹ CO₂當量是參考IPCC針對每個溫室氣體全球暖化潛勢GWP所提供的內設值，CO₂=1、CH₄=21、N₂O=310，然後加總而得；如果有現成的CO₂-當量排放因子，也可據以估算CO₂-當量排放量。

表12. 溫室氣體盤查結果申報表 – 間接排放量

排放量歸因於電力/蒸汽輸出，與化石CO₂的輸入/輸出

如果申報公司無相關設備就填寫“不適用”，如果排放量微不足道就填寫“可略”，並說明判定的基礎。		公噸			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 當量 ¹
間接排放量-相關於電力與蒸汽輸入，包括來自外地的汽電共生。					
1	間接排放量-相關於電力輸入				
2	間接排放量-相關於蒸汽輸入				
3	總間接排放量-相關於電力/蒸汽輸入(第1、2欄總和)				
其他間接排放量					
4	其他間接排放量的說明：				
排放量-相關於輸出的電力/蒸汽					
5	排放量-相關於輸出的電力				
	輸出電力的碳密集度(kg CO ₂ /百萬瓦小時)				
	公共電力系統的碳密集度(kg CO ₂ /百萬瓦小時)				
	公共電力系統的溫室氣體密集度的計算方法：				
6	排放量-相關於輸出的蒸汽				
7	總排放量歸因於輸出(第5、6欄總和)				
化石燃料衍生的CO₂輸入與輸出					
8	輸入的CO ₂ (例如中和反應)				
9	化石燃料衍生的CO ₂ 輸出(例如碳酸鈣沉澱廠)				

備註1：僅限於化石燃料，若是生質-衍生的CO₂是在附件I中說明 – 生質的佐證資料。
備註2：此輸出CO₂不應該在表11以排放量申報。

請說明非申報公司完全擁有的排放源如何用來決定擁有權的依據，建議採用WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書所提供的相關指引。

列舉任何說明清冊結果的相關資料：

¹ CO₂當量是參考IPCC針對每個溫室氣體全球暖化潛勢GWP所提供的內設值，CO₂=1、CH₄=21、N₂O=310，然後加總而得；如果有現成的CO₂-當量排放因子，也可據以估算CO₂-當量排放量。

表13. 盤查清冊可能會用到的排放因子(EF)記錄表(要顯示單位)

		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 當量	EF的來源
化石燃料燃燒						
燃料	燃燒單位					
生質燃料燃燒						
燃料	燃燒單位					
		0.0				
		0.0				
廢棄物管理						
掩埋1排放量：	廢氣捕集率% =	“k”=		“L ₀ ”=		
掩埋2排放量：	廢氣捕集率% =	“k”=		“L ₀ ”=		
掩埋3排放量：	廢氣捕集率% =	“k”=		“L ₀ ”=		
厭氧處理排放量：		“EF”=				
電力與蒸汽輸入						
輸入電力的排放因子						
輸入蒸汽的排放因子						

表14. 清冊操作邊界申報表(範例)

操作邊界內一般說明：			
清冊邊界內主要操作項目	申報工廠完全擁有	申報工廠部分擁有	其他機構完全擁有
少量外購電力提供第三者進行廢紙分類被納入清冊結果，而現場天然氣燃料汽電共生系統屬第三者擁有，但大部分電力供應給申報廠使用；如果停工，則紙廠自有凝汽渦輪引擎的生質電力將外輸電力。			
採收	X		
木料/木屑/樹皮/廢紙/其他原料運輸機動車	X		
產品、副產品與廢棄物運輸機動車			
剝皮	X		
切塊	X		
機械製漿			
化學製漿 – 牛皮紙	X		
化學製漿 – 亞硫酸			
化學製漿 – 其他			
半化學製漿			
回收爐 – 牛皮紙	X		
黑液爐 – 亞硫酸			
黑液爐 – 半化學			
石灰窯或鍛燒爐			
無法凝結氣體等物資的焚化爐	X		
廢紙製漿與清理	X		
脫墨	X		
化學或半化學紙漿的漂白	X		
脫墨紙漿的增白	X		
現場化學品的製備，以供主要操作之用(例如ClO ₂ 或O ₃)	X		
紙與/或紙板的製造	X		
塗佈(含擠壓塗佈)	X		
滾動修整、包捲、截片	X		
現場電力與蒸汽鍋爐	X		
現場燃燒渦輪機			X
天然氣燃燒紅外線乾燥器	X		
其他化石燃料燃燒乾燥器			
廢水處理操作	X		
污泥處理	X		

掩埋場收取紙廠廢棄物	X		
空氣排放量控制設備	X		
上路的機動車	X		
不上路的機動車與機器	X		
紙廠員工使用的一般辦公室/工作場所	X		
其他操作 – 說明：現場廢紙回收與分類			X
其他操作 – 說明：			
其他操作 – 說明：			

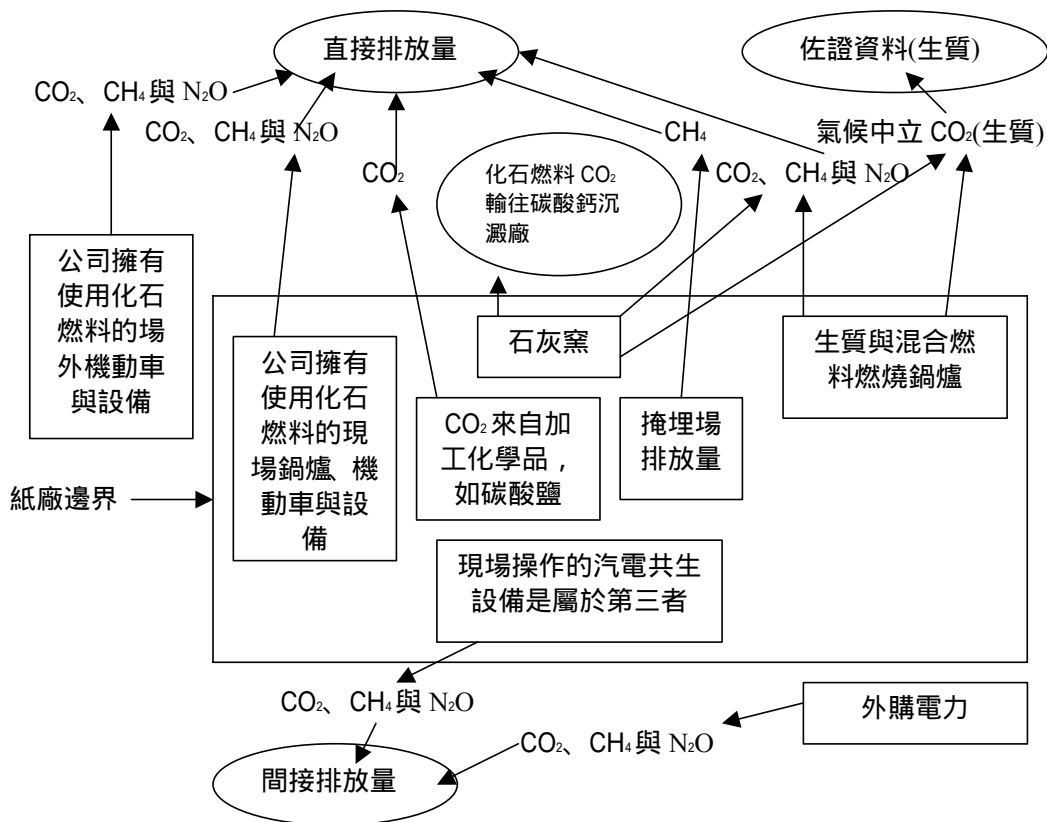


圖1. 範例清冊結果的架構

表15. 溫室氣體清冊結果範例 – 直接排放量

排放源由申報工廠完全或部分擁有與控制

如果申報公司無相關設備就填寫“不適用”，如果排放量微不足道就填寫“可略”，並說明判定的基礎。		總直接排放量 – 公噸			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 當量 ¹
	製程與能源-相關排放量				
1	固定式化石燃料燃燒	720,000	100	80	746,900
2	生質燃燒	0.0	120	40	14,920
3	加工用化學品(CaCO ₃ 與Na ₂ CO ₃)	5,500	0	0	5,500
	運輸與機器排放量				
4	上路的機動車	>>>	>>>	>>>	320
5	不上路的機動車與機器	可略*	可略*	可略*	可略*
	廢棄物管理排放量				
6	紙廠廢棄物掩埋排放量	0.0	511	NA	10,730
7	厭氧廢水處理系統	0.0	不適用	不適用	不適用
8	其他直接排放量 – 請解釋：				
	總直接排放量(由第1欄到第8欄的總和)	>>>	>>>	>>>	778,370
請說明非申報公司完全擁有的排放源如何用來決定擁有權的依據，建議採用WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書所提供的相關指引。					
列舉任何說明清冊結果的相關資料：					
* 這些排放量無法確定，但是藉使用最大燃料耗用量與排放因子來估算，確認此排放量小於紙廠總排放量的0.5%，因此判定是可忽略。					
¹ CO ₂ 當量是參考IPCC針對每個溫室氣體全球暖化潛勢GWP所提供的內設值，CO ₂ =1、CH ₄ =21、N ₂ O=310，然後加總而得；如果有現成的CO ₂ -當量排放因子，也可據以估算CO ₂ -當量排放量。					

表16. 溫室氣體清冊結果範例 – 間接排放量

排放量歸因於電力/蒸汽輸出，與化石CO₂的輸入/輸出

如果申報公司無相關設備就填寫“不適用”，如果排放量微不足道就填寫“可略”，並說明判定的基礎。		公噸			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 當量 ¹
間接排放量-相關於電力與蒸汽輸入，包括來自外地的汽電共生。					
1	間接排放量-相關於電力輸入	>>>	>>>	>>>	72,000
2	間接排放量-相關於蒸汽輸入	>>>	>>>	>>>	12,400
3	總間接排放量-相關於電力/蒸汽輸入(第1、2欄總和)				84,400
其他間接排放量					
4	其他間接排放量的說明：				0
排放量-相關於輸出的電力/蒸汽					
5	排放量-相關於輸出的電力	0	6	2	746
	輸出電力的碳密集度(kg CO ₂ /百萬瓦小時)				<10
	公共電力系統的碳密集度(kg CO ₂ /百萬瓦小時)				726
	公共電力系統的溫室氣體密集度的計算方法：				
6	排放量-相關於輸出的蒸汽	0	0	0	0
7	總排放量歸因於輸出(第5、6欄總和)	0	6	2	746
化石燃料衍生的CO ₂ 輸入與輸出					
8	輸入的CO ₂ (例如中和反應)	0			
9	化石燃料衍生的CO ₂ 輸出(例如碳酸鈣沉澱廠)	21,000			
	備註1：僅限於化石燃料，若是生質-衍生的CO ₂ 是在附件I中說明 – 生質燃料的佐證資料。 備註2：此輸出CO ₂ 不應該在表11以排放量申報。				
請說明非申報公司完全擁有的排放源如何用來決定擁有權的依據，建議採用WRI/WBCSD的溫室氣體盤查議定書所提供的相關指引。					
列舉任何說明清冊結果的相關資料：					
¹ CO ₂ 當量是參考IPCC針對每個溫室氣體全球暖化潛勢GWP所提供的內設值，CO ₂ =1、CH ₄ =21、N ₂ O=310，然後加總而得；如果有現成的CO ₂ -當量排放因子，也可據以估算CO ₂ -當量排放量。					

表17. 溫室氣體清冊結果範例 - 盤查清冊可能會用到的排放因子(EF)記錄表

		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 當量	EF的來源
化石燃料燃燒						
燃料	燃燒單位					
汽油	森林設備	不適用	不適用	不適用	74.7 t/TJ	表10
柴油	貨車與機器	不適用	不適用	不適用	82.4 t/TJ	表10
煤	鍋爐	94.6 t/TJ	0.7 kg/TJ	1.6 kg/TJ	不適用	表 4、 5
天然氣	石灰窯	56.1 t/TJ	2.7 kg/TJ	0	不適用	表 6
殘餘燃料油	回收爐	77.4 t/TJ	2.5 kg/TJ	2 kg/TJ	不適用	表 4、 8
TJ=兆焦耳						
生質燃料燃燒						
燃料	燃燒單位					
樹皮與木料廢棄物	鍋爐	0.0	12 kg/TJ	4 kg/TJ		表8
		0.0				
		0.0				
廢棄物管理						
掩埋1排放量：	廢氣捕集率% = 75		“k”= 0.03		“L ₀ ”= 100 m ³ /公噸乾重	
掩埋2排放量：	廢氣捕集率% =		“k”=		“L ₀ ”=	
掩埋3排放量：	廢氣捕集率% =		“k”=		“L ₀ ”=	
厭氧處理排放量：			“EF”=			
電力與蒸汽輸入						
輸入電力的排放因子						
由當地供電系統採購電力	>>>>	>>>>	>>>>		726 kg CO ₂ /百萬瓦小時	供電者提供資料
輸入蒸汽的排放因子						

> 參考資料

AEA Technology. 2001. *UK greenhouse gas inventory 1990-1999: Annual report for submission under the Framework Convention on Climate Change*. Oxfordshire, England: National Environmental Technology Centre. <http://ariadne.aeat.co.uk/netcen/airqual/reports/ghg/ghg2.html> (26 Nov. 2001)

Apps, M.J., Kurz, W.A., Beukema, S.J., and Bhatti, J.S. 1999. Carbon budget of the Canadian forest product sector. *Environmental Science and Policy* No. 2. pg 25-41. Elsevier Science Ltd.

Birdsey, R.A.. 1996. Chapter 1 – Carbon storage for major forest types and regions in the conterminous United States. *Forests and global change – Vol 2: Forest Management Opportunities for Mitigating Carbon Emissions*. Sampson, N., and Hair, D. (eds). Washington, DC: American Forests.

European Environment Agency (EEA). 1999. *EMEP/CORINAIR Atmospheric emission inventory guidebook - Second ed*. Copenhagen, Denmark. <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR/en> (26 Nov. 2001).

Fortum Power and Heat Oy. 2001. *Methane and nitrous oxide emissions in the Finnish energy production*. Fortum, Filand: Fortum Power and Heat Oy, Technology.

International Energy Agency (IEA). 1998. *The role of bioenergy in greenhouse gas mitigation*. Paris: International Energy Agency. http://www.ieabioenergy.com/media/6_pospapa4.pdf (14 Feb. 2002).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. *Climate change 1995, the science of climate change*. New York: Cambridge University Press

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997a. *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Reporting instructions (Vol 1)*. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.htm> (26 Nov. 2001).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997b. *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Workbook (Vol 2)*. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5.htm> (26 Nov. 2001).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997c. *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual (Vol 3)*. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm> (20 Nov. 2001).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2000a. *Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories*. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpgaum.htm> (26 Nov. 2001).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2000b. *IPCC special report on land use, land-use change, and forestry*. Cambridge University Press. pp 375. http://www.grida.no/climate/ipcc/land_use/ (16 April 2002).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Third assessment report (TAR), climate change 2001: The scientific basis*. Working Group 1 Report, Technical Summary. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program. <http://www.ipcc.ch/activity/tar.htm> (31 October 2002).

Japan Paper Association (JPA). 2002. *Various personal communications between JPA and Reid Miner of NCASI*. Tokyo: Japan Paper Association.

Loreti, C.P., Foster, S.A., and Obbagy, F.E. 2001. *An overview of greenhouse gas emissions verification issues*. Cambridge, MA: A.D. Little. http://www.pewclimate.org/projects/emissions_verification.cfm (28 Nov. 2001).

Loreti, C.P., Wescott, W.F., and Isenberg, M.A. 2000. *An overview of greenhouse gas inventory issues*. Cambridge, MA: A.D. Little. <http://www.pewclimate.org/projects/greenhouse.cfm> (28 Nov. 2001).

Matthews, R. 1996. The influence of carbon budget methodology on assessments of the impacts of forest management on the carbon balance. *Forest ecosystems, forest management and the global carbon cycle*. Apps and Price (eds.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Miner, R., and Upton, B. 2002. Methods for estimating greenhouse gas emissions from lime kilns at kraft pulp mills. *Energy* 27(8):729-738.

National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI). 1980. *A study of woodresidue fired power boiler total gaseous non-methane organic emissions in the Pacific Northwest*. Air Quality Technical Bulletin No.109. Research Triangle Park, NC: National Council for Air and Stream Improvement, Inc.

National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI). 1981. *A study of the kraft process lime kiln total gaseous non-methane organic emissions*. Technical Bulletin No. 358. Research Triangle Park, NC: National Council for Air and Stream Improvement, Inc.

National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI). 1985. *Volatile organic carbon emissions from wood residue fired power boilers in the Southeast*. Technical Bulletin No.455. Research Triangle Park, NC: National Council for Air and Stream Improvement, Inc.

National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI). 1999. *Evaluation of the EPA-recommended approach to predicting air emissions from pulp and paper landfills*. Technical Bulletin No.790. Research Triangle Park, NC: National Council for Air and Stream Improvement, Inc.

Skog, K.E., and Nicholson, G.A. 1998. Carbon cycling through wood products: The role of wood and paper products in carbon sequestration. *Forest Products Journal* 48(7/8).

Swedish Environmental Protection Agency. 2001. *Sweden's national inventory report 2001 – Submitted under the United National Convention on Climate Change*. Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency.

<http://www.environ.se/dokument/fororen/klimat/klimat/fccdata/NIR2001.pdf> (26 Nov. 2001).

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1995. *Protocol for equipment leak emission estimates, November 1995*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/ttn/chief/efdoks/lks95_ch.pdf (24 Oct. 2002).

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1998. *AP-42 emission factors for municipal solid waste landfills – Supplement E, November 1998*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/final/c02s04.pdf> (26 Nov. 2001).

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2001. *AP-42 emission factors for wood residue combustion in boilers – Supplement G, July 2001*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s06.pdf> (26 Nov. 2001).

Winjum, J.K., Brown, S., and Schlamadinger, B. 1998. Forest harvests and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. *Forest Science* 44(2):274.

World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development. 2001a. *The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard*. Washington, DC: World Resources Institute. <http://www.ghgprotocol.org/standard/ghg.pdf> (26 Nov. 2001).

World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development. 2001b. *Calculating CO₂ emissions from the combustion of standard fuels and from electricity/steam purchase - Guide to calculation worksheets*. Washington, DC: World Resources Institute. <http://www.ghgprotocol.org/standard/stationarycombustion.doc> (26 Nov. 2001).

World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development. 2001c. *Calculating CO₂ emissions from the combustion of standard fuels and from electricity/steam purchase - Calculation worksheets*. Washington, DC: World Resources Institute. <http://www.ghgprotocol.org/standard/stationarycombustion.xls> (26 Nov. 2001).

World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development. 2001d. *Calculating CO₂ emissions from mobile sources -Guide to calculation worksheets*. Washington, DC: World Resources Institute. <http://www.ghgprotocol.org/standard/mobile.doc> (26 Nov. 2001).

> 附件

- A. 固定式化石燃料燃燒的溫室氣體排放量 – 現有議定書的概觀
- B. 牛皮紙廠石灰窯與鍛燒爐的溫室氣體排放量
- C. 生質燃料燃燒得CH₄與N₂O排放量 – 現有議定書的概觀
- D. 溫室氣體排放量歸因於電力與蒸汽的輸入與輸出 – 現有議定書方法的概論

- E. 汽電共生系統溫室氣體排放量的分配 – 建議指導與方法回顧
- F. 機動車交通與機器的溫室氣體排放量 – 現有議定書方法的概論
- G. 紙漿與造紙廠廢棄物管理的溫室氣體排放量 – 建議方法與現有方法回顧
- H. 部分擁有或部分控制來源溫室氣體排放量的分配 – 現有議定書方法的概論
- I. 生質燃料的佐證資料
- J. 附件A至I的參考文獻