臺灣能源期刊　第七卷　第二期　第181-195頁　中華民國109年6月
Journal of Taiwan Energy
Volume 7, No. 2, June 2020, pp. 181-195

企業溫室氣體管理績效探討與盤查標準改版研析

呂冠霖[1]　李育明[2*]

摘　要

為掌握臺灣地區溫室氣體排放狀況，政府持續推動企業溫室氣體盤查作業，並強化盤查結果與減量成效之合理性、公平性與一致性。環保署參酌ISO國際標準、聯合國氣候變化綱要公約UNFCCC減量機制，自2004年起逐步建立我國的溫室氣體盤查量化申報制度及查驗管理機制。本文介紹我國推動企業溫室氣體盤查、申報及查驗等管理機制，並從企業公開發行之非財務資訊揭露報告擷取相關資料，就我國2013年至2017年間之傳統工業、重工業、輕工業與服務業等企業類別，其溫室氣體排放盤查之排放情形，結果顯示不同企業之製程型態與溫室氣體排放量有密切關聯性。基於前述資料，本研究進一步應用DEA資料包絡分析法，引用不易調整、非意欲或弱可拋棄性等投入產出變數類型，並區分決策單元DMU之產業類別變數，以間距分析概念說明企業節能減碳之可行性。同時，溫室氣體盤查國際標準ISO 14064系列標準已於2018年底公告改版，本文也深入討論ISO 14064-1標準新舊版之差異，並提出企業因應ISO 14064-1標準改版之建議作法及與其他評價系統之關聯性，以提供未來企業在面對溫室氣體排放量量化與管理議題上，更具前瞻性的執行方向。

關鍵詞：溫室氣體，組織型溫室氣體盤查，非財務資訊揭露報告，資料包絡分析，ISO 14064-1標準

1. 前　　言

溫室氣體排放對地球環境與氣候變遷之影響，為備受各方所關注及討論的重要關鍵問題。科學家和研究人員認為，全球二氧化碳排放的最高比例是來自能源的生產和使用(Olanrewaju *et al*., 2012)。然而，這些能源的開採與使用均為了工業發展所需，特別是在追求經濟快速發展目標下，工業發展所帶來的環境危害就更為顯著，其包括:物質耗損、空氣污染、水質污染等。因此，各國積極投入溫室氣體的盤查、管理及減量等工作，希望能有效抑制溫室氣體的排放量，降低氣候變遷對環境與生態的衝擊。

組織型溫室氣體盤查(Inventory of Greenhouse Emission of an Organization)之目的，不僅可掌握不同行業明確的排放量，也能發現製程上溫室氣體減量的空間與機會，故國際間便將組織型溫室氣體盤查做為推動溫室氣體減量的基礎。本研究主要目的在於探討企業溫室氣體管理績效與管理策略，整理我國推動企業溫室氣體盤查、申報及查驗等管理機制，並從企業公開發行之非財務資訊揭露報告擷取相關資料，區分不同產業類別，以探討溫室氣體

[1] 臺北大學自然資源與環境管理研究所 博士候選人
[1] 臺灣檢驗科技(股)公司驗證及企業優化事業群 溫室氣體產品經理
[2] 臺北大學自然資源與環境管理研究所 特聘教授兼所長
*通訊作者電話: 02-86741111#67333, E-mail: yml@mail.ntpu.edu.tw

收到日期: 2019年08月31日
修正日期: 2020年01月13日
接受日期: 2020年04月20日

排放量情形。之後，再就排放強度(Emission Intensity)相關統計量，應用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)，以間距分析(Gap Analysis)概念，說明企業節能減碳之可行性。在此同時，溫室氣體盤查國際標準ISO 14064系列標準已於2018年底公告改版，本文也討論ISO 14064-1標準新舊版之差異，並提出企業因應ISO 14064-1標準改版之建議作法。

2. 溫室氣體盤查與管理作法

我國為推動企業溫室氣體盤查結果與減量成效之合理性、公平性與一致性，「行政院環境保護署」(以下簡稱環保署)參酌ISO組織國際標準、聯合國氣候變化綱要公約減量機制等，自2004年起便逐步建立本土化認證機構及查驗機構管理機制；於2009年發布「溫室氣體查驗機構作業原則」，建立管理查驗機構之標準作業程序；接著，因應2012年公告溫室氣體為空氣污染物後，將溫室氣體納入「空氣污染防制法」下管理，故訂定「溫室氣體檢驗測定及查驗機構管理辦法」，正式進入法制授權許可及管理查驗機構階段。

2015年7月「溫室氣體減量及管理法」正式公布，並為管理認證機構及查驗機構之法源依據，環保署則於2016年1月發布「溫室氣體認證機構及查驗機構管理辦法」，確認了認證機構及查驗機構管理作業程序及方式之原則(詳如圖1)。

為了解我國企業經濟活動所產生之溫室氣體排放狀況，並確認企業在空氣污染排放之管制，透過制訂「溫室氣體查驗指引」、「溫室氣體排放量盤查登錄作業指引」、「溫室氣體排放量盤查登錄管理辦法」等規範，以ISO 14064-1:2006溫室氣體盤查標準為基礎，並整合污染設備管控概念，以推動企業溫室氣體排放量申報作業。因此，環保署要求製程溫室氣體排放量大之行業(如：發電業、鋼鐵業、石油煉製業、水泥業、半導體業)須每年8月底前完成盤查與查證，並申報上年度之溫室氣體排放量。

本研究綜合比較相關規範，整理我國溫室氣體排放量盤查制度與ISO 14064-1:2006標準之主要差異有：

(1) 溫室氣體種類除了二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亞氮(N_2O)、氟氫碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF_6)等六種溫室氣體外，且考量聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)決議新增三氟化氮(NF_3)，並納入「京都議定書」之第二承諾期，故新增三氟化氮(NF_3)

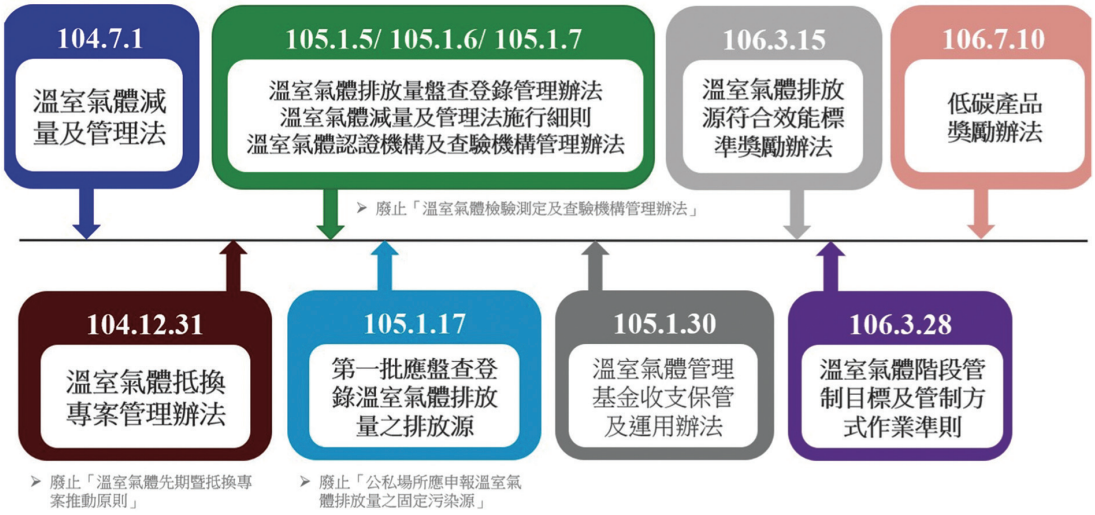

圖1 我國溫室氣體盤查與管理法規發展(本研究繪製)

為第七種溫室氣體。

(2) 溫室氣體排放源與行業別、製程變化、空氣污染防治設備、燃料使用等加以整合，確認空氣污染防治申報結果須與溫室氣體排放源之燃料使用量一致。

3. 資料包絡分析

3.1 起源與發展

資料包絡分析(DEA)乃採經濟學概念，評估一群決策單位(Decision Making Unit, DMU)間的相對效率。當某個單位投入越少，而生產越多，顯示這個單位的績效越高。因此，DEA常用於多投入與多產出的評估。而「不同投入組合所能得到最大的產出函數」可稱之為「生產函數(Product Function)」，而最大的效用組合則將落在「生產前緣(Product Frontier)」上(薄喬萍，2005)。到了1978年Charnes *et al.* (1978)推展「多投入多產出」模式，稱為CCR (Charnes, Cooper, and Rhodes)模型，至此DEA才開始被廣泛應用。

DEA模式之效率衡量觀念是藉由所謂的「相對效率」(Relative Efficiency)，利用數學技巧將DMU區分為「有效率」(Efficiency)及「無效率」(Inefficiency)兩種。DEA在分析時，乃利用資料中，以最佳解形成一條包絡線(Envelopment)來代替生產函數，其將各DMU之投入產出投射至空間中，以尋找最低邊界，並將各DMU之資料與生產邊界加以比較，以衡量各DMU之相對效率或無效率程度。落在邊界上之DMU，表示其投入產出組合是有效率的，將其績效指標定為1；若DMU不落在邊界上，則被認定為無效率。同時，以特定的有效率點為基準，給予每一個DMU一個相對的績效指標。

3.2 績效指標估算方法

依據張四立(2003)之論述，衡量投入產出間之績效指標，一般以總要素生產力(Total Factor Productivity, TFP)表示，而TPF的估算又主要區分：(1) 經濟計量取向(Econometric Approach)或隨機前緣分析取向(Stochastic-Frontier analysis, SFA)；(2) 資料包絡分析型式取向(Data Envelopment Analysis, DEA-like approach)。其中，SFA乃以樣本中，相對具效率的參數進行分析，並將相對無效率的參數「包絡其中」；而DEA屬非參數估計法，僅以產出對投入之比值型態建構最佳化模型(張四立，2003)。

本研究目的在於檢視投入對總產值之貢獻程度，但因研究樣本資料來源為廠商非財務資訊揭露報告呈現之資料，具有長期且一致的資料屬性，再加上溫室氣體管理之績效指標一般多以排放強度類型之指標予以衡量，故較適宜應用DEA方法進行比值型變數之分析。

3.3 DEA效率分析模式

依據吳濟華與何柏正(2009)之整理，「DEA效率值」包含兩個要件：技術效率(Technical Efficiency, TE)及配置效率(Allocative efficiency, AE)。技術效率(TE)指廠商從給定的投入組合中，以獲得最大產出的能力；配置效率(AE)則是廠商在給定相對價格及生產效率之下，將投入的組合做出最適分配的能力。該兩種效率的乘積即是經濟效率(Economic Efficiency, EE)或是總效率(Overall Efficiency, OE)。因此，本研究乃採總效率(OE)進行效率分析。

在不同的生產規模下，規模報酬會隨之改變。於初創期生產規模小時，投入產出比會隨著規模增加而提升，稱為規模報酬遞增(Increasing Returns to Scale, IRS)。但當達到高峰期時，產出與規模成正比而達到最適生產規模，稱為規模報酬固定(Constant Returns to Scale, CRS)。當生產規模過於龐大時，產出減緩，則稱為規模報酬遞減(Decreasing Returns to Scale, DRS)，也就是投入增加時，產出增加的比例會少於投入增加的比例。因此，需增

加考量變動規模報酬(Variable Returns to Scale, VRS)之DMU相對效率衡量方式，稱之為BCC (Banker, Charnes, and Cooper)模式(吳濟華與何柏正，2009)。因此，本研究後續分析乃同時考量CCR模式與BBC模式。

4. 企業溫室氣體管理績效評估

4.1 溫室氣體排放強度分析

我國推動溫室氣體排放盤查、驗證、申報作業等制度已有許多年，企業也熟悉其管理機制。然而，在企業希望能獲得更多經濟效益之同時，勢必會造成溫室氣體總排放量的增加，而無法達成降低溫室效益之目標，呈現經濟與環保是反向趨勢。

雖然相關文獻建議溫室氣體尚可採其他指標，來分析溫室氣體排放之變化，然本研究採用溫室氣體排放強度分析，如：單位產值之二氧化碳排放當量、單位產量之二氧化碳排放當量等。因此，本研究嘗試以產業界為注重及普及的溫室氣體排放強度，對不同行業及製程進行溫室氣體排放量變化加以分析，以了解行業與製程如何降低溫室氣體之排放。

依據「2017年溫室氣體排放清冊報告」(環保署，2017)資料顯示，2015年工業製程及產品使用部門之溫室氣體排放量占臺灣溫室氣體總排放量的7.79%，其中「礦業(非金屬製品)」排放比例最大，約佔37.63%；其次為「金屬工業」，約佔31.77%、「電子工業」佔16.14%、「化學工業」佔10.53%。因此，本研究從企業公開發行之非財務資訊揭露報告擷取相關資料，篩選7種行業類別，共計19家企業，分析在2013年至2017年間之溫室氣體排放強度變化情形，如表1。其中，排放強度為廠商年度單位營業額(Million USD)下，產生二氧化碳排放量(ton-CO_2e)比值(ton-CO_2e/Million USD)。

以下針對傳統工業、重工業、輕工業及服務業等四類企業組織型溫室氣體排放強度變化，分別進行分析檢討：

4.1.1 傳統工業

在主計總處統計資料(行政院主計處，2016)中，傳統工業主要歸類為「農、林、漁、牧業」、「工業」(礦業、製造業、水電燃氣業、營造業)以及「服務業」等三大類。本研究針對食品業及紡織業之溫室氣體排放強度進行分析，結果顯示紡織業之溫室氣體排放強度較食品業為高，而食品業與紡織業之平均溫室氣體排放強度差異不大。

4.1.2 重工業

本研究以化學材料製造業、鋼鐵業及水泥製品業為例，進行溫室氣體排放強度分析。其中，鋼鐵業之一貫煉鋼製程會產生大量二氧化碳及甲烷，電弧爐煉鋼則大量使用電力；在水泥製程中，以石灰石及副原料混合研磨製成生料，再將生料送入旋窯煅燒及燒結生成熟料，並與適量石膏、礦物摻料研磨製成水泥成品，其煅燒過程主要造成二氧化碳排放。因此，在鋼鐵業與水泥製造業之製程中，不管原物料使用轉換所產生之二氧化碳量，或者製程所使用到大量燃煤及電力來做為熱能燃料，均導致其溫室氣體排放量特別大。

4.1.3 輕工業

由「電子企業」之分類項目，包括：積體電路或半導體、TFT平面顯示器、光電(太陽能板)及熱傳流體等共計四項，其產品類別相當眾多，且製程複雜程度與所使用之材料種類歧異度也很大。本研究以印刷電路板製造業、電子零組件製造及光電業為例，發現印刷電路板製造業及光電業之製程較複雜，均靠電力進行產品製造，故溫室氣體排放量為最大，而電子零組件製造業多為組裝、封裝等製程，其用電量就相對少了許多。因此，印刷電路板製造業及光電業之溫室氣體排放強度，較電子零組件製造業為高。

表1　2013年至2017年我國企業溫室氣體排放分析(本研究整理)

產業分類			廠商	年度溫室氣體排放強度(ton-CO_2e/Million USD)						溫室氣體排放強度之眾數數量級
				2013	2014	2015	2016	2017	行業平均值	
傳統工業	食品業		A1	1.000	1.410	0.940	0.940	0.940	1.762	6.0
			A2	6.280	5.460	5.840	5.880	6.110		
	紡織製造業		B1	2.830	3.320	3.470	3.450	3.180	1.993	
			B2	1.191	1.230	1.370	1.070	2.590		
重工業	化學材料製品業		C1	5.630	5.560	6.300	6.590	6.130	9.195	16.0
			C2	12.560	12.470	13.940	14.890	13.130		
	水泥製造業		D1	18.070	16.890	22.240	22.850	30.780	14.774	
			D2	6.800	6.940	6.980	7.860	8.330		
	鋼鐵業		E1	17.710	13.640	15.680	14.190	14.190	16.126	
			E2	18.340	19.390	21.590	15.900	13.210		
輕工業	電子製造業	光電產品製造業	F1	1.250	1.510	2.260	1.390	1.890	1.660	2.0
		印刷電路板製造業	F2	2.240	2.010	2.070	2.450	2.450	2.004	
			F3	2.050	1.990	1.960	1.920	2.080		
			F4	1.580	1.380	1.910	2.020	2.170		
		電子零組件製造業	F5	0.370	0.340	0.480	0.480	0.520	1.651	
			F6	1.765	1.823	2.040	2.397	2.393		
服務業	商業銀行		G1	0.16	0.13	0.10	0.15	0.16	0.120	0.1
			G2	0.18	0.18	0.14	0.17	0.14		
			G3	0.09	0.06	0.08	0.05	0.04		

4.1.4 服務業

一般而言，服務業即指生產和銷售服務商品的生產部門和企業的集合。依據主計總處所指之服務業(行政院主計總處，2016)，包含批發及零售業；運輸及倉儲業；住宿及餐飲業；資訊及通訊傳播業；金融及保險業等共計13類。近年來，我國企業結構已經由工業轉為服務業，使得服務業成為相當重要的一項企業，更有許多服務企業投入組織型溫室氣體盤查的工作。表1之服務性質廠商為集團式之金融控股公司，其多為辦公室型態的行為，故其主要溫室氣體排放源以用電量為主，但因多為日常燈具之用電，故溫室氣體排放強度就偏低。

4.1.5 溫室氣體排放強度變化分析

在本研究所分析之7類企業，共計19家企業，並依照企業屬性區分為「傳統工業」、「重工業」、「輕工業」、「服務業」等四類，進行溫室氣體排放強度變化分析結果，其可以清楚發現：

(1) 不同企業間，因其原物料及製程之不同，其溫室氣體排放強度有不同的變化。

(2) 企業集團家數越多，因年度單位營業額越高，則溫室氣體排放強度越低。

(3) 企業每年之溫室氣體排放強度變化，受到產品產能量之影響外，對於整體經濟環境之影響程度也很大。

(4) 從四類企業之溫室氣體排放強度數量級分析變化，發現重工業最大，其次分別為傳統工業、輕工業，最小的是服務業。

因此，透過相關性分析，做為類似製程

企業評估自身組織型溫室氣體排放量之適宜性上，有重要的參考性。本研究歸納各產業類別的溫室氣體排放強度眾數數量級，分別為：傳統工業6.0、重工業16.0、輕工業(電子製造業)2.0、服務業(商業銀行)0.1。

4.2 溫室氣體管理績效間距分析

基於前述非財務資訊揭露報告之資料，本研究應用資料包絡分析法(DEA)，以評估企業溫室氣體管理績效，其選取之產出項為：營業額、溫室氣體排放量；投入項則為：能源使用量(包括用電與燃料用量)、員工人數。同時，以19家企業為決策單元(DMU)。然而，水泥製造業之廠商D1，因並未在其企業社會責任報告書中揭露員工人數與能源用量，故後續分析僅涵蓋18個DMU。另外，年期則選擇資料較齊備之2015年與2017年進行分析。

本研究主要應用Raith *et al*. (2019)發展之pyDEA軟體(https://github.com/araith/pyDEA)。依據Raith *et al*. (2019)論述，資料包絡分析之投入產出變數，可延伸考量如：不易調整變數(Non-discretionary Variable)、非意欲產出(Undesired Output)或弱可拋棄變數(Weakly Disposable Variable)等特性。由於溫室氣體排放量並非正向之產出項，亦即具弱可拋棄性或為非意欲產出；公司員工聘僱數也非可任意調整，故應將其視為不易調整變數。此外，不同產業之排放強度差異甚大，本研究另行引入類別變數(Categorical Variable)，以逐步(Stepwise)求取效率值，進而區隔產業溫室氣體排放特性。

本研究在DEA模型選取方面，因設定員工人數為不易調整之投入變數(廠商非財務資訊揭露報告一般不提供廠房面積、貿易特性等資訊，故僅考量「員工聘僱數」為投入項)，故僅選擇投入導向(Input Oriented)模型。此外，由於投入產出變數數值數量級差異甚大，本研究以各變數樣本平均數進行正規化(Normalization)。

本研究進行之資料包絡分析，係以營業額為主要產出、溫室氣體排放為非意欲產出(設定為具弱可拋棄性之投入項)、能源用量為主要投入、員工人數為不易調整之投入項，應用CRS與VRS資料包絡分析模型，並考量不同產業之類別變數，整理各決策單元DMU (企業)在2015年與2017年的溫室氣體管理績效(DEA效率值)，如表2，其企業代碼C1、C2 (化學材料製品業)、E2 (鋼鐵業)、G3 (商業銀行)。不管應用何種模型，分析結果都顯示溫室氣體管理極有效率，堪為企業標竿。

針對溫室氣體管理績效待改善之企業(DEA效率值小於1)，本研究嘗試引用間距分析(Gap Analysis)概念，以能源用量距離效率標的(Target)之差額(Slackness)，概要討論該等企業須向標竿學習「節能：減少能源用量」、「減碳：降低溫室氣體排放」之努力程度。其中，B1 (紡織業)首重節能(學習對象A1、E1)；D2 (水泥業)之溫室氣體管理績效不佳(DEA效率值偏低)，節能與減碳之努力亦亟需加強(學習對象C1、E1)；F3 (電子業)雖溫室氣體排放強度不高，但相較於其他企業，其節能與減碳之相對減幅，則仍有極大之努力空間(學習對象為同業)；G2 (金融業)減碳與節能之幅度相近，應該是能源使用為電力所致(學習對象為同業)。

5. ISO 14064-1標準發展

前述之溫室氣體管理績效評估，最關鍵之變數為能源使用量與溫室氣體排放量。一般而言，企業在組織型(以公司為盤查單位)的溫室氣體盤查中，通常採用國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)所發布「ISO 14064-1溫室氣體－第一部分：規範組織層級溫室氣體排放量和清除量的量化和報告」標準，以量化與宣告公司的溫室氣體排放盤查結果。另外，在ISO 14064-1標準中，也針對溫室氣體減量管理有相關規定。因此，本研究接下來針對ISO 14064-1標準發展及企業因應之相關作法提出探討。

表2　2015年及2017年企業溫室氣體管理績效DEA分析結果(本研究整理)

產業分類	廠商DMU	2017年績效表現							2015年績效表現						
		未區隔產業類別		區隔產業類別		減碳目標	節能目標	標竿學習對象	未區隔產業類別		區隔產業類別		減碳目標	節能目標	標竿學習對象
		VRS效率值	CRS效率值	VRS效率值	CRS效率值				VRS效率值	CRS效率值	VRS效率值	CRS效率值			
傳統工業	A1	0.4473	0.0725	1	1				0.4409	0.1292	1	1			
	A2	0.9207	0.0504	1	0.4616				1	0.0741	1	0.4713			
	B1	0.3020	0.0153	1	0.2952				0.3639	0.0283	0.9491	0.2695	5.09%	30.56%	A1 E1
	B2	0.0339	0.0253	1	1				0.1027	0.0586	1	1			
重工業	C1	1	1	1	1				1	1	1	1			
	C2	1	1	1	1				1	1	1	1			
	D2	0.0031	0.0017	0.2022	0.1992	79.78%	97.29%	C1 E1	1	0.0192	1	0.3219			
	E1	1	0.0095	1	0.7361				1	0.0286	1	0.9025			
	E2	1	1	1	1				1	1	1	1			
輕工業	F1	1	0.0361	1	0.2767				1	0.0619	1	0.2135			
	F2	0.7536	0.0179	1	0.2133				1	0.0394	1	0.2322			
	F3	0.0758	0.0219	0.3875	0.2514	61.25%	73.54%	F2 F4	0.0606	0.0437	0.3774	0.2455	77.83%	73.54%	F2 F4
	F4	1	0.6028	1	1				1	1	1	1			
	F5	0.6651	0.2426	1	0.3930				0.6019	0.4192	1	0.4192			
	F6	0.2232	0.2218	1	0.3542				1	0.4257	1	0.4257			
服務業	G1	0.9920	0.2833	0.9920	0.2833	0.80%	21.26%	G2	1	0.8139	1	0.8139			
	G2	1	0.3149	1	0.3149				0.7080	0.5720	0.7080	0.5720	29.20%	29.20%	G3 G1 F4
	G3	1	1	1	1				1	1	1	1			

依據ISO 14064-1:2006要求與範疇二溫室氣體盤查議定書之規範(GHG Protocol - Scope 2 Guidance, WRI and WBCSD, 2015)，組織型溫室氣體盤查是計算範疇一之直接排放與範疇二之能源間接排放為主。至於範疇三，則可參考溫室氣體盤查議定書(GHG Protocol—Scope 3 Accounting and Reporting Associated Standards, WRI and WBCSD, 2011)，所提供15項指標之量化參考基準(如表3所示)。該指標系統以組織價值鏈(Value Chain)概念，協助企業了解在價值鏈上下游對溫室氣體排放之可能影響。

然而，面對氣候變遷議題擴大，ISO組織考量管理系統之成熟度，故於2018年12月19日發布第二版之ISO 14064-1:2018標準。在這次改版中，除仍採用PDCA管理手法外，特別著重溫室氣體排除管理，包括：減量目標、減量方案等。同時，ISO組織也將相關碳管理作法與語言進行整合與統一。因此，發布了ISO 14060系列標準，以作為溫室氣體排放量與移除量之量化、監測、報告、確證或查證，提供清晰度和一致性，以支持低碳經濟實現永續發展，透過溫室氣體排放量及移除量結果，使全世界的組織、專案倡議者和利害相關者得以受益。在ISO 14060系列標準中，除了原有ISO 14064系列標準外，納入了產品碳足跡(ISO 14067:2018)，以擴大其企業價值鏈的碳管理要求(如圖2所示)。

依據ISO 14064-1:2018標準內容，其說明本次標準改版之主要差異有：

(1)「營運邊界」已更名為「報告邊界」。

(2) 引入新方法來報告邊界，將間接排放納入，並擴大應用範圍。

(3)「其他間接溫室氣體排放」更名為「間接溫室氣體排放」，並將間接溫室氣體排放劃分為五個特定類別的要求和指引。

(4) 增加特定項目溫室氣體量化和報告的新要求和指引，例如生物碳處理和與電力相關之溫室氣體排放。

其中，最大的變化應為將原有範疇二及範疇三整合為「間接溫室氣體排放」，並依照其排放源屬性歸類為五個特別類別，分別為「輸入能源造成之間接溫室氣體排放量」、「運輸造成之間接溫室氣體排放量」、「組織使用產品造成之間接溫室氣體排放量」、「與使用組織產品相關之間接溫室氣體排放量」及「其他來源之間接溫室氣體排放量」。透過價值鏈的關係，將與組織相關之供應鏈所產生溫室氣體排放均納入盤查之考量範圍中，再透過評估準則，以判定對組織顯著且必須量化盤查之溫室氣體排放源，以進行溫室氣體量化與報告。有關ISO 14064-1標準新舊版之報告邊界差異變化關聯，本研究綜合整理如圖3所示。

6. 新版ISO 14064-1因應建議

6.1 企業永續發展運用

表3 溫室氣體盤查之範疇三指標分類(本研究整理)

供應鏈關係	指標分類	
上游	1. 購買的產品和服務	5. 運營中產生的廢物
	2. 資本產品	6. 商務旅行
	3. 與燃料和能源有關的活動	7. 員工通勤
	4. 上游的運輸和配送	8. 上游租賃資產
下游	9. 下游運輸和配送	13. 下游租賃資產
	10. 售出產品的加工	14. 特許經營
	11. 售出產品的使用	15. 投資
	12. 售出產品的最終處理	

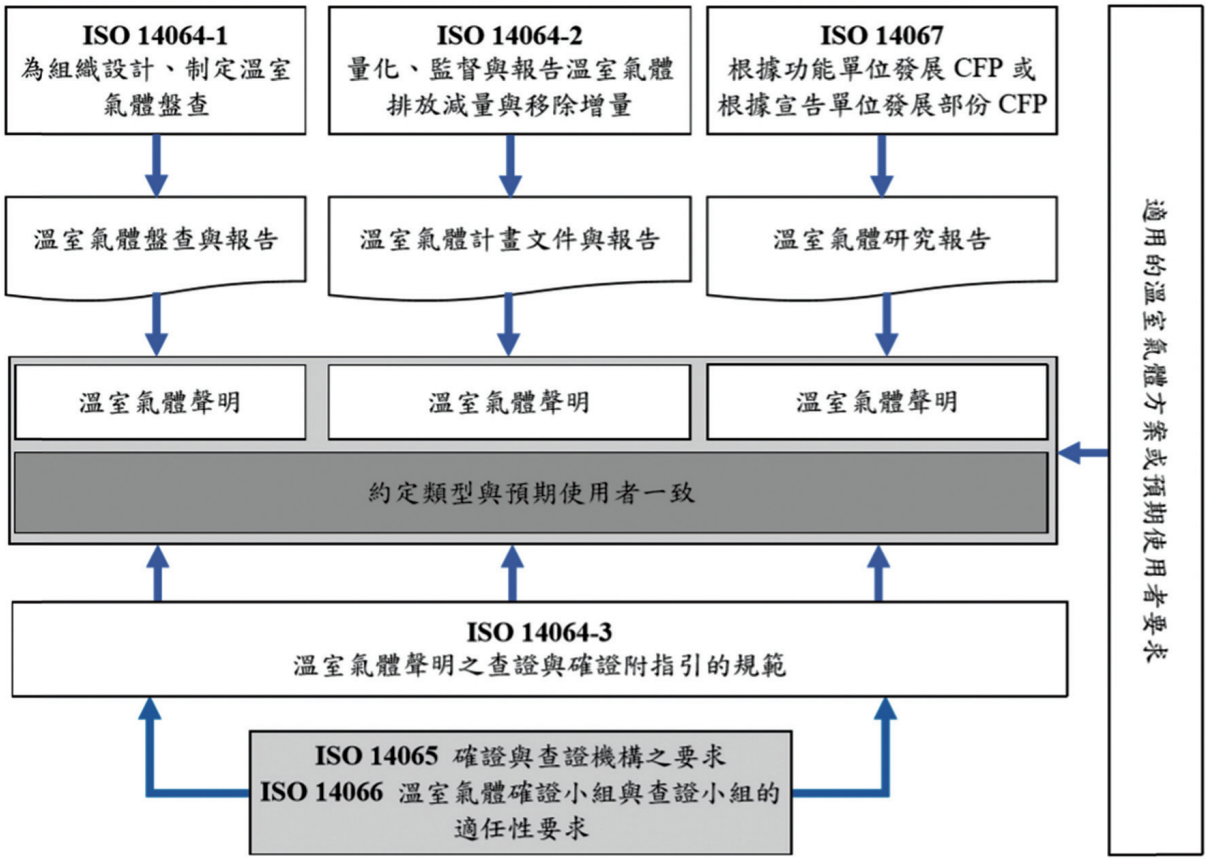

圖2　ISO 14060系列溫室氣體標準關係圖
(ISO 14064-1:2018, International Organization for Standardization.)

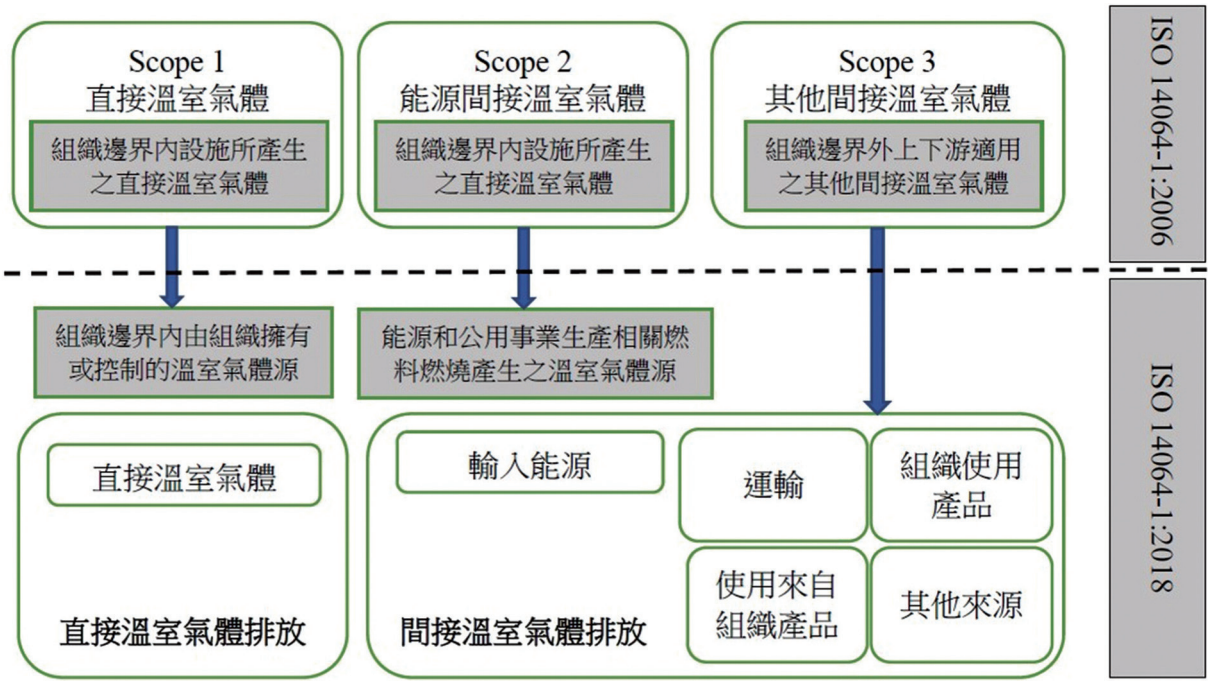

圖3　ISO 14064-1標準新舊版之盤查/報告邊界變化(本研究繪製)

價值鏈概念是將造成企業內外價值增加的活動，區分為基本活動和支持性活動等兩種。其中，基本活動係指企業的生產、銷售、進料後勤、發貨後勤、售後服務；支持性活動係指人事、財務、計畫、研究與開發、採購等，故基本活動和支持性活動構成了企業的價值鏈。因此，ISO 14064-1:2018標準將企業供應鏈之價值鏈基本活動加以鏈結，以企業全生命週期觀點，來量化組織型溫室氣體排放。因此，本研究依據ISO組織之環境永續相關管理系統，整理其關聯性，如圖4所示。

企業在面對ISO 14064-1:2018標準改版因應，依現有管理系統狀況，只要強化整合即可達成ISO 14064-1:2018標準要求(如表4所示)：

(1) 若企業已有舊版的範疇一及範疇二盤查結果，可直接納為ISO 14064-1:2018標準的類別1與類別2。另範疇三盤查結果，則依照ISO 14064-1:2018標準附錄B的「類別3間接排放分類建議原則」進行歸類。

(2) 若企業已引用產品碳足跡標準，依照生命週期之屬性，並採全組織的概念，則將結果依ISO 14064-1:2018標準附錄B的直接與間接排放分類建議原則進行歸類。例如：將碳足跡盤查之運輸排放，納為新版之組織類別3溫室氣體排放。

6.2 溫室氣體管理相關規範之因應

國內企業目前執行組織型溫室氣體盤查的目的，除了可提供予供應鏈客戶之溫室氣體排放量，及因應環保署溫室氣體強制性申報等需求外，部分企業也為了因應溫室氣體管理相關之國際規範要求，以利提供組織溫室氣體盤查結果資訊。這些國際規範主要包括：企業永續報告書編制規範、碳揭露計畫CDP、道瓊永續指數DJSI、電子產品環境影響評估工具EPEAT等。本研究綜合論述企業組織溫室氣體盤查結果對該四項國際規範之因應策略。

6.2.1 企業永續報告書

永續報告書屬非財務資訊揭露報告，其議題包含：經濟發展、環境保護、社會議題、人權、供應商管理、產品責任及員工福利等。全球報告倡議(Global Reporting Initiative, GRI)組織於2016年發布「GRI準則」，提供企業一個全球適用的架構，以支持標準化的揭露方式。其中，GRI 300環境系列之特定主題準

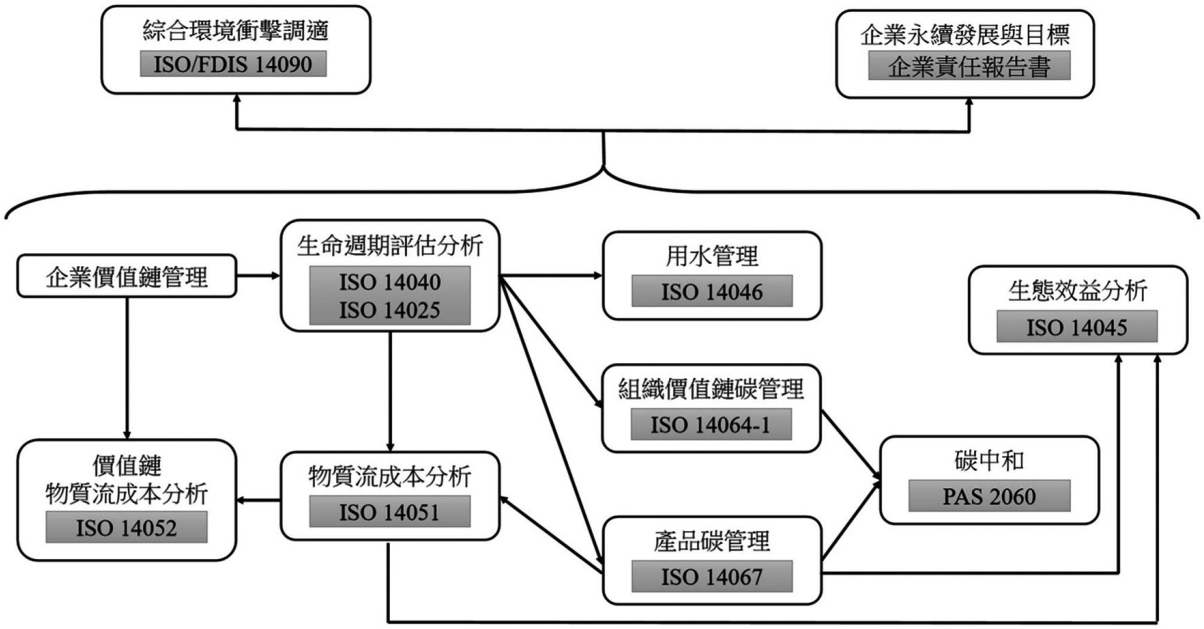

圖4 企業永續發展相關國際標準之關聯(本研究繪製)

表4　ISO 14064-1:2006及ISO/TS 14067:2013:在ISO 14064-1:2018之應用(本研究整理)

ISO 14064-1:2018	ISO 14064-1:2006及 GHG Protocol-Scope 3	ISO/TS 14067:2013
類別1 直接溫室氣體排放量	範疇1	製造階段
類別2 輸入能源間接溫室氣體排放量	範疇2	製造階段
類別3 運輸造成之間接溫室氣體排放量	範疇3 (4) 上游原物料運輸及配送 (6) 商務旅行 (7) 員工通勤 (9) 下游運輸及配送	原物料運輸 產品運輸 產品配銷
類別4 組織使用產品造成之間接溫室氣體排放量	範疇3 (1) 購買產品及服務 (2) 資本物品 (3) 燃料與能源相關活動 (5) 營運產生之廢棄物處理 (8) 上游租賃資產	原物料取得階段 燃料與能源之上游活動 製造階段廢棄物處理
類別5 與使用組織產品相關的間接溫室氣體排放量	範疇3 (10) 售出產品之加工 (11) 售出產品之使用 (12) 售出產品的最終處置 (13) 下游租賃資產 (14) 連鎖/特許經銷 (15) 投資	產品使用階段之排放 產品最終處理階段之排放
類別6 其他來源的間接溫室氣體排放量	其他	其他

則，與溫室氣體相關的包括：「直接溫室氣體排放(GRI 305-1)」、「能源間接溫室氣體排放(GRI 305-2)」、「其他間接溫室氣體排放(GRI 305-3)」等三項指標。

當企業以ISO 14064-1:2018標準進行溫室氣體盤查後，其類別一、類別二及類別三至類別六等溫室氣體總排放量數值即為GRI 305-1、305-2、305-3的結果。因此，企業在完成ISO 14064-1:2018標準之組織型溫室氣體盤查結果後，均可完整符合GRI指標之需求。

同時，依據目前國際主流保證標準：「AA1000保證標準」及「ISAE 3000準則」，其均對企業責任報告書所揭露數值之可靠程度，給予不同的保證類型。當企業的溫室氣體盤查結果是受過第三方查證，則該企業報告書可以獲得「AA1000保證標準」的Type 2高度保證等級及「ISAE3000 標準」的合理保證等級。

6.2.2 碳揭露計畫CDP

由國際主流法人投資機構所發起Climate Change Program (CDP)，從2003年開始，每年邀請全球數千家企業揭露其碳管理相關的數據、風險及機會。CDP陸續發展出多元專案，包括：Climate Change、Carbon Action、Water、Forests、Cities、Supply Chain。因此，CDP已成為全球企業最廣泛的碳、水、森林等，相關自然資本管理的揭露系統。

基於發展基礎上，CDP鼓勵這些揭露資訊作為企業決策、投資選擇的衡量因素，評估自然資源的真實價值以及氣候變遷的衝擊與機會，進而驅動綠色經濟的發展。

在CDP的2019年調查問卷中，針對企業溫室氣體之範疇一、範疇二及範疇三排放量數值，並就其不同年度的減量程度必須提出目標

及規劃。因此，當企業以ISO 14064-1:2018標準進行溫室氣體盤查後，其盤查結果可完全符合CDP的調查問卷內容。同時，企業的溫室氣體盤查結果是受過第三方查證，則在CDP調查問項內容中，其客觀可性度被廣為接受，即其CDP評比成績也相對增加。

6.2.3 道瓊永續指數DJSI

道瓊永續指數(Dow Jones Sustainability Indexes, DJSI)是由道瓊公司於1999年推出全世界第一個永續發展指數，其主要是從經濟、社會及環境三個方面，以投資角度評價企業永續發展能力。

DJSI評價體系中，其指標分為兩類：通用標準和與特定企業相關標準。通用標準適用於所有企業，其選定對企業永續發展所面臨的一般問題，包括：公司管理、環境管理和績效、人權、供應鏈管理、風險危機管理和人力資源管理等；與特定企業相關指標的選擇，主要考慮特定行業所面臨的挑戰和未來發展趨勢，而兩類指標權重各占總權重的50%。

在DJSI評價體系之環境績效調查中，要求企業提出歷年溫室氣體之範疇一及範疇二排放量數值，故當企業以ISO 14064-1:2018標準進行溫室氣體盤查後，其盤查結果可完全符合DJSI評價體系需求。同時，企業的溫室氣體盤查結果是受過第三方查證，則DJSI評價體系對企業所提供的資訊更被接受，即DJSI評價也相對提升。

6.2.4 電子產品環境影響評估工具EPEAT

電子產品環境影響評估工具(Electronic Product Environmental Assessment Tool, EPEAT)是由美國綠色電子委員會(Green Electronics Council)所開發的幫助購買者評估、比較和選擇電子產品的綜合標準。該評估確認所有經EPEAT註冊的電腦產品，必須提供符合有利於環境與易於回收的方案，其產品每個階段的生命週期需滿足環境績效的相關標準。同時，基於保護人類健康和環境的因素，其鎘、鉛、汞含量較低，而產品較節能、較易升級和回收利用，故可以降低引發氣候變遷的溫室氣體排放量。

在EPEAT評估中，針對電腦產品廠商之溫室氣體要求，包括：4.8.2.1企業碳足跡與4.8.2.2產品運輸之溫室氣體排放。其中，企業碳足跡是指企業生產該電腦產品之全生命週期過程中，所有溫室氣體排放量之計算；產品運輸之溫室氣體排放是指企業所生產電腦產品之運銷過程所造成溫室氣體排放量計算。上述兩項排放量計算，均涵蓋以ISO 14064-1:2018標準進行溫室氣體盤查之結果。同時，若該盤查是受過第三方查證，則EPEAT評估也能獲得較高成績。

7. 結論與建議

本研究透過彙整企業溫室氣體盤查、申報及查驗等管理機制，規劃我國之溫室氣體盤查與管理作法。並從企業公開發行之非財務資訊揭露報告擷取相關資料，分析評估企業溫室氣體管理績效。隨著ISO 14064溫室氣體盤查系列標準之改版，本文也討論及研提企業在因應該標準改版的建議作法

透過我國在溫室氣體盤查、申報及查驗等管理機制之基礎下，就我國之傳統工業、重工業、輕工業與服務業等企業類別之溫室氣體排放盤查，分析2013年至2017年間之排放情形，結果顯示不同企業之製程型態與溫室氣體排放量有密切關聯性，其企業溫室氣體排放強度變化，受到產品產能量之影響外，對於整體經濟環境之影響程度也很大，其結果發現，以重工業最大，其次分別為傳統工業、輕工業，最小的是服務業。

應用資料包絡分析法評估企業之溫室氣體管理績效結果顯示，化學材料製品業與金融業整體溫室氣體管理績效較佳，紡織業、水泥業

及電子業等三類耗能產業則仍須大幅努力「節能、減碳」，其學習對象則為績效較佳之化學材料製品業。金融業雖溫室氣體排放強度不高，但相較於其他企業，其節能與減碳之相對減幅，則仍有極大之努力空間。

本研究運用企業公開發行之非財務資訊揭露報告擷取資料，進行相關數據分析發現少數企業之同一年度公開資訊，在不同年度的報告中，卻有不同的結果。建議針對公開發行報告中，應加強歷年揭露資訊的一致性確認。

在ISO 14064-1:2018標準中，除了原有ISO 14064-1:2006標準之原有規範及要求外，也納入了全生命週期概念，以擴大其企業價值鏈之溫室氣體管理。因此，企業可以透過供應鏈之價值鏈為基礎，以全生命週期觀點來看待溫室氣體管理，並利用各管理系統標準之查驗目標，以建立企業完善的永續發展系統，讓企業達成永續發展之目標。同時，ISO 14064-1:2018標準之盤查結果與目前其他國際常見環保規範之關聯性極高，故能達到降低企業負擔之效。

參考文獻

行政院主計總處，2016。行業標準分類(第10次修訂)。

行政院環境保護署，2017。2017年溫室氣體排放清冊報告。

吳濟華與何柏正，2009。組織效率與生產力評估-資料包絡分析法，前程文化事業有限公司。

張四立，2003。我國耗能產業之Malmquist總要素生產力與能源生產力評估—DEA方法之應用，永續能源發展機會與挑戰研討會論文集，財團法人臺灣綜合研究院。

薄喬萍，2005。績效評估之資料包絡分析法，五南書局。

Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes, 1978. “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research, pp.2: 429-444.

International Organization for Standardization (ISO), 2006. “ISO 14064-1 Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals”.

International Organization for Standardization (ISO). 2006. “ISO 14064-2 Greenhouse gases Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements”.

International Organization for Standardization (ISO). 2013. “ISO/TS 14067 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication".

International Organization for Standardization (ISO), 2018. “ISO 14064-1 Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals”.

International Organization for Standardization (ISO). 2018. “ISO 14067 Greenhouse gases - Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification”.

International Organization for Standardization (ISO), 2019. “ISO 14064-3 Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements”.

Olanrewaju, O. A., A. A. Jimoh and P. A. Kholopane. 2012. “Evaluating GHG Components using Artificial Intelligence: Connection Weight Approach”, International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEE), p.1214-1217.

Raith, A., O. Perederieieva, F. Fauzi, K. Harton, A. Lee, L.M. Lin, H. Priddey and M. Rouse, 2019. DEA package: https://github.com/araith/pyDEA.

Raith, A., P. Rouse and L.M. Seiford, 2019. "Benchmarking Using Data Envelopment Analysis: Application to Stores of a Post and Banking Business", pp.1-39, in *Multiple Criteria Decision Making and Aiding: Cases on Models and Methods with Computer Implementations* by Huber, S., M.J. Geiger, and A.T. de Almeida (eds.), Springer, Cham Switzerland.

World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2011. "GHG Protocol - Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard".

World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2015. "GHG Protocol - Scope 2 Guidance".

Discussion and Analysis on the Greenhouse Gas Management Performance of Enterprises and Transfer of the Greenhouse Gas Standard

Guan-Lin Lu[1] Yuh-Ming Lee[2*]

ABSTRACT

In order to grasp Taiwan's greenhouse gas emissions, the Taiwan government has been promoting the development of corporate greenhouse gas inventories and improving the rationality, fairness and consistency of the reduction results. Environmental Protection Administration (EPA) has established the greenhouse gas inventory quantification declaration system and verification management mechanism in Taiwan gradually since 2004, referring to international standards and United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Reduction Mechanism. This paper introduces the management mechanisms of the enterprise greenhouse gas inventory, declaration and verification in Taiwan. Also, this paper uses non-financial information disclosure reports published by companies in Taiwan to analyze the greenhouse gas emissions from 2013 to 2017 by different types of industry, such as conventional industry, light industry, light industry and service industry. The analysis result shows that there is a high correlation between process types and greenhouse gas emissions. Based on the above data, this study further applies the Data Envelopment Analysis (DEA) method, uses input-output variable types such as non-adjustable, unintended or weakly discernable, and discriminates the industrial category variables of the Decision-Making Unit (DMU), and use the concept of interval analysis to identify companies in energy conservation and carbon reduction practices. There is an urgent need for improvement strategies. In addition, ISO 14064 series have been revised and published at the end of 2018. This study discusses in depth the differences between the new edition and the earlier one. Also, we propose some coping strategies for companies in response to the revision of ISO 14064-1 and discuss the relevance with other evaluation systems. It is hoped that this paper provides enterprises with a more forward-looking implementation direction on greenhouse gas emissions quantification and management issues in the future.

Keywords: Inventory of Greenhouse Emission of an Organization, Greenhouse Gas Inventory, Non-financial Information Disclosure Report, Data Envelopment Analysis, ISO 14064-1 Standard.

[1] Ph.D. Candidate, Institute of Natural Resource Management, National Taipei University.
[1] Greenhouse Gas Product Manager, Certification and Business Enhancement, SGS Taiwan Ltd.
[2] Distinguished Professor and Director, Institute of Natural Resource Management, National Taipei University.
* Corresponding Author, Phone: +886-2-86741111ext.67333, E-mail: yml@mail.ntpu.edu.tw

Received Date: August 31, 2019
Revised Date: January 13, 2020
Accepted Date: April 20, 2020