

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

The seal of Tungshai University is a circular emblem with a scalloped outer edge. It features the university's name in Chinese characters '東海大學' at the top and 'TUNGSHAI UNIVERSITY' in English at the bottom. In the center, there is a stylized graphic of a sun or a similar symbol.

已開發國家及開發中國家
環境效率評估

研 究 生：蘇章蓬

指導教授：洪堯勳 教授

中 華 民 國 一 〇 六 年 六 月

**The Eco-Efficiency Evaluation of
Developed Countries and Developing Countries**

By

Han-Phon To

Advisor : Prof. Jau-Shin Hon

A Thesis

Submitted to the Institute of Industrial Engineering and
Enterprise Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2017

Taichung, Taiwan

東海大學

工業工程與經營資訊學系

碩士學位論文口試委員會審定書

本系 蘇章蓬 君

所提論文 已開發國家及開發中國家環境效率評估

合於碩士資格水準，業經本委員會評審通過，特此證明。

口試委員：

鄭辰仰

洪奕勳

賀惠玲

陳建良

指導教授：

洪奕勳

系主任：

李銘印

中華民國 一〇六年 六月 十六 日

東海大學

工業工程與經營資訊學系

碩士學位論文指導教授推薦書

本系 蘇章蓬 君

所提論文 已開發國家及開發中國家環境效率評估

係由本人指導撰述，同意提付審查。

此致

工業工程與經營資訊學系

指導教授 洪奕勳

日期 106年 6 月 30 日

已開發國家及開發中國家環境效率評估

學生：蘇章蓬

指導教授：洪堯勳 教授

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

本研究利用資料包絡分析法，探討 2005~2014 年 10 個國家的效率優劣並加以分群，再利用差額變數分析找出兩群組國家效率下滑的主要原因，並使用敏感度分析，探討兩群組投入的優勢項目及影響幅度。最後為了使效率的評估具備時間過程考量，利用視窗分析來探討兩群組國家效率狀況與穩定程度。

1. 開發中國家在 2005 至 2014 年間，能源使用量及二氧化碳排放量每年皆呈現成長趨勢；已開發國家的能源使用（除了 2010 年、2013 年）及二樣化碳排放量（除了 2007 年、2010 年、2013 年）各年皆呈現逐漸下降的趨勢。其很大的原因在於已開發國家委託開發中國家代工、製造使得開發中國家對於能源消耗的需求不斷的增加，也就是說開發中國家為了衝擊經濟的成長而使環境污染影響越來越嚴重。
2. 由資料包絡分析得知研究期間 2005~2014 年，已開發國家整體效率表現皆較開發中國家好，而在 2009 年，兩群國家效率皆有下降的趨勢，受到該年金融海嘯影響，各國的國內生產毛額皆明顯減少，但已開發國家效率在下降後有明顯回升，表示其對能源及碳排放控管能力較強，而開發中國家效率則在下降後無明顯上升，顯示其控管能力較差。
3. 透過差額分析發現，開發中國家需要改善各項目的權重，依照其權重大小順序，需優先改善二氧化碳、能源使用、外資、內資。開發中國家投入過多的資本與能源的消耗但生產力卻不足，導致開發中國家相對無效率，因此開發中國家應提升生產效率或加速產業結構轉型。而已開發國家需要改善各項目

的權重，依照其權重大小順序，需優先改善二氧化碳、能源使用、外資、內資。雖然乍看之下，已發中國家需改善的項目跟開發中國家需改善項目很相似，但是已開發國家的各個項目需改善的幅度很低，從 3.3%到 9.7%，沒有像開發中國家需改善幅度這麼大從 35%到 57%。可見得已開發國家在各項投入中的資源配置以及控管能力皆優於開發中國家。

4. 從敏感度分析得知，依影響效率值優勢（權重）大小排序，影響開發中國家最大為內資，其次為能源使用，接著是二氧化碳，最後是外資。而影響已開發國家最大為內資，其次為外資，接著是二氧化碳，最後是能源使用量。兩群國家影響最大項目皆是內資，顯示其為兩群組國家之優勢項目，內資即國內資本與一國投入其生產資金與資產設備多寡息息相關，為一國之經濟基礎。開發中國家在去除能源使用項目與二氧化碳的排放量之後效率值大幅上升表示該兩項目為開發中國家的劣勢項目，而已開發國家在去除能源使用項目與二氧化碳排放量，影響效率值幅度很小，相比開發中國家來說，已開發國家的能源使用與二氧化碳排放量具有優勢，也就是說已開發國家的能源使用的效率與二氧化碳控管的效率比開發中國家來得好。開發中國家尤其中國、印度、印尼等，其二級產業比重遠高於一、三級產業。開發中國家主要以製造、代工等產業為主，其為屬於高污染，高耗能之產業類型對環境的重擊甚大。已開發國家在能源使用方面與二氧化碳排放量與開發中國家相比起來相對有優勢。
5. 透過視窗分析發現，兩群國家整體效率值有所下降，依效率矩陣圖結果來看，大部份開發中國家（除了巴西）呈現低效率，而且大部分開發中國家（除了中國）皆呈現高度的不穩定。而已開發國家皆在高效率高穩定程度，顯示已開發國家相對於開發中國家有較佳的資源使用配置能力。

關鍵字詞：資料包絡分析法、視窗分析、環境效率、敏感度分析、差額變數分析

The Eco-Efficiency Evaluation of Developed Countries and Developing Countries

Student: Han-Phon To

Advisor: Prof. Jau-Shin Hon

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

In this research, data envelopment analysis (DEA) was implemented to compare the efficiency of 10 subject countries from 2005 to 2014 and further categorize them into two clusters. Slack variable analysis was then used to figure out the main reason of their efficiency decline. Subsequently, sensitivity analysis was conducted to discuss the advantageous inputs and their impacts in both clusters. Finally, in order to take time interval into consideration, window analysis was performed to discuss countries' efficiency condition and stability.

The results are as follows:

1. For developing countries from 2005 to 2014, energy usage and CO₂ emission have been increasing every year. On the contrary, energy usage and CO₂ emission of developed countries have been decreasing gradually year by year. The main reason is that most firms in developed countries outsource to developing countries, resulting in the increase of energy consumption and waste. In other words, developing countries have been making a tradeoff between economic growth and environmental pollution.
2. The result of DEA indicates that developed countries have better efficiency than developing countries. However, in 2009, both clusters present a decline in their efficiency according to the financial tsunami. The decline also happened on their gross domestic production (GDP). After the decline, developed countries

recovered sooner indicating their better control on energy and CO2 emission. On the contrary, developing countries had no sign of recovery, indicating poor performance on energy and CO2 emission control.

3. From the result of slack variable analysis, developing countries require improvements on several inputs according to their weights. The improvement order will be CO2 emission, energy usage, foreign investment, and domestic investment. Developing countries devote too much capital and energy but have less productivity. This results in their relatively low efficiency. Therefore they should improve production efficiency or speed up industrial structure transformation. As for developed countries, the improvement order is similar to developing countries, but the degree they have to improve is much less.
4. From the result of sensitivity analysis, according to the weights of advantages affecting efficiency, domestic investment impact developing countries the most, the second is foreign investment, the third is CO2 emission, the last is energy consumption. Domestic investment is the most important strength input, which has great impact on the efficiency. Energy consumption and CO2 emission are the weakness input for developing countries. The efficiency of developing countries rises significantly after eliminating these two items. Comparing to developed countries, energy consumption and CO2 emission have less impact on efficiency than the developing countries.
5. The result of window analysis shows that the efficiencies of both clusters have been declining. From the result of efficiency matrix, most of the developing countries (except Brazil) present low efficiency, and most of them (except China) are highly instable. By contrast, all developed countries are highly efficient and stable, indicating that they have better ability on resource use and allocation.

Keywords: Data Envelopment Analysis 、 Window Analysis 、 Eco-Efficiency 、 Sensitivity Analysis 、 Slack Variable Analysis

誌謝

隨著碩士論文的完成，也結束了我在東海六年求學的階段。記得一剛開始上大學第一學期的時候，總覺得時間怎麼過得這麼慢，但是現在一晃六年過去了，不但大學畢業而且研究所生涯也結束了，心中多少有些恍惚與不捨。

本論文得以順利的完成，從架構建立，觀念澄清、乃至初稿完成後的潤飾斧正，完全仰賴指導教授洪堯勳博士的悉心指導。兩年研究所生涯不管是在論文方向的擬定、觀念的啟發、架構的建立到最後論文的呈現方式，老師都給予非常多的指導，甚至在平常與老師相處時，對於為人處事的細節、未來在面對職場時該要有的態度，老師也不斷耐心的給予叮嚀，讓我獲益匪淺。老師的教誨之恩，永誌難忘，在此獻上對於老師無比的敬意。

而在論文口試期間，由衷感謝口試委員陳建良博士、賀惠玲博士、鄭辰仰博士的指點，提供很多寶貴的意見，讓我領悟到原來我的論文還可以從這些角度去思考與拓展，使得論文能夠精益求精。

來到工業工程研究所這個大家庭之後，承蒙學長姐們的照顧與同學的陪伴，尤其是思智、育正、紹俊、紹炫、浩騰、以澤等讓我在研究所生涯留下精彩的記憶。記得晚上趕報告肚子餓的時候，大家一起浩浩蕩蕩有說有笑地買宵夜去，記得聖誕節的交換禮物，冬至的火鍋。。。想起這些種種的回憶，心中不免泛起不捨的心情。

非常謝謝月香姐以及佳安姐這兩年來的照顧，多次與妳們一起參加系上大大小小的活動，每次都當攝影手的我，一不小心就把自己跟系上的活動劃上了等號，很高興可以幫大家紀錄重要時刻，更高興自己也在裡面參了一腳。

謝謝東海大學這些年給我提供獎學金，減輕了我在求學過程中不少的負擔。

最後特別感謝我最重要的家人，是你們的支持才讓我能夠無憂無慮的一路完成研究所的學業，謝謝你們總是無條件的鼓勵與支持我。

蘇章蓬 謹誌於
東海大學工業工程與經營資訊研究所
中華民國一〇六年六月

目錄

摘要.....	I
Abstract.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
表目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與背景.....	1
1.2 研究問題與目的.....	4
1.3 研究流程.....	4
1.4 研究範圍與限制.....	5
第二章 文獻探討.....	6
2.1 環境效率.....	6
2.2 效率評估的意義與方法.....	8
2.3 邊界分析法.....	11
2.4 應用資料包絡分析法於環境效率相關文獻.....	15
第三章 實證模型與資料說明.....	18
3.1 資料包絡分析法.....	18
3.2 資料來源說明.....	21
3.3 投入與產出項相關說明.....	22
3.4 Pearson 相關性分析.....	22
3.5 視窗分析.....	24
3.6 敏感度分析.....	26
3.7 差額變數分析.....	27
第四章 實證分析.....	28
4.1 敘述性統計.....	29
4.2 資料包絡分析法實證分析.....	33
4.3 視窗分析.....	45

4.4 差額變數分析.....	49
4.5 敏感度分析.....	62
第五章 結論與建議.....	69
5.1 結論.....	69
5.2 未來研究建議.....	71
參考文獻.....	72

圖目錄

圖 1.1 微笑曲線圖.....	2
圖 1.2 國家微笑曲線圖.....	3
圖 1.3 研究流程圖.....	5
圖 2.1 Farrell 生產邊界理論.....	13
圖 4.1 2005~2014 效率變動趨勢圖.....	44
圖 4.2 效率表現矩陣圖.....	49

表目錄

表 2.1 國際組織對環境效率之定義.....	7
表 2.2 效率評估方法優缺點比較表.....	10
表 2.3 DEA 應用於環境效率之相關文獻.....	17
表 3.1 相關性分析.....	23
表 3.2 視窗分析法示意表.....	26
表 3.3 敏感度分析.....	27
表 4.1 2005~2014 年各國人均 GDP 及 GNP 比較表	29
表 4.2 2005~2014 年各國人均 GDP 及 GNP 比較表	30
表 4.3 2005~2014 年開發中國家敘述性統計量.....	31
表 4.4 2005~2014 年已開發國家敘述性統計量.....	32
表 4.5 2005~2014 年能源使用量及二氧化碳排放比較表.....	33
表 4.6 效率強度分群.....	34
表 4.7 2005 年各國效率值.....	35
表 4.8 2006 年各國效率值.....	35
表 4.9 2007 年各國效率值.....	36
表 4.10 2008 年各國效率值.....	37
表 4.11 2009 年各國效率值.....	37
表 4.12 2010 年各國效率值.....	38
表 4.13 2011 年各國效率值.....	39
表 4.14 2012 年各國效率值.....	40
表 4.15 2013 年各國效率值.....	40
表 4.16 2014 年各國效率值.....	41
表 4.17 2005~2014 年開發中國家效率單位分布狀況.....	42
表 4.18 2005~2014 年已開發國家效率單位分布狀況.....	43
表 4.19 開發中國家與已開發國家各年效率值.....	44
表 4.20 開發中國家視窗分析結果表.....	45
表 4.21 已開發國家視窗分析結果表.....	47
表 4.22 視窗分析結果統計.....	48

表 4.23 2005 年差額變數分析表.....	50
表 4.24 2006 年差額變數分析表.....	51
表 4.25 2007 年差額變數分析表.....	52
表 4.26 2008 年差額變數分析表.....	53
表 4.27 2009 年差額變數分析表.....	54
表 4.28 2010 年差額變數分析表.....	55
表 4.29 2011 年差額變數分析表.....	56
表 4.30 2012 年差額變數分析表.....	57
表 4.31 2013 年差額變數分析表.....	58
表 4.32 2014 年差額變數分析表.....	59
表 4.33 開發中國家差額變數表.....	60
表 4.34 開發中國家效率下滑年度差額變數表.....	60
表 4.35 已開發國家差額變數表.....	61
表 4.36 已開發國家效率下滑年度差額變數表.....	61
表 4.37 2005 年敏感度分析表.....	62
表 4.38 2006 年敏感度分析表.....	63
表 4.39 2007 年敏感度分析表.....	63
表 4.40 2008 年敏感度分析表.....	64
表 4.41 2009 年敏感度分析表.....	64
表 4.42 2010 年敏感度分析表.....	65
表 4.43 2011 年敏感度分析表.....	65
表 4.44 2012 年敏感度分析表.....	66
表 4.45 2013 年敏感度分析表.....	66
表 4.46 2014 年敏感度分析表.....	67
表 4.47 開發中國家敏感度分析表.....	67
表 4.48 已開發國家敏感度分析表.....	68

第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

許多國家經濟發展呈現良好的態勢，但因為片面的追求經濟成長而使環境的問題與經濟脫節，導致無法永續發展(Chen Liming, 2014)、(Yifen Lu, 2015)，當今絕大多數國家陷入毀滅性的瘋狂競賽當中，各國各地往往為了追求一時短暫的經濟發展利益，而不顧慮到對環境所造成的負面影響，導致自然資源利用效率低，污染排放量大(Xiaohang Bi, 2012)，因此，如何維持生態、社會、經濟的永續性發展，成了今日世界的當務之急。自 1997 年開始，聯合國氣候變化綱要公約制定了京都議定書，其主要目的為避免增加形成溫室效應造成全球暖化、氣候變遷、海平面上升等問題，以規範全球之能源、產業等政策。根據政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 在 2016 年發表第六次評估報告指出，1960 年至 2010 年暖化趨勢絕大多數是人為過程所造成的。

Turna, Haasis and Rentz(1994)認為現今全球財富的分配不均以及對環境的破壞，已經無法成功的達成永續性之發展，除了改變人類自身觀念，對環境保護有義務上的認知，人類才能夠在地球上永續發展，現今能源、環境以及經濟成長，在三者之間一直都是呈現相互影響、相互發展的狀態。而人類卻在追求經濟發展的過程之中，忽略了能源與環境兩者之間所需要的協調與發展關係，因此造成現今的能源的短缺以及環境的破壞。

而在近年來開發中國家的經濟快速成長，其中人口最龐大的中國大陸在近 20 年中 GDP 平均以 9.5% 以上的力度成長，在整體的 GDP 上也成長了 6 倍以上。為因應現今的產業全球分工，亞洲存在著較多代工的國家，而其他已開發國家紛紛將其代工交給亞洲各個國家生產，例如：中國大陸擁有著人力以及土地等優勢，在伴隨著全球化腳步，

中國利用其代工之模式，逐漸的扮演了全球製造中心的角色，但是其能源消耗以及溫室氣體排放也大幅增加。

根據施振榮（1997）提出產業間的微笑曲線觀點，說明企業的附加價值，隨其產業的位置而異，而附加價值代表廠商獲得報酬的多寡，如圖 1.1 所示，微笑曲線分成左、中、右三段，左段為專利、技術，中段為組裝、製造，右段為品牌、服務，而曲線代表的是獲利，微笑曲線在中段位置為獲利較低位，而在左右兩段位置則為獲利高位。已開發國家大多掌握了專利技術與品牌服務屬於高獲利的部分，而開發中國家較多為代工與製造屬於低獲利的部分，本研究亦使用此觀點，探討各國家之環境效率表現是否有符合微笑曲線的概念，如圖 1.2。

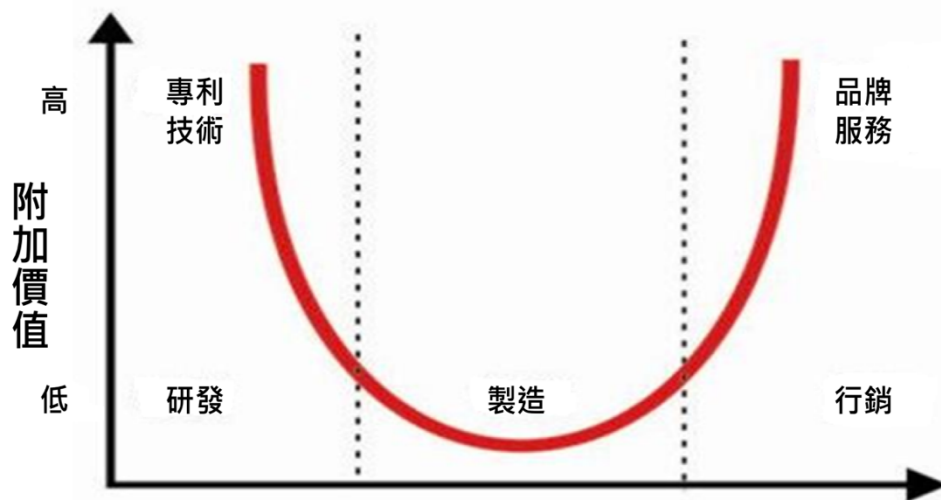


圖 1.1 微笑曲線圖

資料來源：施振榮(1997)、本研究整理

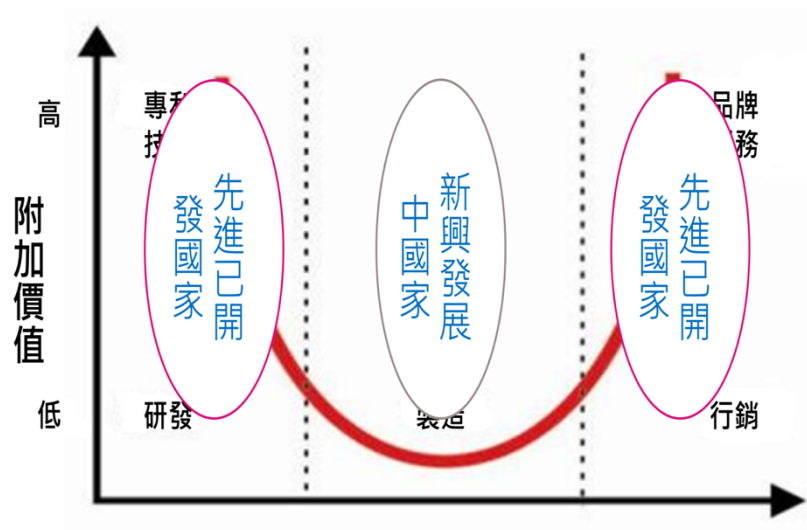


圖 1.2 國家微笑曲線圖

資料來源: 施振榮(1997)、本研究整理

1.2 研究問題與目的

如何才能在經濟發展、能源使用、環境保護三方面取得綜合平衡的發展態勢，既保持經濟高速成長，合理節約能源，又能使環境得到保護，是世界各國政府、學術界極為關注的問題。

本研究將利用開發中國家經濟體前五國以及已開發國家經濟體前五國，把國家分成兩群：(1) 開發中國家；(2) 已開發國家。並評估兩群組的永續環境與經濟發展績效評估，透過 Pearson 相關性分析、資料包絡分析法 (DEA)、差額變數分析、敏感度分析、視窗分析，從效率的觀點來評估不同群體國家環境效率，並加入時間過程考量探討兩群組的效率能力以及穩定程度。

本研究目的歸納如下：

1. 以敘述性統計分析，觀察不同國家的數據的分佈情況，並藉以將國家進行分類。
2. 使用資料包絡分析法對各國環境效率進行分析及比較差異，並探討各國環境效率表現是否符合微笑曲線的概念。
3. 透過差額變數分析找出影響各國效率的主要原因。
4. 利用敏感度分析，分析各國資源投入的優勢項目以及影響幅度。

1.3 研究流程

本研究之流程如圖 1.3，說明如下：

1. 確認研究主題與目的：本研究將探討已開發國家與開發中國家的環境效率與經濟發展的評估並透過矩陣位置觀察效率穩定程度，進一步探討產生差異之原因，給予改善的建議。
2. 相關文獻探討。
3. 實證模型建構與資料蒐集：根據文獻探討確立實證模型，並說明研究變數之定義與衡量方法。
4. 實證結果與分析：將實證結果彙整，予以進行分析及比較。

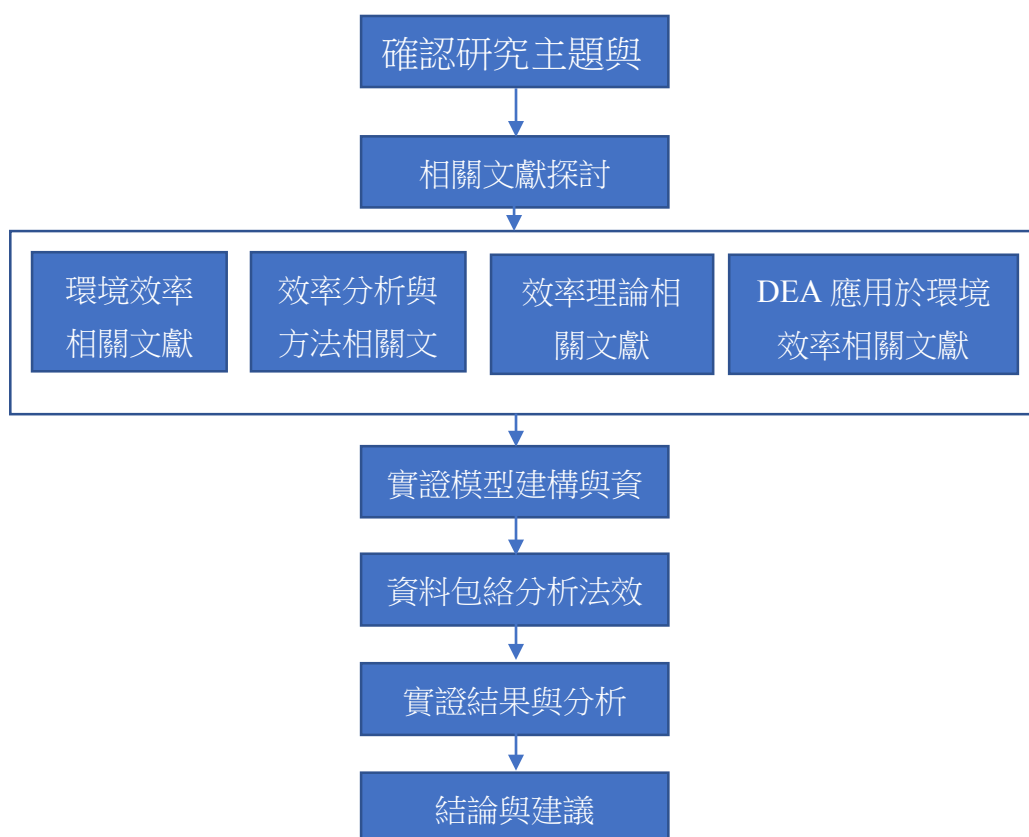


圖 1.3 研究流程圖
資料來源：本研究整理

1.4 研究範圍與限制

本研究以全球開發中國家經濟體前五大（巴西、中國、墨西哥、印度、印尼）以及已開發國家經濟體前五大（美國、英國、法國、日本、德國）為研究對象，利用 2005 年至 2014 年各國家公開統計資料，進行實證分析。資料取得方面以 BP Global、International Energy Agency（IEA）及 World Development Indicators（WDI）。本研究之限制如下：

1. 各國的資料整理歸納上以共有的國家作為選取，受時間影響各國各年 GDP 值會受到貨幣匯率的不同而造成資料誤差。
2. 本研究根據各國公布資料進行分析，各國的具體能源配置及減排策略不可得知，如能考量各國環境策略，將可提升本研究之貢獻。

第二章 文獻探討

2.1 環境效率

環境效率有兼顧經濟與生態兩方面效益之意，環境效率起初應用在企業單位，代表企業或產業所造成之環境壓力總和與商品服務總值之比例。近年來用於解釋人類活動與環境之間的關係，也就是經濟和環境的相互作用之影響，而在高都市化及人口快速成長的現代化社會中，環境效率的優點在於能同時兼顧能源損耗與生態品質（Xu Tianqun & Chen Yuepeng，2015）。

在 1992 年為企業生產的過程與永續發展結合，世界企業永續發展委員會（World Business Council for Sustainable Development，WBCSD），將此概念加以詮釋，其對於效率的定義為：“環境效率的達成，藉由提供價格具有競爭力的商品或服務以滿足人類需求，並在整個產品或服務的生命週期內，將其對環境的衝擊與天然資源的使用，減少到地球課負荷的程度”。其公式如下：

$$\text{環境效率} = \text{產品或服務的價值} / \text{環境影響}$$

WBCSD 定義的核心價值為強調服務、生活需求與居住品質的重要性、考量產品與生態體系的循環、考量環境承載的極限與生產的過程。

除了以上概念，各國國際性或地方性的組織也依其觀點對環境效率做出定義，相關定義整理如表 2.1。

表 2.1 國際組織對環境效率之定義

組織	定義
世界企業永續發展委員會 (WBSCD)	透過有價格競爭優勢的商品或服務，滿足人類需求並在產品或服務的生命週期內，將對環境的影響減少到地球可負荷的程度。
經濟合作暨發展組織 (OECD)	生態資源使用可達到人類需求的效率
加拿大工業部	一種使成本最小化及最大化價值的技術
歐洲環境部 (EEA)	以較少的資源投入創造最大的利益。
澳洲環境部	以更少的資源及能源來提供有商品及服務
聯合國貿易和發展會議 (UNCTAD)	增加或減少利益的同時，減少環境的影響。
國際金融組織、環境投資部 (IFC-EFG)	透過更有效率的生產方式提高資源使用的永續性

資料來源：本研究整理

環境效率之解釋可分成兩類，(1) “減少或最小化環境衝擊量” Schmidheiny (1992)、Desimone and Popoff (1997); (2) 「每增加一單位的環境耗損所創造出的價值」 Schaltegger and Sturm (1990)、Callens and Tyteca (1999)。環境效率指標已被視為觀察環境的一項工具，可於一段時間內連接環境影響及經濟資訊，表達出有系統且明確的意義。雖然環境效率的改善不一定能夠滿足永續發展的境界，但可盡可能減少發展經濟對環境所造成的影響，其核心價值在於探討經濟與環境間的相互關係，在經濟的成長下能有效減少對環境的破壞或資源的過度使用，往永續發展的目標邁進。

2.2 效率評估的意義與方法

效率在不同的情況下會有不同的詮釋方式，過去亦有多位學者對效率的定義提出看法，Szilagyi（1981）認為效率是以產出與投入的比率來衡量，欲提高效率是以相同（或較少）的投入，得到較多（或相同）的產出之相對性質的評估問題。Robbins（1990）認為在評估組織績效時需考量多種要素，僅以單一項目難以代表整體組織，必須考量多種要素，較符合現實狀況。邱吉鶴（2001）認為效率評估是提供一個營運組織達成目標的手段。其績效資訊可以提供營運單位激勵員工追求成功意念，並以引領其成員努力的方向，以及財務單位資源配置的使用。因此為了瞭解組織發展與目的，進行效率評估及管理是必要的。

「效率」在經濟學領域中所涵蓋的範圍相當廣泛，主要是代表產出與投入的比例關係，以簡單的公式表示，既 $E=O/I$ ，其中 E 代表效率，O 代表產出，I 代表投入，用以評估資源是否被有效利用。在既定的技術條件下，由產出面的觀點，指能充分利用給定的投入組合，追求極大化的產出為目的；由成本面來看，則是在既定的產出下追求最小化的投入。

不同的管理角度對效率評估所使用的方法也會有所不同，傳統的效率衡量方式，大致可分為三種方法：比率分析法、最小平方法及邊界分析法（翁興利等人，1996）。而薄喬萍（2008）也提出常用之效率評估方法：比率分析法、回歸分析法、多準則評估法、生產力及生產效率分析法及資料包絡分析法。

比率分析法為最常用到的評估方法，利用投入及產出項之比率大小進行效率的比較，其優點為簡單易懂。常見的財務比率的指標，有資產報酬率、流動比率、負債比率等，但隨著經營策略不同，要在眾多的財務指標中選出能衡量企業整體表現並不容易，在與其他組織進

行比較時，除非某一組織的所有指標皆優於另一組織，否則難以判斷組織整體優劣。高強（2003）提到在組織活動具有多投入及多產出的性質時，比率分析法無法對組織績效進行全面性的評估，雖然有研究者試圖使用加權的方式，將多項投入及產出變項分別合併成為單一投入及產出變項，但是對於權重的選擇往往過於主觀，因此降低了其適用性。

一般而言，受評單位往往希望採用一組對其最有利之權重，根據此觀點，則由資料客觀決定權重的方法較為適當。在計量經濟學中，將多項投入變項做為自變數，單一產出變項做為應變數，透過最小平方法對投入與產出進行迴歸分析，可找出多個自變數與單一應變數之間的關係。其優點為考量多投入，相較於比率分析法而言，更為符合真實情境。但是，迴歸分析無法處理多項產出的情況，且推估的結果僅代表樣本廠商的「平均」產出，並非生產中最具效率的最適組合點，忽略了個別廠商的特殊情況，故其也無法明確區分高效率與低效率之廠商。且在函數形式的設定上，最小平房法對於生產函數的形式，必須假設其為線性，若實際資料分布為非線性的情況時，則估計參數將會產生較大的偏誤，因此運用此方法來分析廠商的生產效率，其精確性備受質疑。

生產力及生產效率分析方法則是利用生產函數，在某一生產技術下，一組投入所可能生產之最大產出所構成的集合，當只有單一投入項及單一產出項時，此法容易使用，但若是多投入與多產出變項時，此分析方法便不易實施。決定一個組織是否有效率，使用單一投入及單一產出想評估固然簡單，但結果卻無法代表整體組織績效。

多準則評估法主要認定組織的投入與產出是由多種因素組成，並設定多目標為評定標準，可階層程序分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）及 TOPSIS（Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution）進行優劣排序。但這類方法在決策單位面臨起指標

並非完全優於欲比較單位的情況，便很難評斷出組織間的生產力高低，若另外以加權值將指標相加後評估，加權值選定的公平性及評估指標的客觀性將是一大問題。一下列整理上述各效率評估法，如表 2.2

表 2.2 效率評估方法優缺點比較表

評估方法	優點	缺點	適用時機
比例分析法	1. 衡量效率值明顯易懂，使用簡便。 2. 經由結果可明確分辨效率好壞	1. 僅為單一指標，無法判斷整體效率。 2. 結果無法單獨評定單一比率值。 3. 投入與產出項須考慮衡量單位同質性問題。	單項投入與單項產出。
迴歸分析法	1. 將多項投入當作自變數，並以產出為一變數，藉以預測生產力。 2. 具統計學理論基礎，結果較科學化	1. 自變數與依變數間需具有線性函數關係，否則效率值將不準確 2. 只能設定一依變數，無法處理多產出問題。 3. 結果須經主觀認定，無法準確得到效率值。	多項投入與單項產出。
生產效率分析法	1. 考量所有投入可能生產的最大產出所構成的集合	1. 權重選擇有主觀性問題。 2. 無法全面性評估。	單項投入與單項產出。
多準則評估法	1. 可考量多屬性目標之全面性評估	1. 評估項目客觀性與人為評分方式有公平性限制。 2. 權重容易受主觀意識影響	多項投入與多項產出

評估方法	優點	缺點	適用時機
資料包絡分析法	1.可以同時處理多項投入與多項產出之效率衡量。 2.無須預設函數及參考估計問題。 3.不受認為主觀意識影響 4.評估結果為綜合指標，易做效率比較。	1.衡量時同質性越高，效率才有意義。 2.當資料過多時，運算過程較為費時。 3.當產出想為負值時，無法處理。	多項投入與多項產出。

資料來源：本研究整理

根據上述方法再進行效率評估時，可能會碰到的問題歸納如下：

1. 無法處理多項投入及多項產出評估問題。
2. 利用數學模式運算得到效率值，須事先設定加權值，而各決策單位的情況有所不同，以固定加權值做評估可能會對某些單位不利，有失公平。
3. 受評單位在評估後的效率值無法和其他單位做相對比較，無法提供決策者在相對效率下處於無效率時改進的方向。

為了讓效率評估更具意義，評估方法勢必要能解決這些問題，近年來學者再方法的運用上都有所突破，修正了某些效率評估方法的缺陷，而本研究主要又以邊界分析法中的資料包絡分析做為效率評估的依據。

2.3 邊界分析法

邊界分析法的概念源自於 Farrell (1957) 提出的生產邊界 (Production Frontier)。Farrell 提出以生產邊界來衡量生產效率，其效率理論主要基於三個基本假設：

1. 生產邊界為最具效率之生產單位所構成，若某生產單位落於邊界

之外，則其屬於較無效率之生產單位。

2. 廠商之規模報酬形式皆為固定規模報酬（Constant Returns Scale，CRS）
3. 生產邊界凸向（convex）原點，在生產邊界上每點的斜率皆為負值。

利用邊界分析做效率評估，必須先估計邊界函數，Lovell（1993）指出採用邊界分析法評估生產效率時，依照是否事先推估生產函數形式，可分為參數邊界法（Parametric Frontier Method）及無參數邊界法（Non-Parametric Frontier Method），所以依照生產邊界是確定性（Deterministic）或隨機性（Stochastic），與是否須估計生產活動之參數，邊界分析法大致可分為三種，分別為：（1）確定性無參數邊界法；（2）確定性參數邊界法；（3）隨機性邊界法（吳濟華、何柏正，2008）。

Farrell 利用數學規劃（Mathematical Programming）的方式求得廠商經濟效率（Economic Efficiency，EE；或稱整體效率，Overall Efficiency，OE），並將經濟效率分解成技術效率（Technical Efficiency，TE）與配置效率（Allocation Efficiency，AE；或稱價格效率，Price Efficiency，PE）。技術效率是衡量廠商再既定技術水準下，有效運用既定的投入，以達到極大化產出的能力；配置效率即衡量廠商再既定的技術水準與要素價格下，使生產要素的投入比例達到最適，以達成極小化成本的能力。將技術效率指標與配置效率指標相乘，即可得到單位之生產效率。

Farrell 分析生產效率的概念，可利用等產量曲線（Isoquant）來進行解釋。圖 2.1 中，假設某一群樣本廠商利用兩種投入要素（ X_1 ， X_2 ），要素價格分別為（ W_1 ， W_2 ），生產單一產品 Y ，產出水準以 $Y=F(X_1, X_2)$ 表示。若有 n 個生產投入組合點，此 n 個生產投入組合點中，能使要素投入組合最小者所連結成之軌跡即為等產量曲線 QQ' 。除了 QQ' 上的生產點，其他生產投入組合點都會落在 QQ' 之右

上方，即 QQ' 成為任何廠商生產點與原點 O 間的要素投入組合最小之邊界，此即 Farrell 所稱的生產邊界。而位於 QQ' 右上方之生產點，則因為生產要素投入未達到最小，故為不具技術效率之生產點，即廠商會有生產無效率的情況發生。

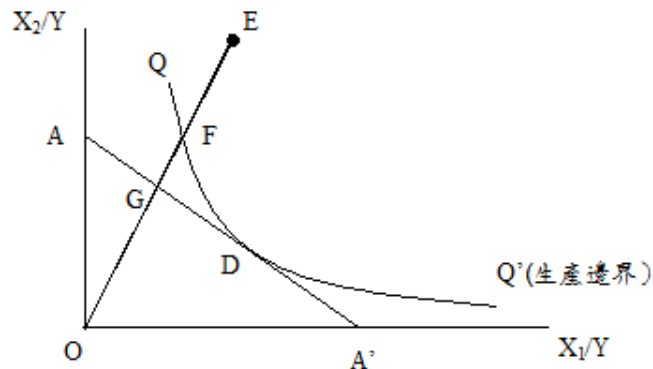


圖 2.1 Farrell (1957) 之生產邊界理論
資料來源：Coelli et al (1998)

假設 AA' 為既定要素價格下成本極小之等成本線，任何落在 AA' 之生產點都符合成本極小化之條件，Farrell 定義其為具有配置效率之生產點。至於落在 AA' 右上方之生產點因未達成本極小化條件，故為不具配置效率之生產點。而 AA' 與 QQ' 相切點 D 因同時落在 AA' 與 QQ' 上，所以同時符合技術效率與配置效率之條件，故其為具有經濟效率之生產點。

古典生產理論乃事先假設生產者具有完全技術效率，故所有生產者要素投入組合皆會落在 QQ' 上， QQ' 上任一點的生產要素投入量則以生產點與原點之連線距離表示。以圖 2.1 中之 F 及 G 為例，其中 G 位於 AA' 上，故 G 至原點的距離 OG 可用來表示其生產要素投入量。若假設存在另一條與 AA' 平行之等成本線通過 F ，則 F 在相同的要素價格下具有之生產量可表示為 OF 。由於 F 與 G 具有相愛難溝通之成本水準，即 F 之生產要素投入成本等於 G 之生產要素投入成本，所以 F 與 G 之生產投入比值可表示為 OG / OF ，此一比值在經濟上隱

含具有技術效率但不具有配置效率之 F 生產者，相對於具有配置效率和技術效率之 D 生產者之配置效率。

以位於 E 點生產者為例，該生產點位於 QQ' 之右上方，為不具技術效率之生產點，其生產投入量可表示為 OE。相對於位於 QQ' 上，具有完全技術效率之 F 點，E 點相對於 F 點其技術效率值可表示為 OF / OE 。進一步計算 E 點生產者之經濟效率，則可表示為 $OF / OE \times OG / OF = OG / OE$ 。其中， OF / OE 為 E 點生產者相對於 D 點之技術效率值， OG / OF 則為 E 點生產者對 D 點之配置效率值。

Farrell 提出之技術效率為一相對而非絕對之技術效率的概念，圖 2.1 中 D 之完全技術效率乃是相對於其他觀察點而言。其假設是建立在所有廠商皆生產同質性產品，以相同投入下產出最大之生產點或產出相同下成本極小之投入組合所連成之邊界做為比較基準，進行技術效率之衡量。

Lovell (1993) 指出一般採用邊界分析法評估生產效率時，依照是否事先推估生產函數形式，可分為參數邊界法 (Parametric Frontier Method) 及非參數邊界法 (Non-Parametric Frontier Method)，其中參數邊界法以隨機邊界分析法 (stochastic Frontier Analysis, SFA) 為代表，非參數邊界法以資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 為代表，此兩種典範在效率分析的領域中不斷地競爭。

參數邊界法是對於母體特性進行假設，即需預先設定一個生產函數型態，並預設殘差項服從若干假設，再透過計量方法估計廠商的生產函數，以分析廠商的技術效率、配置效率及成本效率。就衡量技術效率方面而言，參數法對生產函數型態、估計方法及殘差項選擇的不同，會得到不同的結果 (鄭秀玲、劉育碩，2000)。因此參數邊界法的缺點在於其預設的函數型態較缺乏說服力；而在實際使用時，也因為其容易產生設定錯誤 (Specification Error) 問題，進而對估計結果造成影響 (Fried et al., 1993; 李文福、王媛慧，1998)。

非參數邊界法以資料包絡分析法為代表，其主要利用線性規劃的原理來估計效率，可處理多項投入及多項產出，對於投入及產出要素之單位沒有限制，亦無需預設生產函數型態，且資料經由輸入規劃決定全中，無人為主管的成分在內，並能以資源管理之角度，提供如何改善之建議，進而達到客觀地處理同質性廠商多投入多產出之相對效率評估問題（Lewin et al., 1982）。因本研究有多投入及產出的特性，並期望可以給無效率的國家改進之參考，故選用資料包絡分析法進行效率評估。

2.4 應用資料包絡分析於環境效率相關文獻

資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis, DEA），已是被廣泛應用在各領域的績效評估方法之一，就各文獻之重點說明如下：

高志宏（2006）使用資料包絡分析法對 APEC 中 17 個經濟體在 1991 年至 2000 年間的環境能源效率進行分析，投入項變數：資本、勞動力、能源使用量，產出項變數：GDP。結果顯示中國的環境能源效率最低，香港、菲律賓及美國是 APEC 中最具有環境能源效率的三個經濟體，可為其他經濟體在環境能源政策上仿效及學習標竿。

吳宓珊（2008）透過資料包絡分析對台灣主要都市進行環境效率，並對都市型態於環境效率的關係進行差異性分析。投入項變數：總用水量、總用電量、都市已發展用地面積、空氣污染量；產出項變數：二與三級產業人口、二與三級產業產值、每年家戶薪資所得、公共設施面積、住宅面積。結果顯示北部區域表現較佳，中部區域最差，而東部與南部區域邊緣效率值最多，代表較容易透過微幅投入與產出項調整進而改善環境效率值。整體而言顯示已發展用地的投入過多，而三級產業土地生產力仍有改善地方。

王俊能等人（2010）利用資料包絡分析法對中國 31 個省市區的環境效率進行總體分析與評價，並利用 Tobit 迴歸模型分析環境效率

的影響因素。投入項變數：COD 排放量、SO₂ 排放量；產出項變數：GDP。結果表明中國環境效率整體水平較差，一招環境協調程度可以劃分為生態平衡區、優化發展區和集中發展區，人均 GDP、產業結構、都市化率、生產技術水準等皆是影響環境效率的重要因素，其中人均 GDP、第三產業比重與環境效率呈現正相關，都市化率和單位 GDP 耗能與環境效率呈弱負相關。

林銘村等人（2013）使用資料包絡分析法比較台灣 23 個縣市的用量、用油量，研究 2004 至 2008 年間 23 縣市的能源效率。投入項變數：個縣市就業人口、電力用電量、家庭電燈用電量、其他非家庭點燈用電量、汽油用油量、柴油用油量；產出項變數：個縣市總所得。結果顯示台灣自己的效率前緣，多數縣市在資源使用上缺乏效率，尚待改善以提高效率。發現七項環境變數（高等教育人口比率、人口密度、人均可支配所得、工廠密度、機動車密度、各縣市預算總支出、具有科學園區等）對縣市資源使用效率有顯著正向影響，建議政府從教育及資源政策著手，以提高各縣市資源使用效率及生產力。

Xian-Guo Li et al. (2013) 使用資料包絡分析法探討北京五年的環境效率，分成兩步驟，首先求得北京環境效率值，之後將求出之效率值做獨立變數，使用迴歸分析確定哪些因素影響環境效率。投入項變數：員工數量、資本存量、煤使用量；產出項變數：GDP；非意欲產出項變數：二氧化碳排放。結果顯示產業結構中第三產業的比重是佔影響環境效率的最重要因素。本研究將上述引用之文獻彙整如下表 2.3。

表 2.3 DEA 應用於環境效率之相關文獻

作者	研究題目	投入變項	產出變項
高志宏 (2006)	APEC 經濟體之總要素環境能源效率	資本、勞動力、能源使用量	GDP
吳宓珊 (2008)	台灣主要都市環境發展效率評估	總用水量、總用電量、都市已發展用地面積、空氣污染量	二與三級產業人口、二與三級產業值、每年家戶薪資所得、公共設施面積、住宅面積
王俊能、許振成、胡習邦、彭曉春、周陽 (2010)	基於 DEA 理論的中國區域環境效率分析	COD 排放量、SO ₂ 排放量	GDP
林銘村、林瑞珠、胡均立 (2013)	台灣各縣市資源使用效率及生產力之分析	各縣市就業人口、電力用電量、家庭電燈用電量、其他非家庭電燈用電量、汽油用油量、柴油用油量	各縣市總所得
Xian-Guo Li, Jing Yang, Xue-Jing Liu (2013)	Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that condiders undesirable outputs	員工數量，資本存量、煤使用量	GDP

資料來源：本研究整理

第三章 實證模型與資料說明

3.1 資料包絡分析法

在許多國內外文獻中研究組織經營績效多以比率分析法、參數分析法及非參數分析法比較與分析。但比率分析法只能同時評估單一投入與單一產出，而加權參數以主觀認定，缺少公認的比率選擇模式。參數分析法可用於經營績效，但其方法僅使用於衡量成本及生產的限制。非參數分析法用於實證分析，因不受樣本大小及設定函數限制，故本研究採用資料包絡分析法以衡量半導體產業之經營績效評估。

西元 1978 年，由 Charnes、Coope 與 Rhodes 三位學者發表的文章：“Measuring the Efficiency of Decision Making Units”提出資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)該研究運用 Farrell 所提出的生產邊界概念，在固定規模報酬的假設下，利用數學規劃方法，衡量多項投入變項及產出變項的效率，其所估計出來之效率值將介於 0 與 1 之間，此模式稱為 CCR 模式，其對於效率定義指的是「柏拉圖最適境界」，也就是對各受評者是最有利的評比方式。基於柏拉圖最適境界之效率觀念，只要求得生產邊界即可將實際生產與生產邊界做比較，求得被衡量決策單位的生產力。生產邊界可使用來界定投入與產出間的關係，其代表在每一個投入水準下所能生產之最大產出，因此它反映出產業的現有技術水準。在一產業中若是具備技術效率的公司，落點將會在生產邊界上，若為技術無效率的公司，其落點將會低於生產邊界。

Charnes 及 Cooper(1985)分別從投入面與產出面說明效率的意涵，從投入面角度，在不增加其它投入變項的使用量下，若一個組織減少某一投入變項的使用量，產出變項的數量卻沒有發生減少情形，顯示該組織並非處於相對有效率的狀況；從產出面角度，在不減少其它產

出變項的使用量下，若一個組織增加某一產出變項的產出量，卻不需增加投入量時，顯示該組織並非處於相對有效率的情況。

3.1.1 CCR 模式

假設單位 j ($j = 1, \dots, n$) 使用第 i ($i = 1, \dots, m$) 項投入量為 X_{ij} ，其第 r ($r = 1, \dots, s$) 項產出量為 Y_{rj} ，則單位 k 之投入效率評估模式為：

$$\begin{aligned}
 E_k = \text{Max} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \\
 \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n \\
 & u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

其中 E_k 為第 k 個 DMU 的效率值

Y_{ij} 為第 j 個 DMU 的第 r 個產出值

X_{ij} 為第 j 個 DMU 的第 i 個投入值

u_r 為第 j 個 DMU 的第 r 個產出項的加權值

v_i 為第 j 個 DMU 的第 i 個投入項的加權值

(3.1)式為一線性分式規劃模式，不僅求解比較困難，而且會產生無窮多解之情形，故可利用 Charnes and Cooper(1962)所提之方法轉換為線性規劃問題以方便求解：

$$\begin{aligned}
\text{Max } h_k &= \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\
\text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1 \\
& \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n \\
& u_r, v_i \geq 0, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m
\end{aligned}
\tag{3.2}$$

任何一線性規劃問題均存在有一對偶問題(dual problem)，可作一些後續的分析探討，Bousso Fiane et al.(1991)認為，由於(3.2)式中有 $s + m$ 個變數以及 $n + s + m + 1$ 個限制式，若是使用對偶命題(Dual)求解，可以減少不必要的計算量，使得求解更有效率，並可提供更多的參考資訊，(3.1)式之對偶式如下：

$$\begin{aligned}
\text{Min } h_k &= \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
\text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} - \theta X_{ik} + s_i^- = 0, \quad i=1, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{rk}, \quad r=1, \dots, s \\
& \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s \\
& \theta \text{ 無正負限制}
\end{aligned}
\tag{3.3}$$

式中分別為差額變數(Slack)與超額變數(Surplus)，是線性規劃中將不等式轉化為等式常用之變數。在(3.3)式中， θ 為所欲評估之 DMU_k 之投入量與所有 DMU 之投入量的加權數比值，代表受評單位之效率值，因此其最佳解值必為正值，受評單位 DMU_k 之 CCR 效率，將會有以下三種結果：

1. $\theta^* = 1$ ，則判定 DMU_k 具有CCR 效率。

當 $\theta^* < 1$ ，由(3.3)式可知， $\sum \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta X_{ik} < X_{ik}$ ，即顯示 DMU_k 之投入量大於全體DMU投入量之平均加權數， DMU_k 必須使用較多投入量，才能與全體的加權數相等，這表示經營績效未達最佳化。

2. $\theta^* = 1$ ，但 s_i^- 或 s_r^+ 不為0，則該 DMU_k 稱為具有發散效率 (Radical Efficiency)，此為無CCR 效率，亦即不具 Farrell 效率。

若是 $\theta^* = 1$ 且 $s_i^- \neq 0$ ，則 $X_{ik} = \sum \lambda_j X_{ij} + s_i^-$ ，亦即 $X_{ik} > \sum \lambda_j X_{ij}$ 可知 DMU_k 之投入量大於全體DMU投入量之加權平均數；若 $s_r^+ \neq 0$ ，則可知 $\sum \lambda_j Y_{rj} > Y_{rk}$ ，可知 DMU_k 之產出量小於全體DMU產出量之加權平均數，這也是效率不佳的現象。

3. 當 $\theta^* = 1$ ，且 s_r^+ 、 s_i^- 為0，則 DMU_k 具CCR效率，即稱為 *Pareto - Koopmans* 效率。

當 $\theta^* = 1$ ，且 $s_r^+ = s_i^- = 0$ 則知 $\sum \lambda_j X_{ij} = X_{ik}$ ， $\sum \lambda_j Y_{rj} = Y_{rk}$ ，這表示 DMU_k 之投入量及產出量與全體DMU之投入、產出量加權平均數相等，這表示以目前之情況來講，已不需再做調整、改進，此 DMU_k 已具有CCR 效率

由投入導向之CCR對偶模式，可以得知各受評單位投入、產出理想目標各為 $(\theta X_{ik} - s_i^-, Y_{rk} + s_r^+)$ ，若欲使受評單位達到有效率，則投入量宜減少 ΔX_{ik} ，產出宜增加 ΔY_{rk} ：

$$\begin{aligned} \Delta X_{ik} &= X_{ik} - (\theta^* X_{ik} - s_i^-), \quad i = 1, \dots, m \\ \Delta Y_{rk} &= (Y_{rk} + s_r^+) - Y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (3.4)$$

3.2 資料來源說明

本研究以十個國家來進行環境效率分析，其中包含開發中國家經濟體前五國與已開發國家經濟體前五國，再以國家的發展狀況分成兩群組：(1) 開發中國家；(2) 已開發國家。並對兩群組的環境效率比較差異。

本研究相關資料分析由 World Development Indicators (WDI)、International Energy Agency (IEA)。並參考 BP Global 研究報告。研究期間為 2005 年至 2014 年。

3.3 投入與產出項相關說明

使用 DEA 評估單位效率時，若選取了不恰當之投入及產出項，將會導致評估結果扭曲，故選取適當的投入及產出項，實為達到正確評估之前提(Mehdi Toloo, Tomáš Tichý, 2015)。而使用 DEA 亦需符合經驗法則 (Rule of Thumb) 之限制；受評估單位個數至少應為投入項數目與產出項數目總和之兩倍 (Golany & Roll, 1989)。綜合相關文獻，本研究選取外資、內資、能源使用為投入項、二氧化碳為非意欲產出、GDP 為產出項。

茲將定義與擷取原因說明，投入變數：(1) 資本 (內資、外資)：國家的經濟發展情況，與一國投入其生產資金與資產設備多寡息息相關，包括國家土地、廠房、機器、和設備的購置與工商業建築等。

(2) 能源使用量：各國為了經濟發展，出口或生產的增加常伴隨著能源消耗的成長，本研究選取原生能源消耗，包括煤、石油、天然氣等。產出變數及非意欲產出變數：(1) GDP (Gross Domestic Product)：國內生產毛額是一個經濟體內所有居民生產者創造的增加值的總和，為衡量一個國家或地區經濟狀況和發展水平的重要指標。

(2) 二氧化碳排放：各國年度二氧化碳排放量總和，二氧化碳排放是化石燃料燃燒生產過程中產生的排放。它們包括在消費固體、液體和氣體燃料以及天然氣燃時產生的二氧化碳。

3.4 Pearson 相關性分析

在使用 DEA 進行效率評估時，除了選擇適當的投入及產出項目外，對其所選擇的投入項及產出項，要能夠解釋各要素對於效率衡量的影響，故投入及產出項必須符合同向性關係。即投入增加，產出必

須隨之增加（薄喬萍，2005）。故本研究使用 Pearson 相關性分析，對投入產出項目進行檢測，相關係數愈高者，其相關程度愈大。結果如表 3.1 所示：

表 3.1 相關性分析

	外國	能源使用	內資	二氧化碳	GDP
外國	1	0.798	0.802	0.760	0.744
能源使用	0.798	1	0.946	0.987	0.803
內資	0.802	0.946	1	0.910	0.876
二氧化碳	0.760	0.987	0.910	1	0.704
GDP	0.744	0.803	0.876	0.704	1

資料來源：本研究整理

根據結果顯示，投入與產出項皆為正相關，表示當投入項增加時，產出項也會隨之增加，符合 DEA 之同向性要求。

根據 Boussofiance, Dyson & Thanas(1991)指出，投入項與產出項過多易降低效率值衡量的準確性與意義。因此應用 DEA 做分析時投入項和產出項應有數目之上限。另外，Golany and Roll(1989)針對 DEA 變數篩選提出可鑑別法則，受評單位(DMU)總數必需大於等於投入項數目與產出項數目總和之兩倍。本研究選取 3 項投入變數 2 項產出變數，研究對象為全球開發中國家經濟體前五國以及開發中國家經濟體前五國並依照，並分成兩群組：(1) 開發中國家；(2) 已開發國家，符合 Golany and Roll(1989)所論述之鑑別法則。

Pearson 相關性分析主要的功用乃是在於分析兩個連續變項間的相關程度與正負向關係，在自然科學領域中，該係數廣泛用於度量兩個變數之間的相關程度。它是由 Karl Pearson 從 Francis Galton 在 19 世紀 80 年代提出的一個相似卻又稍有不同的想法演變而來的。

Pearson 相關係數的值介於 1 與-1 之間，正值代表兩連續變項間具有正相關，及一變項數值增加另一變項數值也會增加，負值代表兩

連續變項間具有負相關，也就是當一變項數值增加時另一變項數值反而會減少，其具體計算公式(3.5)如下：

$$r = \frac{\text{COV}_{XY}}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)S_x S_y} \quad (3.5)$$

COV_{xy}=X、Y 共變異數

X_i=X 變項中的第 i 個樣本

Y_i=Y 變項中的第 i 個樣本

S_x=X 變項標準差

S_y=Y 變項標準差

n=樣本組合總數

而其相關程度則視其所計算出來的相關係數大小而定，對相關係數的解釋依賴於具體的應用背景和目的，對於係數大小對應的相關程度有許多不同的版本，如果是應用在使用高性能的儀器來驗證一個物理定律，0.7 的相關係數可能是很低的。但如果是像本研究應用在社會科學中，由於社會科學受到各種複雜多變因素影響，0.7 的相關係數是相當高的，因此本研究只針對是否具有相關性與正負向相關去對分析結果進行探討。

3.5 視窗分析

資料包絡分析法主要是衡量單一年的效率值，屬於靜態經營效率衡量，而視窗分析屬於動態經營效率衡量。藉由靜態及動態效率衡量，比較出各國家相對效率值可彌補 DEA 無法衡量動態效率不足的部分 (G.E. Halkos, N.G. Tzeremes, 2009)。

視窗分析 (window analysis) 由 Charnes and Cooper (1985) 提出，主要目的在彌補決策單位數目太少時，無法有效執行傳統 DEA 模式

之不足；另一目的為可同時比較不同時期決策單位之相對效率，檢視其隨時間改變後效率值之變動情形。因此本研究利用視窗分析把「時間過程」列入評估，衡量不同公司之經營效率與經營穩定程度，並以3年為一視窗，共8個視窗來建構視窗分析模型，並把所求出之平均數當作報酬，變異數當作風險(X.P. Zhang, X.M. Cheng, J.H. Yuan, X.J. Gao, 2011)，建構2005~2014年間之風險報酬矩陣，衡量不同群組在這段期間的獲利能力與規避風險能力。

變數定義：

$N =$ 決策單位數

$m =$ 決策單位資料期數

$k =$ 視窗長度

$W =$ 視窗數

$W = m - k + 1$

每個視窗 DMU 總數目 $= N * k$

在高強等人(2003)管理績效評估：資料包絡分析法一書中提到，表中若以 k 期為一個視窗之長度，第一個視窗之資料由 1 到 k 期所構成，次一個視窗則以第 $k + 1$ 期來取代第 1 期之資料，以維持相同的視窗長度，以此觀念繼續移動視窗直到所有的期數 (m) 均考慮完畢為止，每個決策單位共會產生 $m - k + 1$ 個視窗列。由於每一視窗均有 k 個決策單位，因而若原始決策單位之個數為 N ，則以視窗分析決策單位個數可擴增為 $N * k$ 個，達到增加決策單位個數以強化鑑別力的功能。例如視窗共包含 $A_{11} \dots A_{1k}$, $B_{11} \dots B_{1k}$, $C_{11} \dots C_{1k}$, $N_{11} \dots N_{1k}$, 一共 $N * k$ 個決策單位。

每一個決策單位可求算 $k(m - k + 1)$ 個效率值之平均數及變異數，代表每一個決策單在第 1 期至 m 期之平均相對效率及其穩定性，視窗分析法之例示表如表 3.2 所示。

表 3.2 視窗分析法示意表

DMU	視窗	1 期 2 期 \cdots k 期	k+1 期 \cdots m 期	平均數	變異數
A	W_1	$A_{1,1} A_{1,2} \cdots A_{1,k}$			
	W_2	$A_{2,2} \cdots A_{2,k} A_{2,k+1}$			
	W_{m-k+1}		$A_{m-k+1,k} A_{m-k+1,k+1} \cdots A_{m-k+1,m}$		
B	W_1	$B_{1,1} B_{1,2} \cdots B_{1,k}$			
	W_2	$B_{2,2} \cdots B_{2,k} B_{2,k+1}$			
	W_{m-k+1}		$B_{m-k+1,k} B_{m-k+1,k+1} \cdots B_{m-k+1,m}$		
C	W_1	$C_{1,1} C_{1,2} \cdots C_{1,k}$			
	W_2	$C_{2,2} \cdots C_{2,k} C_{2,k+1}$			
	W_{m-k+1}		$C_{m-k+1,k} C_{m-k+1,k+1} \cdots C_{m-k+1,m}$		
· · ·	W_1	$\cdots_{1,1} \cdots_{1,2} \cdots \cdots \cdots_{1,k}$			
	W_2	$\cdots_{2,2} \cdots \cdots_{2,k} \cdots_{2,k+1}$			
	W_{m-k+1}		$\cdots_{m-k+1,k} \cdots_{m-k+1,k+1} \cdots \cdots_{m-k+1,m}$		
N	W_1	$N_{1,1} N_{1,2} \cdots N_{1,k}$			
	W_2	$N_{2,2} \cdots N_{2,k} N_{2,k+1}$			
	W_{m-k+1}		$N_{m-k+1,k} N_{m-k+1,k+1} \cdots N_{m-k+1,m}$		

資料來源：高強、黃旭男（2003）

3.6 敏感度分析

使用資料包絡分析法進行效率評估的時候，評估結果會受到決策單元數量、投入產出項數值變動或選擇不同的投入及產出項的影響，為了使效率量測結果更具說服力，此時可使用敏感度分析（Sensitivity Analysis）評斷某項目對於效率之間影響程度之強弱，一般而言敏感度分析有兩種方式：(1) 減少或增加受評估單位的數量；(2) 為減少

或增加投入產出。本研究選擇方法(2)，透過移除單一投入或產出項，觀察影響各受評單位的效率值變化情形，根據移除影響因素所帶來的變化，了解投入與產出項影響受評單位效率之間的敏感性。

實際執行的情況如下表 3.3，將原始與改變後模式之效率值進行比較，若增加或減少某一變數項目使受評單位的效率值與原始之效率值有所差異，則顯示該項變數對於受評單位的重要程度。

表 3.3 敏感度分析

受評單位	原始效率值	去除 / 增加 變數 1	去除 / 增加 變數 2
DMU1	效率值 1	變動效率值 1-1	變動效率值 1-2
DMU2	效率值 2	變動效率值 2-1	變動效率值 2-2
.
.
.

資料來源：本研究整理

3.7 差額變數分析

在吳濟華等人（2008）組織效率與生產力評估：資料包絡分析法一書中提到，效率分析可以讓我們了解各決策單元的相對效率，以及造成無效率的原因。差額變數則可提供無效率決策單元改進的幅度與方向。DEA 是以折線線性（Piecewise Linear）的方式，連接各前緣邊界點，形成一效率前緣邊界，再以此效率前緣邊界作為效率量測的標準，可以得出各投入及產出項的差額變數，換言之，差額變數分析可以指出各決策單元在目前經營情況下之資源使用狀況，以及宜改進的幅度與方向。

第四章 實證分析

本章依據第三章所提之實證模型，首先透過敘述性統計進行初步分析，瞭解各國基本概況並將各國分群，再透過資料包絡分析求出 2005~2014 年各國家相對環境效率值，比較起效率的差異，接著利用視窗分析來探討加入時間過程考量後各國家的環境效率差異與穩定程度，並整理出效率矩陣圖，觀察不同群國家在 2005~2014 年間的表現，接著再使用差額變數分析來瞭解各國家效率下滑的主要原因。最後使用敏感度分析，分析各國資源投入的優勢項目以及影響幅度。本研究將選取開發中國家經濟體前五國（巴西、中國、墨西哥、印度、印尼）以及已開發國家經濟體前五國（法國、日本、德國、美國、英國）並分成兩群組：第一群包含開發中國家，第二群包含已開發國家。

4.1 敘述性統計

以敘述性統計分析不同國家的數據及分佈情況，並藉以將國家進行分類以便做後續分析。首先將收集到之資料先行分類統計，瞭解各項變數基本概況。

表 4.1 2005~2014 開發中國家 GDP 及 GNP 比較表

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
巴西	GDP	11076	11735	12627	12275	13305	14342	15065	15250	15944	15805
	GNP	10440	11030	11870	12510	12470	13880	14580	14750	15110	15650
	差異	636	705	757	-235	835	462	485	500	834	155
中國	GDP	5079	5881	6790	7550	8270	9217	10250	11187	12366	14171
	GNP	5060	5870	6880	7680	8110	9000	9940	10920	12270	13460
	差異	19	11	-90	-130	160	217	310	267	96	711
墨西哥	GDP	12342	13505	14132	14743	14398	15143	16366	16958	16941	18135
	GNP	11850	12860	13760	14360	14050	14740	15790	16260	16290	17070
	差異	492	645	372	383	348	403	576	698	651	1065
印度	GDP	2959	3285	3652	3783	4159	4349	4630	4949	5379	5679
	GNP	2840	3150	3470	3620	3900	4270	4590	4860	5200	5610
	差異	119	135	182	163	259	79	40	89	179	69
印尼	GDP	6856	7359	7931	8465	8638	8433	8907	9494	10051	10460
	GNP	5790	6260	6750	7240	7540	8070	8610	9180	9710	10210
	差異	1066	1099	1181	1225	1098	363	297	314	341	250

資料來源：World Development Indicators、本研究整理

表 4.2 2005~2014 已開發國家 GDP 及 GNP 比較表

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
法國	GDP	30398	32291	34061	35170	34825	35921	37353	37488	39184	39461
	GNP	31140	33200	34860	35910	35390	36760	38320	38180	40090	40680
	差異	-742	-909	-799	-740	-565	-839	-967	-692	-906	-1219
日本	GDP	30446	31795	33319	33500	31861	33768	34332	35738	36620	36581
	GNP	32350	33920	35570	35710	33910	35900	36790	38210	40330	40880
	差異	-1904	-2125	-2251	-2210	-2049	-2132	-2458	-2472	-3710	-4299
美國	GDP	44237	46369	47987	48330	46930	48302	49710	51368	52681	54494
	GNP	44740	47390	48420	48640	47250	48880	50700	52840	53960	56130
	差異	-503	-1021	-433	-310	-320	-578	-990	-1472	-1279	-1636
德國	GDP	32132	35205	37356	39079	37767	40377	42942	43654	45086	46525
	GNP	32250	35850	37970	39400	37910	40440	43770	44590	46360	48150
	差異	-118	-645	-614	-321	-143	-63	-828	-936	-1274	-1625
英國	GDP	34790	34570	35309	36123	34462	35804	37026	37318	38411	40077
	GNP	35040	34720	35530	36190	34520	36200	36900	37430	38820	40210
	差異	-250	-150	-221	-67	-58	-396	-126	-112	-409	-133

資料來源：World Development Indicators、本研究整理

表 4.1 與表 4.2 整理出各國 2005~2014 年的人均 GDP 及人均 GNP，可以發現其中開發中國家的巴西、中國、墨西哥、印度、印尼屬於 GDP 較大的國家，而法國、日本、美國、德國、英國則屬於已開發國家。本研究以此將國家分成兩群：(1) 開發中國家 (GDP 較大國家)；(2) 已開發國家 (GNP 較大國家)。並探討國家永續環境與經濟發展績效的評估。

表 4.3 2005~2014 年開發中國家敘述性統計量

	最大值	最小值	平均數
外資 (百萬美元)	290,928,431	4,877,369	66,368,985
能源使用 (百萬噸油當量)	2,970	122	707
內資 (百萬美元)	4,782,093,710	71,699,880	830,692,988
二氧化碳 (百萬噸)	9,166	331	2,166
GDP (百萬美元)	10,482,371,325	285,868,618	2,231,981,619

資料來源：本研究整理

依表 4.3 開發中國家各項變數分析，外資的最大值為 290,928,431 百萬美元(在 2013 年的中國)，最小值為 4,877,369 百萬美元(在 2009 年的印尼)，平均數為 66,368,985 百萬美元。能源使用的最大值為 2,970 百萬噸(在 2014 年的中國)，最小值為 122 百萬噸(在 2005 年的印尼)，平均數為 707 百萬噸。內資的最大值為 4,782,093,710 百萬美元(在 2014 年的中國)，最小值為 71,699,880 百萬美元(在 2005 年印尼)，平均數為 830,692,988 百萬美元。二氧化碳的最大值為 9,166 百萬噸(在 2014 年的中國)，最小值為 331 百萬噸(在 2005 年的巴西)，平均數為 2,166 百萬噸。GDP 的最大值為 10,482,371,325 百萬美元(在 2014 年的中國)，最小值為 285,868,618 百萬美元(在 2005 年的印尼)，平均數為 2,231,981,619 百萬美元。

表 4.4 2005~2014 年已開發國家敘述性統計量

	最大值	最小值	平均數
外資 (百萬美元)	340,065,000	546,963	97,950,914
能源使用 (百萬噸油當量)	2,372	189	713
內資 (百萬美元)	3,455,859	353,898	1,175,268
二氧化碳 (百萬噸)	6,132	305	1,737
GDP (百萬美元)	17,393,103	2,203,679	5,835,793

資料來源：本研究整理

依表 4.4 已開發國家各項變數分析，外資的最大值為 340,065,000 百萬美元（在 2007 年的美國），最小值 546,963 百萬美元為（在 2012 年的日本），平均數為 97,950,914 百萬美元。能源使用的最大值為 2,370 百萬噸（在 2007 年的美國），最小值為 189 百萬噸（在 2014 年的英國），平均數為 713 百萬噸。內資的最大值為 3,455,859 百萬美元（在 2014 年的美國），最小值為 353,898 百萬美元（在 2009 年的英國），平均數為 1,175,268 百萬美元。二氧化碳的最大值為 6,132 百萬噸（在 2007 年的美國），最小值為 305 百萬噸（在 2014 法國），平均數為 1,737 百萬噸。GDP 的最大值為 17,393,103 百萬美元（在 2014 年的美國），最小值為 2,203,679 百萬美元（在 2005 年的法國），平均數為 5,835,793 百萬美元。

表 4.5 2005~2014 年能源使用量及二氧化碳排放比較表

	開發中國家		已開發國家	
	能源使用 (百萬噸油當量)	二氧化碳 (百萬噸)	能源使用 (百萬噸油當量)	二氧化碳 (百萬噸)
2005	536.92	1674.46	739.26	1834.5
2006	578.4	1810.66	736.72	1816.02
2007	624.2	1952.2	738.7	1829.02
2008	648.26	2003.82	727.46	1793.28
2009	676.52	2097.82	687.14	1652.3
2010	723.22	2211.74	714.02	1721.78
2011	775.18	2372.36	698.7	1680.4
2012	806.74	2444.02	688.44	1672.42
2013	836.76	2521.92	702.42	1696.5
2014	862.48	2568.06	698.54	1676.26

資料來源：本研究整理

由表 4.5 可知，GDP 較大的國家在 2005 至 2014 年間，能源使用量及二氧化碳排放量每年皆呈現成長趨勢；已開發國家的能源使用及二氧化碳排放量除了 2007 年、2010 年、2013 年有些微的上漲之外，其餘各年皆呈現逐漸下降的趨勢。不同群組國家值環境效率表現處於何種情況，得靠後續分析比較之。

4.2 資料包絡分析法實證分析

本研究採用 DEA 之投入導向實證模型，將利用開發中國家經濟體前五國以及已開發國家經濟體前五國，把國家分成兩群：(1) 開發中國家；(2) 已開發國家，並評估兩群組的效率。研究期間為 2005 年至 2014 年。本研究將利用資料包絡分析法之 CCR 模式，並以投入導向衡量其效率值，就投入導向而言，效率值表示在既定的產出水準下是否能使用較少投入的能力，在產出固定下求最小投入，衡量各國的環境效率值。

為了將所求算之效率值作簡單的歸納，本研究採用 Norman 及 Stocker 提出之效率值強度分群如下表 4.6，依據各決策單位之相對效率值及被參考次數，將決策單位分為情勢效率單位、邊緣效率單位、邊緣非效率單位及非效率單位四種。

表 4.6 效率強度分群

效率強度分群	效率值範圍	特性
強勢效率單位	效率值為 1	此類型決策單位出現在其他參考集合次數較多，表示此決策單位相對於無效率決策單位較強，除非有重大變動，否則均可維持為有效率單位。
邊緣效率單位	效率值為 1	此類型決策單位出現在其他參考集合次數為 1 至 2 次，若對於投入及產出稍加變動，可能會變為無效率單位。
邊緣非效率單位	效率值介於 0.9 至 1	若對其投入及產出項稍作改善，此類型決策單位的效率很容易提升至 1，也就是相對有效率。
非效率單位	效率值小於 0.9	此類型決策單位在短期內較難提升效率值，除非對其投入及產出項作較大幅度的改善

資料來源：Norman and stocker (1991) 郭正坤 (2005)

當某決策單位之效率值為 1 時，表示其為所有決策單位中相對具有有效率者。若某效率單位被參考次數越多，表示在相對無效率之決策

單位中，有越多無效率單位以其為學習標竿，代表其相對於無效率決策單位強度較強。配合表 4.6 探討各國各年度效率值，並配合被參考次數找出其效率強度分群，以作為比較效率優劣之參考。分析如下表 4.7 至表 4.16。

表 4.7 2005 年各國效率值

2005	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	1	5
	中國	0.4139	0
	墨西哥	0.8152	0
	印度	0.5979	0
	印尼	0.686	0
已開發國家	法國	1	1
	日本	1	2
	美國	0.8512	0
	德國	1	2
	英國	1	1

資料來源：本研究整理

觀察表 4.7，2005 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 5 國，分別為巴西、法國、日本、德國英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有巴西屬於強勢效率單位。法國、日本、德國、英國效率值為 1 且被參考次數為 1-2 次，屬於邊緣效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼、美國，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.8 2006 年各國效率值

2006	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	1	5
	中國	0.4206	0
	墨西哥	0.8242	0
	印度	0.5371	0
	印尼	0.7677	0

2006	國家	效率值	被參考次數
已開發國家	法國	1	1
	日本	1	4
	美國	0.8403	0
	德國	1	2
	英國	1	1

資料來源：本研究整理

觀察表 4.8，2006 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 5 國(巴西、法國、日本、德國、英國)。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 2 國，分別為巴西、日本，屬於強勢效率單位。法國、德國、英國效率值為 1 且被參考次數為 1-2 次，屬於邊緣效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼、美國，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.9 2007 年各國效率值

2007	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	1	3
	中國	0.4961	0
	墨西哥	0.8595	0
	印度	0.5406	0
	印尼	0.8397	0
已開發國家	法國	1	1
	日本	1	2
	美國	0.9122	0
	德國	1	5
	英國	1	1

資料來源：本研究整理

觀察表 4.9，2007 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 5 國，分別為巴西、法國、日本、德國、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 2 國，分別為巴西、德國，屬於強勢效率單位。法國、

日本、英國效率值為 1 且被參考次數為 1-2 次，屬於邊緣效率單位。美國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.10 2008 年各國效率值

2008	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.9341	0
	中國	0.4727	0
	墨西哥	0.8298	0
	印度	0.5555	0
	印尼	0.7419	0
已開發國家	法國	1	1
	日本	1	2
	美國	0.9757	0
	德國	1	6
	英國	1	6

資料來源：本研究整理

觀察表 4.10，2008 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 4 國，分別為法國、日本、德國、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 2 國，分別為德國、英國，屬於強勢效率單位。法國、日本效率值為 1 且被參考次數為 1-2 次，屬於邊緣效率單位。巴西、美國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.11 2009 年各國效率值

2009	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.901	0
	中國	0.3173	0
	墨西哥	0.6527	0
	印度	0.3994	0
	印尼	0.5286	0

2009	國家	效率值	被參考次數
已開發國家	法國	1	2
	日本	1	1
	美國	0.8537	0
	德國	0.9586	0
	英國	1	7

資料來源：本研究整理

觀察表 4.11，2009 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 3 國，分別為法國、日本、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有英國，屬於強勢效率單位。法國、日本效率值為 1 且被參考次數為 1-2 次，屬於邊緣效率單位。巴西、德國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼、美國，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.12 2010 年各國效率值

2010	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.9119	0
	中國	0.3751	0
	墨西哥	0.7744	0
	印度	0.4873	0
	印尼	0.548	0
已開發國家	法國	1	2
	日本	1	6
	美國	0.9472	0
	德國	0.9206	0
	英國	1	7

資料來源：本研究整理

觀察表 4.12，2010 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 3 國，分別為法國、日本、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有

2 國，分別為日本、英國，屬於強勢效率單位。法國效率值為 1 且被參考次數為 2 次，屬於邊緣效率單位。巴西、美國、德國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.13 2011 年各國效率值

2011	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.9175	0
	中國	0.3444	0
	墨西哥	0.722	0
	印度	0.4231	0
	印尼	0.4872	0
已開發國家	法國	1	2
	日本	1	1
	美國	0.8666	0
	德國	0.9212	0
	英國	1	7

資料來源：本研究整理

觀察表 4.13，2011 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 3 國，分別為法國、日本、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有英國，屬於強勢效率單位。法國、日本效率值為 1 且被參考次數為 1-2 次，屬於邊緣效率單位。巴西、德國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而中國、墨西哥、印度、印尼、美國，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.14 2012 年各國效率值

2012	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.8928	0
	中國	0.3784	0
	墨西哥	0.7462	0
	印度	0.4882	0
	印尼	0.4992	0
已開發國家	法國	1	2
	日本	1	6
	美國	0.8846	0
	德國	0.874	0
	英國	1	7

資料來源：本研究整理

觀察表 4.14 2012 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 3 國，分別為法國、日本、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 2 國，分別為日本、英國，屬於強勢效率單位。法國效率值為 1 且被參考次數為 2 次，屬於邊緣效率單位。而巴西、中國、墨西哥、印度、印尼、美國、德國，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.15 2013 年各國效率值

2013	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.844	0
	中國	0.3903	0
	墨西哥	0.7776	0
	印度	0.5494	0
	印尼	0.5335	0
已開發國家	法國	1	2
	日本	1	5
	美國	0.9105	0
	德國	0.9242	0
	英國	1	7

資料來源：本研究整理

觀察表 4.15，2013 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 3 國，分別為法國、日本、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 2 國，分別為日本、英國，屬於強勢效率單位。法國效率值為 1 且被參考次數為 2 次，屬於邊緣效率單位。美國、德國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而巴西、中國、墨西哥、印度、印尼，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.16 2014 年各國效率值

2014	國家	效率值	被參考次數
開發中國家	巴西	0.8355	0
	中國	0.4072	0
	墨西哥	0.8349	0
	印度	0.5477	0
	印尼	0.5264	0
已開發國家	法國	1	1
	日本	0.9266	0
	美國	0.9319	0
	德國	1	6
	英國	1	7

資料來源：本研究整理

觀察表 4.16，2014 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 3 國，分別為法國、德國、英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.6 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 2 國，分別為德國、英國，屬於強勢效率單位。法國效率值為 1 且被參考次數為 1 次，屬於邊緣效率單位。日本、美國效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而巴西、中國、墨西哥、印度、印尼，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

4.2.1 技術效率分析

根據先前求得之各國家效率值，將 2005 年～2014 年資料統整並依照有效率單位及無效率單位分群如下表 4.17 與表 4.18 所示。

表 4.17 2005～2014 年開發中國家效率單位分布狀況。

年份	開發中國家			
	強勢 效率單位	邊緣 效率 單位	邊緣 非效率 單位	非效率單位
2005	巴西			中國、墨西哥、印度、印尼
2006	巴西			中國、墨西哥、印度、印尼
2007	巴西			中國、墨西哥、印度、印尼
2008				中國、墨西哥、印度、印尼
2009			巴西	中國、墨西哥、印度、印尼
2010			巴西	中國、墨西哥、印度、印尼
2011			巴西	中國、墨西哥、印度、印尼
2012				巴西、中國、墨西哥、印度、印尼
2013				巴西、中國、墨西哥、印度、印尼
2014				巴西、中國、墨西哥、印度、印尼

資料來源：本研究整理

表 4.18 2005~2014 年已開發國家效率單位分布狀況

年份	已開發國家			
	強勢 效率單位	邊緣 效率單位	邊緣 非效率單位	非效率單位
2005		法國、日本、德國、英國		美國
2006	日本	法國、德國、英國		美國
2007	德國	法國、日本、英國	美國	
2008	德國、英國	法國、日本	美國	
2009	英國	法國、日本	德國	美國
2010	日本、英國	法國	美國、德國	
2011	英國	法國、日本	德國	美國
2012	日本、英國	法國		美國、德國
2013	日本、英國	法國	美國、德國	
2014	德國、英國	法國	日本、美國	

資料來源：本研究整理

從表 4.17 可得知，開發中國家除了巴西在 2005~2007 年為相對有效率單位，其餘國家皆處於無效率單位，尤其大部分國家效率分佈在 0.3 至 0.8 之間，還有很大的進步空間。表 4.18 可得知已開發國家中法國、日本（除了 2014 年）、英國、德國（除了 2009~2013 年）表現相對有效率，而美國皆處於非效率單位，跟其他已開發國家比起來相對較差，但效率值分布在 0.8~1 之間，比效率值分布在 0.3~0.8 的開發中國家來得好。整體表現來看已開發國家比開發中國家的效率來得好來得好。

為了進一步分析各國效率表現，本研究將各國區分為開發中國家與已開發國家共兩類，將各國家的效率值分類並加總平均，求得表 4.19，並把歷年趨勢圖呈現如圖 4.1。

表 4.19 開發中國家和已開發國家各年效率值

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
開發中國家	0.70	0.71	0.75	0.71	0.56	0.62	0.58	0.60	0.62	0.63
已開發國家	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	0.97	0.96	0.95	0.97	0.97

資料來源：本研究整理

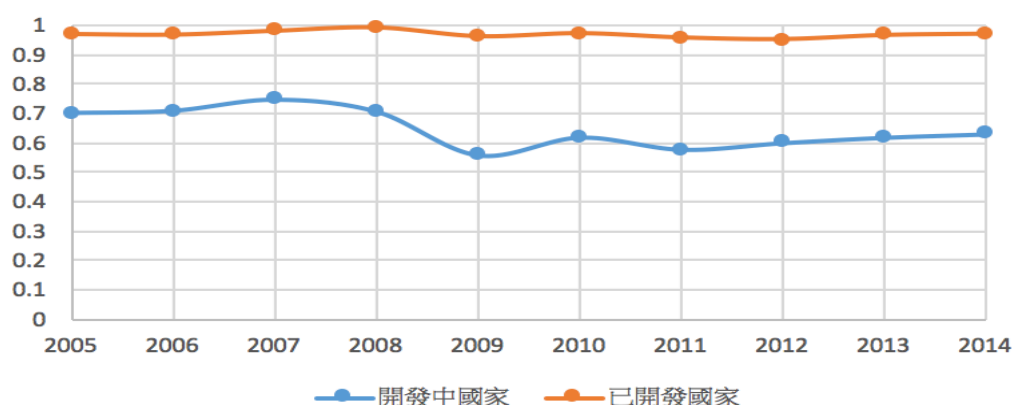


圖 4.1 2005~2014 年效率變動趨勢圖

資料來源：本研究整理

從圖 4.1 可得知已開發國家整體效率表現歷年都較開發中國家來得好，因受到金融海嘯影響，使得開發中國家在 2009 年的效率有明顯下降趨勢，而已開發國家在 2009 年只有則只有些微的下降，可見得已開發國家在資源配置以及能源消耗與碳排放量的控管能力強，而開發中國家效率則在下降後無明顯上升，效率呈現持平的狀況顯示其控管能力較差。

上表 4.19 中把兩群國家歷年效率表現平均後可得知，已開發國家表現皆比開發中國家好，這也符合先前提到微笑曲線的觀點，已開發國家屬於先進國家，在產業結構特性趨勢上，科技與創新相關產業快速成長，也對應到微笑曲線中研發及行銷的附加價值高的部分。開發中國家皆屬於較落後，主要幫已開發國家代工、組裝等附加價值較低的勞力密集製造產業。其生產過程中所造成的能源消耗及碳排放甚至污染，將由開發中國家吸收，使得能源使用及碳排放量過多造成開發中國家效率表現較差的原因。

4.3 視窗分析

上述分析結果可得知各國家的效率值比較，但並未將時間過程納入考量，僅單一年度的分析，故本研究進一步使視窗分析將時間過程加入考量，求出不同群組國家的效率表現與穩定程度。

表 4.20 開發中國家視窗分析結果表

	視窗	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	平均	變異數
巴西	1	1.00	1.00	0.97									
	2		1.00	0.96	0.93								
	3			0.81	0.82	0.90							
	4				0.82	0.90	0.88						
	5					0.88	0.87	0.91					
	6						0.88	0.92	0.88				
	7							0.91	0.88	0.84			
	8								0.83	0.80	0.81	0.8904	0.0039
中國	1	0.41	0.41	0.42									
	2		0.42	0.43	0.42								
	3			0.36	0.35	0.32							
	4				0.35	0.32	0.32						
	5					0.32	0.32	0.32					
	6						0.34	0.34	0.35				
	7							0.34	0.35	0.34			
	8								0.38	0.37	0.39	0.3618	0.0015
墨西哥	1	0.81	0.80	0.79									
	2		0.81	0.81	0.79								
	3			0.64	0.61	0.65							
	4				0.61	0.65	0.68						
	5					0.65	0.68	0.67					
	6						0.73	0.72	0.70				
	7							0.72	0.70	0.74			
	8								0.74	0.75	0.77	0.7179	0.0042

	視窗	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	平均	變異數
印度	1	0.60	0.53	0.49									
	2		0.54	0.50	0.49								
	3			0.38	0.41	0.40							
	4				0.41	0.40	0.40						
	5					0.40	0.40	0.38					
	6						0.45	0.42	0.46				
	7							0.42	0.46	0.49			
	8								0.48	0.52	0.53	0.4558	0.0035
印尼	1	0.69	0.75	0.75									
	2		0.77	0.76	0.68								
	3			0.60	0.54	0.53							
	4				0.54	0.52	0.45						
	5					0.52	0.45	0.46					
	6						0.49	0.49	0.46				
	7							0.49	0.46	0.48			
	8								0.50	0.51	0.49	0.5570	0.0123

資料來源：本研究整理

表 4.21 已開發國家視窗分析結果表

	視窗	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	平均	變異數
法國	1	0.98	0.99	1.00									
	2		0.96	0.97	1.00								
	3			0.93	1.00	1.00							
	4				1.00	1.00	0.97						
	5					1.00	0.97	1.00					
	6						0.98	1.00	1.00				
	7							1.00	0.98	1.00			
	8								0.94	0.96	1.00	0.9846	0.0004
日本	1	1.00	1.00	0.96									
	2		1.00	0.96	0.99								
	3			0.79	0.87	1.00							
	4				0.86	0.98	1.00						
	5					0.95	0.97	1.00					
	6						0.99	1.00	1.00				
	7							1.00	1.00	0.93			
	8								1.00	0.96	0.92	0.9633	0.0031
美國	1	0.85	0.81	0.83									
	2		0.82	0.85	0.91								
	3			0.67	0.72	0.85							
	4				0.72	0.85	0.81						
	5					0.85	0.81	0.81					
	6						0.87	0.87	0.83				
	7							0.87	0.83	0.82			
	8								0.88	0.86	0.89	0.8291	0.0031

	視窗	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	平均	變異數
德國	1	1.00	0.96	1.00									
	2		0.98	0.98	1.00								
	3			0.90	0.98	0.93							
	4				0.98	0.94	0.89						
	5					0.88	0.82	0.92					
	6						0.82	0.92	0.86				
	7							0.90	0.85	0.87			
	8								0.87	0.88	1.00	0.9226	0.0034
英國	1	1.00	1.00	1.00									
	2		0.99	1.00	1.00								
	3			1.00	1.00	1.00							
	4				1.00	1.00	0.97						
	5					1.00	0.95	1.00					
	6						0.99	1.00	1.00				
	7							1.00	1.00	1.00			
	8								1.00	0.98	1.00	0.9949	0.0001

資料來源：本研究整理

表 4.22 視窗分析結果統計

	開發中國家	已開發國家
效率值平均數	0.596	0.938
效率值變異數	0.005	0.002

資料來源：本研究整理

表 4.20 與表 4.21 為視窗分析結果，以三年為一個視窗，共 8 個視窗求平均數與變異數，求得在時間考量過後各國家的效率值，並將各國家分成兩群組：第一群是開發中國家；第二群是已開發國家。在求出效率值的整體平均值與整體平均變異數得到表 4.22，可發現加入時間考量後，整體國家的效率值皆有所下降，但效率的排序沒有改變。效率值的平均數代表報酬（表現）能力，效率值越高，報酬能力越好，從整體效率值變異數來看已開發國家的報酬（表現）能力比開發中國家的報酬（表現）能力來得好。而效率值的變異數可看出不同國家的

穩定程度，變異數愈小，穩定程度愈高，從效率值變異數表現來看，已開發國家整體穩定程度高於開發中國家。

根據以上視窗分析求得之效率值平均數與變異數，取代以往採用單一效率指標的評估方式，以平均數代表平均表現；變異數代表穩定程度，得到下圖 4.2 矩陣圖，觀察其分布情形來判斷國家效率優劣與穩定程度，若位於第一象限，即為低穩定及低效率，屬於最不好的象限，若位於第四象限，即為高穩定及高效率表現的最佳位置。

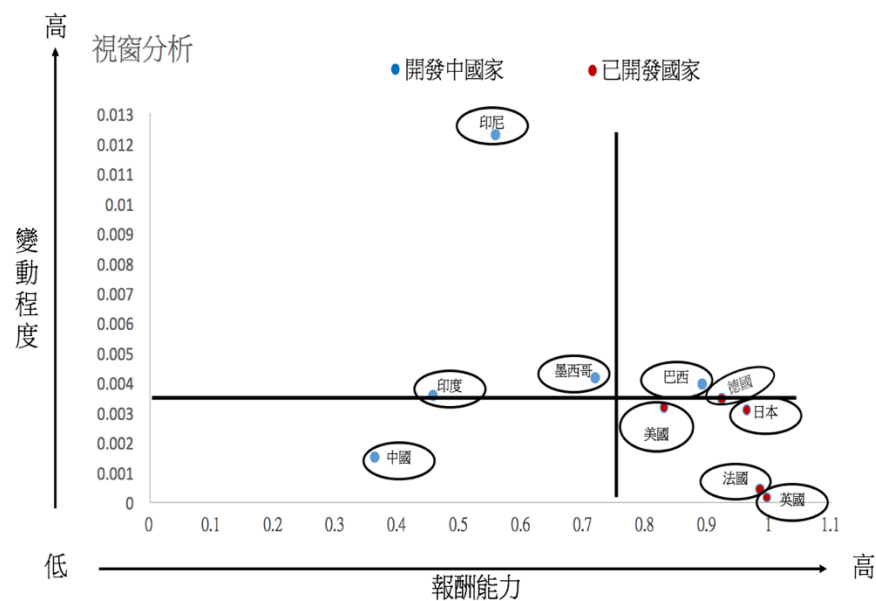


圖 4.2 效率表現矩陣圖

資料來源：本研究整理

由圖 4.2 可看出，已開發國家皆在高報酬、高穩定度的第四象限，而開發中國家大部分都落於低報酬（除了巴西）低穩定（除了中國）的第二象限顯示已開發國家相對於開發中國家有較佳的資源使用配置能力，這也符合微笑曲線的概念。

4.4 差額變數分析

經由上述分析中可瞭解效率的差異與變動情形，而本研究是採用多投入與多產出的分析方式，變數眾多，無法直觀的看出各國家無效率的原因，故本研究使用差額變數分析，找出各年度國家的投入項需

改善之比例，將國家分成兩群組：(1)開發中國家、(2)已開發國家，並找出各群組國家效率下滑的主要原因，結果如下表 4.23 至 4.32

表4.23 2005 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	二氧化碳
巴西	0	0	0	0
中國	-0.619	-0.703	-0.586	-0.86
墨西哥	-0.185	-0.185	-0.185	-0.368
印度	-0.402	-0.702	-0.402	-0.797
印尼	-0.405	-0.455	-0.314	-0.689
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.149	-0.149	-0.149	-0.344
德國	0	0	0	0
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.23 得知，巴西，法國、日本、德國、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他則屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，中國需在外資減少 61.9%、能源使用減少 70.3%、內資需減少 58.6%、二氧化碳排放量需減少 86%。墨西哥需在外資減少 18.5%、能源使用減少 18.5%、內資需減少 18.5%、二氧化碳排放量需減少 36.8%。印度需在外資減少 40.2%、能源使用減少 70.2%、內資需減少 40.2%、二氧化碳排放量需減少 79.7%。印尼需在外資減少 40.5%、能源使用減少 45.5%、內資需減少 31.4%、二氧化碳排放量需減少 68.9%。美國需在外資減少 14.9%、能源使用減少 14.9%、內資需減少 14.9%、二氧化碳排放量需減少 34.4%。

表4.24 2006 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	0	0	0	0
中國	-0.639	-0.731	-0.579	-0.874
墨西哥	-0.176	-0.176	-0.176	-0.369
印度	-0.463	-0.623	-0.463	-0.778
印尼	-0.232	-0.529	-0.232	-0.704
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.16	-0.16	-0.16	-0.339
德國	0	0	0	0
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.24 得知巴西、法國、日本、德國、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他則屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，中國需在外資減少 63.9%、能源使用減少 73.1%、內資需減少 57.9%、二氧化碳排放量需減少 87.4%。墨西哥需在外資減少 17.6%、能源使用減少 17.6%、內資需減少 17.6%、二氧化碳排放量需減少 36.9%。印度需在外資減少 46.3%、能源使用減少 62.3%、內資需減少 46.3%、二氧化碳排放量需減少 77.8%。印尼需在外資減少 23.2%、能源使用減少 52.9%、內資需減少 23.2%、二氧化碳排放量需減少 70.4%。美國需在外資減少 16%、能源使用減少 16%、內資需減少 16%、二氧化碳排放量需減少 33.9%。

表 4.25 2007 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	0	0	0	0
中國	-0.504	-0.796	-0.504	-0.881
墨西哥	-0.14	-0.14	-0.14	-0.416
印度	-0.459	-0.728	-0.459	-0.781
印尼	-0.16	-0.682	-0.16	-0.732
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.088	-0.26	-0.088	-0.431
德國	0	0	0	0
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.25 得知巴西、法國、日本、德國、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，中國需在外資減少 50.4%、能源使用減少 79.6%、內資需減少 50.4%、二氧化碳排放量需減少 88.1%。墨西哥需在外資減少 14%、能源使用減少 14%、內資需減少 14%、二氧化碳排放量需減少 41.6%。印度需在外資減少 45.9%、能源使用減少 72.8%、內資需減少 45.9%、二氧化碳排放量需減少 78.1%。印尼需在外資減少 16%、能源使用減少 68.2%、內資需減少 16%、二氧化碳排放量需減少 73.2%。美國需在外資減少 8.8%、能源使用減少 26%、內資需減少 8.8%、二氧化碳排放量需減少 43.1%。

表 4.26 2008 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.066	-0.393	-0.066	-0.066
中國	-0.527	-0.821	-0.527	-0.867
墨西哥	-0.17	-0.457	-0.17	-0.473
印度	-0.444	-0.785	-0.444	-0.829
印尼	-0.258	-0.661	-0.258	-0.712
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.024	-0.455	-0.024	-0.477
德國	0	0	0	0
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.26 得知法國、日本、德國、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 6.6%、能源使用減少 39.3%、內資需減少 6.6%、二氧化碳排放量需減少 6.6%。中國需在外資減少 52.7%、能源使用減少 82.1%、內資需減少 52.7%、二氧化碳排放量需減少 86.7%。墨西哥需在外資減少 17%、能源使用減少 45.7%、內資需減少 17%、二氧化碳排放量需減少 47.3%。印度需在外資減少 44.4%、能源使用減少 78.5%、內資需減少 44.4%、二氧化碳排放量需減少 82.9%。印尼需在外資減少 25.8%、能源使用減少 66.1%、內資需減少 25.8%、二氧化碳排放量需減少 71.2%。美國需在外資減少 2.4%、能源使用減少 45.5%、內資需減少 2.4%、二氧化碳排放量需減少 47.7%。

表 4.27 2009 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.663	-0.379	-0.099	-0.099
中國	-0.76	-0.809	-0.683	-0.856
墨西哥	-0.695	-0.554	-0.347	-0.564
印度	-0.771	-0.777	-0.601	-0.822
印尼	-0.471	-0.649	-0.471	-0.7
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.424	-0.433	-0.146	-0.435
德國	-0.626	-0.041	-0.147	-0.041
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.27 得知法國、日本、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 66.3%、能源使用減少 37.9%、內資需減少 9.9%、二氧化碳排放量需減少 9.9%。中國需在外資減少 76%、能源使用減少 80.9%、內資需減少 68.3%、二氧化碳排放量需減少 85.6%。墨西哥需在外資減少 69.5%、能源使用減少 55.4%、內資需減少 34.7%、二氧化碳排放量需減少 56.4%。

印度需在外資減少 77.1%、能源使用減少 77.7%、內資需減少 60.1%、二氧化碳排放量需減少 82.2%。印尼需在外資減少 47.1%、能源使用減少 64.9%、內資需減少 47.1%、二氧化碳排放量需減少 70%。美國需在外資減少 42.4%、能源使用減少 43.3%、內資需減少 14.6%、二氧化碳排放量需減少 43.5%。德國需在外資減少 62.6%、能源使用減少 4.1%、內資需減少 14.7%、二氧化碳排放量需減少 4.1%。

表 4.28 2010 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.52	-0.217	-0.088	-0.088
中國	-0.625	-0.787	-0.625	-0.839
墨西哥	-0.226	-0.488	-0.226	-0.502
印度	-0.513	-0.733	-0.513	-0.792
印尼	-0.452	-0.558	-0.452	-0.627
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.053	-0.431	-0.053	-0.444
德國	-0.545	-0.079	-0.079	-0.079
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.28 得知法國、日本、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 52%、能源使用減少 21.7%、內資需減少 8.8%、二氧化碳排放量需減少 8.8%。中國需在外資減少 62.5%、能源使用減少 78.7%、內資需減少 62.5%、二氧化碳排放量需減少 83.9%。墨西哥需在外資減少 22.6%、能源使用減少 48.8%、內資需減少 22.6%、二氧化碳排放量需減少 50.2%。印度需在外資減少 51.3%、能源使用減少 73.3%、內資需減少 51.3%、二氧化碳排放量需減少 79.2%。印尼需在外資減少 45.2%、能源使用減少 55.8%、內資需減少 45.2%、二氧化碳排放量需減少 62.7%。美國需在外資減少 5.3%、能源使用減少 43.1%、內資需減少 5.3%、二氧化碳排放量需減少 44.4%。德國需在外資減少 54.5%、能源使用減少 7.9%、內資需減少 7.9%、二氧化碳排放量需減少 7.9%。

表 4.29 2011 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.66	-0.224	-0.082	-0.082
中國	-0.72	-0.785	-0.656	-0.836
墨西哥	-0.506	-0.521	-0.278	-0.535
印度	-0.577	-0.754	-0.577	-0.8
印尼	-0.55	-0.582	-0.513	-0.648
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.376	-0.478	-0.133	-0.477
德國	-0.593	-0.079	-0.224	-0.079
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.29 得知法國、日本、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 66%、能源使用減少 22.4%、內資需減少 8.2%、二氧化碳排放量需減少 8.2%。中國需在外資減少 72%、能源使用減少 78.5%、內資需減少 65.6%、二氧化碳排放量需減少 83.6%。墨西哥需在外資減少 50.6%、能源使用減少 52.1%、內資需減少 27.8%、二氧化碳排放量需減少 53.5%。印度需在外資減少 57.7%、能源使用減少 75.4%、內資需減少 57.7%、二氧化碳排放量需減少 80%。印尼需在外資減少 55%、能源使用減少 58.2%、內資需減少 51.3%、二氧化碳排放量需減少 64.8%。美國需在外資減少 37.6%、能源使用減少 47.8%、內資需減少 13.3%、二氧化碳排放量需減少 47.7%。德國需在外資減少 59.3%、能源使用減少 7.9%、內資需減少 22.4%、二氧化碳排放量需減少 7.9%。

表 4.30 2012 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.568	-0.268	-0.107	-0.107
中國	-0.622	-0.767	-0.622	-0.809
墨西哥	-0.254	-0.521	-0.254	-0.519
印度	-0.512	-0.769	-0.512	-0.802
印尼	-0.501	-0.591	-0.501	-0.645
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.115	-0.444	-0.115	-0.418
德國	-0.126	-0.137	-0.126	-0.126
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.30 得知法國、日本、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 56.8%、能源使用減少 26.8%、內資需減少 10.7%、二氧化碳排放量需減少 10.7%。中國需在外資減少 62.2%、能源使用減少 76.7%、內資需減少 62.2%、二氧化碳排放量需減少 80.9%。墨西哥需在外資減少 25.4%、能源使用減少 52.1%、內資需減少 25.4%、二氧化碳排放量需減少 51.9%。印度需在外資減少 51.2%、能源使用減少 76.9%、內資需減少 51.2%、二氧化碳排放量需減少 80.2%。印尼需在外資減少 50.1%、能源使用減少 59.1%、內資需減少 50.1%、二氧化碳排放量需減少 64.5%。美國需在外資減少 11.5%、能源使用減少 44.4%、內資需減少 11.5%、二氧化碳排放量需減少 41.8%。德國需在外資減少 12.6%、能源使用減少 13.7%、內資需減少 12.6%、二氧化碳排放量需減少 12.6%。

表 4.31 2013 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.372	-0.338	-0.156	-0.156
中國	-0.61	-0.73	-0.61	-0.776
墨西哥	-0.461	-0.505	-0.222	-0.526
印度	-0.451	-0.748	-0.451	-0.785
印尼	-0.467	-0.583	-0.467	-0.642
法國	0	0	0	0
日本	0	0	0	0
美國	-0.09	-0.423	-0.09	-0.397
德國	-0.076	-0.096	-0.076	-0.076
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.31 得知法國、日本、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 37.2%、能源使用減少 33.8%、內資需減少 15.6%、二氧化碳排放量需減少 15.6%。中國需在外資減少 61%、能源使用減少 73%、內資需減少 61%、二氧化碳排放量需減少 77.6%。墨西哥需在外資減少 46.1%、能源使用減少 50.5%、內資需減少 22.2%、二氧化碳排放量需減少 52.6%。印度需在外資減少 45.1%、能源使用減少 74.8、內資需減少 45.1%、二氧化碳排放量需減少 78.5%。印尼需在外資減少 46.7%、能源使用減少 58.3%、內資需減少 46.7%、二氧化碳排放量需減少 64.2%。美國需在外資減少 9%、能源使用減少 42.3%、內資需減少 9%、二氧化碳排放量需減少 39.7%。德國需在外資減少 7.6%、能源使用減少 9.6%、內資需減少 7.6%、二氧化碳排放量需減少 7.6%。

表 4.32 2014 年差額變數表

	外資	能源使用	內資	CO2
巴西	-0.406	-0.488	-0.164	-0.275
中國	-0.593	-0.739	-0.593	-0.797
墨西哥	-0.165	-0.534	-0.165	-0.557
印度	-0.452	-0.771	-0.452	-0.826
印尼	-0.474	-0.668	-0.474	-0.74
法國	0	0	0	0
日本	-0.073	-0.151	-0.073	-0.255
美國	-0.068	-0.446	-0.068	-0.455
德國	0	0	0	0
英國	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

觀察表 4.32 得知法國、德國、英國是相對有效率單位，投入項目無須改善。而其他屬於相對無效率單位的國家想要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項須改善幅度，巴西需在外資減少 40.6%、能源使用減少 48.8%、內資需減少 16.4%、二氧化碳排放量需減少 27.5%。中國需在外資減少 59.3%、能源使用減少 73.9%、內資需減少 59.3%、二氧化碳排放量需減少 79.7%。墨西哥需在外資減少 16.5%、能源使用減少 53.4%、內資需減少 16.5%、二氧化碳排放量需減少 55.7%。印度需在外資減少 45.2%、能源使用減少 66.8%、內資需減少 47.4%、二氧化碳排放量需減少 74%。日本需在外資減少 7.3%、能源使用減少 15.1%、內資需減少 7.3%、二氧化碳排放量需減少 25.5%。美國需在外資減少 6.8%、能源使用減少 44.6%、內資需減少 6.8%、二氧化碳排放量需減少 45.5%。

上述分析瞭解各年度各國所需改善方向，本研究再把國家分成兩群：(1) 開發中國家、(2) 已開發國家，並將所需改善目標值平均，並依照表 4.18 挑出不同群組國家整體效率下滑的年份，找出不同群組國家效率下滑主要原因。結果如表 4.34 與表 4.36。

表 4.33 開發中國家差額變數表

開發中國家	外資	能源使用	內資	CO2
2005	-0.3222	-0.409	-0.2974	-0.5428
2006	-0.302	-0.4118	-0.29	-0.545
2007	-0.2526	-0.4692	-0.2526	-0.562
2008	-0.2931	-0.6234	-0.29	-0.5894
2009	-0.672	-0.6336	-0.4402	-0.6082
2010	-0.4672	-0.5566	-0.3808	-0.5696
2011	-0.6026	-0.5732	-0.4212	-0.5802
2012	-0.4914	-0.5832	-0.3992	-0.5764
2013	-0.4722	-0.5808	-0.3812	-0.577
2014	-0.418	-0.64	-0.3696	-0.639
平均	-0.429511864	-0.546522034	-0.352230509	-0.577942373

資料來源：本研究整理

從表 4.33 可得知，開發中國家需要改善各項目的權重，依照其權重大小順序，需優先改善能源使用、二氧化碳、外資、內資。開發中國家在於國外資本、國內資本皆投入過剩、能源使用量過多及二氧化碳排放量過大。開發中國家投入過多的資本與能源的消耗但生產力卻不足，導致開發中國家相對無效率，因此開發中國家應提升生產效率或加速產業結構轉型。

表 4.34 開發中國家效率下滑年度差額變數表

開發中國家	外資	能源使用	內資	CO2
2008	-0.2931	-0.6234	-0.29	-0.5894
2009	-0.672	-0.6336	-0.4402	-0.6082
2011	-0.6026	-0.5732	-0.4212	-0.5802

資料來源：本研究整理

由表 4.34 可得知，開發中國家在 2008 年效率下滑主要原因在於能源使用量及二氧化碳排放量過多。2009 年效率下滑主要原因在於國外資本投入過多與能源使用過量。2011 年效率下滑主要原因在於國外資本投入過多與二氧化碳排放量過大。

表 4.35 已開發國家差額變數表

已開發國家	外資	能源使用	內資	CO2
2005	-0.0292	-0.0298	-0.028	-0.0688
2006	-0.0332	-0.0321	-0.03	-0.0678
2007	-0.0176	-0.052	-0.0176	-0.0862
2008	-0.0048	-0.091	-0.0048	-0.0954
2009	-0.21	-0.0948	-0.0586	-0.0952
2010	-0.1196	-0.102	-0.0264	-0.1046
2011	-0.1938	-0.1114	-0.0714	-0.1112
2012	-0.0482	-0.1162	-0.0482	-0.1088
2013	-0.0332	-0.1038	-0.0332	-0.0946
2014	-0.0272	-0.1194	-0.0282	-0.142
平均	-0.07168	-0.08525	-0.03464	-0.09746

資料來源：本研究整理

從表 4.35 可得知，已開發國家需要改善各項目的權重，依照其權重大小順序，需優先改善二氧化碳、能源使用、外資、內資。雖然乍看之下，已發中國家需改善的項目跟開發中國家需改善項目很相似，但是已開發國家的各個項目，需改善的幅度很低從 3%到 9%，沒有像開發中國家需改善幅度這麼大從 35%到 57%。可見得已開發國家在各投入項目中的資源配置以及控管能力皆優於開發中國家。

表 4.36 已開發國家效率下滑年度差額變數表

已開發國家	外資	能源使用	內資	CO2
2006	-0.0332	-0.0321	-0.03	-0.0678
2009	-0.21	-0.0948	-0.0586	-0.0952
2011	-0.1938	-0.1114	-0.0714	-0.1112

資料來源：本研究整理

從表 4.36 可得知，已開發國家在 2006 年效率下滑主要原因在於二氧化碳排放量過多以及外國資本投入過剩。在 2009 年效率下滑主要原因在於外國資本投入過剩以及二氧化碳排放量過多。在 2011 年效率下滑主要原因在於外國資本投入過剩以及能源使用過多。

4.5 敏感度分析

因資料包絡分析的評估結果會受到受評單位的數量、投入產出項數值變動或選擇不同的投入及產出項而受到影響，而敏感度分析可藉由增加或減少投入項目以了解受評單位的效率值變動情形，並可互相比較各受評單位間的優劣項目（權重）。若除去單一項目造成受評單位的效率值大幅下降，則代表該項目為優勢項目（權重較大），反之去除後受評單位效率值改變幅度不大，表示該項目為劣勢項目（權重較小），以下本研究採取減少單一投入項的方式，觀察效率值與原始效率值之間的變動情況，並將國家分群觀察不同群組國家優劣勢項目是否不同，以下分別去除外資、能源使用、內資及二氧化碳排的項目，分析結果如下表 4.37 至表 4.46。

表 4.37 2005 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	1	1	1	0.6555	1
中國	0.4139	0.4139	0.6139	0.1388	0.6139
墨西哥	0.8152	0.7873	0.8725	0.5527	0.9152
印度	0.5979	0.5019	0.6979	0.2325	0.6979
印尼	0.686	0.686	0.786	0.2545	0.786
法國	1	1	1	1	0.8888
日本	1	0.8439	1	1	1
美國	0.8512	0.7579	0.8398	0.6067	0.8512
德國	1	0.9412	1	0.9171	1
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.38 2006 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	1	1	1	0.7655	1
中國	0.4206	0.4206	0.6206	0.157	0.6206
墨西哥	0.8242	0.7652	0.8653	0.6137	0.9242
印度	0.5371	0.4967	0.6371	0.2595	0.6371
印尼	0.7677	0.7014	0.8677	0.3342	0.8677
法國	1	1	1	1	0.9151
日本	1	0.8305	1	1	1
美國	0.8403	0.7718	0.7742	0.6519	0.8403
德國	1	0.9148	0.9538	0.9194	1
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.39 2007 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	1	0.9382	1	0.7266	1
中國	0.4961	0.4529	0.6961	0.1801	0.6961
墨西哥	0.8595	0.7949	0.9594	0.573	0.9595
印度	0.5406	0.474	0.6406	0.2981	0.6406
印尼	0.8397	0.7462	0.9397	0.3659	0.9397
法國	1	1	1	1	0.9202
日本	1	0.8422	1	1	1
美國	0.9122	0.8319	0.9122	0.5912	0.9122
德國	1	0.8962	1	1	1
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.40 2008 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.9341	0.846	0.9341	0.6635	0.9271
中國	0.4727	0.4045	0.6727	0.1914	0.6727
墨西哥	0.8298	0.7166	0.9298	0.5503	0.9298
印度	0.5555	0.4779	0.6555	0.2213	0.6555
印尼	0.7419	0.6295	0.8419	0.3663	0.8419
法國	1	1	1	1	0.9684
日本	1	0.7918	1	1	1
美國	0.9757	0.8424	0.9757	0.5547	0.9757
德國	1	0.8735	1	1	1
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.41 2009 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.9341	0.846	0.9341	0.6635	0.9271
中國	0.4727	0.4045	0.6727	0.1914	0.6727
墨西哥	0.8298	0.7166	0.9298	0.5503	0.9298
印度	0.5555	0.4779	0.6555	0.2213	0.6555
印尼	0.7419	0.6295	0.8419	0.3663	0.8419
法國	1	1	1	1	0.9684
日本	1	0.7918	1	1	1
美國	0.9757	0.8424	0.9757	0.5547	0.9757
德國	1	0.8735	1	1	1
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.42 20010 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.9119	0.9119	0.9119	0.8013	0.7426
中國	0.3751	0.3454	0.5751	0.2136	0.5751
墨西哥	0.7744	0.734	0.8744	0.5134	0.8744
印度	0.4873	0.4297	0.5873	0.267	0.5873
印尼	0.548	0.4924	0.648	0.4419	0.648
法國	1	1	1	1	0.9093
日本	1	1	1	1	1
美國	0.9472	0.8801	0.9472	0.5701	0.9472
德國	0.9206	0.9206	0.8902	0.9198	0.9158
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.43 2011 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.9175	0.9175	0.9175	0.7997	0.7367
中國	0.3444	0.3444	0.5444	0.215	0.5444
墨西哥	0.722	0.722	0.822	0.4789	0.822
印度	0.4231	0.4077	0.5231	0.2466	0.5231
印尼	0.4872	0.4872	0.5872	0.4181	0.5872
法國	1	1	1	1	0.8921
日本	1	0.9942	1	1	1
美國	0.8666	0.8666	0.8666	0.5231	0.8666
德國	0.9212	0.9212	0.8468	0.9212	0.9168
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.44 2012 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.8928	0.8928	0.8928	0.7743	0.7544
中國	0.3784	0.3453	0.5784	0.2313	0.5784
墨西哥	0.7462	0.7008	0.8462	0.4821	0.8462
印度	0.4882	0.4231	0.5882	0.2303	0.5882
印尼	0.4992	0.4606	0.5992	0.4059	0.5992
法國	1	1	1	1	0.8303
日本	1	1	1	1	1
美國	0.8846	0.8348	0.8846	0.5678	0.8846
德國	0.874	0.866	0.874	0.8671	0.8602
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.45 2013 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.844	0.844	0.844	0.7115	0.7752
中國	0.3903	0.3577	0.5903	0.2797	0.5903
墨西哥	0.7776	0.7776	0.8776	0.5029	0.8776
印度	0.5494	0.486	0.6494	0.2637	0.6494
印尼	0.5335	0.498	0.6335	0.4291	0.6335
法國	1	1	1	1	0.9383
日本	1	0.8336	1	1	1
美國	0.9105	0.8633	0.9105	0.6157	0.9105
德國	0.9242	0.8708	0.9242	0.9096	0.9164
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.46 2014 年敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
巴西	0.8355	0.8355	0.8355	0.6053	0.8355
中國	0.4072	0.3821	0.6072	0.2708	0.6072
墨西哥	0.8349	0.8093	0.9349	0.5046	0.9349
印度	0.5477	0.5113	0.6477	0.2423	0.6477
印尼	0.5264	0.5043	0.6264	0.3514	0.6264
法國	1	1	1	1	1
日本	0.9266	0.8429	0.9266	0.8519	0.9266
美國	0.9319	0.8774	0.9319	0.5803	0.9319
德國	1	0.9053	1	1	1
英國	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

表 4.47 開發中國家敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
2005	0.7026	0.67782	0.79406	0.3668	0.8026
2006	0.70992	0.67678	0.79814	0.42598	0.80992
2007	0.74718	0.68124	0.84716	0.42874	0.84718
2008	0.7068	0.6149	0.8068	0.39856	0.8054
2009	0.5598	0.55058	0.6598	0.37166	0.63868
2010	0.61934	0.58268	0.71934	0.44744	0.68548
2011	0.57884	0.57576	0.67884	0.43166	0.64268
2012	0.60096	0.56452	0.70096	0.42478	0.67328
2013	0.61896	0.59266	0.71896	0.43738	0.7052
2014	0.63034	0.6085	0.73034	0.39488	0.73034
平均	0.647474	0.612544	0.74544	0.412788	0.734076

資料來源：本研究整理

表 4.48 已開發國家敏感度分析表

	原始 效率值	去除 外資	去除 能源使用	去除 內資	去除 二氧化碳
2005	0.97024	0.9086	0.96796	0.90476	0.948
2006	0.96806	0.90342	0.9456	0.91426	0.95108
2007	0.98244	0.91406	0.98244	0.91824	0.96648
2008	0.99514	0.90154	0.99514	0.91094	0.98882
2009	0.96246	0.957	0.95142	0.90514	0.95226
2010	0.97356	0.96014	0.96748	0.89798	0.95446
2011	0.95756	0.9564	0.94268	0.88886	0.9351
2012	0.95172	0.94016	0.95172	0.88698	0.91502
2013	0.96694	0.91354	0.96694	0.90506	0.95304
2014	0.9717	0.92512	0.9717	0.88644	0.9717
平均	0.969982	0.927998	0.964308	0.901866	0.953596

資料來源：本研究整理

分析表 4.47 及表 4.48 得知，依影響效率值優勢（權重）大小排序，影響開發中國家最大為內資，其次為能源使用，接著是二氧化碳，最後是外資。而影響已開發國家最大為內資，其次為外資，接著是二氧化碳，最後是能源使用量。

兩群國家影響最大皆是內資，顯示其為兩群組國家之優勢項目，內資即國內資本與一國投入其生產資金與資產設備多寡息息相關，為一國之經濟基礎。開發中國家在去除能源使用項目與二氧化碳的排放量之後效率值大幅上升表示該兩項目為開發中國家的劣勢項目，而已開發國家在去除能源使用項目與二氧化碳排放量，影響效率值幅度很小，相比開發中國家來講，已開發國家的能源使用與二氧化碳排放量具有優勢。開發中國家尤其中國、印度、印尼，其二級產業比重遠高於一、三級產業。開發中國家主要以製造、代工等產業為主，其為屬於高污染，高耗能之產業類型對環境的衝擊甚大。已開發國家在能源使用方面與二氧化碳排放量與開發中國家相比起來相對有優勢，再生能源技術佳，減碳排放方面的控管能力好。

第五章 結論與未來建議

近年來永續發展概念逐漸受到重視，強調環境與經濟成長並重與協調一致是確保環境與發展之唯一途徑。過去已開發國家的發展著重於增加生產提高自身經濟成長率，因此開發中國家也因循此種發展模式，致力於增加產出及提高經濟成長率。但高強度的發展已為環境帶來危害，極端氣候變化、各種環境污染、資源耗竭等問題逐漸浮現。目前經濟發展、能源使用、環境保護三者之間已經構成了一個相互關聯，互為矛盾的三元體系。如何才能在三者之間取得綜合平衡的發展態勢已是目前各國極為關注的問題。

因此，本研究從效率的觀點，探討各國環境效率優劣並將國家依照 GDP、GNP 的大小分群，並探討各國環境效率表現是否符合微笑曲線的概念。另外加入時間過程的考量，觀察不同群組國家的效率穩定程度位置，比較各國經濟體的環境與經濟發展績效目標。

5.1 結論

本研究利用資料包絡分析法，探討 2005~2014 年間各國家的效率優劣並加以分群，再利用差額變數分析找出兩群組國家效率下滑的主要原因，並提供改善方向。使用敏感度分析，探討兩群組投入的優勢項目及影響幅度。最後為了使效率的評估具備時間過程考量，利用視窗分析來探討兩群組國家效率狀況與穩定程度。

1. 開發中國家在 2005 至 2014 年間，能源使用量及二氧化碳排放量每年皆呈現成長趨勢；已開發國家的能源使用（除了 2010 年、2013 年）及二氧化碳排放量（除了 2007 年、2010 年、2013 年）各年皆呈現逐漸下降的趨勢。其很大的原因在於已開發國家委託開發中國家代工、製造使得開發中國家對於能源消耗的需求不斷的增加，也就是說開發中國家為了促進經濟的成長而使環境污染影響越來越嚴重。

2. 由資料包絡分析得知研究期間 2005~2014 年，已開發國家整體效率表現皆較開發中國家好，而在 2009 年，兩群國家效率皆有下降的趨勢，受到該年金融海嘯影響，各國的國內生產毛額皆明顯減少，但已開發國家效率在下降後有明顯回升，表示其對能源及碳排放控管能力較強，而開發中國家效率則在下降後無明顯上升，顯示其控管能力較差。
3. 透過差額分析發現，開發中國家需要改善各項目的權重，依照其權重大小順序，需優先改善二氧化碳、能源使用、外資、內資。開發中國家投入過多的資本與能源的消耗但生產力卻不足，導致開發中國家相對無效率，因此開發中國家應提升生產效率或加速產業結構轉型。而已開發國家需要改善各項目的權重，依照其權重大小順序，需優先改善二氧化碳、能源使用、外資、內資。雖然乍看之下，已發中國家需改善的項目跟開發中國家需改善項目很相似，但是已開發國家的各個項目需改善的幅度很低，從 3.3% 到 9.7%，沒有像開發中國家需改善幅度這麼大從 35%到 57%。可見得已開發國家在各項投入中的資源配置以及控管能力皆優於開發中國家。
4. 從敏感度分析得知，依影響效率值優勢（權重）大小排序，影響開發中國家最大為內資，其次為能源使用，接著是二氧化碳，最後是外資。而影響已開發國家最大為內資，其次為外資，接著是二氧化碳，最後是能源使用量。兩群國家影響最大項目皆是內資，顯示其為兩群組國家之優勢項目，內資即國內資本與一國投入其生產資金與資產設備多寡息息相關，為一國之經濟基礎。開發中國家在去除能源使用項目與二氧化碳的排放量之後效率值大幅上升表示該兩項目為開發中國家的劣勢項目，而已開發國家在去除能源使用項目與二氧化碳排放量，影響效率值幅度很小，相比開發中國家來說，已開發國家的能源使用與二氧化碳排放量具有優

勢，也就是說已開發國家的能源使用的效率與二氧化碳控管的效率比開發中國家來得好。開發中國家尤其中國、印度、印尼等，其二級產業比重遠高於一、三級產業。開發中國家主要以製造、代工等產業為主，其為屬於高污染，高耗能之產業類型對環境的重擊甚大。已開發國家在能源使用方面與二氧化碳排放量與開發中國家相比起來相對有優勢。

5. 透過視窗分析發現，兩群國家整體效率值有所下降，依效率矩陣圖結果來看，大部份開發中國家（除了巴西）呈現低效率，而且大部分開發中國家（除了中國）皆呈現高度的不穩定。而已開發國家皆在高效率高穩定程度，顯示已開發國家相對於開發中國家有較佳的資源使用配置能力。

5.2 未來研究建議

1. 本研究選取各國經濟發展要素：內資、能源使用、外資、GDP 及環境變數；能源使用量及非意欲產出：二氧化碳排放量。後續研究可加入其他污染或能源變數上的改進，如空氣污染、水污染、懸浮微粒、電力、水利使用等。
2. 本研究在收集資料過程中，因礙於一些國家及變數資料不詳盡無法納入分析，建議未來可加入更多國家或年份，可看出更精確的結果。
3. 本研究使用資料包絡分析法，採用 CCR 模式，但資料保羅分析法還有其他模式，建議後續研究使用者可選用。

參考文獻

1. 王俊能，許振成，胡習邦，彭曉春，&周楊。(2010)。基于 DEA 理論的中國區域環境效率分析。《中國環境科學》，30(4)，565-570。
2. 王媛慧、李文福(2004)。我國地區醫院技術效率之研究-DEA 方法的應用。《經濟研究》，40(1)，61-95。
3. 吳濟華、何柏正(2008)。《組織效率與生產力評估-資料包絡分析法》。新北市：前程文化。
4. 邱吉鶴(2001)。《行政機關績效評估制度之研究》。國立台北大學企業管理研究所在職專班碩士論文。台北市。
5. 施振榮(1997)。《再造宏碁》。台北市：天下文化出版社。
6. 翁興利，李豔玲，&潘婉如。(1996)。相對效率之衡量：DEA 之運用。《中國行政評論》，5(4)，63-106。
7. 高志宏(2006)。《APEC 經濟體之總要素環境能源效率》。國立交通大學，新竹市。
8. 高強、黃旭男、Sueyoshi(2003)。《管理績效評估資料包絡分析法》。台北市：華泰文化事業。
9. 鄭秀玲、劉育碩。(2000)。《銀行規模，多角化程度與經營效率分析：資料包絡法之應用》。
10. 薄喬萍(2005)。《績效評估之資料包絡分析法》。台北市：五南圖書出版股份有限公司。
11. 薄喬萍(2008)。《D.B.A 在績效評估之綜合應用》。台北市：五南圖書出版股份有限公司。
12. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
13. Boussofiane, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
14. BP Global (2014). Statistical Review of World Energy 2014. <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>
15. Callens, I., & Tyteca, D. (1999). Towards indicators of sustainable development for firms: a productive efficiency perspective. *Ecological Economics*, 28(1), 41-53.
16. Charnes, A., & Cooper, W. W. (1962). Programming with linear fractional

- functionals. *Naval Research logistics quarterly*, 9(3-4), 181-186.
17. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
 18. Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.
 19. DeSimone, L. D., & Popoff, F. (2000). *Eco-efficiency: the business link to sustainable development*. MIT press.
 20. Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
 21. Fried, H. O., Schmidt, S. S., & Lovell, C. K. (Eds.). (1993). *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. Oxford university press.
 22. Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.
 23. Huppes, G., & Ishikawa, M. (2005). A framework for quantified eco-efficiency analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 25-41.
 24. International Energy Agency, IEA(2016). CO2 emissions From Fuel Combustion Highlights 2016. <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/co2-emissions.html>
 25. Lewin, A. Y., Morey, R. C., & Cook, T. J. (1982). Evaluating the administrative efficiency of courts. *Omega*, 10(4), 401-411.
 26. Li, X. G., Yang, J., & Liu, X. J. (2013). Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that considers undesirable outputs. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(5), 956-960.
 27. Schmidheiny, S. (1992). *Changing course: A global business perspective on development and the environment* (Vol. 1). MIT press.
 28. Szilagyi, A. D. (1981). *Management and performance*. Santa Monica, Calif.: Goodyear Publishing Company.
 29. Tuma, A., Haasis, H. D., & Rentz, O. (1996). A comparison of fuzzy expert systems, neural networks and neuro-fuzzy approaches. Controlling energy and material flows. *Ecological modelling*, 85(1), 93-98.
 30. World Development Indicators, WDI (2016). <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>