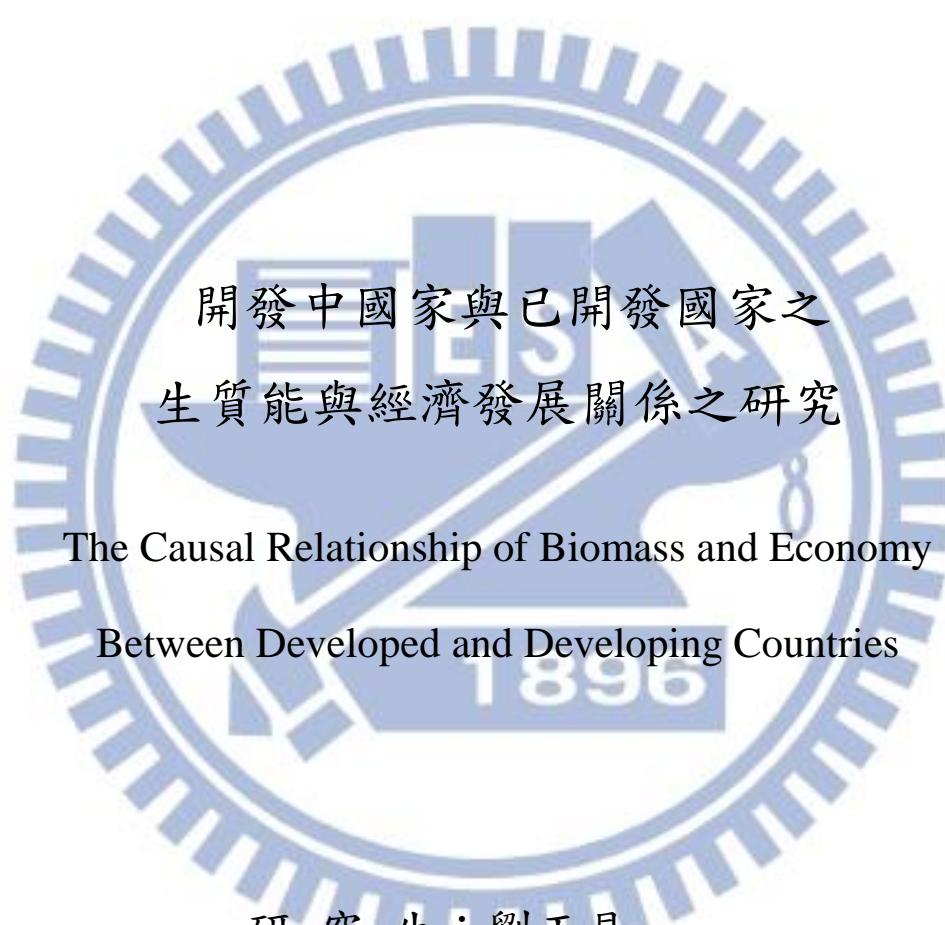


國立交通大學  
管理學院科技管理研究所碩士班  
碩士論文



研究生：劉玉晶

指導教授：虞孝成 教授

包曉天 教授

中華民國 102 年 1 月

開發中國家與已開發國家之生質能與經濟發展關係之研究

The Causal Relationship of Biomass and Economy  
Between Developed and Developing Countries

研究 生：劉玉晶

Student : Yu-Ching Liu

指導教授：虞孝成

Advisor : Dr. Hsiao-Cheng Yu

包曉天

Dr. Hsiao-Tien Pao



Submitted to  
Graduate Institute of Management of Technology  
College of Management  
National Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Business Administration  
in  
Management of Technology  
January 2013  
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 102 年 1 月

# 開發中國家與已開發國家之 生質能與經濟發展關係之研究

研究生：劉玉晶

指導教授：虞孝成、包曉天博士

國立交通大學科技管理研究所碩士班

## 摘要

近年由於環境保護及能源安全等議題，使得許多國家紛紛朝向再生能源發展，而生質能亦屬其一。由於目前大力發展生質能之國家甚少，故本篇論文以 2009 年生質能發電比例為選樣條件挑選出前十大國家，再以 ECM 模型探討 1990 至 2009 年間生質能發電與經濟發展間之因果關係，並進行對選定的開發中群組與已開發群組之比較。

本研究結果顯示，對已開發國家群組而言，經濟發展對於生質能發電具有短期負向影響關係，而生質能發電對於經濟發展具有短期正向影響；在長期時，僅存在經濟發展對於生質能發電的單向穩定關係。至於開發中國家群組，生質能發電對於經濟發展，短期具有負向影響關係，且經濟發展與生質能發電具有雙向長期均衡穩定關係。

基於實證結果，本研究建議已開發國家群組可大量採取促進發展生質能的發電政策，包含投資生質能發電的稅務減免政策、研發發展生質能的財務政策或鼓勵發展生質能發電之補貼等等，以促進這些國家的經濟發展。對於開發中國家群組之建議為，應採取提升生質能發電的技術水準、提高能源使用效率的使用能力，並建造更為完善的基礎建設之政策。

關鍵字：生質能、經濟發展、因果關係研究、面板數據

# The Causal Relationship of Biomass and Economy Between Developed and Developing Countries

Student: Yu-Ching Liu

Advisor: Dr. Hsiao-Cheng Yu  
Dr. Hsiao-Tien Pao

Institute of Management of Technology  
National Chiao-Tung University

## Abstract

Recently, owing to the environmental protection, energy security, and other popular issues, several countries take energy policy seriously and would change policy toward renewable energy, including biomass energy. Nowadays, few countries rely on electricity generation from biomass energy or few are famous for biomass power generation in great volume. Therefore, this paper selects observed samples in a much more subject and relative way by comparing the proportion of biomass electricity generation to total generation. Thus, in this paper top 10 countries are selected for study by taking the proportion in 2009 as criteria, and the period from 1990 to 2009 were investigated for these 10 counties which are divided to developed and developing group. By taking the panel error correction model, the causal relationships of these two groups are verified and will be compared.

The empirical results for developed group reveal that negative unidirectional causality from biomass power generation to real GDP and positive unidirectional causality from real GDP to biomass exist in the short-run, and equilibrium relationship from real GDP to biomass power generation exists in the long-run. For developing group, only negative unidirectional causality from real GDP to biomass electricity generation exists in short-run, and in long-run there is bidirectional equilibrium relationship.

Based on the empirical results this paper suggests that developed group can take several policy to encourage biomass generation, including tax incentive, subsidy on investment and R&D, and so on. In addition, we advise developing group should enhance the technology, increase energy efficiency, and establish infrastructure.

Key word: Biomass, economy, causal relationship, panel data

## 誌謝

自從抉擇高中分組的那刻，以及大學就讀管理學院的那刻起，似乎就認為未來不太會接觸到理工方面的議題或學習。然生活的目標總隨著歲月的增長而改變，自己亦未能料到將科技產業作為未來職涯發展考量之一，更未能預測到自己可以順利考取上如此與科技產業結合的系所。

隔行如隔山，當初，在決定論文方向時，對於各種能源、應用、能源材料、市場局勢及產業發展等等完全不了解。雖當時每周對於國際、國家能源發展資料的大量閱讀，令人顯得相當吃力，但感謝指導教授的敦促，讓學生在國際視野、國際能源使用及各國能源政策上有豐富的收穫，並挹注了新視野及新觀念。除論文指導老師外，還感謝曾教導學生能源領域課程的教授，不僅帶給學生以理工之能源教學，更使學生培養出主動獲取及蒐集新知、批判獨立思考的能力。

然對於生質能及其他能源的了解，此僅是論文的精神與靈魂，若要將之具體化，則有賴於研究方法、數理模型及統計工具的使用。因此，除感謝指導教授外，還特此感謝在此方面幫助過學生的博士班學長，使得學生減少瞎子摸象的冗長過程及時間。

碩士求學階段、完成論文的兩年過程，需要感謝的人難以計數。對此，就感謝天吧。在上天的安排下讓我遇見你們，感謝你們對我的指導、教學、幫助、扶持與關懷。

劉玉晶 謹誌

中華民國一〇二年一月

于國立交通大學科技管理研究所

# 目錄

摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VI
圖目錄 .....	VII
一、緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
二、文獻回顧 .....	3
三、背景資料介紹 .....	6
3.1 已開發國家 .....	6
3.1.1 奧地利(Austria) .....	6
3.1.2 丹麥(Denmark) .....	8
3.1.3 芬蘭(Finland) .....	10
3.1.4 荷蘭(Netherlands) .....	12
3.1.5 瑞典(Sweden) .....	14
3.2 開發中國家 .....	18
3.2.1 貝里斯(Belize) .....	18
3.2.2 智利(Chile) .....	20
3.2.3 瓜地馬拉(Guatemala) .....	22
3.2.4 匈牙利(Hungary) .....	24
3.2.5 模里西斯(Mauritius) .....	26
3.3 已開發與開發中國家比較 .....	29
3.3.1 國內實質生產毛額(Real GDP) .....	30

3.3.2 固定資本投入(Gross Fixed Capital Formation).....	31
3.3.3 勞動力投入(Total Labor Force) .....	32
3.3.4 生質能發電(Biomass Electricity Generation).....	33
四、研究方法 .....	33
4.1 變數定義 .....	34
4.2 定單根檢定 .....	34
4.2.1 定態(Stationary).....	34
4.2.2 單位根(Unit Root).....	35
4.2.3 單根檢定(Unit Root Test) .....	35
4.3 共整合分析 .....	36
4.4 誤差修正模型 .....	38
4.4.1 誤差修正模型(Error Correction Model)之意義.....	38
4.4.2 誤差修正模型之使用 .....	38
五、實證結果 .....	39
5.1 單根檢定 .....	39
5.2 共整合檢定 .....	40
5.3 誤差修正模型(VECM) .....	41
六、結論 .....	44
參考文獻 .....	46

# 表目錄

表 1. 各國 1990-2010 之敘述統計 .....	29
表 2. 開發中和已開發國家之國內實質生產毛額 .....	30
表 3. 開發中和已開發國家之實質固定資本投入 .....	31
表 4. 開發中和已開發國家之勞動力 .....	32
表 5. 開發中和已開發國家之生質能發電 .....	33
表 6. 變數解釋 .....	34
表 7. 單根檢定結果 .....	40
表 8. 共整合檢定結果 .....	41
表 9. 修正誤差模型結果 .....	42



# 圖 目 錄

圖 1. 奧地利各數趨勢圖 .....	6
圖 2. 奧地利發電結構 .....	3
圖 3. 丹麥各變數趨勢圖 .....	8
圖 4. 丹麥發電結構 .....	9
圖 5. 芬蘭各變數趨勢圖 .....	6
圖 6. 芬蘭發電結構 .....	11
圖 7. 荷蘭各變數趨勢圖 .....	13
圖 8. 荷蘭發電結構 .....	14
圖 9. 瑞典各變數趨勢圖 .....	15
圖 10. 瑞典發電結構 .....	16
圖 11. 貝里斯各變數趨勢圖 .....	18
圖 12. 貝里斯發電結構 .....	19
圖 13. 智利各變數趨勢圖 .....	20
圖 14. 智利發電結構 .....	21
圖 15. 瓜地馬拉各變數趨勢圖 .....	22
圖 16. 瓜地馬拉發電結構 .....	23
圖 17. 匈牙利各變數趨勢圖 .....	24
圖 18. 匈牙利發電結構 .....	25
圖 19. 模里西斯各變數趨勢圖 .....	33
圖 20. 模里西斯發電結構 .....	28
圖 21. 各群組之國內實質生產毛額(Real GDP)趨勢圖 .....	30
圖 22. 各群組之國內實質生產毛額(Real GDP)成長率 .....	30
圖 23. 各群組之實質固定資本投入(Fixed Capital Formation)趨勢圖 .....	31
圖 24. 各群組之實質固定資本投入(Fixed Capital Formation)成長率 .....	31
圖 25. 各群組之勞動力(Total Labor Force)趨勢圖 .....	32

圖 26. 各群組之勞動力(Total Labor Force)成長率 .....	32
圖 27. 各群組之生質能發電(Biomass)趨勢圖 .....	33
圖 28. 各群組之生質能發電(Biomass)成長率 .....	33



# 一、緒論

## 1.1 研究動機

全球二氧化碳的排放量已從 1980 的 18,434 百萬立方噸(Million Metric Tons)攀升至 2009 的 30,313 百萬立方噸(Million Metric Tons)，成長超過 1.5 倍。根據根據國際能源總署(International Energy Agency, IEA) 表示，若各國不做出能源政策上的改變，在未來石油需求日趨增加的情況下，二氧化碳的排放量至 2050 年將會成長兩倍以上。而二氧化碳等氣體排放，造成氣溫上升、暖化效應、海平面上升等一連串環境影響效應，其嚴重性不言可喻，故在京都議定書協議下的參與國致力於此，將其二氧化碳排放量降低至 1990 年水準(IEA,2009)。除環境議題外，國家能源安全考量並避免受國際油價波動的影響，各國無不開始採取新的能源政策。

國際能源總署(Energy of Information Administration, EIA)2010 年表示，再生能源是目前發展最為快速的能源。預期在 2007 年至 2035 年間，尤其是作為發電使用的再生能源，其平均年成長率高達 3%；而總體再生能源之年平均成長率達 2.6%(EIA,2010)。許多國家政府政策為促進再生能源的發展，採行財務補貼或獎勵投資計畫以鼓勵，而該些政策的推行如同採行財政政策刺激經濟發展，又若企業進行相關能源投資則對經濟發展亦有所助益，因此許多國家紛紛喊出綠色成長經濟(Green Growth Policy)。因此，在發展綠色能源相關產業時，不僅期望可降低二氧化碳排放及環境汙染，並同時創造就業機會及經濟成長。以德國為例，德國政府表示 2010 時再生能源部門創造出 367,400 就業，相對於 2004 年成長 129%。

根據國際能源總署(IEA)最新統計，生質能為全球第四大能源，僅次於石油、煤及天然氣，供應全球約 10%的初級(Primary Energy)能源需求，為目前最廣為使用的再生能源，約占世界所有再生能源應用的 80%(IEA,2007)。

生質能源如同風能、太陽能、潮汐能等一樣，因有取之不竭、用之不盡的特性，因而被列為再生能源之一。其使用過程的二氧化碳淨排放量視為零，具有碳中性，因此各國在尋求其他化石燃料以外的替代能源以降低二氧化碳排放時，生質能是許多國家的考量方向。相較於其他再生能源，生質能的優勢在於技術相對成熟，兼具廢棄物回收處理，且應用較廣可不限於發電使用，且提煉為生質燃料可用於傳統能源供應的架構中。

生質能的利用具多種技術，包含直接燃燒、熱、物理、化學、生物轉換技術，然並非各國家都具有相同的技術水準，相對於已開發國家，開發中國家能源使用效率顯得低落。因此本研究希望探討發展生質能的開發中與已開發國家，生質能的發展對兩者的經濟影響是否有所不同。

## 1.2 研究目的

在二氧化碳等環境保護議題下，為將二氧化碳降低至 1990 年水準，各國無不發展其適合的再生能源以降低溫室氣體排放。此外，歷經兩次的石油危機，深受國際石油價格攀升所造成影響，以及各國政府基於國家安全考量，避免對於進口及化石能源過度依賴等，皆強化了發展再生能源的動力。

在諸多再生能源選擇中，因每個國家有其獨特的地理環境與位置而有其較適合發展的再生能源，而發展生質能的國家必須要擁有足量的生物質以支持其發展，方能促進綠色經濟成長。惟經濟發展狀況不同的國家，工業技術水準不盡相當，能源使用效率有所落差，因此本研究之目的在於，探討開發中及已開發國家發展生質能是否造成經濟影響的差異性。



## 二、文獻回顧

關於能源消耗與經濟發展間的相互因果影響關係、是否具有長期穩定關係間的探討，已有眾多學者對此進行深入研究。兩間的因果影響關係可區分為四，分別為成長假設(Growth hypothesis)、保全假設(Conservation hypothesis)、回饋假設(Feedback hypothesis)及中立假設(Neutrality hypothesis)，以下茲將列述各種假設之意涵。

成長假設(Growth hypothesis)認為，能源消耗對於經濟發展具有重要的正向或負向影響關係。若能源消耗對於經濟成長具有正向因果關係，表示能源的使用將促使經濟的成長，且消耗愈多經濟成長愈高；相反地此若為負向關係，表示能源的使用將對經濟發展造成負面影響，此可能為能源使用效率差、能源使用技術不良、能源浪費等因素而致。故能源消耗對於經濟發展僅具有單向因果關係之實證結果，即是支持成長假設。保護假設(Conservation hypothesis)則認為，當政府在能源政策上降低環境保護主義，透過減少能源使用或提升使用效率以降低二氧化碳及溫室效應，但卻不會阻礙經濟發展與成長。故在此情況下，國家當局理可採取嚴苛的能源使用政策方針，並加速能源環保活動的推廣與實行，不僅對於全球環境有益，亦不會犧牲國家的經濟成長導致經濟衰落。因此，此假設的實證結果為，經濟發展對能源消耗僅具有單向的因果影響關係。在回饋假設(Feedback hypothesis)中，認為經濟發展與能源消耗並不是僅為單向的因果關係，而是雙向的影響結果。此表示任一者必會對於另一者產生因果影響，而影響可能為正向或為負。故經濟發展與能源消耗具有雙向因果影響關係的實證結果，即是支持回饋假設。最後，中立假設(Neutrality hypothesis)的實證結果為，兩者間沒有任何因果關係的存在。此表示任一因素對另一者不具影響，故經濟發展與能源消耗不具任何因果影響關係，故消耗能源不會刺激經濟發展，而經濟成長對能源消耗不呈現需求增加，彼此保持中立特性。

回顧先前將研究焦點至於經濟成長的文獻，可發現每種假設皆有學者的實證結果可支持。Apergis and Payne(2009b, 2010b), Chontanawat, Hunt and Pierse (2008), Sari and Soytas(2007)為支持成長假設。Apergis and Payne(2010a)則支持保護假設。回饋假設則受Apergis and Payne(2009c, 2010d), Eggoh and Rault(2011), Ghali and El-Sakka(2004), Zhixin and Xin(2011)支持。Soytas and Sari(2009), Soytas, Sari and Ewing(2007)的實證結果中，則支持中立假設。此外，Bowden and Payne(2009), Lee and Chien(2010), Wolde-Rufael(2005, 2009)則獲得綜合性結果，部分國家或部門各別支持不同假設。在此，可對於能源消耗與經濟發展間的關係做出個小結，即不會僅有單一假設結論可適用於所有研究。其可能基於研究主題、使用變數、研究國家、研究年度，以及研究方法等差異，使得即使針對同一主題或同一族群亦會有不同的研究結果。

除了上述所提及將勞力及資本投入作為控制變數的經濟模型外，另有一派研究的關注焦點在於環境保護議題，在研究模型中納入二氧化碳排放為變數來探討能源消耗與經濟發

展之關係。而本於溫室效應等環境保護意識的因果關係研究，Ang(2008), Alam, Buysse and Huylenbroeck(2012)支持成長假設，Ghosh(2010), Hamit-Haggar(2012), Wolde-Rufael and Menyah(2010b), Zhang and Cheng (2009)支持保護假設，Apergis and Payne(2009a, 2010c)則支持回饋假設，而 Oztuk and Acaravci(2010), Soytas and Sari(2009), Soytas, Sari and Ewing(2007)支持中立假設。

當溫室氣體排放及全球暖化效應引起愈來愈多關切後，許多地區或國家的能源政策發展則致力於降低傳統化石能源的消耗或依賴，並尋求其他的替代能源或拓展再生能源的來源與使用。使用再生能源，不僅可使一國獲取能源，降低對石油出口國的依賴，更可降低對傳統化石燃料的使用，並減緩其所導致的大量二氧化碳排放，更有可能因創新、新穎政策的發展而刺激經濟發展。因此，許多學者乃針對再生能源進行研究，探究再生能源與經濟發展的關係，實證結果顯示 Apergis and Payne(2011b), Chien and Hu(2008)支持成長假設，Apergis and Payne (2010e,f,g, 2011a,c, 2012a,b)則支持回饋假設，而 Menegaki(2011), Payne(2009,2012), Wolde-Rufael and Menyah(2010a)支持中立假設。Chien and Hu(2007), Sadorsky (2009)的研究結果則呈現綜合性假設。

在研究再生能源與經濟發展間的關係中，Apergisand Payne (2012a)以涵蓋全球開發中與已開發的 80 國為研究對象，企圖以較為全球化的宏觀觀點來探究再生能源與經濟發展之關係，其研究結果支持回饋假設的雙向因果影響關係。有些研究在選擇研究對象時，則會進行區隔選擇以針對特定族群或地區國家進行研究，而非採取較為宏觀的全球性觀視野。Sadorsky(2009)採僅含再生能源與實質 GDP 的二元變數模型，針對開發中的 18 個新興國家進行研究，實證結果顯示雖兩者在短期為不具有因果關係的中立假說，而卻長期關係穩定均衡關係。Apergisand Payne (2011b)雖同樣針對新興市場進行研究，但選樣國家僅為 16 國，且聚焦於發電用的再生能源消耗為主題，採取多元變數模型進行研究探討。Apergisand Payne (2010f)使用包含資本及勞力投入在內的多元變數模型，將研究對象轉為高度發展的 OECD 國家，獲得雙向因果關係的實證結果以支持回饋假設。

Apergisand Payne (2010g,2011c)在選樣國家時不以經濟發展作為區分法則，而是以地理區位做為選樣方法，分別針對歐亞地區及中美洲地區進行因果關係研究，而兩者皆獲得支持回饋假設的研究結果。除對針對多國進行之研究外，亦有不少研究僅針對單一國家進行更為詳盡或依國情而異的分析，Wolde-Rufael and Menyah(2010a)及 Payne(2009)同針對美國單一國家研究，並在多元變數之中加入二氧化碳排放量變數，皆獲得再生能源消耗、總能源消耗與國家經濟發展關係為不具因果影響關係，隱含實證結果支持中立假說。

此外，有些研究之貢獻乃在於比較不同的族群之特性。Chien and Hu (2007)使用 DEA 法計算出總體經濟效率後，再探討再生能源對於總體經濟效率之影響，並針對 OECD 國家與 Non-OECD 國家之研究結果進行比較，此即為最大之貢獻。此研究發現，若僅針對 26 國的 OECD 族群與包含 19 國的 Non-OECD 族群各別研究，再生能源對其總體經濟效率皆不具顯著影響；但若將兩族群相結合為 45 國，發現再生能源對於經濟效率卻具有正向

顯著影響。除比較不同的研究對象外，另有學者將比較的焦點至於不同類型的能源，Ewing et. al (2007)將美國能源類別進行細分，發現包含廢棄物及木材對於工業產出具有正向顯著影響，且影響是最為重者。此種區分能源消耗類別之研究之最大貢獻，在於可瞭解不同能源消耗對經濟發展的影響，並進行各能源之比較。除針對多種能源比較外，亦有學者僅針對特定類型能源研究，期以瞭解特定能源之影響，Payne (2011)則不僅只針對美國單一國家進行研究，並且聚焦於生質能之使用，其實證結果發現生質能對於實質GDP 具有因果關係而支持成長假說。

本研究結合上述「比較」性以及「針對特定能源使用」之特色，不僅將針對生質能進行探討，並對開發中與已開發國家進行比較，此為過去探討能源與經濟發展之因果關係研究中所未見。是故，特定性與比較性為本篇論文之最大貢獻。



### 三、背景資料介紹

因本研究是在傳統經濟模型下，因基於世界環境保護、能源使用等議題下，探討發展生質能與經濟發展間的關係，故茲將對經濟成長模型中的資本投資(K)、勞力(L)兩大重要投入因子，以及本論文探討主題的生質能發電(Biomass for Electricity Generation)與國內實質生產毛額(Real GDP)區分成已開發群組、開發中群組，並進行各國的四大變數背景分析及生質能發展介紹。

#### 3.1 已開發國家

##### 3.1.1 奧地利(Austria)

二十年的發展中，奧地利國內實質生產毛額(Real GDP)呈穩定逐步增長，而勞動力(Labor Force)的成長幅度小且趨於穩定，資本投入(Gross Fixed Capital Formation)呈現逐步微幅增長，然在生質能發電(Biomass for Electricity Generation)呈現巨幅成長，從 1990 年不足 2 億千瓦小時，成長至 2010 年約 8 億千瓦小時。各要素間的成長趨勢如下所示。

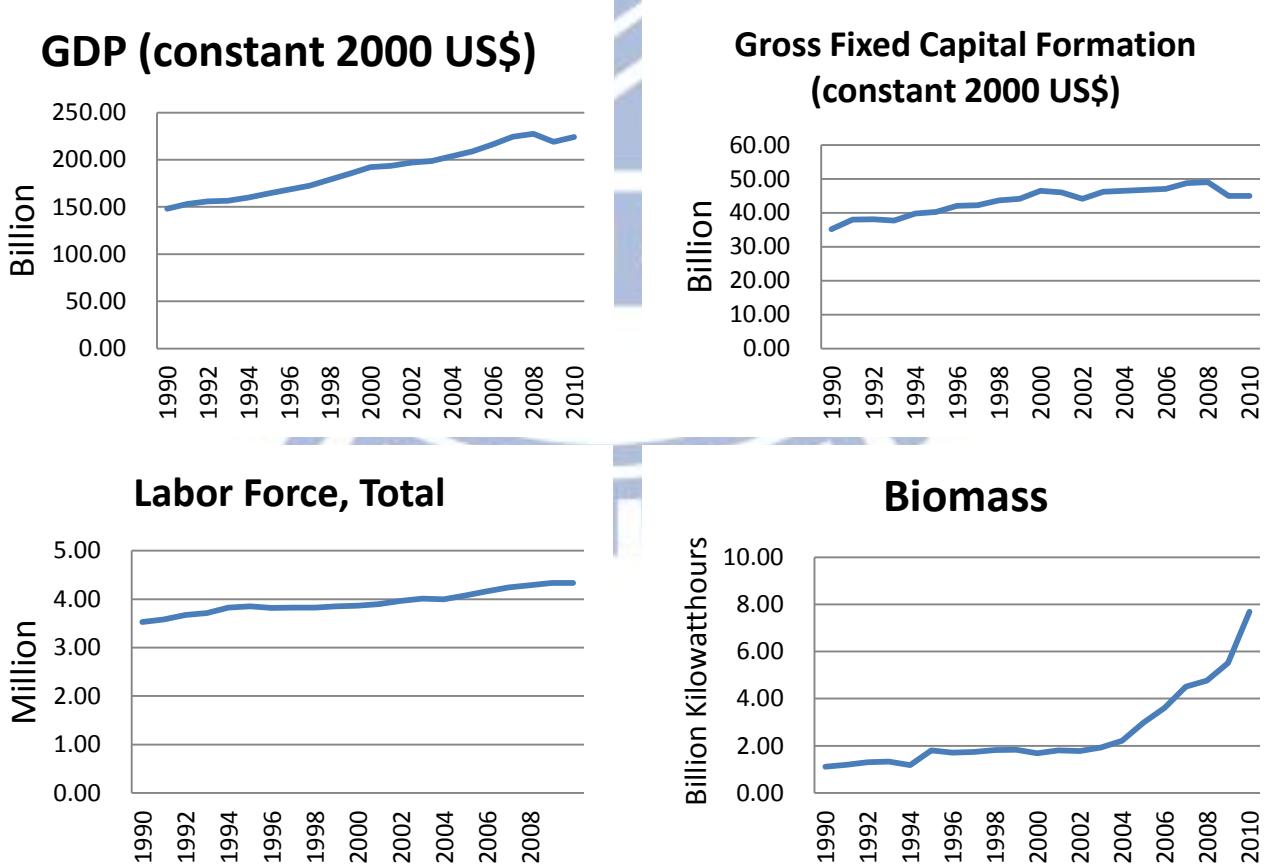
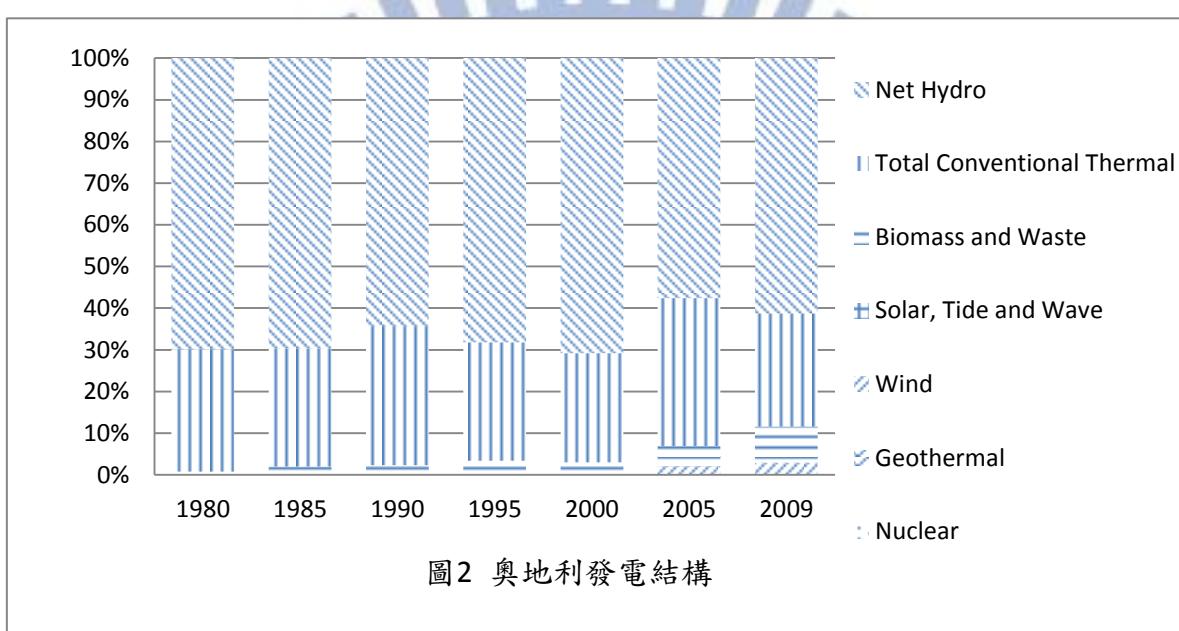


圖 1 奧地利各變數趨勢圖

### 3.1.1.1 奧地利(Austria)發電結構

水力及化石燃料為奧地利最主要的發電來源，2009 的發電結構中，兩者各分別占 61.25% 及 27.16%，共占總體發電的 88.41%。次於兩者的重要發電來源即為生質能發電，占約 8.6%。

從電力發電結構觀之，1980 年生質能發電僅占發電結構中 0.76%，至 2005 年占 4.8%，2009 年更增加達 8.6%，顯示在近 30 年左右的發電結構中，生質能源發電占整體發電的比重逐而攀升，且為所有再生能源發電比重成長最為快速者。



### 3.1.1.2 奧地利(Austria)生質能發展

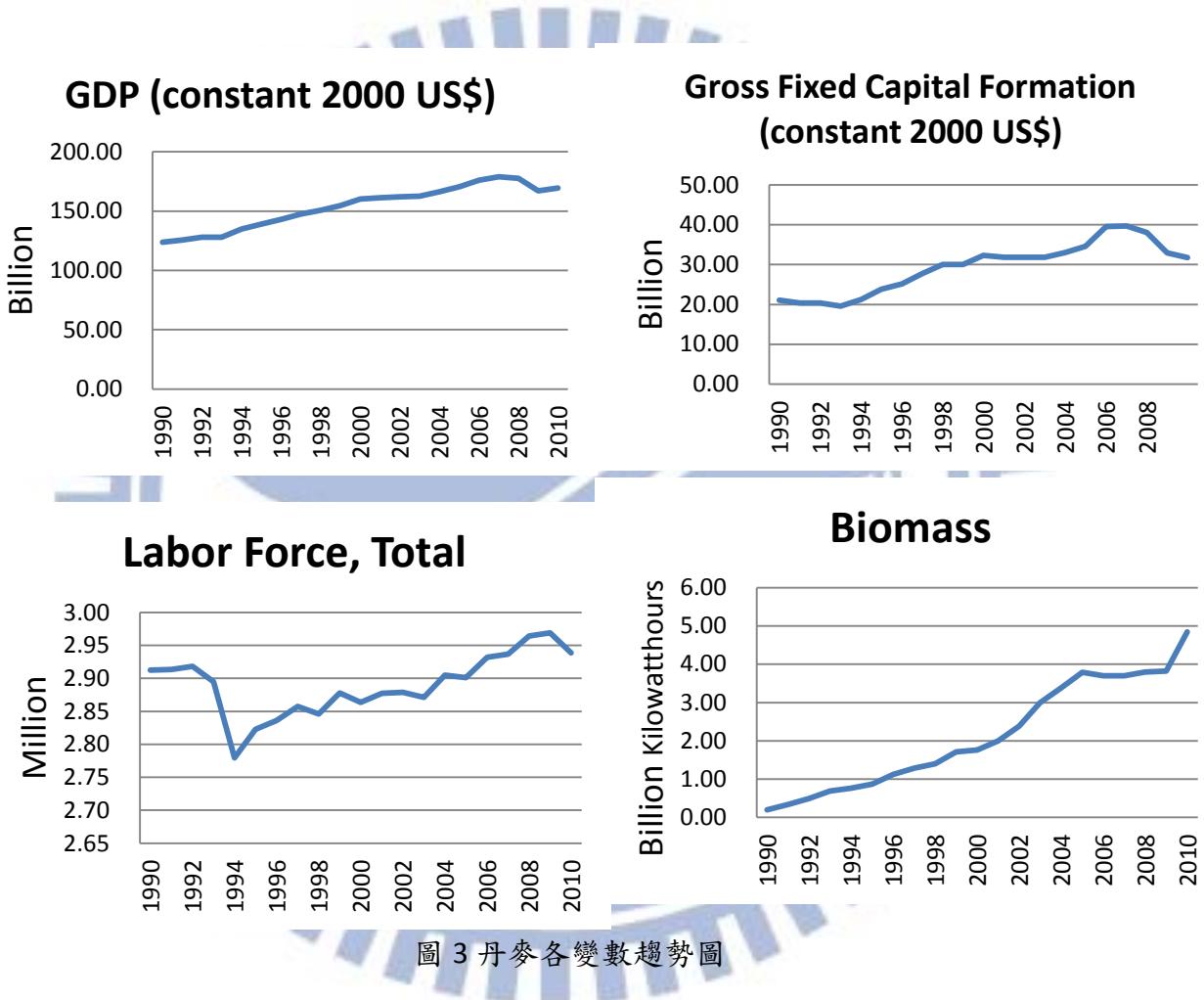
2005 年時，歐盟委員會宣布與各國訂定發展生質能計劃，而奧地利政府對此發展出一套 2007 年到 2011 年的生質能計劃，此計劃的目標之一為增加再生能源使用；另一目標為在 2010 年前透過生質能的發展，增加生質能所致的就業市場。在歐盟設立的《EU/20/20》的目標及政策下，再生能源的發展及使用已為要點項目之一，在擁有天然資源的條件下，生質能為奧地利政府首推發展的項目，奧地利聯邦森林環境及水利管理局(The Federal Ministry for Land and Forestry, Environment and Water management)，在 2006 年時提出生質能源發展草案以做為發展基礎(EDMS,2007)。

奧地利的發電結構上，2009 時再生能源約占 73%，而生質能發電之所以能快速成長的原因在於，奧地利國土中有 47 % 為森林，是歐洲國家中國土林木比例最高的國家，有眾多的林木資源可利用。因此，生質能自然為奧地利的重點再生能源發展項目，且生質能被廣範利用。例如，一般家庭民眾會使用大型的林木碎片；木片、樹皮及工業用剩餘林木

廢棄物等被使用於各地區的熱電混合模組(Combined Heating Power, CHP)(EREC, 2007)。

### 3.1.2 丹麥(Denmark)

丹麥近 20 年的資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內生產毛額(GDP)呈成長趨勢，且勞動力的成長速度略甚於資本投入。然更甚者為生質能發電(Biomass for Electricity Generation)，從 1990 年不足 10 億千瓦小時，成長至 2010 約 50 億瓦小時，近乎成長 5 倍。



#### 3.1.2.1 丹麥(Denmark)發電結構

依 2009 年發電結構比例觀之，化石燃料為最主要的發電來源，占總發電量比例達 70.17%，次者為風力發電，占約 18.6%，生質能為第三發電來源，占約 11.14%。

過去丹麥的發電完全依賴石油、煤及天然氣等化石燃料，近年因二氧化碳能源保護議題、歐盟能源政策、國家能源安全、受石油價格波動影響等因素，逐漸發展其他能源發電。因此，化石燃料發電比例逐年下降，再生能源發電比例漸增，其中，再生能源發電

則又以風力發電及生質能發電為主。

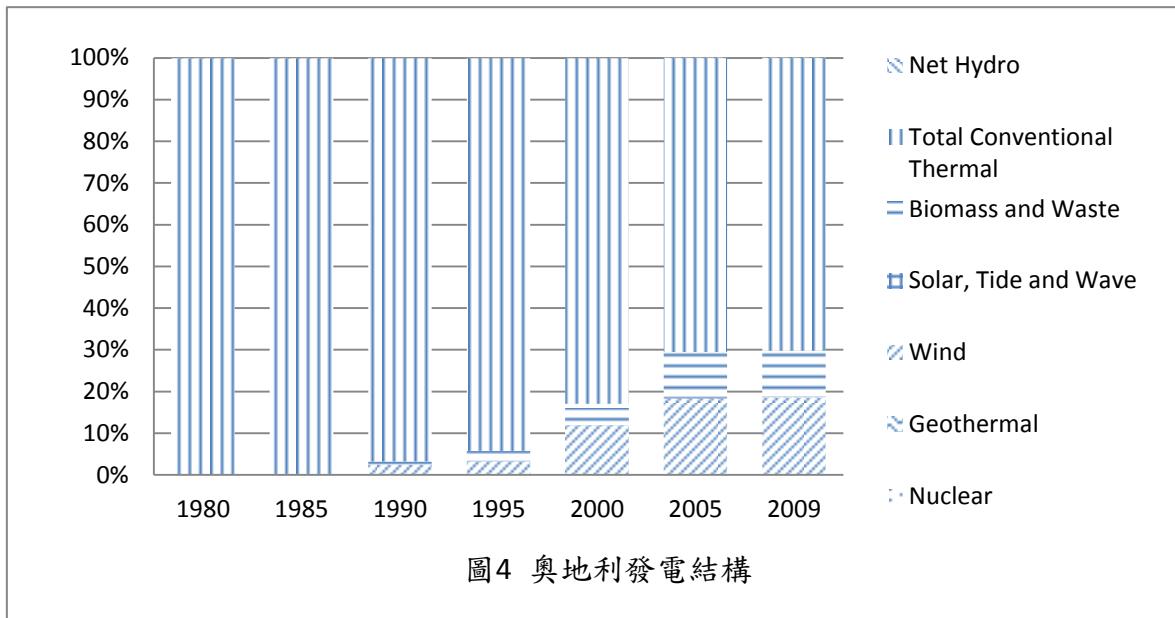


圖4 奧地利發電結構

### 3.1.2.2 丹麥(Denmark)生質能發展

近年歐盟所提出最為重要的政策為《EU 20/20/20》，其最終的目標為歐盟各國在 2020 年時，二氧化碳等溫室效應氣體與 1990 年的排放量相比降低 20%，再生能源的消費占總消費量 20%。

然丹麥對此設立比歐盟更遠大的目標，在 2011 年 11 月 25 日提出新能源政策(Our Future Energy)，致力於提高企業和家庭的能源使用效率，並積極發展再生能源。其所設立的終極願景為，對石化燃料 100% 獨立，意即能源使用上可完全不必再依靠石油、煤及天然汽等石化燃料，在 2050 年達成 100% 再生能源使用目標。因此，此願景不論是對於丹麥或者任一國家而言，此乃為一長遠的發展道路。在新能源政策中，尚有其它階段性的目標。其一，2020 年再生能源消耗量占總能源消耗量 30%；其二，2020 年運輸部門中的生質燃料占 10%；其三，2020 年達到風力發電達 50% 電力供應目標；其四，碳排放較 1990 年減少 35%；其五，於 2030 年淘汰燃煤與燃油電廠，於 2035 年達成電熱系統全部來自再生能源(Danish Energy Agency, 2011)。

丹麥氣候與能源部長黑德賈得(Connie Hedegaard)女士(保守黨)表示，同為北歐的瑞典早在三四百年前開始進行水力發電，但丹麥地處平地且並未蘊含豐沛的水力資源，難以進行水力發電，因此決定致力製造風車以及使用生質燃料進行發電(倪世傑，民 98)。

丹麥除因地理環境因素不適合發展水力發電外，選擇透過以生質能為主要發展方向的原

因之一在於，丹麥有廣大適合農作發展的土地，並以此作為經濟發展根基。以經濟來看，丹麥的出口占國民生產毛額的 10%，是全世界第五大食品輸出國。因此，丹麥在生質能中，除了最常見使用的林木(Wood)外，另大量使用土地作物所產生的稻作、乾草(Straw)(倪世傑，民 98)。

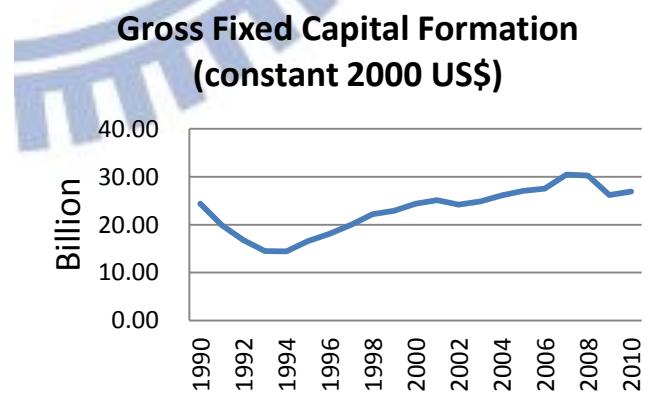
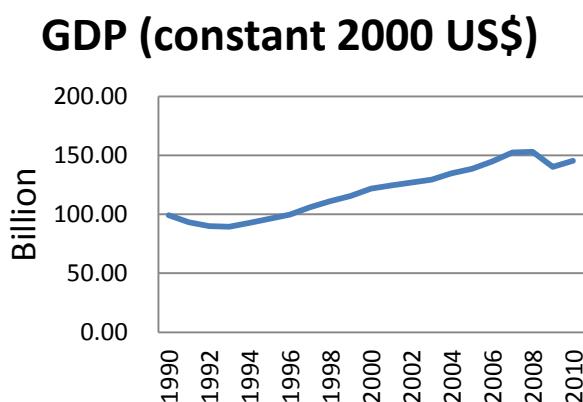
近年生質能之所以能夠如此迅速發展，其主要原因在於「熱電混合」(Combined Heat and Power, CHP)技術的發展，此為各種能源混合使用的高效率發電組，綜合煤(64.6%)、生質能(12.8%)、天然氣(10.3%)、石化能源(7.8%)與垃圾(4.5%)。其中煤的使用量較大，是為了讓各發電系統穩定的運作。

將生物質不論轉化為電能、熱能或可作為二次使用的能源，其都需要發展有成的技術。丹麥最大的能源企業「動企業」(Dong Energy)，其具有將乾草轉變成生質酒精的優良技術，並透過政府在農村收購乾草及麥桿進行發電的機制，推升生質能於丹麥的發展(鄭一青，民 92)。

生質能技術在丹麥則是發展有成的強項，「動」擁有將乾草變成生質酒精的技術，透過政府在農村收購乾草、麥桿進行發電作業，同時，也別小看了垃圾，非回收式垃圾焚化也是發電的來源之一(鄭一青，民 92)。

### 3.1.3 芬蘭(Finland)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內生產毛額(GDP)皆呈成長趨勢，近 20 年內尤以國內生產毛額的年平均成長率最高。最為高度成長者為生質能發電(Biomass for Electricity Generation)，從 1992 年約 40 億千瓦小時成長至 2010 年超過 100 億千瓦小時，表示近 20 年生質能發電量成長超過 2.5 倍。



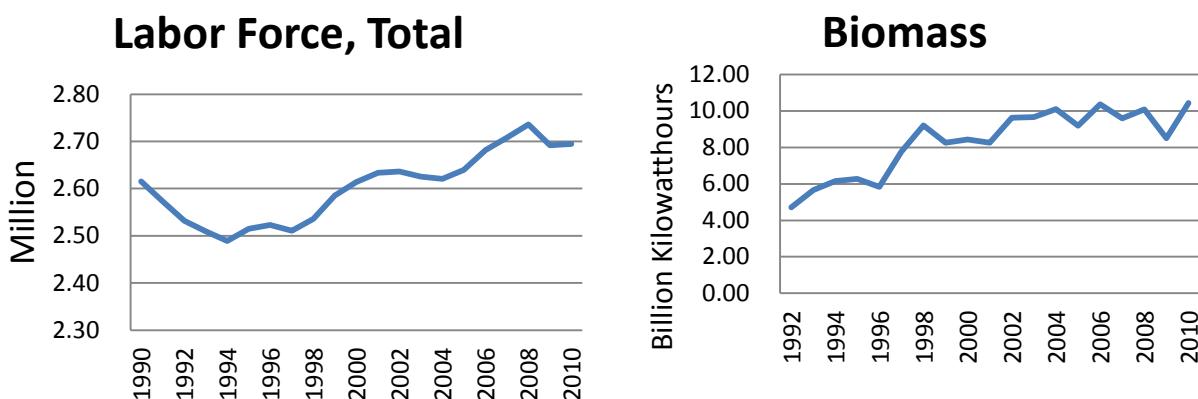
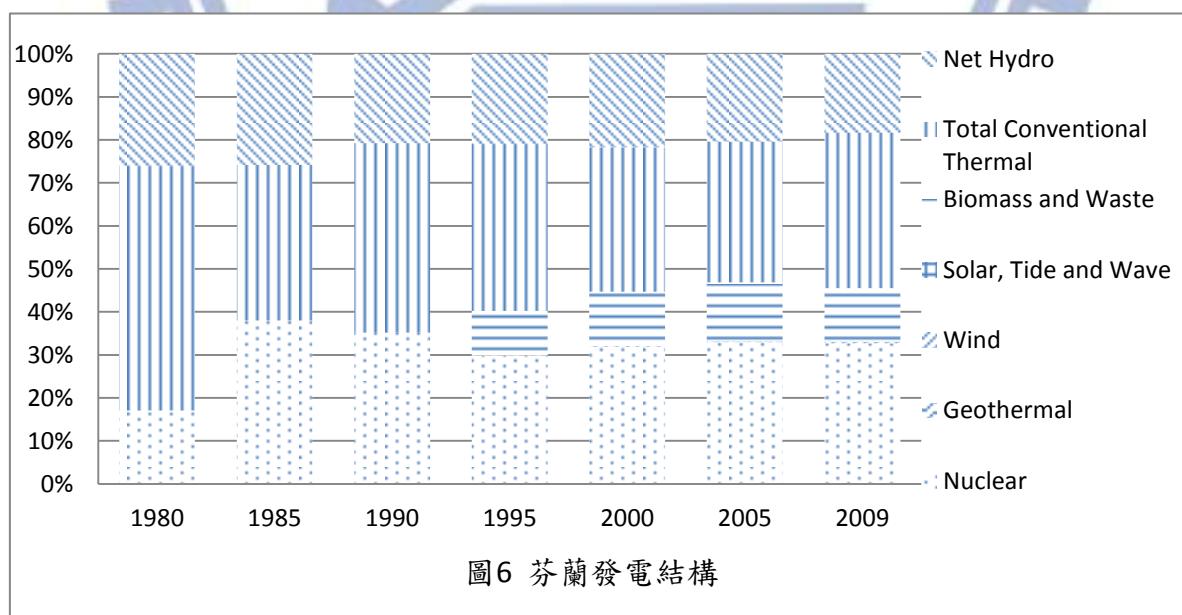


圖 5 芬蘭各變數趨勢圖

### 3.1.3.1 芬蘭(Finland)發電結構

2009 年，傳統石化發電僅占發電比例的 36.09%，次為 32.70% 的核能，三為 18.38% 的水力發電，第四即為 12.44% 的生質能發電。由此觀之，芬蘭的發電結構相對於其他國家，其發電結構較不為過度集中，且生質能發電占有重要的一席之地。

過去芬蘭的發電以傳統石化燃料發電為重，1980 年占總發電比例高達 56%，次為具有地理條件所發展的水利發電，其比例達 26%。隨著《EU/20/20》等政策發展，其不斷降低傳統燃料的發電比例，而轉向諸如生質能發電等再生能源發電，以及發展核能發電。



### 3.1.3.2 芬蘭(Finland)生質能發展

號有千湖國之稱的芬蘭，其能源生產結構中以林木相關能源(Wood-based Energy)為主要大宗，最主要的原因在於芬蘭擁有優越的天然資源條件，國土面積有三分之二為林地，因此廣大的林木則成為生質能發展的最有力根基，成為全球生質能發展領導國之一。基於豐富的林木資源，具有發展林木工業及造紙業的得天獨厚條件，故林木業及造紙工廠所不能使用的廢棄木材，或生產過程中所產生的木材廢棄物則成為發展生質能的最佳來源(經濟部，100)。Fortum(2011)表示，從紙漿、造紙工廠及木材處理工廠所產生的生質能，至少占再生能源產生量 60%以上；而從該些林木相關產業的工廠所產生的生質能，至少占總生質能源產生量 80%以上。近年，芬蘭國內的能源公司紛紛投資於生質能的發展，希望藉由生物質取代石油，並且該投資趨勢正持續增長中。

相對於其它國家的能源使用，許多國家主要依賴一或兩種能源，然芬蘭的能源使用較多元發展。(Fortum, 2011)表示，總再能源消耗中石油所占程度最高，其比率略高於 20%；次為以木材相關的能源使用，比率近 20%；再者，煤及核能各約占 15%；天然氣及泥炭共約占 20%。依此比例觀之，相較於其它國家的能源使用，其能源使用上不僅不過度依賴石化能源，並且各種能源均衡發展，助於達成確保能源供給來源、降低石油價格波動影響等目標。

為達成歐盟對芬蘭設立的高遠目標，即再生能源占總能源消耗 38%的要求，各種再生能源皆有所成長，其中成長最大者為來自於木材的能源使用，預測 2020 年木片(Wood Chip)的使用，將比 2005 年的使用量成長四倍，從 6TWh 成長至 25TWh，而 2009 的使用水準為 10TWh (Fortum, 2011)。

### 3.1.4 荷蘭(Netherlands)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內生產毛額(GDP)皆呈成長趨勢，近 20 年內尤以國內生產毛額的年平均成長率最高，然最為高度成長者為生質能發電(Biomass for Electricity Generation)，從 1990 年約 10 億千瓦小時成長至 2010 年超過 80 億千瓦小時，於 20 年內成長 8 倍。

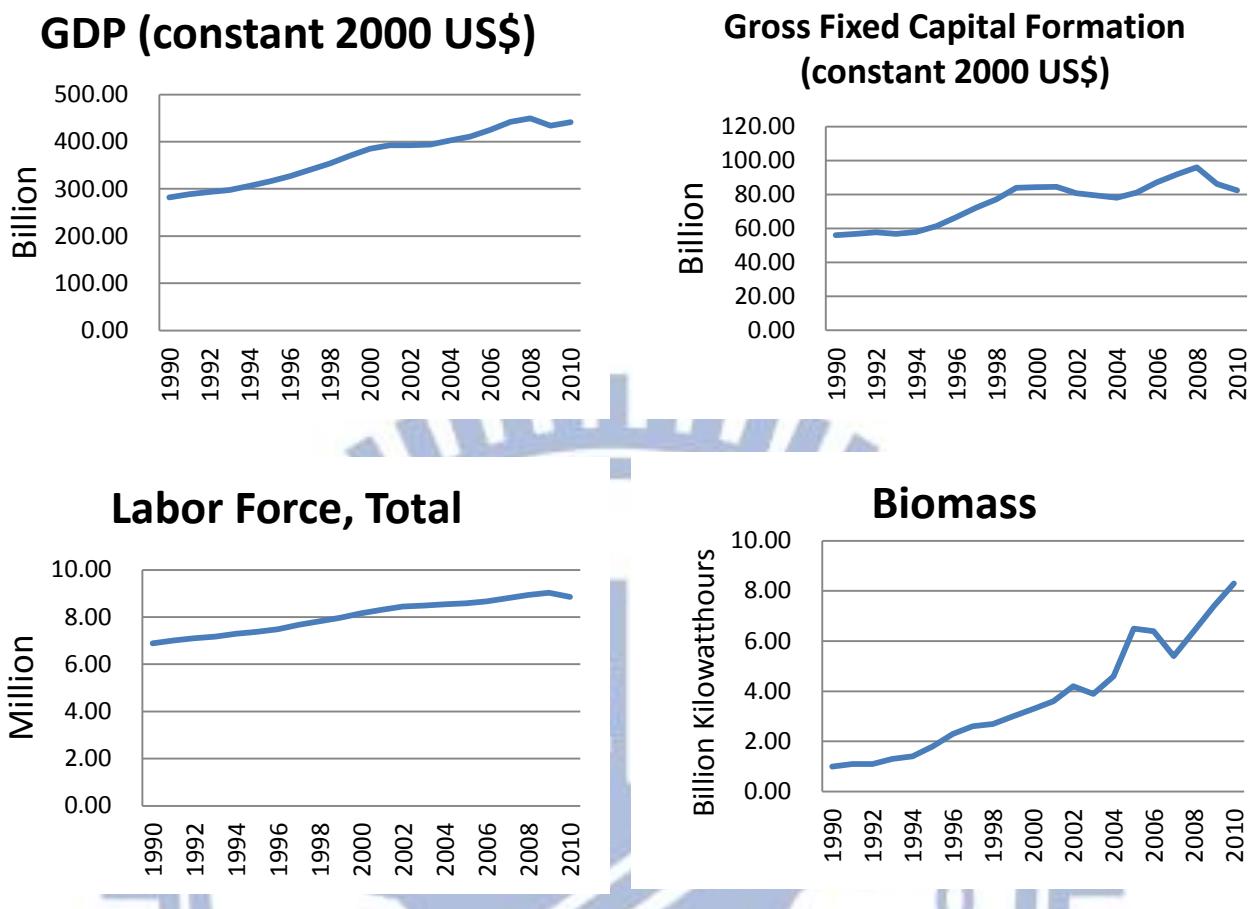
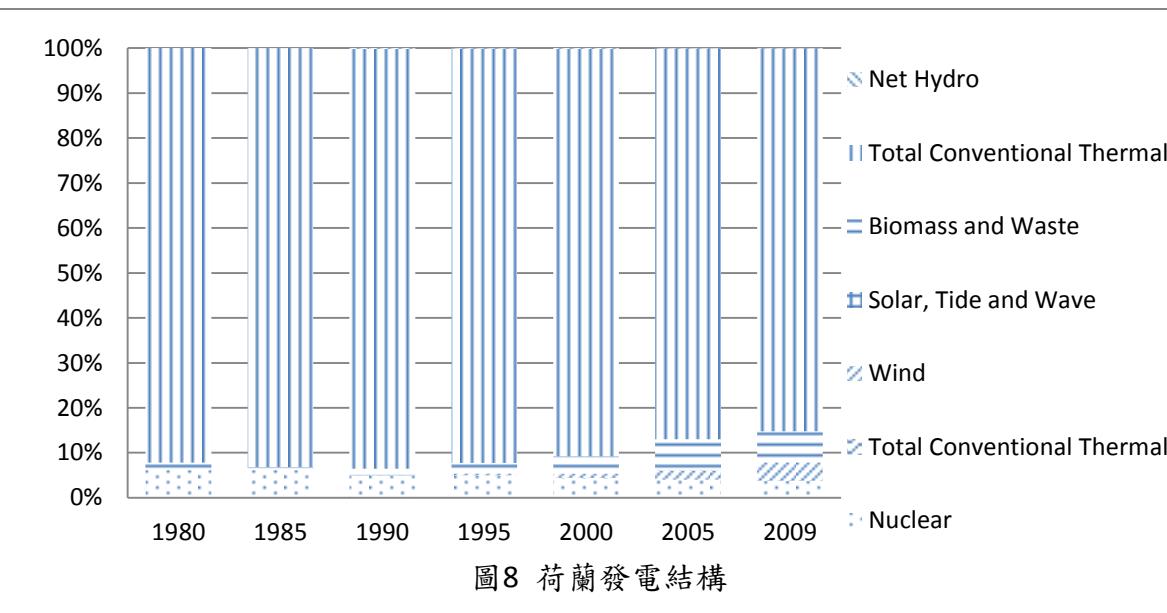


圖 7 荷蘭各變數趨勢圖

### 3.1.4.1 荷蘭(Netherlands)發電結構 1896

荷蘭的發電結構中以煤及石化原料發電比例最為重，1980 占總發電比例 92.18%，2000 則占 90.53%，但隨著《EU/20/20》的政策發展荷蘭亦致力發展其它再生能源，故近年煤、石化等燃料發電比例漸漸降低，至 2009 已降至 84.92%。再生能源發電中以風能及生質能成長最為快速，以生質能發電最多，其發電量從 1980 僅 0.973(Billion Kilowatthours) 增加至 2009 為 7.418(Billion Kilowatthours)，發電量比例從 1980 約僅 1.5% 上升至 2009 為 6.9%。



### 3.1.4.2 荷蘭(Netherlands)生質能發展

荷蘭的發電制度中，TenneT 的子公司-CertiQ 將代表政府對於永續性發電來源進行認證，對使用諸如生質能、水力或風能等綠色能源發行來源認證。

2007 荷蘭再生能源發電約占總發電量 9%，相較 2000 則成長 2 倍超過，且主要來自於生質能及風能發電。在 IEA 的 28 國家中，荷蘭是再生能源發電比例的倒數第九國，其主要原因在於其水利發電相較其它國家少，然而，荷蘭卻是 28 國中風能發電比例中名列第八，生質能發電比例更為第四，足見生質能在其國家發電舉足輕重的地位。此間接表示，由於貴為花卉發展大國的荷蘭地處平原，在缺乏位差以發展水利發電的情況下，再生能源的發展僅能朝向因具農業廢棄作物而發展的生質能或者具有地理上優勢的風能。

透過生物質進行轉化後的生質燃料，2006 年占道路消耗(Road Consumption)0.4%，為 IEA28 國中第十四名，至 2007 時生質燃料約占整體交通運輸燃料的 2%，未來仍具成長空間以符合歐盟法案的要求(IEA, 2008a)。

### 3.1.5 瑞典(Sweden)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內實質生產毛額(Real GDP)皆呈成長趨勢，近 20 年內尤以國內實質生產毛額的年平均成長率最高，然最為高度成長者為生質能發電(Biomass for Electricity Generation)，從 1990 年約 18 億千瓦小時成長至 2010 年約 94 億千瓦小時，於 20 年內成長 7 倍，甚至 2009 達到生質能發電最高峰，發電量達 110 億千瓦小時。

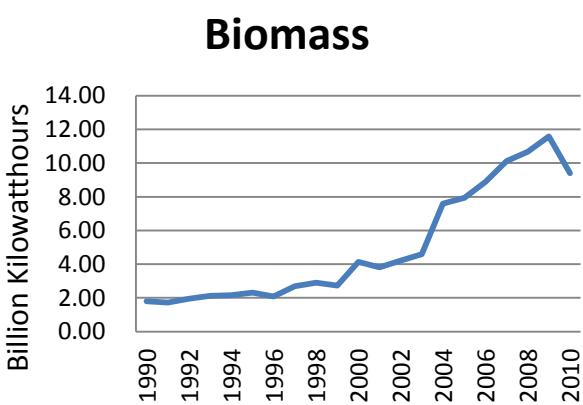
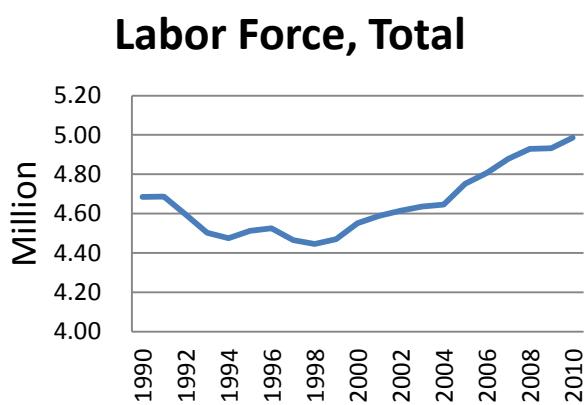
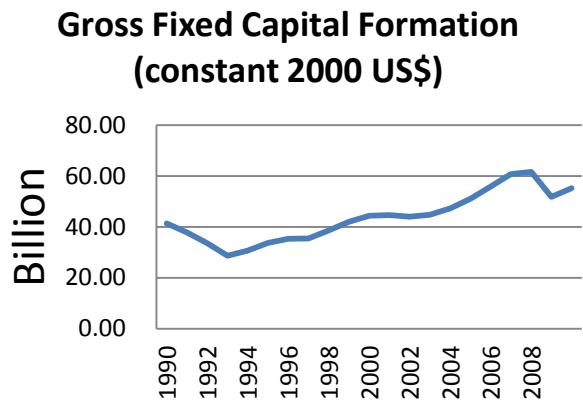
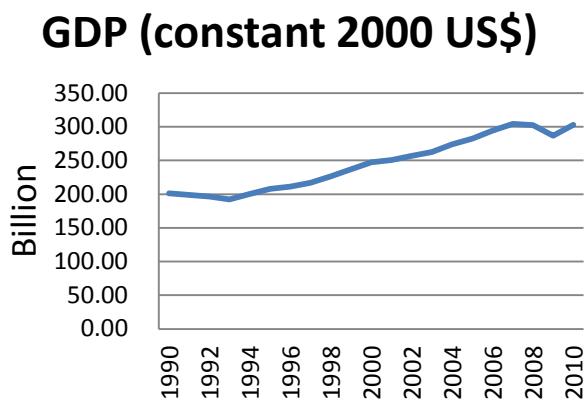


圖 9 瑞典各變數趨勢圖

### 3.1.5.1 瑞典(Sweden)發電結構

瑞典的發電結構中，以水利與核能最為主要的發電來源，兩者約占總發電量 90%，可說近乎零二氧化碳排放的發電國家。2009 年，核能發電占約 39.4%，再生能源占約 59.8%。其中，再生能源發電比例最高者為水利發電，水利發電占約 49.2%，次者即為生質能發電，占約 8.76%，是為第三發電來源。

隨著歐盟對於環境議題的要求，過去近 20 年的電力結構，傳統石化能源發電的比例逐漸降低，而再生能源比例攀升，且生質能從 1980 占 0.7%增加到 2009 占 8.7%，是所有再生能源中增加最遽者。

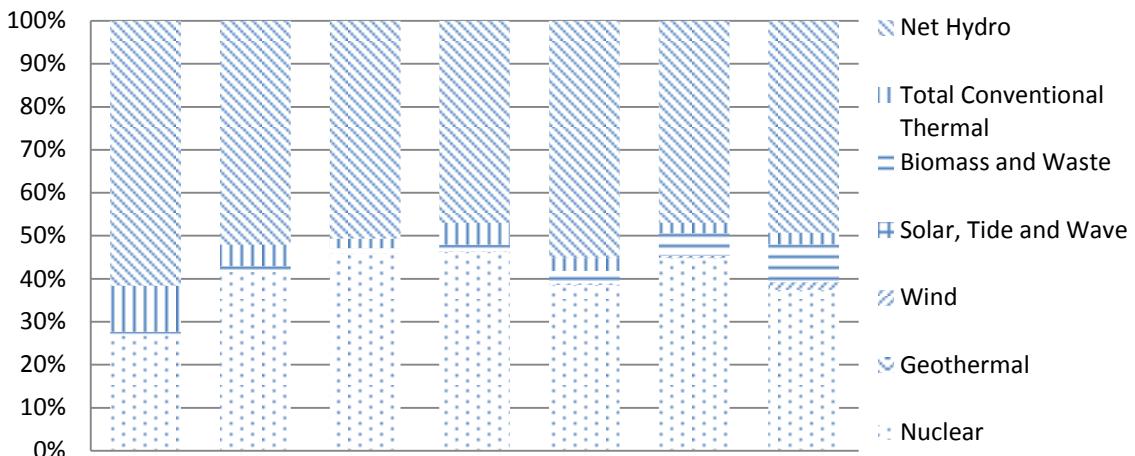


圖10 瑞典發電結構

### 3.1.5.2 瑞典(Sweden)生質能發展

因生物質的使用量的發展與使用，使得 1990 到 2006 年間促成初級能源供給成長 12% 增加到 18%。估計 2006 到 2020 初級能源供給(TPES)會增加 23%，且其中增加最多者為生物質(IEA, 2008b)。

瑞典為在生質能利用的領導國家，生質能最大的來源即是其國土內廣大的林木，而木材的使用多為林木工業處理大型林木後的殘餘物。在 IEA 會員國家中，當生物質中僅計算林木與農業殘餘物時，瑞典為生質能占初級能源比例第二高的國家，僅次於芬蘭。兩者國家皆共有的特性為，因地理位置臨近，兩者皆擁有豐富的林木資源，發展良好的林木產業，良好的道路運輸系統以運送大量的林木，除將生物質用以發電外亦廣泛作為發熱之用。未來國內生物質來源供給的增加仍具潛力，包含因生產木製品而至的殘餘來源持續增加外，另有林木工業所致的林木來源，此外未來有意採收森林中尚可利用的林木資源。

在歐盟委員會(EU Directive)《2011/77/EC》法案對再生能源發電的推廣下，對瑞典設立至 2010 再生能源占電力消耗 60% 的目標，但由於能夠發展大規模水利發電的河川水資源多已為保護區，因此瑞典必須尋找適合其用以發電的再生能源。瑞典在 2003 首次執行的電力認證制度，是另一推行再生能源發電的重大政府措施，凡具有合格科技的發電業者皆會具有認證，包含太陽能、風能、水力、再生能及泥炭，且為穩定投資者的長期發展，該政策會持續至 2030 年。該電力認證制度的目標為，再生能源發電從 2002 至 2016 增加為 17TWh，至 2005 為止已增加 5TWh，表示至 2016 尚有 12TWh 的增長空間。

在電熱混合器(CHP)中，約 70% 使用來源為生物質，且為最主要的來源，次者為石化燃料。

除發電使用外，瑞典生質能亦普遍應用於發熱，占三分之二的地區性發熱燃料來源。

瑞典政府認為由於生質燃料的使用，尚未如發電發熱的經濟活動提供相同的使用效率及氣候環境利益，因此仍正衡量生質燃料在交通部門上的使用(IEA, 2008b)。



## 3.2 開發中國家

### 3.2.1 貝里斯(Belize)

勞動力(Labor Force)及國內生產毛額(GDP)皆呈成長趨勢，而資本投入(Gross Fixed Capital Formation)在 1995 年前後持平，後而又繼續呈成長，然因資料取得的限制性而無近年資料。開發中國家的發展特點之一在於，經濟成長的重要來源為高度的人口成長，而貝里斯正反應此特性。此外，其生質能發電(Biomass for Electricity Generation)在 2008 年前，每年約發電 0.4 億千瓦小時，於 2008 及 2009 兩年內迅速成長，於兩年內成長五倍至 2 億千瓦小時。

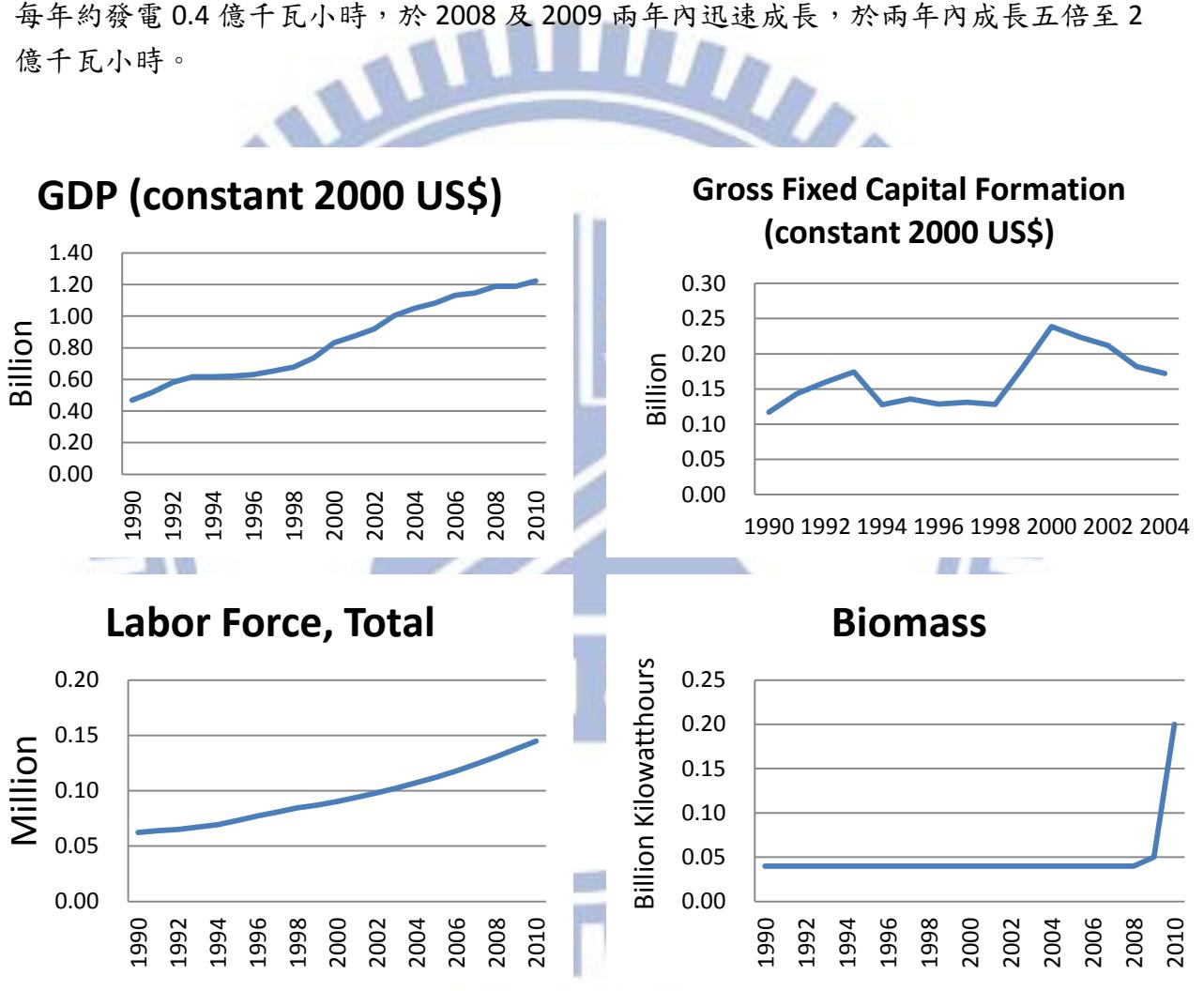
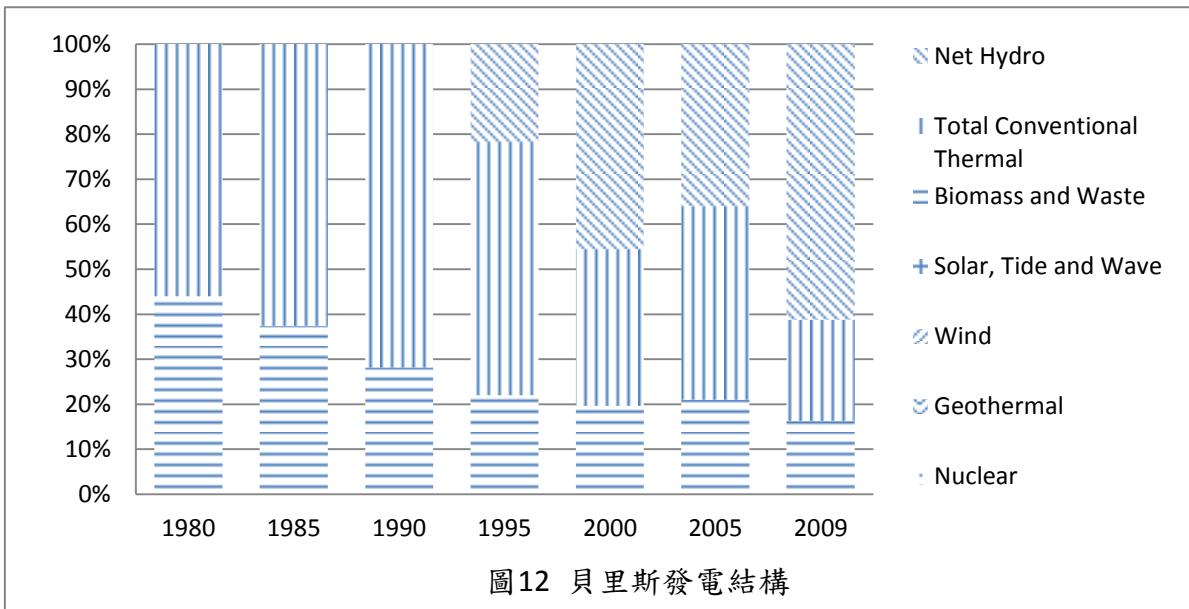


圖 11 貝里斯各變數趨勢圖

#### 3.2.1.1 貝里斯(Belize)發電結構

貝里斯發電來源主要有三，分別為化石燃料、水利及生質能。2009 年水利發電占整體發電 61.23%，是最為重要的發電來源。次為重要者為化石燃料發電，約占 22.47%，生質能則為第三重要的發電來源，約占 16.28%。

整體長期發電結構，隨著二氧化碳及環境保護的議識興起，化石燃料發電比例逐漸降低，從 1980 占 56% 降至 2009 占 22.47%。另一變化為因開始以水利進行發電，水利發電比例漸升，而生質能發電比例漸降，從 1980 約占 44% 降至 2009 占 16.28%，使得水利超越生質發電成為國內第二重要發電來源，而生質能發電則落居第三。



### 3.2.1.2 貝里斯(Belize)生質能發展

貝里斯的發電來源主要有四，分別為進口化石燃料、水利、生質能以及透過進口電力以發電。

貝里斯國土地面積約 22,963 平方公里，(13,930 平方公里)，雨林面積約佔 65%，僅次於亞馬遜熱帶雨林面積，是世上擁有第二大熱林雨林的國家，該些天然林木廢棄物則為生質能的發展來源。貝里斯與尼加拉瓜共同採行《Logs Recovery Project》，欲藉由尼加拉瓜及貝里斯河川中的紅木及其它原木打撈以再利用，並同時達到減少二氣化碳排放之目的 (Legace and Legault International Inc., 2007)。但隨著加入聯合國《REDD, Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation》《減少毀林及森林退化造成的溫室氣體排放》計劃，貝里斯政府並不致力於發展任何有污染性與破壞環境的經濟活動。

除林木之外，貝里斯尚有許多可供生質能發電的天然資源，其中以銀合歡 (*Leucaena leucocephala*) 最具特色，其主要生長在墨西哥及中美洲北部，以貝里斯及瓜地馬拉最為主要。作為生物質發電的原因在於，其每年每公頃可產 2000 到 20000 公斤不等的樹葉，以及每年每公頃可產 30 到 40 立方米不等的木才。另該植物具有良好的固氮效果，且生長速度快，兩到三年內即可生長超過 20 英呎，此亦大力推助其作為生質能發展燃料之因 (*Leucaena leucocephala*, 2012)。

雖官方政府表示，近年貝里斯的經濟結構已慢慢從農業轉型到觀光服務業，但農業對貝里斯的經濟發展仍佔有重要的一席之地。以 2001 年為例，即有 16,979 農業人口，且在 265,000 英畝的總農作用地中，有 146,000 作為農作耕作，119,000 作為牧地。種植作物中以經濟作物為重，尤以甘蔗與香蕉更甚(Launched Consulting & Dr. Ivan Azurdia-Bravo Fundacion Solar, 2003)。由於在進行甘蔗砍伐時會產生天然廢棄生物質，在製糖過程中會產生大量的甘蔗皮與甘蔗渣，為貝里斯的最重要的生質能發展來源。故在貝里斯對經濟發展與能源最為重要的蔗糖業，其製糖場與生物質發電場多直接相互連結。以 BELCOGEN 為例，其在 2009 完建 31.5 megawatt (MW) 萬瓦小時的生質能發電場，其中 92% 的生物質來源即是甘蔗渣。所產生之電力依契約賣給國營之 Belize Electricity Ltd (BEL)後，剩餘之電力賣給諸如 Belize Sugar Industries Limited (BSI)在內的蔗糖廠(Arthur Goodland, 2012)。

### 3.2.2 智利(Chile)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內生產實質毛額(Real GDP)皆呈成長趨勢，且近 20 年以資本投入的年平均成長最高，從 1990 年不足 75 億美元成長至 2010 年約 330 億美元，成長幅度高達 4 倍之多。生質能發電(Biomass for Electricity Generation)成長幅度亦大，從 1990 年約 3 億千瓦小時成長至 2010 年 40 億千瓦小時，於 20 年間成長超過 10 倍之多。

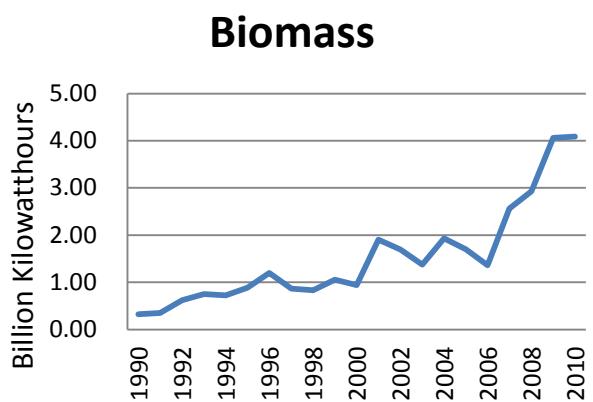
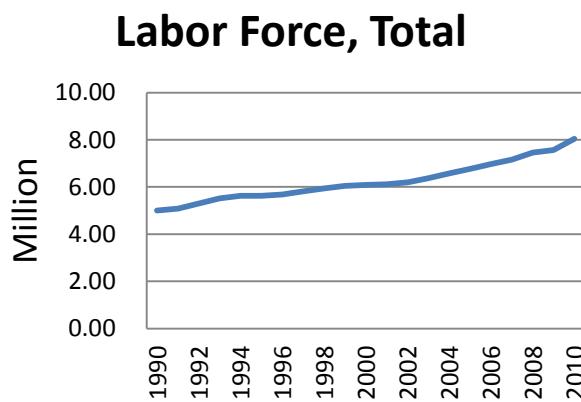
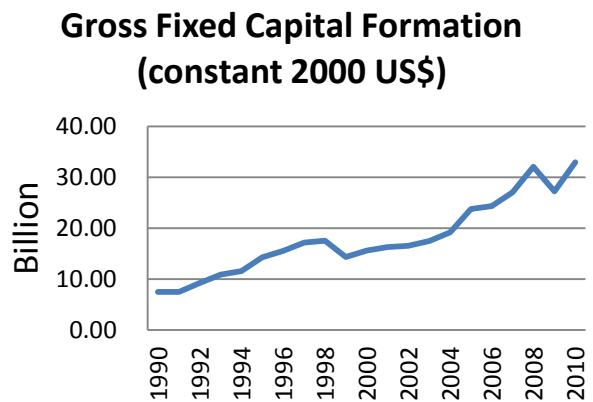
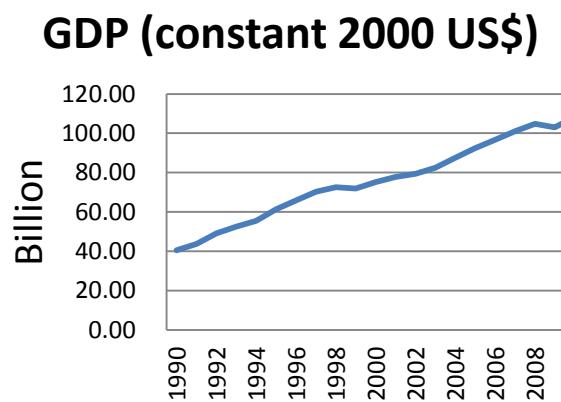
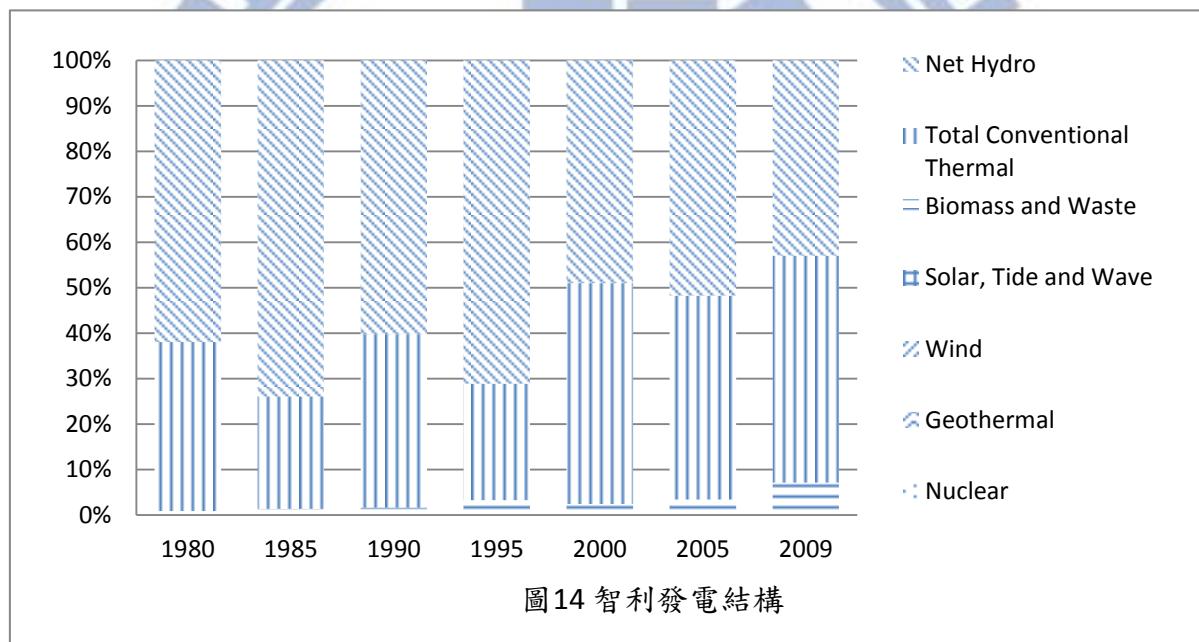


圖 13 智利各變數趨勢圖

### 3.2.2.1 智利(Chile)發電結構

2009 年，智利的發電來源中最為重要者為水利發電，發電比例達 49.95%，次為 42.96% 的傳統石化燃料發電，第三即為 6.96% 的生質能發電。三種發電的比例高達 99.87%，可說智利的發電幾乎完全依賴此三種發電方式。

傳統水利發電目前幾乎占半數的總發電比例，但其已自 1980 年的 61.96% 下降至此。而隨著經濟的發展，對於能源的需求亦提高，使得傳統石化燃料發電也從 1980 年的 37.20% 上升至 2009 年的 49.95%。至於生質能，則從 1980 年不到 1% 上升至 6.96%，足見生質能大量的發展。



### 3.2.2.2 智利(Chile)生質能發展

由於阿根廷為智利天然氣唯一來源國，但近年來阿根廷天然氣供應量不斷下滑，且近年的氣候乾旱等因素更加劇能源緊張。智利政府為避免能源危機，乃積極結合大型企業推動大型能源計畫，加強探勘開發國內蘊藏的天然氣、石油，以擴增傳統原料來源及降低進口能源的依賴。除石化能源外，亦實行節能措施、加強水力發電廠之建設及開發非傳統能源，使得 2007 年再生能源占智利全國能源產量的 75%，較前一年增加 5.4%(國際能源合作資訊網，2012)。

除了確保能源安全外，2008 年時智利總統米雪兒巴切萊特(Michelle Bachelet)及環境部部

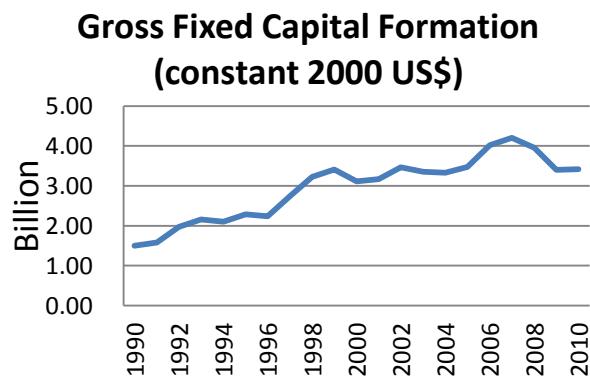
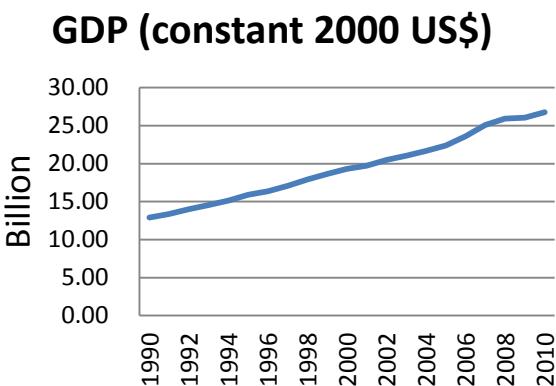
長莉亞優利亞德(Lya Uriarte)表示 2008 至 2012 年的氣候計畫，包含投資 4 億美元的國家基金發展再生能源，並且投資至少 7 億美元成立再生能源中心；並利用森林、農業與漁業部門所產廢棄物的發電潛力，設計一套國家生質能政策，以降低二氧化碳。此外，2007 年智利決定免除生質能源的稅賦，促使更多民眾使用生質能源(行政院環保署國家溫室氣體登陸平台，2008)。

國家能源委員會(CNE)還修正再生能源電力部門法規，以促進風力、生質能、太陽光電及地熱等再生能源技術之發展及競爭力。故自 2008 年除將有 8 座風力發電站(裝置容量 40.6 萬瓦)營運外，更還有 4 座生物能發電站(裝置容量 3.96 萬瓦)投入營運。為發展生質能發電，智利政府則使用常用於歐洲與中東智利生質燃料的「日日櫻」(Jatropha)，與 Tarapacá 達成種植 1500 公頃之協議，以增加發電之生物質(GlobalVoices, 2007)。

中國新能源網(2011)表示，智利國家科學委員會與國家能源委員會於 2011 聯合發佈了《國家生物能源計畫》。智利政府共投入 6.3 億比索(137 萬美元)。計劃目標是，透過研發與創新提高生物能源在國家能源結構中的比重。該計畫下設 4 個研發專案，將有 3 所智利大學參加上述研究。其研究結果將用於開發新的生物能源產品、新的加工方法和新的服務方式，以及解決液體、固體和氣體能源鏈中的關鍵技術問題。奧斯達拉爾大學(Universidad Austral)負責的研究專案是：研發混合種植技術，以在同一塊土地上，同時種植提供木質素的林木以及提供生物質能的植物。貢塞匈大學(Universidad de Concepción)負責的研究專案之一為：引進和評估芒屬植物和泡桐屬植物(Miscanthus and Paulownia)，研發木質纖維素生物質能生產的替代方法，以用於生產和加工生物燃料。馬約爾大學(Universidad Mayor)研究專案是：開發仙人掌生產沼氣的潛能。

### 3.2.3 瓜地馬拉(Guatemala)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內實質生產毛額(Real GDP)皆呈成長趨勢，且近 20 年以資本投入的年平均成長最高，從 1990 年約 15 億成長至 2010 年約 35 億，成長幅度超過 2 倍，但近幾年成長幅度趨緩。生質能發電(Biomass for Electricity Generation)則從 1990 年 3 億成長至 2010 年 14 億，成長超過 4 倍，且成長率更高於資本投入。



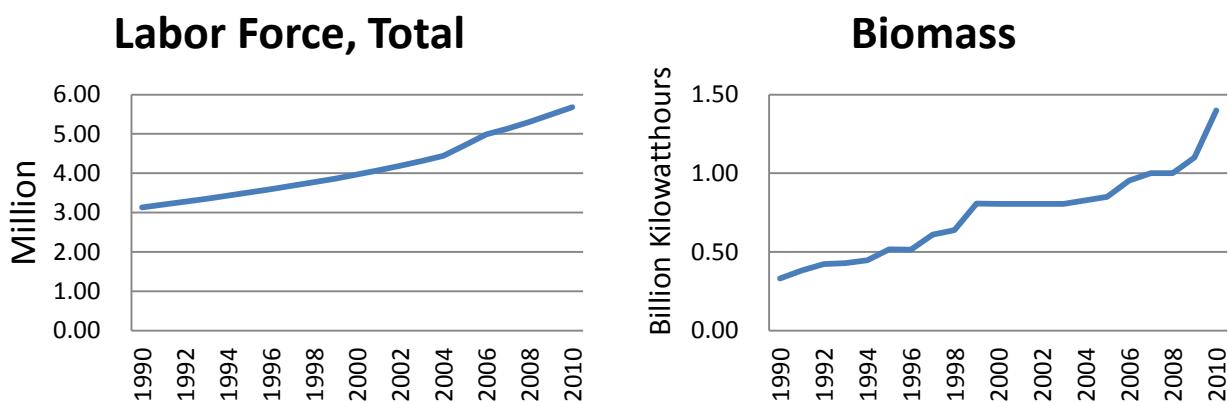


圖 15 瓜地馬拉各變數趨勢圖

### 3.2.3.1 瓜地馬拉(Guatemala)發電結構

瓜地馬拉的發電結構中，以水利及石化發電為最主要的發電來源。以 2009 觀之，煤及石油發電占約 50.5%，是發電量最高者，次者為水利發電占約 29%，兩者占約總發電量 79.54%，可見瓜地馬拉主要依靠此兩類型能源發電。發電比例第三高者為生質能發電，占總發電量 15.3%，是瓜地馬拉除水利發電外的再生能源中發電比例最高者。

隨著國際環境保護意識的高漲，對於二氧化碳排放的關切，各國無不對此發展能源對策，因此瓜地馬拉在近年的發電結構中亦逐漸轉變，煤及石化的發電比例逐漸降低，從 1980 占約 69.68% 降至 2009 約 50.5%，而再生能源發電比例漸升，水利發電從 14.76% 升至 29%，而生質能從 15.56% 升至 15.3%。

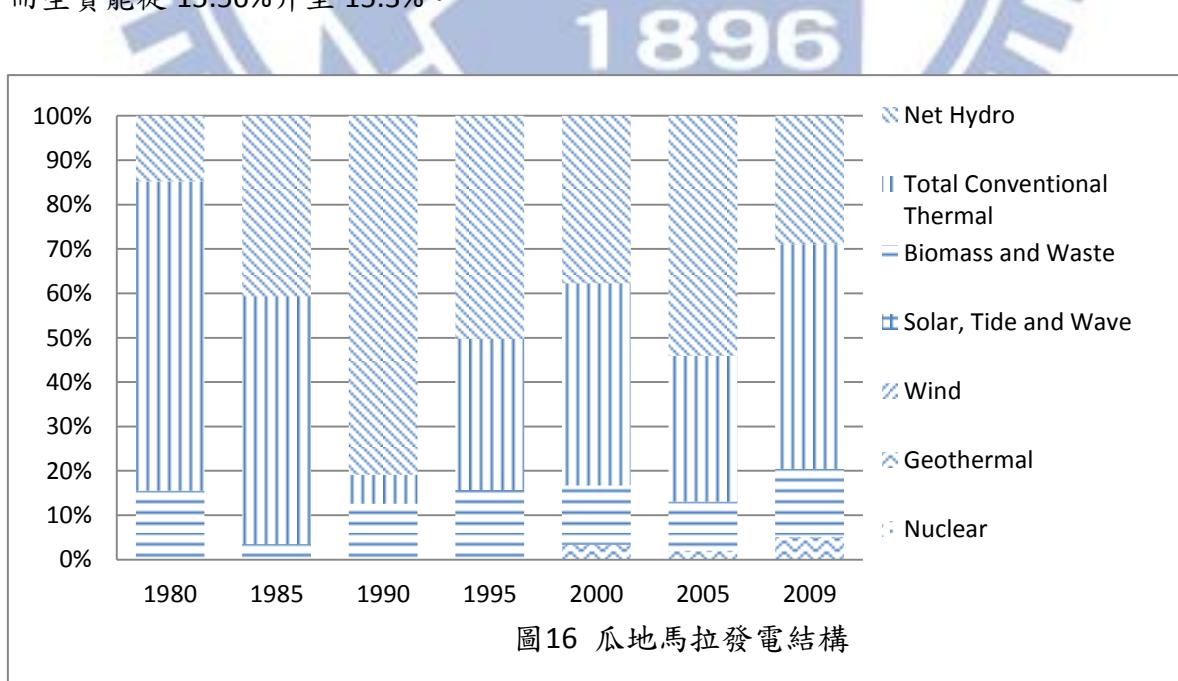


圖 16 瓜地馬拉發電結構

### 3.2.3.2 瓜地馬拉(Guatemala)生質能發展

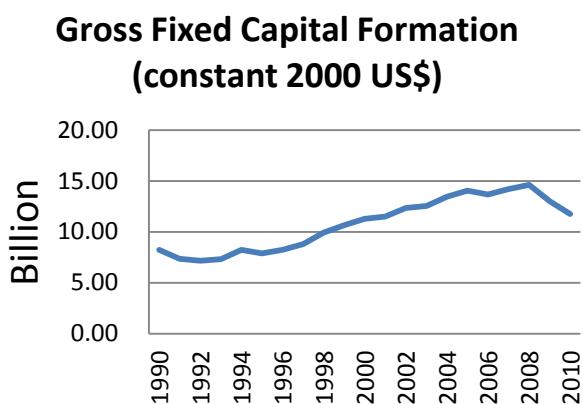
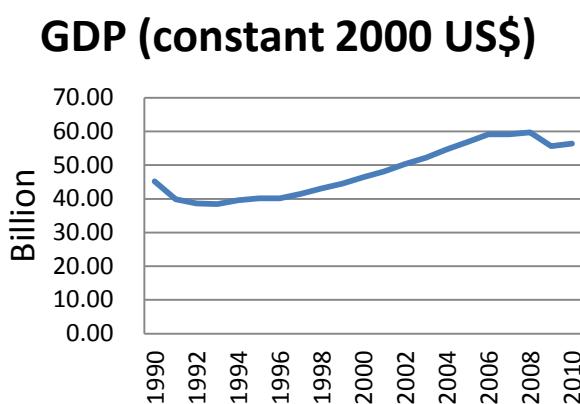
瓜力馬拉地處猶加敦半島地勢略高，且因處於東北信風帶，使得東半部擁有豐沛的雨林，國土林木面積達36570平方公里，占國土地面積34%，而該些林木資源則成為發展生質能的基礎。瓜國政府早在1996年允許林木砍伐的數量達到700,000立方尺，且光約瓜地馬拉城市及其鄰近地區就設有超過200個鋸木廠，生產60%以上的林木，每年生產超過23萬8千噸的林木殘餘廢物，故具有大量的林木廢棄物供為生質能發電的資源。

除林木外，農作土地占國土 41%，又因氣候合適使得農業成為瓜國最重要的產業，農業產值約占國民生產毛額 13.2%，超過 200 萬的就業人口占勞動人口半數，因此興盛的農業提供發展生質能的農業廢物，其中，農產品則以咖啡、蔗糖、香蕉及橡膠等居多(經濟部投資業務處，民 99)。近年最為熱門者為可提煉為生化柴油(biodiesel)及生物酒精(bioethanol)的蔗糖，以供混合燃料使用並降低對進口石油的依賴。2007 年，瓜地馬拉農地每公頃可以生產 98.32 公噸的糖，栽種區達 19.7 萬公頃，過去十年每年約以 7% 的速度增加，每年約有 1900 萬公噸的甘蔗被加工製成糖漿，年產糖漿約 1.165 億加侖，而如此豐富的製糖原料與產業提供了瓜地馬拉發展生質燃料的優良條件(台灣駐中美投資貿易服務團，民 96)。

### 3.2.4 匈牙利(Hungary)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內實質生產毛額(Real GDP)皆呈成長趨勢，且三者的於近 20 年的年平均成長率較其他開發中國家低。

然匈牙利的生質能發電量(Biomass for Electricity Generation)卻於近 20 年成長約 30 倍，從 1990 年 0.3 億千瓦小時成長至 2010 年 24 億千瓦小時，是研究樣本國中生質能成長幅度最大者。



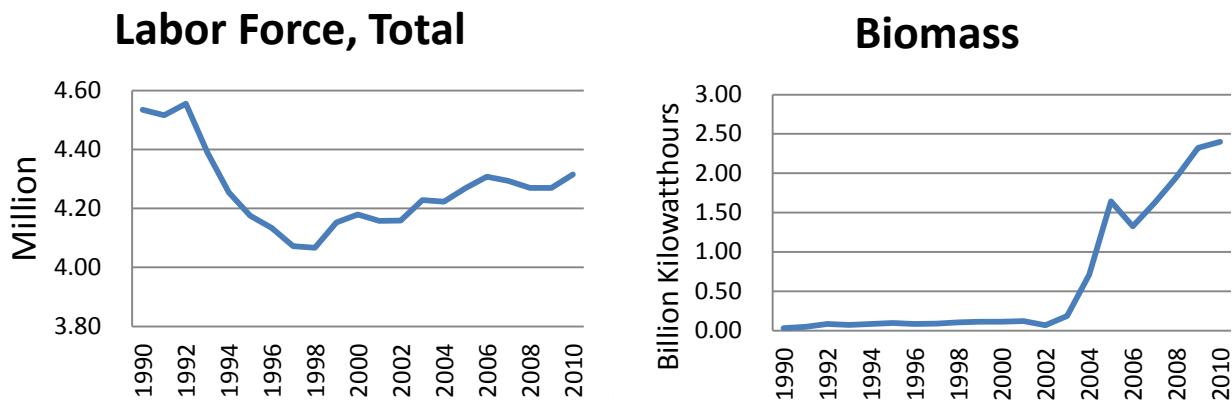
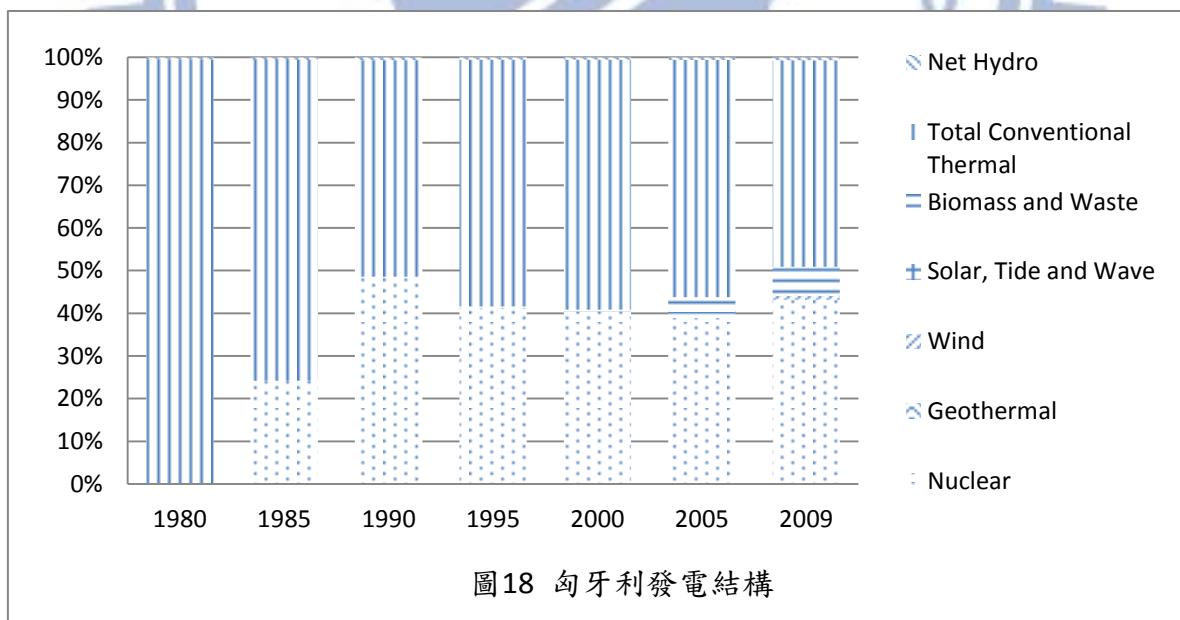


圖 17 匈牙利各變數趨勢圖

### 3.2.4.1 匈牙利(Hungary)的發電結構

1980 年代時匈牙利的發電結構完全依賴化石燃料，隨著國家能源安全等意識興起開始朝向核能發展，而歐盟提出《EU/20/20》後積極發展再生能源。因此，在 2009 匈牙利的發電結構中，化石燃料發電比例從近乎 100% 降至約 48%，而次為重要的核能發電比例為 43%，兩者發電之比例旗鼓相當。接於兩者之後者，即為生質能發電，為匈牙利第三重要發電來源，約佔 6.8%。



### 3.2.4.2 匈牙利(Hungary)生質能發展

從匈牙利的再生能源的發電結構中，可看出生質能為最為重要的部份。匈牙利的生質能發電之所以在近期內大量發展，除因歐盟《EU/20/20》政策推助外，匈牙利能夠發展生質能的先天條件為，因其具有五百萬公頃的豐饒田地，及三百萬公頃的林木面積(Energy

Policy2006)。

匈牙利早在2005年就已實現2010年可再生能源發電3.6%之既定目標，此主要歸功於2003至2005年間一些大型電力生產商開發利用生物質，其中主要是木材，與煤炭混合燃燒進行發電。匈牙利利用生物發電之主要生產商包括，Bakony電力公司的生物發電廠，德國控股的Matra混合燃料電廠，匈牙利Pannon電力控股公司之綠色能源熱電廠，美國AES之Borsod生物發電及燃煤發電廠，及AES之Tiszapalkonya混合燃料電廠。

且自2000年起，匈牙利快速發展生質能的商業用途，其中最為主要者為發電用。2003生質能發電量占總發電量3.5%，2009生質能發電占總發電量6.84%，其中最主要的來源為木材。近年，為達成歐盟對各國再生能源發展的政策目標，除使用自身的國內的林木及農業資源外，另透過國外購買原木、造林、增加使用林木廢棄物(wood waste)及增加種植生長期短的經濟作物以增加生質能的供給來源。除用以發電外，生質能也大量用於發熱，主要來源亦為木材(wood)。近年匈牙利政府大力推行以生質能進行發電後，用以發熱的數量及比例預期將會降低。

除用以發電發熱外，匈牙利亦致力發展生物燃料(Biofuel)，將大量穀類作物轉化為生物乙醇(Bioethanol)，而該些大量穀物正反應了匈牙利的農業結構。匈牙利每年有2.8到3百萬噸的穀物盈餘，而且該些穀物因國際貿易組織的限定而無法出口，並且預測2013年穀物的盈餘會達到3.5到4百萬噸不等，故匈牙利必須為該些作物另想用途以發揮更大功效。在2006年時，匈牙利農業部(The Hungarian Ministry of Agriculture)預估該0.63到1.55百萬噸不等的穀作物可以用以乙醇生產，另有0.11到0.24噸向日葵種子及油菜花子可以用以生產生物柴油。也因此，政府在於再生能源的主要投資項目之一為開發生質能，另有與風能，使得生質能與風能發電在近年大幅提升(IEA, 2006)。

### 3.2.5 模里西斯(Mauritius)

資本投入(Gross Fixed Capital Formation)、勞動力(Labor Force)及國內實質生產毛額(Real GDP)皆呈成長趨勢，而近20年內以國內生產毛額成長率最高，從1990年27.3億美元成長至2010年66.4億美元。生質能發電(Biomass for Electricity Generation)因資料限制而無法得知1999年前的數據，但由1999年至2.8億千瓦小時成長至2010年5.2億千瓦小時，成長近兩倍。

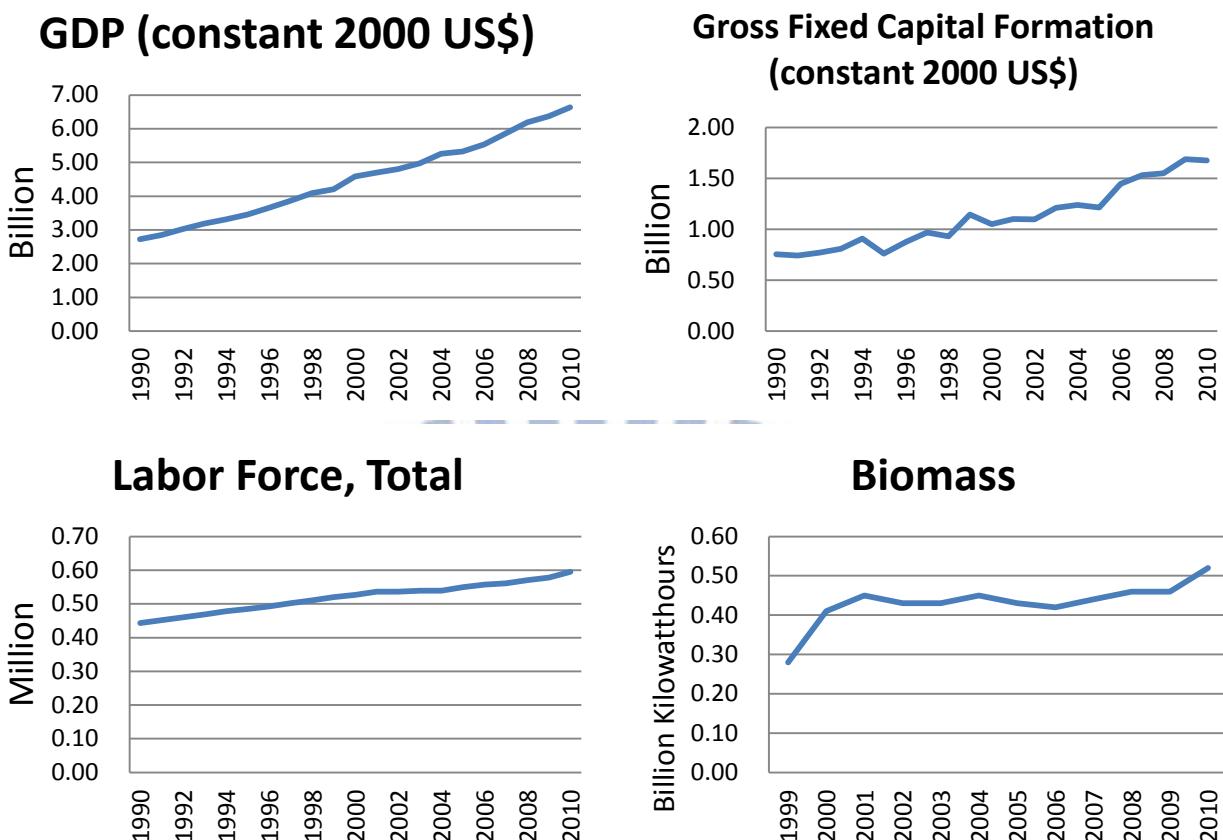


圖 19 模里西斯各變數趨勢圖

### 3.2.5.1 模里西斯(Mauritius)的發電結構

雖模里西斯國內發電比例最高者為石油及煤等化石燃料，2009 發電比例達 79.85%，但因國內缺乏該些天然資源，所以化石燃料幾乎完全仰賴國外進口。次為重要者為生質能發電，2009 發電比例達 15.92%。化石燃料與生物質發電二者發電量已達 95.78%，足見模里西斯發電對二者依賴的程度。隨著油價波動、環保保護及政策等的指引下，化石燃料發電有稍降趨勢，生質能發電代之興起，且從 1999 年起成為國內第二大發電來源。

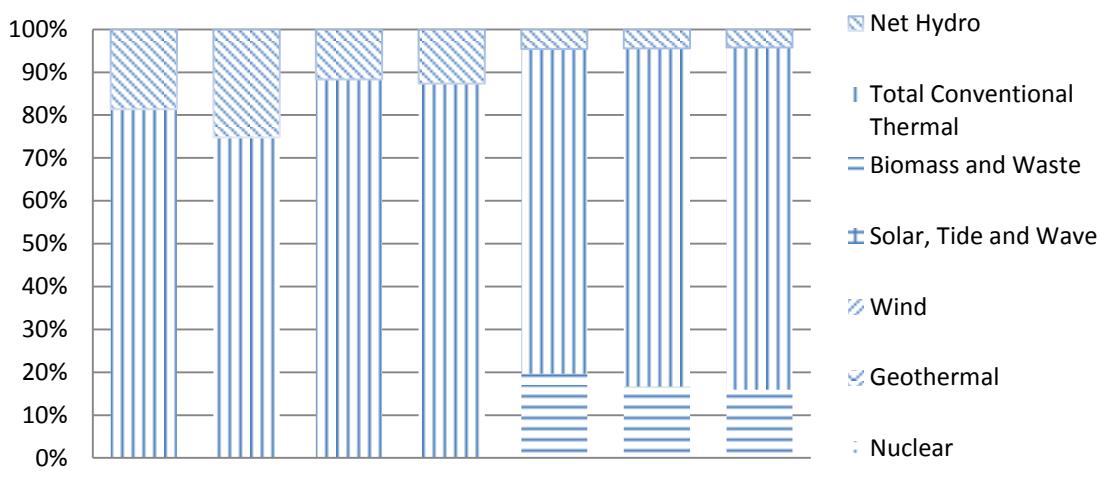


圖20 模里西斯發電結構

### 3.2.5.2 模里西斯(Mauritius)生質能發展

模里西斯是位於印度洋上的小島國家，境內缺乏煤、石油、天然氣等化石燃料，因此其發電高度依賴進口燃料。

模里西斯發電能源中，生質能具有舉足輕重的地位，其之所以可發展的原因為，島上天然資源中具有許多可利用的農林相關生物質，其中最為重要者為甘蔗。國土林地面積達三百五十平方公里，占國地面積 17.24%。農地面積達九百八十平方公里，占國地面積 48.28%，且高達 90% 的耕地種植甘蔗，每年約可將五百八十萬噸的甘蔗產成六十萬噸的蔗糖。生產過程中不僅會產生大量的甘蔗皮廢棄物，還會產生許多甘蔗渣，因此這些廢棄物即為發展生質能發電的最佳資源。

因蔗糖廠在生產流程中產生許多可供發電的生物質，所以蔗糖廠可自行發電為該產業獨有特色，對於高度種植甘蔗的模里西斯亦是如此。現今，在甘蔗廠採行更具效率的方法及技術後，包含使用高壓鍋爐及高壓渦輪發電機，已可產生電力盈餘，並將該些電力賣給其它業者，故產季時便以甘蔗渣進行發電，非產季時則以煤碳作為發電的替代品。目前，約 44% 的發電量來自於製糖業，而且其中 21% 是來自甘蔗渣(Ramjeawon, 2008)。

### 3.3 已開發與開發中國家比較

相對其他使用能源，因目前大量使用生質能發電國家少，因此本研究以 2009 年生質能發電比例最高的 10 國作為研究對象，且已開發及開發中國家各為 5 國。茲此，將表列已開發國家與開發中國家從 1990 至 2009 年之近 20 年平均數、變異數及 C.V 值，並進行兩族群之比較。

表 1 各國 1990-2010 之敘述統計

R.V	Real GDP	Real gross fixed capital formation	Labor force	Biomass Electricity generation
unit	Billion	Billion	Million	Billion Kilowatthours
Mean (S.D.) [C.V.]				
<b>Developed countries</b>	<b>215.0369(94.4801) [0.4394]</b>	<b>42.9682 (19.8222) [0.4613]</b>	<b>4.4225 (1.9854) [0.4489]</b>	<b>4.1940 (3.1212) [0.7442]</b>
Austria	188.0275 (26.2212) [0.1395]	43.4658 (3.9292) [0.0904]	3.9370 (0.2345) [0.0596]	2.5486 (1.7225) [0.6759]
Denmark	153.66648 (18.1146) [0.1179]	29.3848 (6.3945) [0.2176]	2.8903 (0.0471) [0.0163]	2.1450 (1.4280) [0.6658]
Finland	119.3252 (21.8011) [0.1827]	22.9904 (4.8199) [0.2093]	2.6033 (0.0745) [0.0286]	7.5277 (3.0199) [0.4012]
Netherlands	368.8483 (56.4417) [0.1530]	75.2324 (12.8495) [0.1708]	8.0300 (0.7056) [0.0879]	3.7286 (2.2533) [0.6043]
Sweden	245.3814 (39.8736) [0.1629]	43.7676 (9.5825) [0.2189]	4.6517 (0.1693) [0.0364]	5.0200 (3.4044) [0.6782]
<b>Developing countries</b>	<b>29.7319 (30.2079) [1.0160]</b>	<b>6.9945 (7.7352) [1.1059]</b>	<b>3.0521 (2.4299) [0.7962]</b>	<b>0.6986 (0.8183) [1.1713]</b>
Belize	0.8453 (0.2529) [0.2992]	0.1637 (0.0383) [0.2343]	0.0948 (0.0255) [0.2694]	0.0481 (0.0349) [0.7251]
Chile	75.8140 (20.6349) [0.2722]	17.9990 (7.4257) [0.4126]	6.3443 (0.8345) [0.1339]	1.5310 (1.0804) [0.7057]
Guatemala	19.4227 (4.4064) [0.2269]	2.9576 (0.7934) [0.2683]	4.1490 (0.7937) [0.1913]	0.7358 (0.2732) [0.3713]
Hungary	48.0714 (7.7165) [0.1605]	10.7817 (2.5971) [0.2409]	4.2630 (0.1393) [0.0327]	0.6323 (0.8457 ) [1.3375]
Mauritius	4.5061 (1.2060) [0.2676]	1.1187 (0.3102) [0.2773]	0.5192 (0.0433) [0.0834]	0.4317 (0.0554) [0.1284]

資料來源:本研究整理

### 3.3.1 國內實質生產毛額(Real GDP)

對已開發國家族群而言，此 5 國於 1990 年至 2009 年間，其 20 年間的平均實質 GDP 為 2 千 1 百 50 億，然開發中國家族群僅為 2 百 90 億。但離散的程度 C.V 值，開發中國家族群高於已開發中國家，表示開發中國家的離散差異程度較大。

表 2 開發中和已開發國家之國內實質生產毛額

已開發國家族群		開發中國家族群	
奧地利 Austria	188.0275(26.2212) [0.1395]	貝里斯 Belize	0.8453 (0.2529) [0.2992]
丹麥 Denmark	153.66648(18.1146) [0.1179]	智利 Chile	75.8140 (20.6349) [0.2722]
芬蘭 Finland	119.3252 (21.8011) [0.1827]	瓜地馬拉 Guatemala	19.4227 (4.4064) [0.2269]
荷蘭 Netherlands	368.8483 (56.4417) [0.1530]	匈牙利 Hungary	48.0714 (7.7165) [0.1605]
瑞典 Sweden	245.3814 (39.8736) [0.1629]	模里西斯 Mauritius	4.5061 (1.2060) [0.2676]
Developed countries	215.0369(94.4801) [0.4394]	Developing countries	29.7319 (30.2079) [1.0160]

基於原先經濟發展上的差異，雖兩者在實質國內生產上具有明顯的差異性，但不論就近 5、10、15 或 20 年的平均成長率觀之，開發中國家族群其成長率皆勝過已開發國家族群。



圖 21 各群組之國內實質生產毛額(Real GDP)趨勢圖

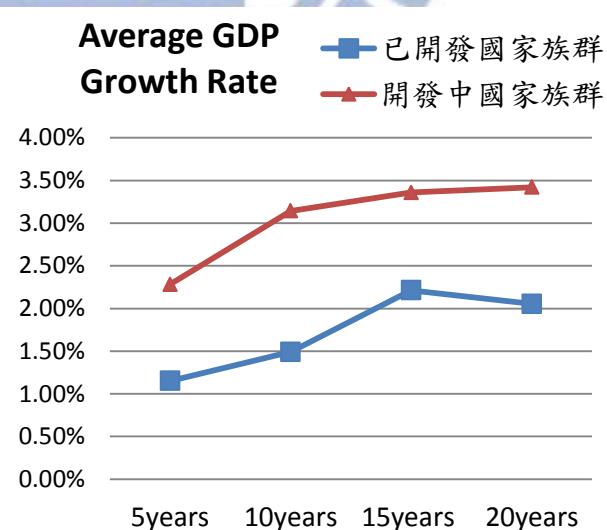


圖 22 各群組之國內實質生產毛額(Real GDP)成長率

### 3.3.2 固定資本投入(Gross Fixed Capital Formation)

已開發國家族群於 1990 年至 2009 年間，其 20 年間的固定資本投入為 4 百 20 億，而開發中國家族群僅為 60 億。但離散的程度 C.V 值，開發中國家族群高於已開發中國家。

表 3 開發中和已開發國家之實質固定資本投入

已開發國家族群		開發中國家族群	
奧地利 Austria	43.4658 (3.9292) [0.0904]	貝里斯 Belize	0.1637 (0.0383) [0.2343]
丹麥 Denmark	29.3848 (6.3945) [0.2176]	智利 Chile	17.9990 (7.4257) [0.4126]
芬蘭 Finland	22.9904 (4.8199) [0.2093]	瓜地馬拉 Guatemala	2.9576 (0.7934) [0.2683]
荷蘭 Netherlands	75.2324 (12.8495) [0.1708]	匈牙利 Hungary	10.7817 (2.5971) [0.2409]
瑞典 Sweden	43.7676 (9.5825) [0.2189]	模里西斯 Mauritius	1.1187 (0.3102) [0.2773]
Developed countries	42.9682 (19.8222) [0.4613]	Developing countries	6.9945 (7.7352) [1.1059]

基於經濟發展上的差異，兩族群在固定資本投入亦有絕對數值上的差異。但就成長率觀之，開發中國家族群長期的平均成長率至少達 6% 或 7%，即使近 5 年的平均成長率亦達 3%，亦高於已開發國家。

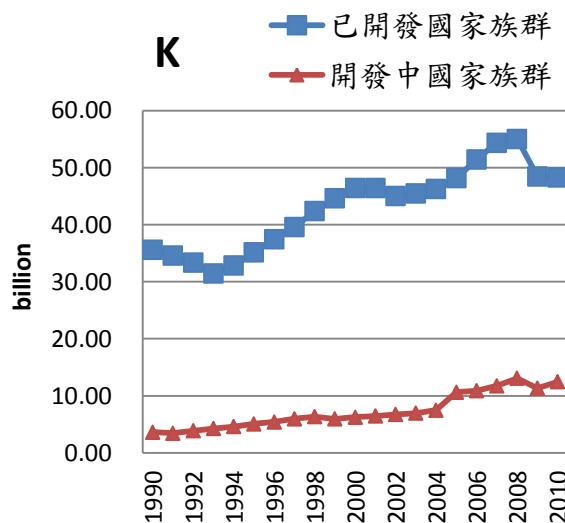


圖 23 各群組之實質固定資本投入 (Fixed Capital Formation) 趨勢圖

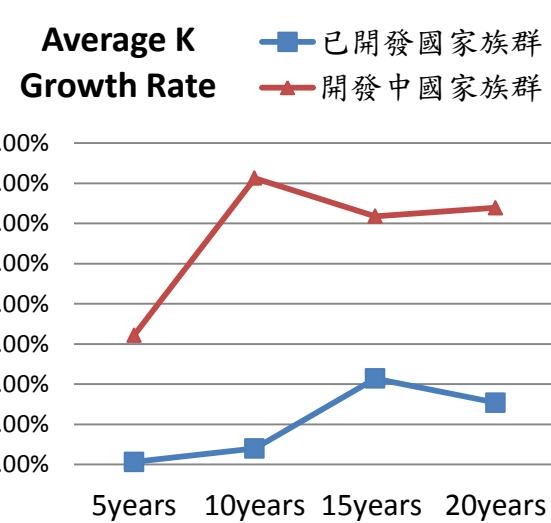


圖 24 各群組之實質固定資本投入 (Fixed Capital Formation) 成長率

### 3.3.3 勞動力投入(Total Labor Force)

由此 5 國所組成的已開發族群，其 20 年間的平均勞動力為 4 百 40 萬人左右，而開發中國家約為 3 百萬。就 C.V 值觀之，開發中國家族群之離散程度較為大。

表 4 開發中和已開發國家之勞動力

已開發國家族群		開發中國家族群	
奧地利 Austria	3.9370 (0.2345) [0.0596]	貝里斯 Belize	0.0948 (0.0255) [0.2694]
丹麥 Denmark	2.8903 (0.0471) [0.0163]	智利 Chile	6.3443 (0.8345) [0.1339]
芬蘭 Finland	2.6033 (0.0745) [0.0286]	瓜地馬拉 Guatemala	4.1490 (0.7937) [0.1913]
荷蘭 Netherlands	8.0300 (0.7056) [0.0879]	匈牙利 Hungary	4.2630 (0.1393) [0.0327]
瑞典 Sweden	4.6517 (0.1693) [0.0364]	模里西斯 Mauritius	0.5192 (0.0433) [0.0834]
Developed countries	4.4225 (1.9854) [0.4489]	Developing countries	3.0521 (2.4299) [0.7962]

已開發國家族群因經濟發展程度較高，其長短期勞動力平均成長率處於持平狀態，成長率均不到 1%，而開發中國家族群其近年度的成長率較高，尤其近 5 年內平均成長率達 2.5% 以上。

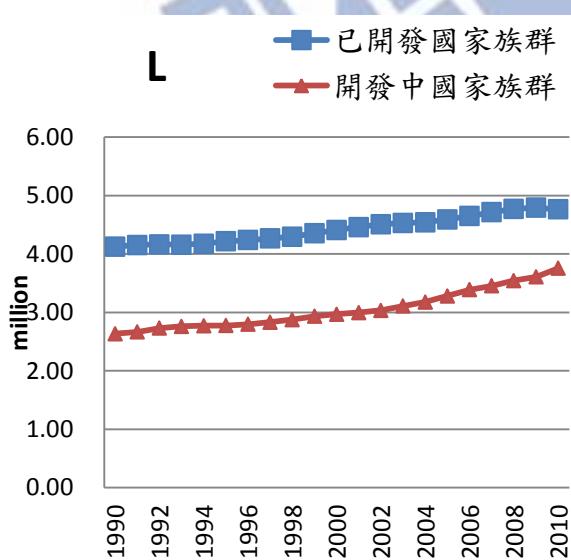


圖 25 各群組之勞動力(Total Labor Force)趨勢圖

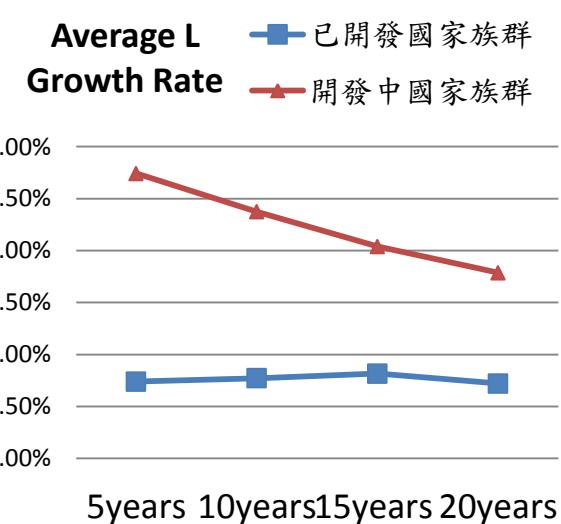


圖 26 各群組之勞動力(Total Labor Force)成長率

### 3.3.4 生質能發電(Biomass Electricity Generation)

已開發國家除因本身的天然資源外，更因環境保護及能源政策的轉換而持續發展，而該族群近 20 年的生質能發電平均達 4 十億千瓦小時。所選擇的開發中國家，會使用生質能發電多因基於天然資源因素，但其規模相對於已發展國家相對小，其近 20 年平均約 6 億 9 千瓦小時。此外，開發中國家生質能發電的離散程度較開發中國家大。

表 5 開發中和已開發國家之生質能發電

已開發國家族群	開發中國國家族群
奧地利 Austria	2.5486 (1.7225) [0.6759]
丹麥 Denmark	2.1450 (1.4280) [0.6658]
芬蘭 Finland	7.5277 (3.0199) [0.4012]
荷蘭 Netherlands	3.7286 (2.2533) [0.6043]
瑞典 Sweden	5.0200 (3.4044) [0.6782]
Developed countries	4.1940 (3.1212) [0.7442]
	貝里斯 Belize
	智利 Chile
	瓜地馬拉 Guatemala
	匈牙利 Hungary
	模里西斯 Mauritius
	Developing countries
	0.0481 (0.0349) [0.7251]
	1.5310 (1.0804) [0.7057]
	0.7358 (0.2732) [0.3713]
	0.6323 (0.8457) [1.3375]
	0.4317 (0.0554) [0.1284]
	0.6986 (0.8183) [1.1713]

開發中國國家族群，其在近 20 年的生質能發電迅速成長，年平居成長率超過 10%，尤其近 10 年內高達 14%。已開發族群之長期平均成長率亦高於 10%，但近期的成長速度有下滑趨勢，在近 5 年內的平均成長率僅剩約 6%。

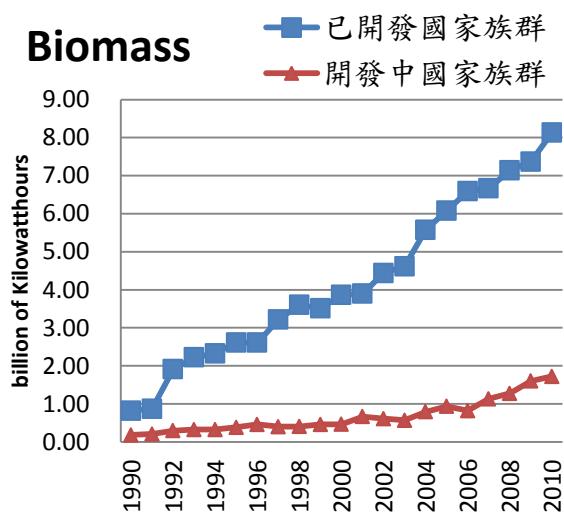


圖 27 各群組之生質能發電(Biomass)趨勢圖

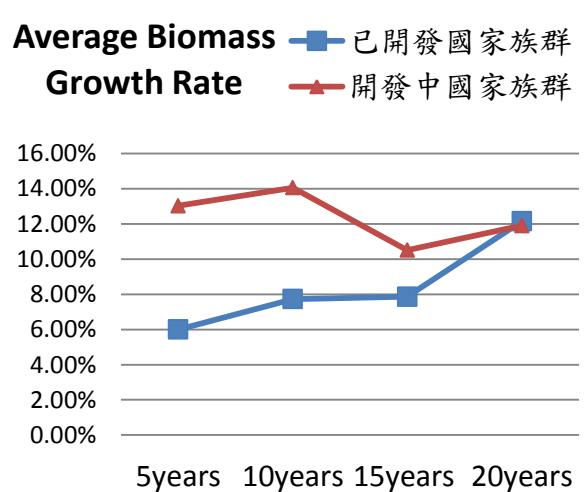


圖 28 各群組之生質能發電(Biomass)成長率

# 四、研究方法

本研究之主題為比較開發中國家與已開發國家之生質能與經濟發展之因果關係研究，是故，乃以研究生質能與經濟發展之因果關係，再進行開發中與已開發國之比較。

## 4.1 變數定義

生質能與經濟發展之因果關係，是在傳統上的經濟模型中加入能源變數，而本研究即是加入探討主題一生質能。故本研究使用之變數表 6 所示，並表示衡量統計方式、單位及資料來源。

表 6 變數解釋

	意義	單位	來源	蒐集年度
Real GDP	以 2000 年為價格之基期，一國國內居民於此段時間內所生產出產品與服務之總產出	Billion \$US, (2000)	Energy Information Administration	1990-2010
Real Gross Fixed Capital Investment	以 2000 年為價格之基期，一國於一年內對於固定資產投資之總額	Billion \$US, (2000)	World Bank Database	1990-2010
Total Labor Force	總勞動人口	Million	World Bank Database	1990-2010
Biomass Electricity Generation	以生質能進行發電之發電量	Billion Kilowatt hours	World Bank Database	1990-2010

## 4.2 定單根檢定

### 4.2.1 定態(Stationary )

定態(Stationary)，乃指一時間數列對於外在衝擊僅有短暫性的時間影響，受到干擾後會返回平均值而不造成趨勢改變。相反地，假若數列經由隨機過程所產生的機率分配會隨時間的改變而變動，表示時間對於變數具有重大的衝擊效果，使得變數隨時間經過逐漸偏離平均值，則稱此數列為非定態(Non-Stationary)。

Granger and Newbold(1974)認為，若以非定態進行回歸分析，將會造成偽回歸(Spurious Regression)，使得統計研究結果失去真實性。由於本研究採取縱橫資料分析，故必須先確定數據資料為穩定數列，再進行後續的統計分析研究(陳旭昇，2007)。

一穩定的時間數列即定態數列，有下列特性：

$$1. U_y = E(y_t)$$

$$2. E[(y_t - u_y)^2] = E[(y_{t+m} - u_y)^2]$$

$$3. \text{cov}(y_t, y_{t+k}) = \text{cov}(y_{t+m}, y_{t+m+k})$$

#### 4.2.2 單位根(Unit Root)

由於非平穩、非定態數列的各期平均值、變異數與標準差等會隨時間的經過而變化，因此難以利用其數據中所隱含的訊息去建立模型以預測未來。但非平穩、非定態的數列可藉由某種轉換而成為平穩序列，若數列可藉由差分運算而成為穩定的數列，則稱為單根(Integration)。

若數列經由  $d$  次差分而成為平穩數列，且在  $d-1$  次時為不平穩數列，則稱數列為  $d$  階單根序列，以符號表示為  $y_t \sim I(d)$ 。故數列本身就是平穩狀態則表示為  $y_t \sim I(0)$ ；若經由一次差分轉換為平穩數列，則稱該數列為一階單根序列，表示為  $y_t \sim I(1)$ ；若經由兩次差分轉換為平穩數列，則稱該時間數列為二階單根序列，記為  $y_t \sim I(2)$ 。其中，單根階數指數列中單位根的個數，或者是使數列平穩而差分的階數(高鐵梅，民 95)。

#### 4.2.3 單根檢定(Unit Root Test)

本研究採用縱橫資料進行分析，故必須先確定變數為定態的穩定序列方能進行後續分析，且由於面板資料同時涉及縱斷面與橫斷面資料，故面板資料的單根檢定可分為兩大類，一為相同單位根的檢定，二為不同單位根的檢定，下列將敘述兩類單根檢定的特色與常見檢定方法(高鐵梅，民 95)。

##### 4.2.3.1 相同單位根(Common Unit Root Test)

LLC(Levin-Lin-Chu)檢驗採用 ADF 檢驗形式，即檢定時以下列進行考慮。

$$\Delta y = \alpha y_{it-1} + \sum_{j=1}^{P_i} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X_{it} \delta + \mu_{it} \quad i=1,2,3\dots N, t=1,2,\dots N$$

其中， $\alpha = \rho - 1$ ， $P_i$  為第  $i$  個截面成員的落後期數，且基於相同單位根之前提，模型中允許其跨截面變化，即 LLC 檢驗假設時間序列及截面數據中的各截面數列均具有一個相同的單位根。

虛無假設  $H_0$ ：各截面數據均有一個單位根，即  $\alpha = 0$

對立假設  $H_1$ ：各截面序列平穩，即  $\alpha < 0$

#### 4.2.3.2 不同單位根(Individual Unit Root Test)

不同單位根是指各截面單元序列具有不同的單位根過程，在該種情況下須分別對每個截面單元進行單根檢定，在綜合各個截面單元檢驗結果以構造檢驗統計量。

下列三種常見的面板數據異質單根檢定，其虛無假設與對立假設皆如下：

虛無假設  $H_0$ ：各截面數據存在異質單位根

對立假設  $H_1$ ：各截面數據不存在異質單位根

##### 1. IPS (Im-Pesaran-Skin)

此檢中，先依照下式對每個截面成員進行單根檢定，再利用估計對每個截面單元

$$\Delta y = \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X_{it} \delta + \mu_{it} \quad i=1,2,3\dots N, t=1,2,\dots T$$

所得出的  $t$  統計量進行計算，得一服從常態分佈的統計量以判斷是否具有單根。此外，在該檢定中需要設定每個截面成員是否存在截距項或者時間趨勢項。

##### 2. ADF (Fisher-ADF)

此檢驗運用 Fisher(1932)的結果，透過結合不同截面成員檢驗的  $p$  值創造統計量，且該

新統計量漸進服從卡方分配，用以檢驗面板數據是否存在單位根。此外，在

該檢定中需要設定每個截面成員是否存在截距項或者時間趨勢項。

##### 3. PP (Fisher-PP)

此檢驗運用 Fisher(1932)的結果，透過結合不同截面成員檢驗的  $p$  值創造統計量，且該

新統計量服從漸進常態分配。與前兩者不同的是，pp 檢定不須設定截距項與時間趨勢

項，但需要指定具體的核函數  $f$ 。

## 4.3 共整合分析

### 4.3.1 共整合(Cointegration)

對每一個數列單獨來說可能是非平穩，但這些時間序列的線性組合序列卻可能有不隨時間變化的性質。Engle and Granger(1987)表示，兩個或兩個以上非平穩時間序列線性組合可能是平穩的，假如這樣一種平穩的或  $I(0)$  的線性組合存在，則這些非平穩時間序列之

間具有共整合意義。簡言之，即當一組非定態時間序列變數的線性組合為定態、平穩，則稱該些變數具有共整合。

因此，共整合表示一種長期均衡關係，隱含該些變數長期而言具有往均衡方向的調整特性，雖短期內可能存在偏離現象，但短期偏離的現象會因長期往均衡方向的調整而縮小，而縮小的機制即在於利用誤差修正模型(易丹輝，民 98)。

### 4.3.2 共整合檢定(Cointegration Test)

共整合檢定最初可追溯至 Engle-Granger 兩階段檢定法，然在使用此共整合檢定前必須先確定各變數必須具有相同的階數，方可進行第一階段的殘差估計，乃至第二階段針對殘差進行單根檢定。

Engle-Granger 共整合檢驗的背後思考邏輯為，自變量與應變量間存在共整合關係時，表示應變量可被自變量的線性組合所解釋，兩者之間應存在穩定的均衡關係，而應變量不可被自變量所解釋的部分即形成殘差序列。因此，檢驗一組變數間是否存在共整合關係，等同於檢定回歸方程式的殘差是否是一平穩序列。

但 Engle-Granger 的共整合檢驗乃適用於針對縱斷面資料，而後 Pedroni 和 Kao 將 Engle-Granger 的框架拓展到面板數據，而本研究則使用 Pedroni 所推行的檢定法進行共整合檢定，提出一系列允許不同截面之間存在不同個體效應和趨勢的共整合檢定，考慮的回歸模型如下。且進行共整合有一前提條件，即各變數必須階數相同。

$$Y_{it} = \alpha_i + r_{it} + \beta_{1t}X_{1it} + \beta_{2t}X_{2it} + \beta_{3t}X_{3it} + \cdots + \beta_{kt}X_{kit} + \varepsilon_{it}$$

其中， $t=1,2,3\dots T$ ， $i=1,2,3\dots N$ ， $k=1,2,3\dots K$ 。且  $t$  表示期數， $N$  表示截面數，而  $k$  表示外生變數的個數。

由 Pedroni(1999,2004)所提出的共整合檢定包含兩類。其中，第一類者共包含四種檢定統計量，分別為 panel v, panel r, panelPP, and panel ADF；第二類者共包含三種檢定，分別為 group r, groupPP, and group ADF。

第一類者，假設各截面具有同質性，即依據前述章節 Pedroni 所提出的回歸得殘差後，基於各國家具有相同的自相關係數，對各國家之殘差自迴歸係數進行匯總以檢驗共整合關係是否存在。而第二類者，假設各截面不具有同性質，意即假設各國家的自相關係數不同，因此對各國家之殘差自回歸係數進行平均以檢驗共整合關係。但不論其類型為何，其虛無假設皆為不存共整合關係，故此時即是檢定殘差是否為一階整合的穩定狀態(易丹輝，民 98)。

## 4.4 誤差修正模型

### 4.4.1 誤差修正模型(Error Correction Model)之意義

誤差修正之術語最早由 Sargan(1964)提出，後由 Davidson、Hendry、Srba 及 Yeo 提出。誤差修正模型最主要特色在於，此模型不再單純使用變數的原始值，或者變數的差分建模，而是將兩者結合以提供更多資訊。因此，誤差修正模型的研究結果可以讓我們知道變數間的短期及長期影響關係。短期來說，因變數的變動是由較穩定長期趨勢和短期波動所決定，而短期內系統對於均衡狀態的偏離程度大小會直接導致波動震幅的大小；長期來看，藉由前一步驟共整合的分析結果得出誤差修正項，瞭解該誤差修正項使否可將非均衡的偏離狀態拉回至均衡穩定狀態(高鐵梅，民 95)。

Engle & Granger(1987)所提出之兩階段分析為最常使用的誤差修正模型，然此縱橫數據未能使用此模型，故而將其改良拓展為矩陣誤差修正模型(Vector Error Correction Model, VECM)，為面板數據進行因果關係之研究。

(4.1)

### 4.4.2 誤差修正模型之使用

本研究用以進行因果關係之研究模型如下，以瞭解各變數之間的相互影響關係。

$$\Delta Y_{it} = \alpha_{1i} + \sum_{k=1}^q \theta_{11ik} \Delta Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{12ik} \Delta K_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{13ik} \Delta L_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{14ik} \Delta EFB_{it-k} + \lambda_{1i} \varepsilon_{it-1} + \mu_{1it} \quad \text{式(4.1)}$$

$$\Delta K_{it} = \alpha_{2i} + \sum_{k=1}^q \theta_{21ik} \Delta Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{22ik} \Delta K_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{23ik} \Delta L_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{24ik} \Delta EFB_{it-k} + \lambda_{2i} \varepsilon_{it-1} + \mu_{2it} \quad \text{式(4.2)}$$

$$\Delta L_{it} = \alpha_{3i} + \sum_{k=1}^q \theta_{31ik} \Delta Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{32ik} \Delta K_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{33ik} \Delta L_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{34ik} \Delta EFB_{it-k} + \lambda_{3i} \varepsilon_{it-1} + \mu_{3it} \quad \text{式(4.3)}$$

$$\Delta EFB_{it} = \alpha_{4i} + \sum_{k=1}^q \theta_{41ik} \Delta Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{42ik} \Delta K_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{43ik} \Delta L_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{44ik} \Delta EFB_{it-k} + \lambda_{4i} \varepsilon_{it-1} + \mu_{4it} \quad \text{式(4.4)}$$

其中， $\Delta$ 代表一階差分， $k$ 表示落後期數， $\varepsilon$ 代表誤差修正項。

# 五、實證結果

## 5.1 單根檢定

依據第四章所提及之研究方法，進行因果關係推斷前必須先確定各時間序列變數呈現穩定狀態。茲此，以前述章節所提及之單根檢定方法進行檢定，而開發中國家與已開發國家之檢定結果如表 7 所示。

不論截面單元是否具有相同單位根，LLC(Levin-Lin-Chu)、IPS (Im-Pesaran-Skin)、ADF (Fisher-ADF) 及 PP (Fisher-PP) 之虛無假設皆為存在單根，因此對於原始資料而言及差分資料而言，若檢定結果為拒絕虛無假設，則分別表示原始資料為平穩及一階差分資料呈現平穩的定態。相反地，若檢定結果為不拒絕虛無假設，則分別表示原始資料與差分資料為存在單根，故原始資料可成為一階單根，而差分資料可再進化為二階單根。

已開發國家之單根檢定，所有一階差分變數皆至少有一半以上的檢定方法拒絕虛無假設，表示一階差分資料此時呈現定態，故而得以行後續的共整合研究。

開發中國家之單根檢定，所有檢定方法皆拒絕一階差分變數之虛無假設，表示各變數的一階差分資料呈現定態，且顯著水準皆達 1%，故可繼續後續的共整合研究。

表 7 單根檢定結果

Panel A, developed countries								
	LGDP	△LGDP	LK	△LK	LL	△LL	LEFB	△LEFB
LLC	-3.00892 <sup>a</sup>	-3.96586 <sup>a</sup>	-2.0628 <sup>b</sup>	-3.76972 <sup>a</sup>	2.92324	-1.68158 <sup>b</sup>	3.74017	-1.21059
IPS	0.07269	-3.60323 <sup>a</sup>	0.04574	-3.81265 <sup>a</sup>	4.16041	-1.50320	1.87872	-3.32554 <sup>a</sup>
ADF	7.55776	31.0127 <sup>a</sup>	9.57055	34.5751 <sup>a</sup>	4.38630	15.2172	1.47932	27.3517 <sup>a</sup>
PP	24.0600 <sup>a</sup>	45.5911 <sup>a</sup>	10.2749	294.776 <sup>a</sup>	2.8280	24.4624 <sup>a</sup>	13.9748	50.3259 <sup>a</sup>
Panel B, developing Countries								
LLC	-1.67029 <sup>b</sup>	-6.95519 <sup>a</sup>	-1.77969 <sup>b</sup>	-3.32196 <sup>a</sup>	-1.28032	-4.04202 <sup>a</sup>	-0.30184	-3.71311 <sup>a</sup>
IPS	1.33596	-7.30852 <sup>a</sup>	-0.00509	-3.68508 <sup>a</sup>	1.80232	-3.29832 <sup>a</sup>	2.01502	-4.21488 <sup>a</sup>
ADF	4.80910	61.2989 <sup>a</sup>	9.78124	34.9801 <sup>a</sup>	4.42455	30.3385 <sup>a</sup>	5.14644	36.5737 <sup>a</sup>
PP	4.62469	70.6128 <sup>a</sup>	10.7186	33.0057 <sup>a</sup>	5.12581	33.6066 <sup>a</sup>	21.7314 <sup>b</sup>	70.6128 <sup>a</sup>

其中，以 a、b 表示顯著性為 1% 及 5% 的顯著水準

## 5.2 共整合檢定

前一章節提及，由 Pedroni(1999,2004)所提出的共整合檢定包含兩類，分別假設各國家之殘差具有相同的自回歸係數者，以及假設各國家之殘差係數為不同者。

故第一類型的檢定統計量有四，為 panel v, panel r, panelPP, and panel ADF，而第二類的檢定統計量有三，為 group r, groupPP, and group ADF。

在虛無假設為變數間存在不共整合關係之下，對於已開發國家及開發中國家兩類群之共整合檢定結果，如表 8 所示。

對於已開發國家，在各國家之殘差具有相同的自回歸係數假設下，有三項統計量拒絕虛無假設；而在各國家之殘差自回歸係數不同假設下，有兩項統計量拒絕虛無假設。是故，總體而言，已開發國家經證實存在共整合關係。至於開發中國家，不論是假設自回歸係數相同或不相同，其檢驗結果與已開發國家相同，皆至少有一半以上檢定統計量顯示其具有共整合關係。

表 8 共整合檢定結果

<b>Panel A, developed countries</b>			
Within Dimension		Between Dimension	
Panel v-statistic	1.998116 (0.0229)**	Group p-statistic	0.552865 (0.7098)
Panel p-statistic	-0.297761 (0.3829)	Group PP-statistic	-2.910334 (0.0018)***
Panel PP-statistic	-2.479827 (0.0066)***	Group ADF-statistic	-3.300841 (0.0005)***
Panel ADF-statistic	-2.954630 (0.0016)***		
<b>Panel B, developing Countries</b>			
Within Dimension		Between Dimension	
Panel v-statistic	1.902741 (0.0285)**	Group p-statistic	1.496140 (0.9327)
Panel p-statistic	0.064841 (0.5258)	Group PP-statistic	-3.165734 (0.0008)***
Panel PP-statistic	-3.585758 (0.0002)***	Group ADF-statistic	-2.304210 (0.0106)**
Panel ADF-statistic	-2.672333 (0.0038)***		

其中， $p < 0.01^{***}$ ， $p < 0.05^{**}$ ， $p < 0.1^*$

### 5.3 誤差修正模型(VECM)

茲此，先針對已開發國家於各研究變數間的因果關係進行詳述。式(4.1)表示，短期時，固定資本投入及勞動力對於經濟發展具有負向顯著影響，而生質能發電對於經濟發展具有正向顯著影響，但不具長期穩定關係。式(4.2)表示，經濟發展及勞動力對於固定資本投入具有正向顯著影響，而生質能發電對其為負向顯著影響，且存在長期穩定關係。式(4.3)表示，經濟發展短期時對於勞動力具有正向顯著影響，固定資本投入則不具影響，生質能發電對於勞動力為負向顯著影響，但不具長期穩定關係。式(4.4)表示，固定資本投入及勞動力對於生質能發電具有正向顯著影響，而經濟發展對於生質能發電為負向顯著影響，並存在長期穩定關係。

此對開發中國家研究變數間之因果關係進行詳述。式(4.1)表示短期時，固定資本投入及勞動力對於經濟發展具有正向顯著影響關係，生質能發電對於經濟發展具有負向顯著影響關係，且具有長期穩定關係。式(4.2)表示，僅經濟發展對於固定資本投入具有短期正向顯著影響，勞動力及生質能發電對於其則無顯著關係，但存在長期穩定關係。式(4.3)表示，經濟發展對於勞動力具有短期正向顯著影響，固定資本投入對其具有負向顯著影響關係，生質能發電短期則無顯著影響，且不具長期穩定關係。式(4.4)表示，短期時僅固定資本投入對於生質能發電具有正向顯著影響，經濟發展及勞動力短期對於生質能不具顯著影響，但存在長期穩定關係。

表 9 誤差修正模型結果

Panel A, developed countries					
Dependent variable	Sources of causation (independent variables)				
	Short-run				Long-run
	$\Delta Y$	$\Delta K$	$\Delta L$	$\Delta EFB$	ECT
$\Delta Y$	—	15.4012 (-0.114509) [0.00]***	3.8874 (-0.129026) [0.05]**	2.8709 (0.009502) [0.09]*	-0.0498 [0.32]
$\Delta K$	3.8231 (0.401313) [0.05]*	—	3.0432 (0.3006) [0.08]*	4.1501 (-0.0189) [0.04]**	-0.3913 [0.000]***
$\Delta L$	48.5229 (0.058034) [0.00]***	1.6382 (0.028432) [0.2045]	—	6.3536 (-0.00383) [0.00]***	-0.013543 [0.4603]
$\Delta EFB$	20.4099 (-6.690107) [0.00]***	26.8877 (1.1263127) [0.00]***	8.0098 (2.155461) [0.00]***	—	-0.145296 [0.00]***

**Panel B, developing Countries**

Short-run			Long-run		
	$\triangle Y$	$\triangle K$	$\triangle L$	$\triangle EFB$	
$\triangle Y$	—	2.8126 (0.033708) [0.09]*	21.7470 (0.203146) [0.00]***	9.4451 (-0.014763) [0.00]***	-0.048956 [0.04]**
$\triangle K$	16.8605 (0.8203) [0.00]***	— 2.6035 (-0.7316) [0.11]	0.0168 (0.0042) [0.89]	-0.3553 [0.00]***	
$\triangle L$	10.6337 (0.1609) [0.00]***	6.6929 (-0.0422) [0.01]**	— 0.5155 (-0.0034) [0.47]	0.0046 [0.55]	
$\triangle EFB$	2.2513 (-1.254869) [0.13]	6.3203 (0.385026) [0.01]**	1.1741 (-0.908589) [0.28]	— -0.078339 [0.05]*	

其中， $p < 0.01^{***}$ ， $p < 0.05^{**}$ ， $p < 0.1^*$

因本研究之主題在於，比較開發中國家與已開發國家之生質能與經濟發展間的因果研究。故此僅針對影響經濟發展與生質能發電之因果關係式，即式(4.1)及式(4.4)進行探討。

式(4.1)探討影響經濟發展的影響要素中，對已開發國家而言，由於固定資本投入及勞動力在短期為顯著負向影響。推測可能原因在於在沒有考慮折舊率、儲蓄率及勞動成長率的情況，已開發國家的人均資本投入已超越了最佳化的穩定狀態(steady-state)，因此，即使在固定本投入及勞動力為逐漸成長的情況下，兩者可能確是產生負向影響。此外，已開發國家的人力資本對於經濟發展的貢獻，「質量」的影響應更甚於「數量」，然量化數值中卻無納入人力質量的考慮，故而產生與我們預期相反的結果。但對於開發中國家而言，固定資本投入及勞動力在短期呈現顯著正向影響，此結果正如同傳統經濟模型對於產出的貢獻，且開發中的人均資本投入尚未超越最佳化的穩定狀態(steady-state)，因此固定資本投入及勞動力對於開發中國家的經濟影響為正向顯著。生質能發電為本研究最重要的討論因子，在短期時其對已開發國家為正向顯著的影響，然對開發中國家為負向顯著影響。推測原因在於，由於已開發國家有較高的技術水準、完善的基礎建設及對於生質能研究投資較多，使得已開發國家具有較佳的能源使用效率，使得生質能發電可刺激已開發國家之短期經濟發展。相對而言，開發中國家因生質能研究投資低、技術較落後，且基礎建設不夠健全，故發展生質能發電可能會造成資源或能源的浪費，故短期時對經濟發展為負向影響。至於長期穩定，兩族群亦呈現迥異結果，開發中國家存在長期穩定關係，然已開發國家卻無。

式(4.4)探討影響生質能發電的影響要素中，固定資本投入對已開發國家及開發中國家皆呈現正向顯著影響。此結果是相當直覺的，因不論對開發中國家或已開發國家，若投資於生質能發電設備等固定資產，在生質能發電設備效率提升或更多生質能發電設備後，當然可以生質能發電器發出更多電力。至於經濟發展及勞動力兩變數，其對於已開發國家分別為負向及正向顯著影響，但對於開發中國家沒有影響。此推測隨著人口成長，特別是在經濟發展良好的國家，對於能源的需求、用電量的需求更高，因此勞動力短期對於已開發國家是呈現正向顯著影響。但已開發國家的高度經濟發展，因對於能源及用電量的需求相當高，但目前的生質能發電相對其他發電方式，受限發電的能量來源、技術、資金、發電效率等因素，使得生質能發電可以成長的速度不及能量及用電量需求的成長，使得已開發國家投資於其他發電方式的意願較高，諸如投資於具有發電效率高、不污染環境的核能發電，故經濟發展對於已開發國家短期為負向顯著影響。至於開發中國家，推測由於生質能發電量過低，因此對經濟發展及勞動力對於其沒有顯著影響。至於長期關係，已開發國家與開發中國家對於生質能發電皆具長期穩定關係。



## 六、結論

過去在能源與經濟因果關係研究之主題，多僅考慮總能源消耗。隨著經濟的發展，許多國家對於環境保護、節約能源等意識的興起，逐而將國家的能源政策朝向乾淨能源或包含生質能在內的再生能源發展，故本研究延此時勢趨勢，將過去的研究晉升為專注於生質能與經濟發展關係間之研究。由於目前生質能發電使用量甚低，故僅專注於以生質能進行研究之論文少，即使有，也僅是針某單一國家進行研究，然本研究將研究之對象擴充為多國的面板模型，故將生質能以面板數據模型進行因果探討為本研究之最大貢獻。

依據本研究結果發現，對於已開發國家群組，經濟發展對於生質能發電具有短期負向影響關係，而生質能發電對於經濟發展具有短期正向影響；就長期而言，僅存在經濟發展對於生質能發電的單向穩定關係。是故，有較佳科技及較佳能源使用效率的已開發國家，發展生質能發電短期有助於刺激經濟、促進經濟成長，但此卻僅限於短期而無長期均衡穩定關係。可能導致此單向長期穩定關係的原因在於，(1)因生質能與其他能源發電相比，其發電量不僅仍低，且可能因某些先天發展條件限制發展，故已開發國家很可能偏好其他可快速發展的發電方式，以支持其經濟成長所需的電力及能源使用。(2)此外，這些已開發國家會更致力關注他們的生活環境、生活水準與全球議題，並將該些對環境關注與渴望轉化為尋求其他的能源及再生能源、改善科技或使用效率等具體行動。故基於上述兩種原因，皆可能導致此長期穩定關係。

針對此五國已開發國家，本研究建議其可大量採取促進發展生質能的發電政策，包含投資生質能發電的稅務減免政策、研發發展生質能發展的財務政策或鼓勵發展生質能發電之補貼等等，以促進此些國家的經濟發展。因著實證研究結果，雖然長期而言，生質能發電量的提升對於經濟發展不具長期穩定關係，但卻可刺激短期經濟影響。

對於開發中國家，本研究發現生質能發電對於經濟發展，短期具有負向影響關係，且經濟發展與生質能發電具有雙向長期均衡穩定關係。推測由於較低的技術水準、較差的能源使用效率及不完善的基礎建設，使得生質能發電對於經濟發展並沒有刺激作用，反而因浪費能源、資源與資金等投入而造成短期對經濟發展的負向影響。

在此五國開發中國家之情況下，本研究建議開發中國家應採取提升生質能發電的技術水準、提高能源使用效率的使用能力，並建造更為完善的基礎建設之政策。因隨著個體技術水準的提升而促進能源使用效率後，可進而帶動整體生質能產業的技術及效率改善，使投入的固定資源產出更多，或僅需更少的資源達到相同產出，接而再配合國家層級的完善基礎建設，可降低在傳輸電量上的浪費，以最佳效率滿足用戶電力使用上需求，方得以改善生質能發電對於經濟發展的短期負向效果影響。而在在這三元素的相輔相成下，不僅可能有助於以生質能發電帶動國家發展，此發展模式更可移轉至其他能源發展政

策。

是故，本研究透過誤差修正模型(VECM)的實證因果分析結果，雖本研究僅限於生質能發電比例高的十大國家，但針對開發中國家與已開發國家兩類型推出發展政策建議。最後，本研究建議已開發國家鼓勵採取發展生質能發電政策，而對開發中國家採取促進能源使用效率提升的發展政策。



# 參考文獻

## 中文文獻

台灣駐中美投資貿易服務團。(2007)。瓜地馬拉生質酒精現況。

倪世傑(民 98 年 5 月 11 日)。丹麥的再生能源發展。台灣立報，第??版。

易丹輝(主編)(民 98)。數據分析系列教材。北京市:中國人民大學出版社。

高鐵梅 (主編)(民 95)。計量經濟分析方法與建模-Eviews 應用及實例。北京:清華大學出版社。

陳旭昇(民 96)。時間序列分析:總體經濟與財務金融之應用。台北:東華書局。

經濟部(民 99)。瓜地馬拉投資環境簡介。台北: 經濟部投資業務處。

經濟部 (民 100)。芬蘭投資環境簡介(10 版)。台北: 經濟部投資業務處。

鄭一青 (民國 92 年 1 月 15 日)。未來型社會丹麥驚奇。天下雜誌, 267, 頁別??

## 英文文獻

Ang, J.B., "CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and output in France", *Energy Policy*, 35, pp.4772-4778, 2007.

Alam, M.J., Begum, J.A., Buysse, J., and Huylenbroeck, G.V., "Energy consumption, carbon emissions and economic growth nexus in Bangladesh: Cointegration and dynamic causality analysis", *Energy Policy*, 45, pp.217-225, 2012.

Apergis, N. and Payne, J.E., "CO<sub>2</sub> emissions, energy usage, and output in central America", *Energy Policy*, 37, pp.3282-3286, 2009a.

Apergis, N. and Payne, J.E., "Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model", *Energy Economics*, 31, pp.211-216, 2009b.

Apergis, N. and Payne, J.E., "Energy consumption and economic growth: Evidence from commonwealth of Independent State", Energy Economics, 31, pp.641-647, 2009c.

Apergis, N. and Payne, J.E., "Coal consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries", Energy Policy, 38, pp.1353-1359, 2010a.

Apergis, N. and Payne, J.E., "Energy consumption and economic growth in South America: Evidence from a panel error correction model", Energy Economics, 32, pp.1421-1426, 2010b.

Apergis, N. and Payne, J.E., "The emission, energy consumption, and growth nexus: Evidence from the commonwealth of independent states", Energy Economics, 38, pp.650-655, 2010c.

Apergis, N. and Payne, J.E., "Natural gas consumption and economic growth: A panel investigation of 67 countries", Applied Energy, 87, pp.2759-2763, 2010d.

ArcGIS, N. and Payne J.E., "On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth", Ecological Economics, 69, pp.2255-2260, 2010e.

Apergis, N. and Payne J.E., "Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries", Energy Policy, 38, pp.656-660, 2010f.

Apergis, N. and Payne J.E., "Renewable energy consumption and growth in Eurasia", Energy Economics, 32, pp.1392-1397, 2010g.

Apergis, N. and Payne J.E., "On the causal dynamics between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in developed and developing countries", Energy Syst, 2, pp.299-312, 2011a.

Apergis, N. and Payne J.E., "Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies", Applied Energy, 88, pp.5226-5230, 2011b.

Apergis, N. and Payne J.E., "The renewable energy consumption-growth nexus in Central America", Applied Energy, 88, pp.343-347, 2011c.

Apergis, N. and Payne J.E., "A global perspective on the renewable energy consumption-growth nexus", Energy Source, Part B, 7, pp.314-322, 2012a.

Apergis, N. and Payne J.E., "Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model", Energy Economics, 34, pp.733-738, 2012b.

Bowden, N. and Payne, J.E., "The causal relationship between U.S energy consumption and real output: A aggregated analysis", Journal of Policy Modeling, 31, pp.180-188, 2009.

Chien, T.C. and Hu, J.L., "Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and Non-OECD countries", Energy Policy, 35, pp.3606-3615, 2007.

Chien, T.C. and Hu, J.L., "Renewable energy: A efficient mechanism to improve GDP", Energy Policy, 36, pp.3045-3052, 2008.

Chontanawat, J., Hunt, L.C., and Pierse, R., "Does energy consumption cause economic growth? Evidence from a systematic study of over 100 countries", Journal of Policy Modeling, 30, pp.209-220, 2008.

Danish Energy Agency, (2011), Energy Strategy 2050 - From Coal, Oil and Gas to Green Energy, Demark: Danish Energy Agency.

EDMS, (2007), Review of the International Energy Policies and Actions and the Latest Practice in their Environment Evaluation and Strategic Environment Assessment Final Report, HK: EDMS (Hong Kong) Ltd.

European Renewable Energy Council, (2007), Renewable Policy Review Austria, Brussels, Belgium: EREC.

European Renewable Energy Council, (2009a), Renewable Policy Review Finland, Brussels, Belgium: EREC.

European Renewable Energy Council, (2009b), Renewable Policy Review Finland, Brussels, Belgium: EREC.

Eggoh, J.C., Bangake, C., and Rault., "Energy consumption and economic growth revisited in African countries", Energy Policy, 39, pp.7408-7421, 2011.

Fortum Corporation, (2011), Energy Policy Review – Finland, Espoo, Finland: Fortum

Corporation.

Ghosh, S., "Examining carbon emissions economic growth nexus for India:A multivariate cointegration approach", Energy Policy, 38, pp.3008-3014, 2010.

Ghali, K.H., and El-Sakka, M.I.T., "Energy use and outputgrowth in Canada:a multivariate cointegration analysis", Energy Economics, 26, pp.225-238, 2004.

International Energy Agency, (2006), Energy Policies of IEA countries- Hungary Review, Paris: OECD/IEA.

International Energy Agency, (2007), World Energy Outlook 2007, Paris: OECD/IEA.

International Energy Agency, (2008a), Energy Policy of IEA Countries – The Netherlands 2008, Paris: OECD/IEA.

International Energy Policy, (2008b), Energy Policies of IEA Countries Sweden 2008 Review, Paris: OECD/IEA.

International Energy Agency, (2009), World Energy Outlook 2009, Paris: OECD/IEA.

Legace and Legault International Inc, (2007), GHG Emission Reduction Quantification Report, Belize & Nicaragua Log Recovery Project, Belize City, Belize: Legace and Legault International Inc.

Launched Consulting & Dr. Ivan Azurdia-Bravo Fundacion Solar, (2003), Energy for Sustainable Development toward a National Energy Strategy for Belize Energy Sector Diagnostic, Belize C.A. & Guatemala City, Guatemala: Launched Consulting & Dr. Ivan Azurdia-Bravo Fundacion Solar.

Lee, C.C. and Chien, M.S., "Dynamic modelling of energy consumption, capital stock, and real incomein G-7 countries", Energy Economics, 32, pp.564-581, 2010.

Menegaki, A.N., "Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence forneutrality hypothesis", Energy Economics, 33, pp.257-263, 2011.

Hamit-Haggar, M., "Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: A panelcointegration analysis from Canadian industrial sector perspective", Energy Economics,

34, pp.358-364, 2012.

Oztuk, I. and Acaravci, A., "CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, pp.14, 2010.

Payne, J.E., " On the dynamics of energy consumption and output in the U.S", Applied Energy, 86, pp. 575-577, 2009.

Payne, J.E., "On biomass energy consumption and real output in the U.S", Energy Source, Part B, 6, PP.47-52, 2011.

Payne, J.E., "The causal dynamics between U.S renewable energy consumption, output, emissions, and oil price", Energy Sources, Part B, 7, pp.323-330, 2012.

Ramjeawon, T., "Life Cycle Assessment of Electricity Generation from Bagasse in Mauritius".Journal of Cleaner Production. 16. pp.1727-1734. 2008.

Sadorsky, P., "Renewable energy consumption and income in emerging economies", Energy Policy, 37, pp.4021-4028, 2009.

Sari, R. and Soytas, U., "The growth of income and energy consumption in six developing countries", Energy Policy, 35, pp.889-898, 2007.

Soytas, U. and Sari, R., "Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member", Ecological Economics, 68, pp.1167-1675, 2009.

Soytas, U., Sari, R. and Ewing, B.T., "Energy consumption, income, and carbon emission in the EU", Ecological Economics, 62, pp.482-489, 2007.

Shahbaz, M., Zeshan, M. and Afza,T., "Is energy consumption effective to spur economic growth in Pakistan? New evidence from bounds test to level relationships and Granger causality tests", Economic Modelling, 29, pp.2310-2319, 2012.

US Energy Information Administration, (2010), International Energy Outlook 2010, Washington, DC:US. Department of Energy.

Wolde-Rufael, Y., "Energy demand and economic growth: The African experience", Journal of

Policy Modeling, 27, pp.891-903, 2005.

Wolde-Rufael, Y., "Energy consumption and economic growth, the experience of African countries revisited", Energy Economics, 31, pp.217-224, 2009.

Wolde-Rufael, Y. and Menyah, K., "CO<sub>2</sub> emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth in U.S", Energy Policy, 38, pp.2911-2915, 2010a.

Wolde-Rufael, Y. and Menyah, K., "Energy consumption, pollutant emissions and economic growth in South Africa", Energy Economics, 32, pp.1374-1382, 2010b.

Zhang, X.P. and Cheng, X.M., "Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China", Ecological Economics, 68, pp.2706-2712, 2009.

Zhixin, Z. and Xin, R., "Causal relationship between energy consumption and economic growth", Energy Procedia, 5, pp.2065-2071, 2011.

## 參考網站

APEC 各會員體能源資訊分析。民 101 年 12 月 3 日，取自 :<http://apecenergy.tier.org.tw/energy2/chile.asp>

智利宣佈國家氣候變遷計畫，(民 97 年 12 月 4 日)。行政院環境保護署國家溫室氣體登陸平台。民 101 年 12 月 3 日，取自：

[http://estc10.estc.tw/ghg\\_new/Information/Information\\_New.aspx?r\\_id=1257](http://estc10.estc.tw/ghg_new/Information/Information_New.aspx?r_id=1257)

智利發布《生物能源計畫》加大生物能源研究力度，(民 100 年 6 月 30 日)。中國新能源網。民 101 年 12 月 3 日。取自 :<http://www.newenergy.org.cn/html/0116/6301141277.html>

智利政府加入生質能發展行列，(民 100 年 6 月 30 日)。綠色貿易資訊網。民 101 年 12 月 3 日。取

自 :<http://www.greentrade.org.tw/purchasing-info/%E6%99%BA%E5%88%A9%E6%94%BF%E5%BA%9C%E5%8A%A0%E5%85%A5%E7%94%9F%E8%B3%AA%E8%83%BD%E7%99%BC%E5%B1%95%E8%A1%8C%E5%88%97>

Arthur Goodland, (2012), A New Push for Renewable Energy in Belize, Revolt, Retrieved November 27, 2012, from the World Wide

Web:<http://blogs.worldwatch.org/revolt/a-new-push-for-renewable-energy-in-belize/>

*Leucaena leucocephala* (Lam.), the New Crop Resource Online Program, Purdue University,  
Retrieved November 27, 2012, from the World Wide Web:  
[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Leucaena\\_leucocephala.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Leucaena_leucocephala.html)

Lizana, R., (2007), "Chlean Gas Crisis: Biofuel Perspectives", GlobalVoices, Retrieved  
December 3, 2012, from the World Wide Web:  
<http://zh.globalvoicesonline.org/hant/2007/05/20/469/>

