

泰國能源與經濟發展的思路與策略

高衡權

淡江大學產經系博士生

鄧玉英

淡江大學通識與核心課程中心講師

摘要

本文使用英國石油公司的能源資料庫與世界銀行資料庫，採用向量自迴歸模型來估計 1999 年至 2019 年的經濟成長、資本使用量、勞動量以及能源消耗（含非再生能源與再生能源）之間的因果關係。結果顯示，非再生能源消耗會帶動經濟成長的變化，但是經濟成長無法解釋非再生能源消耗的變化，即單向因果關係；然而，再生能源消耗與經濟成長存在雙向因果關係。泰國在再生能源的發展上具有幾項優勢：(1) 環境面，處於熱帶地區，擁有充足日照，具備太陽能發展潛力；(2) 產業結構面，屬於農業出口國，提供生質能源的燃料來源；(3) 投資面，2020 年泰國經商環境排名全球第 21 名。換句話說，透過推動再生能源的相關政策，除了帶來經濟成長的好處外，泰國同時也努力在 2030 年前，達成永續發展指標中「確保所有的人都可取得負擔得起、可靠、永續及現代的能源」的目標。

關鍵詞：泰國、再生能源消耗、非再生能源消耗、向量自迴歸模型

壹、前言

泰國在 1997 年亞洲金融風暴過後，經濟復甦的期間同時伴隨能源消耗量持續增加，1999 至 2004 年全球初級能源 (primary energy) 消耗量的平均年成長率是 2.9%，泰國是世界的兩倍之多。能源同時具備要素投入與產業的雙重屬性，能源產業將初級能源轉換成工業所需的燃料與動力，並且提供民生用電的需求。美國國際貿易管理局 (International Trade Administration, ITA) 在 2021 年對於泰國的經商指南中指出，能源行業是該國最有前景的產業，憑藉充足的太陽能與豐富的生質能源，有助於泰國將能源結構由傳統的天然氣轉換為再生能源。因此，瞭解泰國在過去 20 年所實施的相關能源政策，以及現今所具備的再生能源優勢，如何維持未來的經濟成長有其必要性。

泰國在 1970 年代於泰國灣 (Gulf of Thailand) 發現大量天然氣資源，透過天然氣提供 70% 的電力供應。然而，隨著天然氣的枯竭，導致目前有 40% 的天然氣必須從緬甸進口 (楊翔如，2018)，近年的能源需求高達 56% 仍需仰賴進口，隨著全球能源需求的擴張，當面臨價格波動時，可能導致進口成本提高。更有報導指出天然氣是新煤炭 (new coal)，不是所謂的橋接燃料 (bridge fuel)，而是一種化石燃料。Milman (2021) 指出在各國大量使用天然氣的情況下，反而成為二氧化碳排放的主要來源。

過去 20 年泰國政府透過政令的發布以及投資獎勵的誘因，結合使用再生能源的策略下，逐步達成由勞力密集的經濟體轉型成為透過研發與創新且具備高附加價值的產業型態。以太陽能發電為例，過去可能缺乏資金與技術，但是近年太陽能光伏 (solar photovoltaic) 計畫已成功運行，顯見泰國的太陽能發電市場存在巨大潛力。¹ 另外，泰國作為農業國家，可透過燃

¹ 太陽能發電通常可分為光熱發電或光伏發電，光伏可以理解為是利用半導體界面產生光伏特效應來將光能轉換為電能的技術。泰國能源部指出因為泰國處於熱帶地區，東北部和中部地區具有豐富的太陽能潛力。泰國能源部 (Ministry of Energy, MoE) 與內政部於 2021 年共同宣布「光伏進村」(Photovoltaic into the village)，24 億泰銖的資金用於提供社區供電站、光伏抽水系統、無電地區的自發電系統。民間公司方面，騰輝光伏

料木材、稻米、甘蔗渣、椰子、玉米芯等農產品，提煉產生生質能源 (Kahintapongs, 2020)。

Modi 與 Lackovic (2021) 指出亞太地區的人口優勢與經濟表現下，電力需求將持續增加，泰國擁有多元化的再生能源基地，World Bank 在 2020 年發布的經商環境指數 (Ease of Doing Business) 泰國位居 21 名，較為自由開放的投資環境、透明的政策目標，以及優越的地理位置，未來可望作為東南亞地區的再生能源領導國家。

傳統經濟模型中的討論經濟成長的來源可分為勞動力、資本數量以及總要素生產力，然而隨著經濟成長的同時造成環境的破壞，開始思考能源的轉型與替代能源的產生，因此在生產函數中亦將能源作為要素投入之一 (Apergis & Payne, 2009)。由於再生能源產業的發展，往往需要高的建置成本與較長的建設時間，然而當再生能源的生產效率提高時，如果能帶動經濟的發展，進而作為勞動力與資本的替代要素，將有助於經濟與環境的長期持續發展，即再生能源與經濟成長間存在雙向因果關係為了探悉再生能源與非再生能源消耗對於經濟成長的交互影響，本文選擇英國石油公司 (British Petroleum, BP) 所提供的世界能源統計年鑑資料庫，並結合世界銀行資料庫 (World Bank Data, 2021) 的實質國內生產毛額、實質資本毛額與勞動力資料。其中泰國的非再生能源消耗包含石油、天然氣與煤炭，再生能源消耗包含太陽能、風力、地熱與生質能。本文以向量自迴歸模型 (Vector Autoregression model, VAR) 來檢視泰國 1999-2019 年經濟成長、資本數量、勞動力，及再生能源與非再生能源消耗的因果關係。結果顯示，非再生能源消耗雖然會造成經濟成長的變化，但經濟成長並不會反向影響非再生能源消耗；但是，再生能源消耗與經濟成長存在雙向因果關係。亦即對於泰國來說，推動再生能源的相關政策除了帶來經濟成長的好處外，同時也努力在 2030 年前，達成永續發展指標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 中「確保所有的人都可取得負擔得起、可靠、永續及現代的能源」的目標。

在 2015 年開始在泰國設廠，除了有助於泰國太陽能產業發展，並將相關業務拓展於東南亞與歐美市場。

貳、泰國能源政策與相關文獻

一、泰國能源政策

泰國的國家能源政策委員會 (National Energy Policy Council, NEPC) 是依據 1992 年發布的 *Energy Policy Council Act* 成立，負責管理泰國的能源部門，可依法頒發能源經營許可證與定義能源定價法規等。此委員會底下包含節能促進基金委員會 (Energy Conservation Promotion Fund Committee, ECPFC)、能源政策委員會 (Energy Policy Committee, EPC)、能源政策規劃辦公室 (Energy Policy and Planning Office, EPPO)。再生能源則是依據 1992 年發布 *Energy Conservation Promotion Act* 設立的節約能源促進基金 (Energy Conservation Promotion Fund, ECON FUND)，提供參與節能或再生能源相關的工廠與建築計畫提供資金援助。

近年來，泰國 2007 年所發布的 *Energy Industry Act* 鞏固了能源使用的法律框架，鼓勵使用品質好且價格合理的再生能源。泰國皇家政府 (Thai Royal Government) 2014 年發布第一個長期性的國家能源發展計畫：泰國整合能源藍圖 (Thailand Integrated Energy Blueprint, TIEB)，期望在 2036 年能達成再生能源發電量佔比 40%。其中計畫之一「泰國電力發展計畫」(Thailand Power Development Plan 2015-2036, PDP2015)，包含多項再生能源的開發，期望減少對於進口能源的依賴，減少天然氣的發電量，採用乾淨的煤炭來提高煤炭的發電額。其餘計畫包含「再生與替代能源發展計畫」(Renewable and Alternative Energy Development Plan 2015-2036, AEDP) 與「能源效率發展計畫」(Energy Efficient Development Plan, EEDP) (Ministry of Energy, 2015, 2016)。

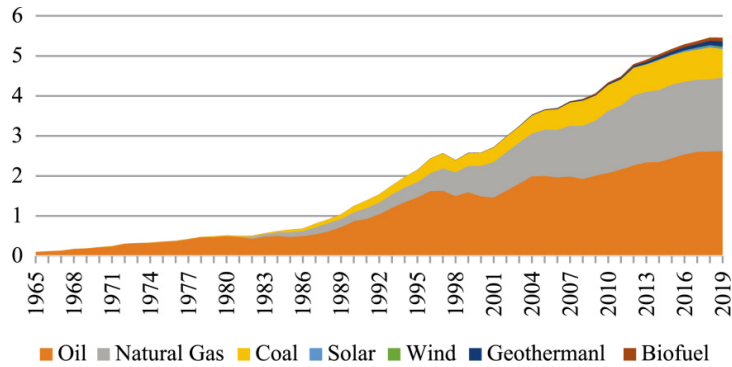
綜整楊婷茹等 (2018) 與泰國投資促進委員會 (Thailand Board of Investment, 2020) 公布的七年 (2015-21) 投資推廣策略共有六大方向：(1) 鼓勵投資與強化研發創新；(2) 鼓勵產業使用替代能源；(3) 促進新產業聚集；(4) 促進南部邊境區域投資；(5) 發展經濟特區；(6) 鼓勵企業海外投資。泰國投資委員會 (Board of Investment of Thailand, BOI) 依照行業類別 (activity-based) 與績效類別 (merit-based) 給予不同程度的獎勵優因，依

照等級由低至高可分為 B2-A1，分別可享有 3~8 年的企業免所得稅，機器免進口關稅、出口產品之原料進口稅等。其中能源、公共事業與環境產業中的綠能產業多被歸納在 A1~A3 類別。

泰國 BOI 在 2016 年宣布「工業 4.0」透過科技創新的手段，期望製造業的產業價值鏈提升，十大工業目標可分成兩大範疇：升級現有工業（汽車、智能電子產品、旅遊及醫療、農產品及生物科技、食品）與發展新工業（自動化及機械、航空物流、生物燃料及化工、數位科技、醫療保健）。在 2020，BOI 進一步公布將有促進工業 4.0 轉型的措施與核准的 6 個大型投資計畫，總計達到 357 億泰銖，除了農業與電動汽車產業外，另外四個皆與能源相關，將提供發電、蒸氣與用水相關的生產計畫。

以電力的政策面來說，為了鼓勵再生能源的利用，較常見的方案為政府電力收購制度（feed-in tariff, FIT）與可再生能源配額制（renewable portfolio standard, RPS）。政府電力收購制度又可稱為強制性上網電價補貼，提供個人或公司與政府簽訂再生能源發電的長期合約。可再生能源配額制則要求發電方式必須由一定比例的再生能源提供，透過競爭 RPS 份額來建立價格競爭的自由市場機制，除了滿足再生能源的使用目標，亦可促進使用效率。

泰國能源部（Ministry of Energy, MoE）2011 年期望裝機容量（installed generating capacity）的 8% 能由再生能源供應，換句話說將由再生能源供應 2,300~2,400 兆瓦發電功率。而實際上同年再生能源的裝機容量僅 1,240 兆瓦。在此背景下，泰國建立電力購買協議（Power Purchase Agreement, PPA）作為再生能源投資、購買、關稅等方面的合約依據（Keyuraphan, et al., 2012）。2016 年泰國的電力結構仍以天然氣占比 67% 為最多，其次煤炭與無煙煤占比 22%，再生能源已成長至 10%（楊婷茹等，2018）。由英國石油公司所提供的世界能源統計年鑑資料庫顯示（British Petroleum, 2021），泰國最早在 1987 年開始使用地熱作為再生能源，2004 年則有使用生質能源的相關紀錄，並於 2006 年開始使用風力與太陽能。圖 1 為 1965 年至 2019 年各項能源消耗的累積圖。以 2019 年資料來說，非再生能源與再生能源消耗的比例約 94.8% 與 5.2%，非再生能源消耗中以石油佔 48.1% 為最高，再生能源消耗中以生質能佔 1.7% 為最多。



說明：單位為艾焦耳（等於 10 的 18 次方焦耳）。

來源：根據 British Petroleum (2021) 繪製。

圖 1：再生與非再生能源消耗累積圖

簡言之，泰國在過去多以非再生能源作為主要的發電來源，其中又以天然氣為主。然而，多數能源須以進口來供應發電需求，除了造成大量外匯損失外，亦可能受到國家價格波動影響。因此，於 2014 年所發布的長期國家再生能源計畫 TIEB，期望降低對於能源進口的依賴，逐步提升再生能源的使用率。從目前的成果來說，再生能源消耗比例雖有逐年增高，但距離目標仍有極大的進步空間，因此必須更加仰賴政府對廠商的投資優惠政策，期望降低再生能源設備建設初期高額的建置成本，讓經濟在發展的過程中能與環境兼容並蓄。

二、非再生能源相關文獻

自 1970 年代開始能源政策就產生兩種爭議，其一是由於節能政策導致能源價格下降，並不會對經濟造成傷害；其二是認為如果經濟的成長需要仰賴能源消耗的支持，若降低使用能源則會導致就業與經濟的衰退，Kraft 與 Kraft (1978) 為最早提出能源消耗與經濟成長不具因果關係的代表，主要因為在當時的時空背景，節能政策被視為是會傷害經濟活動的政策。Squali (2007) 認為能源與經濟成長的因果關係必須考慮到各個國家的特殊性，可以分成四個假說：(1) The growth hypothesis 代表經濟成長的過程中能源能作為勞動與資本的補充要素，因此有利於經濟成長；(2) The conservation

hypothesis 認為節能政策並不會對經濟成長造成不利影響，只有經濟成長對能源的單向因果關係；(3) The feedback hypothesis 則說明能源與經濟成長兩者之間存在相互依賴性；(4) The neutrality hypothesis 則主張能源與經濟成長不存在因果關係。

Bozokly 與 Yilanci (2013) 透過 Granger test 重新檢視 1965-2011 年 20 個 (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD) 國家的能源消費與經濟成長的短期與長期因果關係，發現荷蘭在經濟成長對能源消耗的因果關係中存在暫時性與永久性的關係，而能源消耗對經濟成長的因果關係只存在暫時性的影響。Apergis 與 Payne (2009) 利用 1980 年至 2004 年中南美洲 6 個國家所形成的 Panel data 來分析經濟成長、能源消耗、勞動力與實質固定資本毛額的因果關係。根據共整合關係，能源消耗、勞動力與實質固定資本毛額對於經濟成長有正向且顯著的影響，並由 Ganger-causality 檢定得到能源消耗與經濟成長存在短期與長期因果關係。

三、再生能源相關文獻

21 世紀的來臨，無論在人口的成長或國家的發展上，對於石油、煤炭與天然氣的巨大需求與消耗都使得二氧化碳排放量不斷上升，根據英國能源研究中心 (UK Energy Research Centre) 指出世界上還有將近 12 億人尚未獲得現代能源服務。為了避免極端氣候與溫室效應的發生，OECD 國家開始對於再生能源的供給上給予減退、退稅或躉購制，國際能源署調查報告顯示近年來全球再生能源消費量以 4% 的成長率增長，在 2023 年再生能源的發電比例可望達到 30%。

Sadorsky (2009) 使用再生能源與實質 GDP 的二元變數模型，針對 18 個新興國家採用 Panel 向量誤差修正模型，在短期因果分析中，無法推斷每人所得與能源消耗有因果關係，但是在長期則具有因果關係。Salim 等人 (2013) 針對 1980 年至 2011 年的 OECD 國家進行再生能源與非再生能源對於工業產出與經濟成長的因果關係檢驗，結果發現無論在長短期工業產出與再生能源與非再生能源都具有雙向因果關係；GDP 成長與不可再生能源消耗存在雙向短期關係，然而在 GDP 成長對於再生能源消耗是單向因果

關係，代表 OECD 國家可以制定再生能源相關政策來達成刺激經濟。Bhattacharya 等人 (2016) 使用完全修正普通最小平方法 (Fully Modified OLS, FMOLS) 來估計 1991 年至 2012 年 38 個使用最多再生能源消耗的國家來估計長期下再生能源對於產出的彈性，荷蘭估計結果為 0.071 且顯著，代表再生能源的消耗對於經濟成長有正面的影響。

參、資料與方法

一、資料來源

本文主要目的為探討再生能源與非再生能源對經濟成長是否具有因果關係，過去文獻中多探討生產函數中的要素投入包括勞動力、實質固定資本形成毛額與能源消耗 (包含非再生能源消耗或再生能源消耗)。本文章主要參考 Pao 與 Fu (2013) 之變數設定與研究模型，以泰國作為主要研究對象，由於 1997 年泰國受到亞洲金融風暴的波及，與 2020 年新冠肺炎 (Covid-19) 的衝擊，相關數據有明顯的下滑，因此本文選定的資料區間為 1999 年至 2019 年之年資料。能源相關變數資料來自於英國石油公司所提供的世界能源資料庫 (British Petroleum, 2021)；實質國內生產毛額、實質固定資本形成毛額與勞動力資料來自於世界銀行資料庫 (World Bank Data, 2021)，本研究所使用之各變數中文名稱與變數意義，如表 1 所示。

總體資料變數往往存在單根問題，然而在對變數進行單根處理前，先根據其時間趨勢圖來判斷單根檢定是否需要加入截距項與趨勢項。由圖 2 分別呈現實質國內生產毛額、實質固定資本毛額、勞動力、總能源消耗、再生能源消耗、非再生能源消耗的對數值²，可以發現隨著時間都有增加的趨勢，因此本研究在進行 ADF 單根檢定與 KPSS 單根檢定時，故將採用截距項加趨勢項之模型作為優先考量。

² 將變數取對數值的好處在於，可以用來衡量應變數對自變數的彈性，同時縮小變量的取值範圍，可以降低變數偏態的情形。

表 1：變數定義

變數名稱	單位	資料來源
實質國內生產毛額	美元	World Bank Data，以 2015 年為基期
實質固定資本毛額	美元	World Bank Data，以 2015 年為基期
勞動力	人	World Bank Data
總能源消耗	艾焦耳	British Petroleum
再生能源消耗	艾焦耳	British Petroleum
非再生能源消耗	艾焦耳	British Petroleum

註：1. 再生能源包括地熱能、風力、太陽能以及生質能共四個項目。

2. 非再生能源包括煤礦、石油、天然氣共三大項目。

3. 總能源消耗為再生能源消耗與非再生能源消耗的總和。

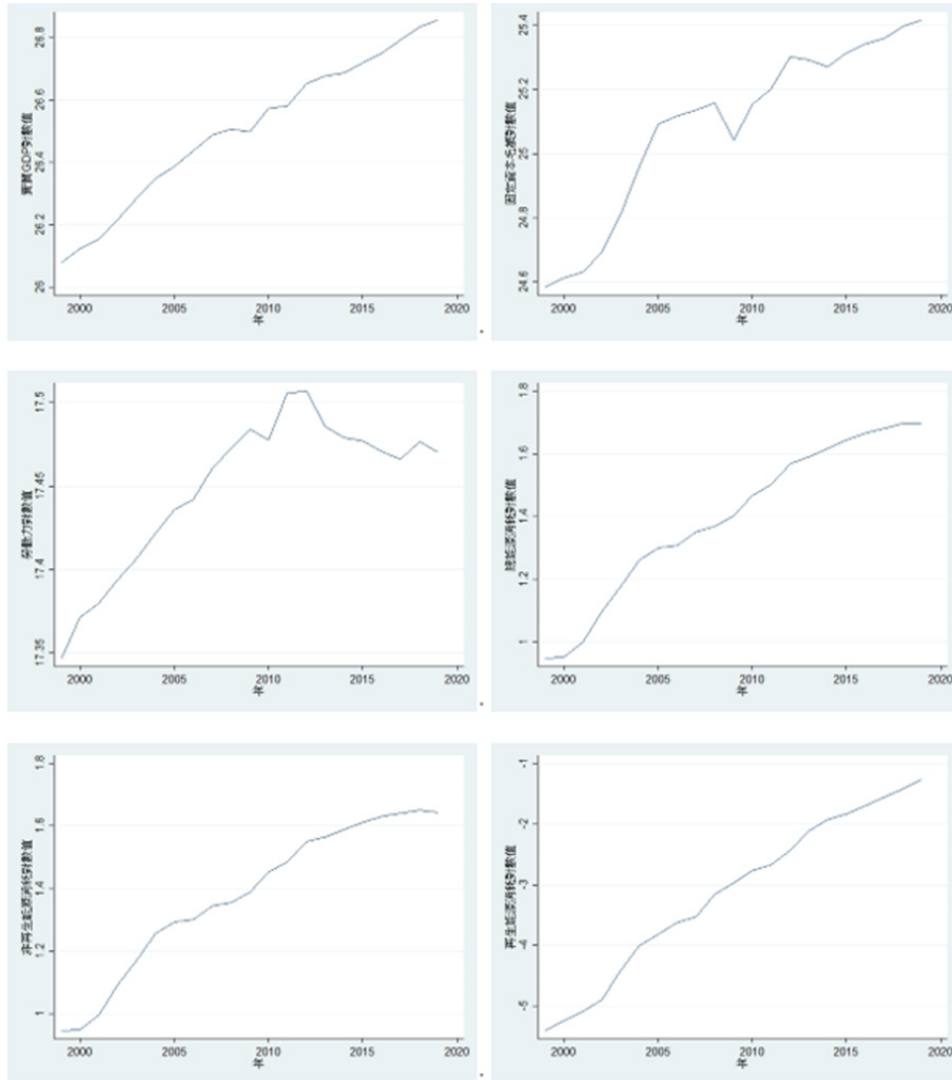
4. 艾焦耳 (exajoule, EJ) 等於 10^{18} 焦耳。

來源：British Petroleum (2021)、及 World Bank Data (2021)。

值得說明的是，泰國的勞動力自 2013 年開始逐年下降，從歷史高點的 4,000 萬勞動力，至 2019 年下降至 3,800 萬，勞動力下降的主因不外乎是少子化的現象，當人口出現成長停滯時，同時高齡人口逐年增加，將導致扶養比節節高升。Moroz 與 Naddeo (2021) 在 World Bank 所發布的報告中指出儘管泰國勞動力是東協國家中第四多，但是面臨的問題包含農業部門就業移轉緩慢、非正規就業比例高。少了人口紅利的泰國，如何維持未來國家發展，避免步上「未富先老」的後塵，實為重要課題。

接著，表 2 的 Panle A 為相關變數取對數後的敘述統計表，泰國 1999 年至 2019 年各變數的平均數分別為 26.507、25.089、17.449、1.395、1.377、-3.135³。若以真實數值來看，泰國近 20 年的平均實質國內生產毛額約為 3,034 億美元，實質固定資本毛額則約為 814 億美元，平均勞動力人數約 3,790 萬人。計算 1999 年至 2019 年泰國的實質國內生產毛額、實質固定資本毛額、勞動力的平均年成長率約 3.7%、3.9%、0.6%。Panel B 呈現各變數取對數後的相關係數，可以發現各變數間呈現高度相關，為了避免假性迴歸，在後續的分析中應先進行差分或去除隨機趨勢項。

³ 當原始數值介於 0 到 1 時，得到的對數值會產生負數的情況。



來源：根據 British Petroleum (2021) 繪製。

圖 2：變數之時間序列圖

表 2：相關變數敘述統計表（1999-2019）

Panel A						
對數值	實質國內 生產毛額	實質固定 資本毛額	勞動力	總能源 消耗	非再生 能源消耗	再生 能源消耗
平均數	26.507	25.089	17.449	1.395	1.377	-3.135
標準差	0.238	0.272	0.046	0.251	0.237	1.341
最小值	26.079	24.584	17.347	0.948	0.946	-5.409
最大值	26.856	25.416	17.507	1.697	1.652	-1.258
Panel B						
	實質國內 生產毛額	實質固定 資本毛額	勞動力	總能源 消耗	非再生 能源消耗	再生 能源消耗
實質國內生產毛額	1.000					
實質固定資本毛額	0.976	1.000				
勞動力	0.864	0.901	1.000			
總能源消耗	0.994	0.977	0.884	1.000		
非再生能源消耗	0.991	0.979	0.896	0.999	1.000	
再生能源消耗	0.996	0.968	0.863	0.994	0.991	1.000

說明：Panel A 為基本敘述統計，Panel B 為變數間的相關係數。上述變數皆取對數值做計算。
來源：British Petroleum（2021）與 World Bank Data（2021）。

二、研究方法

為了研究能源消耗與經濟成長之間的關係，根據 Apergis and Payne（2009）對於單部門新古典總合生產函數的設定，假定資本、勞動與能源為個別的要素投入，生產函數表示為：

$$Y_t = f(K_t, L_t, E_t), \quad (1)$$

其中 Y 為總合產出， K 為資本存量， L 為勞動力， E 為能源相關變數，下標 t 代表時間。為了區別不同能源對於經濟成長的影響，實證上的生產函數模型為：

$$LGDP_t = \beta_0 + \beta_1 LGCF_t + \beta_2 LLF_t + \beta_3 LEC_t^i + u_t, \quad (2)$$

其中 $LGDP$ 、 $LGCF$ 、 LLF 分別代表實質國內生產毛額、固定資本毛額與總勞動力的對數值， LEC^i ($i=1,2,3$) 分別代表三種能源變數，依序為總能源消

耗、再生能源消耗與非再生能源消耗的對數值。若殘差項 u 符合平均數為零，變異數為固定常數，亦即常態分配的條件下，由於變數都取對數，因此 $\beta_i (i=1,2,3)$ 可被解釋為彈性的估計。

為了辨別模型的正確性，本文採用 Jarque and Bera (1980) 提出之 JB test 來判斷誤差項是否為常態分配，其虛無假設 H_0 為誤差項常態分配，若拒絕虛無假設代表偏態或峰態係數過大；Ramsey (1969) 提出之 Regression Specification Error Test (RESET test) 可以檢測模型設定是否有誤，如是否遺漏重要變數或是否選擇錯誤的函數形式，虛無假設 H_0 為模型設定無誤，若拒絕虛無假設代表模型設定正確。

如果要使用時間序列資料進行任何統計推論前，必須確認變數序列是否為定態變數 (stationary variable)，若以傳統的 OLS 方式進行估計與檢定，可能產生假性迴歸 (spurious regression)，即兩個不相關的變數仍可能具有較高的解釋力與顯著的 t 統計值。因此，再估計前必須檢查變數是否為定態變數，所使用的方法稱為單根檢定。Said and Dickey (1984) 修正 Dickey and Fuller (1979) 所提出的檢定單根的方法—Dickey-Fuller (DF) 檢定，假設誤差項並非白噪音 (White noise)，此方法稱為 Augmented Dickey-Fuller (ADF) 檢定。本研究以考慮截距項與時間趨勢的 ADF 檢定，迴歸式如下：

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta y_{t-j} + u_t, \quad (3)$$

其中 $\sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta y_{t-j}$ 即為 ADF 檢定的增廣項 (augmented part)，希望藉由加入自變數差分的落遲項，來排除殘差具有序列相關 (serial correlation) 的問題。若虛無假設為 y_t 具有單根，亦即 $H_0: \delta = 0$ ，若無法拒絕虛無假設，則代表此變數具有單根，即非定態變數。

Kwiatkowski 等人 (1992) 提出 KPSS 檢定，主要是在解決傳統單根檢定無法區別單根與近似單根的變數，使得變數被誤判成非定態變數，因此 KPSS 將虛無假設更改為不具單根的檢定方法，可與其它相關單根檢定作為互補之用。

在進行 VAR 迴歸分析之前，必須先判定落後期的項數，避免加入過長

的落後期，使得迴歸模型產生過度參數化（over-parameterization）的情形，使得自由度減少，造成估計無效率。

一般常用之判斷準則如 Akaike (1973) 提出 Akaike Information Criterion (AIC) 或 Schwartz (1978) 提出 Schwartz Bayesian Information Criterion (SBIC)，前者的懲罰函數較小，對於增加落後期所減少的自由度較不敏感，傾向適合落後期數較長的模型；後者傾向較精簡的模型，也就是選擇落後期數較少的模型。

時間序列模型若以線性模型來估計，總體經濟變數間可能存在因果關係，解釋變數之間亦可能產生交互影響，因此 Sims (1980) 提出向量自我迴歸模型 (Vector Autoregression Model, VAR) 將所有定態變數皆視為內生變數，避免總體經濟變數內生與外生認定的質疑。VAR 模型必須是在變數為定態的情況下方能使用，否則會產生假性迴歸，假定落遲選擇為 p 期，因此 VAR(p) 模型迴歸式，如：

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (4)$$

式中 Δ 代表一階差分， y_t 是 $m \times 1$ 的隨機向量矩陣， γ_i 皆為 $m \times m$ 的參數矩陣。

肆、實證結果

本節以一般迴歸模型分析檢視固定資本毛額、勞動力與能源相關變數對於實質國內生產毛額的影響，相關結果置於表 3。表 3 的被解釋變數皆為實質國內生產毛額取對數，其餘解釋變數亦為對數值。由於新古典生產函數除了使用勞動與資本作為要素投入，亦將能源視為重要要素投入，因此於模型 (1) 至模型 (3) 分別考慮總能源消耗、非再生能源消耗、再生能源消耗，模型 (4) 則同時考慮非再生能源消耗與再生能源消耗。

結果顯示，以模型 (1) 來說，總能源消耗增加 1%，將使得實質國內生產毛額顯著增加 0.855%。然而，到底是非再生能源還是再生能源對於經濟成長的影響較顯著？故先將總能源消耗拆解成再生能源與非再生能源消耗

表 3：新古典生產函數實證結果

	(1) 實質國內 生產毛額	(2) 實質國內 生產毛額	(3) 實質國內 生產毛額	(4) 實質國內 生產毛額
實質固定資本毛額	0.162 (0.110)	0.191 (0.129)	0.199** (0.070)	0.194** (0.079)
勞動力	-0.518 (0.299)	-0.762** (0.349)	-0.216 (0.208)	-0.231 (0.238)
總能源消耗	0.855*** (0.111)			
非再生能源消耗		0.912*** (0.144)		0.028 (0.188)
再生能源消耗			0.144*** (0.012)	0.141*** (0.026)
常數項	30.281*** (4.818)	33.749*** (5.963)	25.729*** (3.112)	26.072*** (3.956)
RESET test	0.0005	0.0003	0.0077	0.0091
JB test	0.8115	0.8891	0.5799	0.596
觀察值	21	21	21	21
R-squared	0.990	0.986	0.995	0.995

說明：模型所使用變數皆為對數值。括號內為標準誤。*表 $p < 0.1$, **表 $p < 0.05$, ***表 $p < 0.01$ 。
來源：British Petroleum (2021)、及 World Bank Data (2021)。

分別作為解釋變數進行迴歸後，模型(2)與模型(3)顯示，非再生能源消耗增加 1%，將使得實質國內生產毛額顯著增加 0.912%；再生能源消耗增加 1%，將使得實質國內生產毛額顯著增加 0.144%。

從上述結果可以發現，單獨考慮再生能源或非再生能源消耗雖然似乎都對經濟成長有正向顯著影響，為了避免遺漏變數偏誤，故在模型(4)同時考慮再生與非再生能源，結果指出，僅有當再生能源消耗增加 1% 時，實質國內生產毛額顯著增加 0.141%，非再生能源消耗並不會造成實質國內生產毛額的變化。因此，我們可以發現儘管目前非再生能源消耗仍占多數，但是再生能源對於經濟成長的影響不容小覷。

傳統的生產要素，勞動與資本的結果以模型(4)來說，當實質固定生產毛額增加 1%，將使得實質國內生產毛額顯著增加 0.194%。勞動力與實質

固定生產毛額則呈現負相關，儘管在統計上不顯著，但仍然須作為泰國勞動力外移與高齡化的警訊。另外，從 JB test 結果可以發現模型 (1) 至模型 (4) 的誤差項呈現常態分配，即未有偏態或峰態過大的問題。然而，RESET test 結果則顯示利用新古典生產函數的形式來檢驗影響實質國內生產毛額的成因，可能存在遺漏變數的問題。最後，由於變數未經過單根檢定貿然進行迴歸的估計，可能導致假性迴歸的產生，因此於下節說明單根檢定的結果。

本文採用包含截距項與常數項的 ADF 檢定與 KPSS 檢定來檢測所選定之總體變數是否存在單根，相關結果置於表 4。首先，ADF 檢定的結果顯示，針對對數水準值進行單根檢定後，實質國內生產毛額、實質固定資本毛額、勞動力、總能源消耗、非再生能源消耗、再生能源消耗皆無法拒絕虛無假設，代表這些變數序列皆存在單根，因此必須進行一階差分。一階差分後的 ADF 檢驗結果顯示在 10% 顯著水準下，皆能拒絕虛無假設，代表這些變數經過一階差分後，即不存在單根。其次，我們採用 KPSS 作為 ADF 的互補檢測，同樣發現在對數水準值時，所有變數在 10% 顯著水準下皆拒絕虛無假設，代表存在單根。進行一階差分後，所有變數皆不存在單根。換言之，ADF 檢定與 KPSS 檢定呈現一致的結果，即透過一階差分後，實質國內生產毛額、實質固定資本毛額、勞動力、總能源消耗、非再生能源消耗、再生能源消耗皆為整合階次 $I(1)$ 的定態變數。需要補充說明的是，當變數取對數值再進行一階差分後，通常可以解釋為成長率，因此後續的實證結果分析解讀將以各變數間的成長率做說明。

接著，在進行共整合分析或建構 VAR(P) 模型前，必須選擇適當落後期數，以消除殘差序列相關。本文除了關心實質國內生產毛額、實質固定資本毛額、勞動力間的因果關係外，另外亦納入總能源消耗、非再生能源消耗、再生能源消耗與上述變數的因果關係，因此將依序進行三組最適落後期的檢驗，分別採用 AIC 與 SBIC 作為檢驗方式，相關結果置於表 5。結果顯示，無論考慮哪種能源型態，可採用落後 2 期或不使用落後期，由於 SBIC 結果往往為較精簡模型，然而直覺上過去的能源消耗理應會影響未來的經濟發展，故本文採用落後 2 期的 VAR(2) 模型進行後續分析。

表 4：單根檢定結果

	ADF		KPSS	
	水準值	一階差分	水準值	一階差分
實質國內生產毛額	-1.717	-5.243***	0.234***	0.0482
實質固定資本毛額	-1.910	-3.673*	0.157**	0.0641
勞動力	-0.675	-4.582***	0.281***	0.0528
總能源消耗	-1.802	-3.279*	0.218***	0.0597
非再生能源消耗	-1.563	-4.110**	0.228***	0.0705
再生能源消耗	-1.167	-4.032**	0.151*	0.0503

說明：表格內數字為 t 值。ADF 的虛無假設為有單根，KPSS 的虛無假設為沒有單根。單根檢定模型皆選擇具有時間趨勢項與常數項之模型。*表 $p < 0.1$, **表 $p < 0.05$, ***表 $p < 0.01$ 。
來源：British Petroleum (2021)、及 World Bank。

表 5：最適落後期選擇

落後期數	實質國內生產毛額、實質固定資本毛額、勞動力					
	總能源消耗		非再生能源消耗		再生能源消耗	
	AIC	SBIC	AIC	SBIC	AIC	SBIC
0	-19.1542	-18.9564*	-15.8002	-15.6296*	-15.8275	-15.6296*
1	-19.2499	-18.2606	-15.3363	-14.4834	-15.4727	-14.4834
2	-19.8647*	-18.0839	-16.6738*	-15.1386	-16.9194*	-15.1386

說明：表格內數字為 t 值，*代表各模型的最適落後期數。
來源：British Petroleum (2021)、及 World Bank Data (2021)。

根據前述單根檢定的結果，必須透過一次差分後為定態變數，且以 AIC 準則所判定最適落後期為 2 期，因此模型選擇上以 VAR(2) 作為本節實證模型結果，模型 (1) 至模型 (3) 除了考慮實質國內生產毛額，實質固定資本毛額、勞動力，再分別加入總能源消耗、非再生能源消耗、再生能源消耗，相關結果置於表 6。

首先，以考慮總能源消耗的模型 (1) 來說，GDP 成長率受自身落後兩期顯著負向影響，受資本成長率落後兩期顯著正向影響，受勞動力成長率落後一期顯著正向影響，但卻受勞動力成長率落後兩期負向影響，受總能源消耗成長率落後一期正向影響。資本成長率受自身落後兩期顯著正向影響，受勞動力成長率落後一期顯著正向影響，但卻受勞動力成長率落後兩期負

表 6 : VAR (2) 模型結果

	(1)			(2)			(3)					
	GDP	資本	勞動	總能源	GDP	資本	勞動	總能源	GDP	資本	勞動	總能源
GDP (-1)	-0.153 (0.312)	0.281 (0.763)	0.354 (0.218)	-0.227 (0.410)	-0.154 (0.303)	0.261 (0.743)	0.338 (0.217)	-0.268 (0.413)	0.168 (0.347)	1.783** (0.895)	0.294 (0.190)	3.677** (1.562)
GDP (-2)	-0.687*** (0.261)	-0.920 (0.639)	0.276 (0.183)	0.210 (0.343)	-0.677*** (0.259)	-0.859 (0.634)	0.268 (0.185)	0.220 (0.353)	-0.608* (0.367)	-0.740 (0.947)	0.390* (0.201)	0.868 (1.651)
資本 (-1)	-0.138 (0.119)	-0.398 (0.290)	-0.058 (0.083)	-0.253 (0.156)	-0.140 (0.116)	-0.389 (0.284)	-0.058 (0.083)	-0.261* (0.158)	-0.108 (0.120)	-0.372 (0.309)	-0.031 (0.066)	-0.986* (0.540)
資本 (-2)	0.332*** (0.092)	0.433* (0.224)	-0.143** (0.064)	-0.070 (0.120)	0.330*** (0.090)	0.431** (0.219)	-0.139** (0.064)	-0.078 (0.122)	0.255** (0.117)	0.098 (0.302)	-0.145** (0.064)	0.024 (0.528)
勞動 (-1)	0.783** (0.363)	1.711* (0.889)	0.304 (0.254)	0.360 (0.477)	0.719* (0.363)	1.456 (0.890)	0.299 (0.260)	0.289 (0.495)	1.109** (0.450)	3.056*** (1.160)	0.101 (0.246)	5.481*** (2.024)
勞動 (-2)	-0.591* (0.317)	-2.688*** (0.777)	0.160 (0.222)	0.661 (0.417)	-0.614** (0.312)	-2.777*** (0.765)	0.141 (0.224)	0.670 (0.426)	-0.403 (0.466)	-2.186* (1.202)	0.211 (0.255)	-0.619 (2.097)
總能源 (-1)	0.574*** (0.204)	2.129*** (0.499)	-0.141 (0.143)	0.695*** (0.268)								
總能源 (-2)	0.041 (0.238)	0.327 (0.583)	0.143 (0.167)	0.228 (0.313)								
非再生能源 (-1)					0.573*** (0.195)	2.113*** (0.479)	-0.116 (0.140)	0.724*** (0.266)				
非再生能源 (-2)					0.045 (0.232)	0.287 (0.568)	0.140 (0.166)	0.263 (0.316)				
再生能源 (-1)									0.010 (0.054)	0.106 (0.139)	-0.016 (0.030)	0.197 (0.243)
再生能源 (-2)									0.021 (0.043)	0.263** (0.112)	0.030 (0.024)	-0.162 (0.195)
常數項	0.038*** (0.013)	-0.026 (0.031)	-0.014 (0.009)	0.009 (0.017)	0.039*** (0.012)	-0.018 (0.030)	-0.014 (0.009)	0.008 (0.016)	0.040** (0.018)	-0.068 (0.047)	-0.019* (0.010)	0.040 (0.082)
觀察值	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

註：為使版面較為簡潔，實質國民生產毛額簡稱為 GDP，實質固定資本毛額簡稱為資本。以上變數皆為取對數後差分。以上模型各變數皆考慮後兩期。

* 表 p<0.1, ** 表 p<0.05, *** 表 p<0.01。

資料來源：British Petroleum 與 World Bank。

向影響，受總能源消耗成長率落後一期正向顯著影響。勞動力成長率僅受資本成長率落後兩期顯著負向影響。總能源消耗成長率僅受自身落後一期正向顯著影響。

接著，以考慮非再生能源消耗的模型(2)來說，GDP 成長率、資本成長率、勞動力成長率間的因果關係與模型(1)有相似的結果，在此不重複贅述。然而，我們可以發現，GDP 成長率、資本成長率分別會受到非再生能源消耗成長率消耗落後一期正向顯著影響。

再者，以考慮再生能源消耗的模型(3)來說，GDP 成長率受自身落後兩期顯著負向影響，受資本成長率落後兩期顯著正向影響，受勞動力成長率落後一期顯著正向影響。資本成長率受 GDP 成長率落後一期顯著正向影響，受勞動力成長率落後一期顯著正向影響，但卻受勞動力成長率落後兩期負向影響，受再生能源消耗成長率落後兩期顯著正向影響。勞動力成長率受資本成長率落後兩期顯著正向影響，受勞動力成長率落後兩期顯著負向影響。再生能源消耗成長率受資本成長率落後一期負向影響，受勞動力成長率落後一期正向影響。

爲了更簡便的說明前後期的因果關係，也就是知道過去的 X 是否有助於預測 Y，將 Granger 因果檢定的結果置於表 7。

本文目的爲了檢驗能源使用與經濟成長是否存在單向、雙向或不存在因果關係，實際上 VAR 模型與 Granger 因果檢定的結果應一致。從表 7 結果來看，總能源消耗能預測經濟成長，但是經濟成長不能預測總能源消耗，換句話說，能源消耗能作爲勞動與資本的補充要素，進而促進經濟成長。進一步拆解成非再生與再生能源後，可以發現非再生能源的使用有助於經濟成長，但是經濟成長依然不能預測非再生能源消耗，與 Asafu-Adjaye (2000) 使用 1971-1995 年資料，檢測泰國非再生能源與所得存在雙向因果關係的結果，有不同的結論。值得注意的是，再生能源消耗除了能預測經濟成長外，經濟成長同樣能預測再生能源消耗，代表再生能源與經濟成長之間存在相互依賴性，可能會有反饋效果。

直覺來說，泰國作爲能源需求的輸入國，有超過 70% 的電力產生仰賴天然氣進口。隨著疫情的反覆起伏，以及因應氣候變遷造成的超額需求，

表 7：Granger 因果結果

	GDP	資本	勞動	總能源	非再生 能源	再生能源
GDP	NA	0.334	0.083*	0.714		
資本	0.000***	NA	0.075*	0.245		
勞動	0.032**	0.001***	NA	0.163		
總能源	0.004***	0.000***	0.562	NA		
GDP	NA	0.38	0.099*		0.674	
資本	0.000***	NA	0.085*		0.227	
勞動	0.038*	0.000***	NA		0.193	
非再生能源	0.000***	0.000***	0.628		NA	
GDP	NA	0.074*	0.069*			0.062*
資本	0.072*	NA	0.064*			0.187
勞動	0.045**	0.025**	NA			0.013**
再生能源	0.045*	0.019**	0.434			NA

說明：為使版面較為簡潔，實質國民生產毛額簡稱為 GDP，實質固定資本毛額簡稱為資本。表格內數字為 p 值。*表 p<0.1, **表 p<0.05, ***表 p<0.01。

來源：British Petroleum (2021) 與 World Bank Data (2021)。

天然氣做為主要的取暖來源，價格節節上升的情況下，同時帶動電力、煤炭、石油價格的共振上揚。對於泰國來說，當每年支付能源成本提高的同時，可能會排擠到國內的投資與消費。換句話說，再生能源的使用上如果能與非再生能源產生相同的產效率率下，除了促使廠商的投資行為外，亦可大幅度降低生產成本，對於整體經濟發展存在成長與環境兼容並蓄的永續目標。

伍、結論

泰國自 2015 年公布的長期國家能源計畫—泰國電力發展計畫，期望在 2036 年以前達成再生能源發電量占比 40% 的目標。實際上，泰國政府在早期就有相關再生能源政策與法條依據，由於早期技術的不足與資金的缺乏，使得再生能源發展上受到挑戰。現今，為了補足天然氣在未來供應上的缺口，避免價格的波動造成外匯的損失。環境方面，得利於位處熱帶國家，

充足的日照條件有利於太陽能發電比例逐步增加；產業結構方面，作為農業大國，豐富的農作物可作為生質燃料的來源；投資方面，泰國目前已擁有相對多樣化的再生能源基地，有利於吸引各國廠商進駐，進而達成規模化的生產技術。值得注意的是，2020 年泰國經商環境排名全球第 21 名，其中又以獲得電力與保護中小型投資人獲得較好的排名，但是在資產註冊與課稅等方面則較為落後。

本文以傳統的總體經濟資料加上能源消耗資料，使用 VAR 模型藉以觀察近 21 年來泰國的經濟成長是否與資本、勞動、能源間存在因果關係實證。結果顯示，非再生能源的使用會影響經濟成長的表現，但經濟成長表現並不會影響非再生能源使用，即存在單向因果關係。相對地，再生能源與經濟成長的表現則為雙向因果關係。

換句話說，當再生能源使用比例提高時會有效提升未來的經濟表現，經濟發展對於再生能源的反饋效應在於可以提升再生能源產業的投入與發展，進而帶動資本累積與就業成長。儘管在過去的研究中，Asafu-Adjaye (2000) 認為泰國在能源與所得間存在雙向因果關係，但本文推論經濟成長不會影響非再生能源的原因在於，當天然氣被廣泛使用後，需求的增加導致價格的推升，進而帶動其他非再生能源的價格，導致仰賴能源進口的泰國，可能排擠到其它投資支出，無法對經濟成長有進一步的貢獻。

另外，由於本文使用的變數在未進行差分前為非定態變數，亦可利用共整合檢定 (cointegration test) 檢測變數序列間是否能透過線性組合成一組定態變數，進而使用向量誤差修正模型 (Vector Error Correction Model, VECM) 來檢驗變數間的短期動態過程與長期均衡。最後，本文僅以 20 年作為分析區間，若將時間區段拉長，必須考慮 1997 年金融風暴是否造成變數的結構性變動，避免造成模型估計的謬誤。

參考文獻

- 能源趨勢，2012。〈什麼是光伏發電？〉 (<https://www.energytrend.com.tw/knowledge/20120405-4220.html>) (2021/11/11)。
- 楊婷茹、廖偉伶、胡美智，2018。「泰國綠色能源之政策與發展環境介紹」《臺灣經濟研究月刊》41卷4期，頁93-103。
- 楊翔如，2018。〈泰國太陽光電市場環境資訊與分析〉綠色貿易資訊網 (<https://www.greentrade.org.tw/zh-hant/publication/406%27?page=2>) (2018/10/19)。
- Akaike, Hirotugu. 1973. "Maximum Likelihood Identification of Gaussian Autoregressive Moving Average Models." *Biometrika*, Vol. 60, No. 2, pp. 255-65.
- Apergis, Nicholas, and James E. Payne. 2009. "Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence from a Panel Cointegration and Error Correction Model." *Energy Economics*, Vol. 31, No. 2, pp. 211-16.
- Asafu-Adjaye, John. 2000. "The Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries." *Energy Economics*, Vol. 22, No. 6, pp. 615-25.
- Bhattacharya, Mita, Sudharshan Reddy, ParamatibIlhan Ozturkc, and Sankar Bhattacharya. 2016. "The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries." *Applied Energy*, Vol. 162, pp. 733-41.
- Bozoklu, Seref, and Veli Yilanci. 2013. "Energy Consumption and Economic Growth of Selected OECD Countries: Further Evidence from the Grange Causality Test in the Frequency Domain." *Energy Economics*, Vol. 63, pp. 877-81.
- British Petroleum. 2021. "BP Statistical Review of World Energy July 2021" (<http://www.bp.com/statisticalreview>) (2021/11/11)
- Dickey, David A., and Wayne A. Fuller. 1979. "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root." *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 74, No. 366, pp. 427-31.
- Jarque, Carlos M., and Anil K. Bera. 1980. "Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals." *Economics Letters*, Vol. 6, No. 3, pp. 255-59.
- Kahintapongs, Suwattana. 2020. "Renewable Energy Policy Development in

- Thailand.” *International Journal of Multidisciplinary in Management and Tourism*, Vol. 4, No. 2, pp. 148-55.
- Keyuraphan, S., P. Thanarak, N. Ketjoy, and W. Rakwichian. 2012. “Subsidy Schemes of Renewable Energy Policy for Electricity Generation in Thailand.” *Procedia Engineering*, Vol. 32, pp. 440-48.
- Kraft, John, and Arthur Kraft. 1978. “On the Relationship between Energy and GNP.” *Journal of Energy and Development*, Vol. 3, pp. 401-403.
- Kwiatkowski, Denis, Peter C.B. Phillips, Peter Schmidt, and Yongcheol Shin. 1992. “Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have a Unit Root?” *Journal of Econometrics*, Vol. 54, Nos. 1-3, pp. 159-78.
- Mars. 2021. “Thailand Invests 2.4 Billion Baht to Support Photovoltaic Projects.” Foshan Mars Solar Technology, January 21 (<https://www.solarpowermanufacturer.com/News/solar-energy-africa.html> (2021/11/11))
- Milman, Oliver. 2021. “World Urged to Slash Gas Use by a Third to Avoid Climate Disaster.” *The Guardian*, November 4 (<https://www.theguardian.com/environment/2021/nov/04/gas-new-coal-fossil-fuels-climate-disaster>) (2021/11/11)
- Ministry of Energy. 2015. “Thailand Power Development Plan 2015-2036.” (http://www.eppo.go.th/images/POLICY/ENG/PDP2015_Eng.pdf) (2021/11/11)
- Ministry of Energy. 2016. “Thailand Power Development Plan.” (<http://www.eppo.go.th/index.php/en/policy-and-plan/en-tieb/tieb-pdp>) (2021/11/11)
- Modi, Aman, and Marco Lackovic. 2021. “Investment and Innovation in Thai Renewable Energy.” *Bangkok Post*, March 15 (<https://www.bangkokpost.com/business/2083795/investment-and-innovation-in-thai-renewable-energy>) (2021/11/11)
- Moroz, Harry, and J. J. Naddeo. 2021. “Aging and the Labor Market in Thailand.” World Bank (<https://documents1.worldbank.org/curated/en/428491622713258312/pdf/Aging-and-the-Labor-Market-in-Thailand-Labor-Markets-and-Social-Policy-in-a-Rapidly-Transforming-and-Aging-Thailand.pdf>) (2021/11/11)
- Pao, Hsiao-Tien, and Hsin-Chia Fu. 2013. “Renewable Energy, Non-Renewable Energy and Economic Growth in Brazil.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 25, pp. 381-92.
- Ramsey, J. B. 1969. “Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis.” *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, Vol. 31, No. 2, pp. 350-71.

- Sadorsky, Perry. 2009. "Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies." *Energy Policy*, Vol. 37, No. 10, pp. 4021-28.
- Said, Said E., and David A. Dickey. 1984. "Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order." *Biometrika*, Vol. 71, No. 3, pp. 599-607.
- Salim, Ruhul A., Kamrul Hassan, and Sahar Shafiei. 2014. "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Activities: Further Evidence from OECD Countries." *Energy Economics*, Vol. 44, pp. 350-60.
- Schwarz, G. 1978. "Estimating the Dimension of a Model." *Annals of Statistics*, Vol. 6, No. 2, pp. 461-64.
- Sims, Christopher A. 1980. "Macroeconomics and Reality." *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, Vol. 48, No. 1, pp. 1-48.
- Squalli, Jay. 2007. "Electricity Consumption and Economic Growth: Bounds and Causality Analysis of OPEC Members." *Energy Economics*, Vol. 29, No. 6, pp. 1192-1205.
- Thailand Board of Investment. 2020. "Thailand BOI Approves New EV Package, and Over 35 Billion Baht in Large Investment Projects." (https://www.boi.go.th/index.php?page=press_releases_detail&topic_id=127092) (2021/11/11)
- World Bank. 2020. "Doing Business 2020 in Thailand." (<https://www.doingbusiness.org/en/data/exploreeconomies/Thailand>) (2021/11/11)
- World Bank Data. 2021. "Thailand." (<https://data.worldbank.org/country/thailand>) (2021/11/11)

A Study of Energy Policy and Economic Growth in Thailand

Heng-Chuan Kao

*Doctoral Student, Department of Industrial Economics
Tamkang University, Tamsui, New Taipei, TAIWAN*

Yu-Ying Teng

*Lecturer, Center for General Education and Core Curriculum
Tamkang University, Tamsui, New Taipei, TAIWAN*

Abstract

This article uses the British Petroleum Energy database and the World Bank database to estimate the causal relationship between economic growth, capital, labor, and energy consumption, including non-renewable and renewable energy, from 1999 to 2019 by using Vector Autoregression Model. The results show that non-renewable energy consumption will drive the change of economic growth, but economic growth can't explain the change of non-renewable energy consumption. However, there is a two-way causal relationship between renewable energy consumption and economic growth. Thailand has several advantages in the development of renewable energy: (1) For environment, it is located in the tropical region with sufficient sunshine and has the development potential of solar energy; (2) For industrial structure, belonging to agricultural exporting countries and having sources for biomass energy; (3) For investment, Thailand ranked 21st in terms of Ease of Doing Business in 2020. In other words, Thailand is on track to achieve the Sustainable Development Goals of “affordable and clean energy” by 2030.

Keywords: Thailand, renewable energy, non-renewable energy, Vector Autoregression Model