

我國工業部門能源消費量之因素分解：以產能利用率建構

梁啟源¹ 鄭睿合^{2*} 塗千慧³ 林華偉⁴

摘要

國際研究中不乏探討產能利用率與能源消費、能源效率間的關係，但過往國內文獻以因素分解法研析國家或工業部門能源消費量與密集度時，並未考慮產能利用率帶來的影響。本文應用對數平均數迪式指數分解法，將2014-2019年我國工業部門能源消費量的變動，除拆解成能源密集度、產業結構與經濟活動效果外，進一步增列產能利用率變動效果，探究我國工業部門近年能源消費成長因素。結果顯示，2014-2019年我國工業部門能源消費量減少498千公秉油當量。其中，能源密集度與經濟活動效果對我國工業部門能源消費量的影響較大，2014-2019年間能源密集度變動累計降低能源消費量6,469千公秉油當量，但經濟活動亦促使能源消費量增加6,881千公秉油當量。而2014-2019年我國工業部門產業結構變動則降低能源消費量700千公秉油當量。此外，本研究以兩種產能利用率數值評估對能源消費量的影響，結果均指出產能利用率造成的影響最小。鑑於經濟成長對工業部門能源消費量的影響效果甚高，惟有透過持續提升能源效率，方能減緩經濟發展伴隨的用能成長。而現行節能或提升能源效率的政策，有助於減少工業部門能源消費量，因而除宜持續維持既有措施外，尚須減少化石燃料補貼、促使能源價格合理化以反映成本、考慮課徵碳稅、能源稅或碳費、採行節能證書交易機制等，以多元工具促進工業部門能源效率，進而降低耗能量。

關鍵詞：對數平均數迪式指數分解法，產能利用率，能源效率

1. 緒論

據經濟部能源局統計資料指出，臺灣工業部門的能源消費量伴隨著經濟成長和產業結構轉變而持續增加，同時在各項節能措施的推行之下，包括能源使用設備能耗標準、能源大用戶節電1%規範、購置節能設備優惠措施、節能標竿獎勵等(經濟部能源局，2020a)，有助於減緩工業部門能源消費量增幅。也使得2001-2019年工業部門能源密集度持續降低，尤其是

在2008-2009年油電價格雙漲以合理反映能源使用成本下，能源效率大幅提升；然而，2014年後因應國際能源價格下跌使得國內油電價格滑落，但能源效率亦能持續成長，近年我國政府致力推動節能措施功不可沒，至2019年時工業部門占全國能源消費總量的比重約為31%，略低於2001年(33%)，惟近年來能源效率改善幅度已趨緩，如圖1所示。

回顧國內外經濟情勢發展，2018年迄今中美貿易戰煙硝未止、科技戰持續延燒，觸發臺

¹中央大學 管理講座教授暨中華經濟研究院 諮詢委員

²中華經濟研究院第三研究所 分析師

³中華經濟研究院第三研究所 高級專案管理師

⁴工業技術研究院綠能與環境研究所 管理師

*通訊作者電話: 02-2735-6006#6091, E-mail: mike.jen@cier.edu.tw

收到日期: 2021年01月26日

修正日期: 2021年04月29日

接受日期: 2021年05月05日

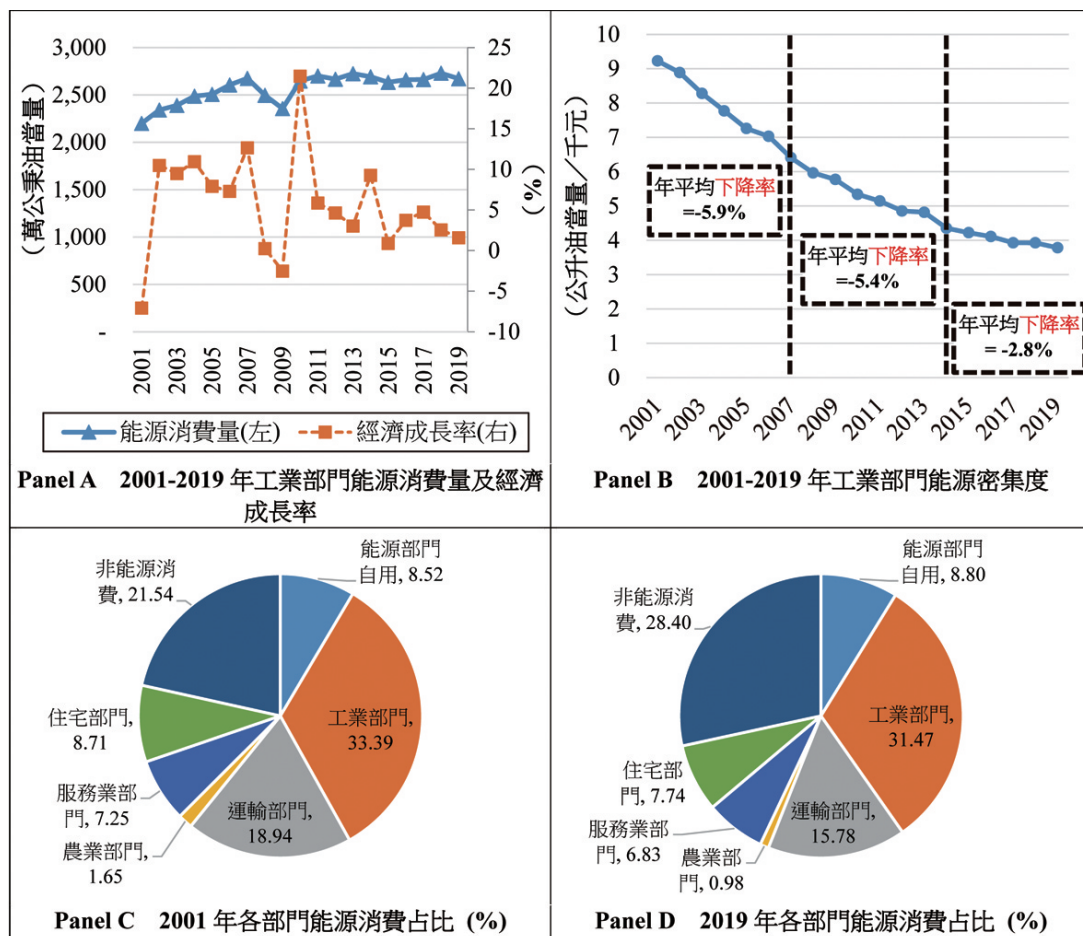


圖1 我國主要能源指標變化趨勢(經濟部能源局, 2020b)

商回臺投資動機，加上2019年年底由中國大陸爆發、肆虐全球之新型冠狀病毒(Coronavirus Disease 2019, Covid-19)對各國影響至今仍未見好轉，在多國採取鎖國和封城的措施之下，導致產業供應鏈重組，臺商回流與轉單效應計畫增多，預期對國內工業部門的能源消費量也將產生影響。進一步觀察2019年至2020年11月之工業生產量指數變化可發現(圖2)，工業部門裡以資訊電子工業的成長最為顯著，原因在於國內外經濟環境發展增進市場對5G、高效能運算、居家辦公及遠距商機等應用需求提高，帶動晶圓代工產能滿載和電腦相關設備與配件增產(經濟部統計處，2020)，其餘工業的增長幅度則未如資訊電子工業般明顯，此一演變亦隱含了業別間產能利用率的差異以及對能源消費量的影響。

國際間已有相關文獻探討產能利用率和能

源消費間的關係(Kahane and Squitieri, 1987; Martin Baumers *et al.*, 2011; Bashmakov and Myshak, 2014; Torregrossa *et al.*, 2019)，特別是工業部門裡的產能利用率和景氣循環密切相關，此項因子對能源密集度具有顯著影響。若將用能型態分為常態用能(和產量無關，例如照明、空調)與製程用能(和產量有關)，一般而言，在景氣衰退時期產能利用率與產出水準較低，因而製程用能量會下降但常態用能量較不會變動，所以能源密集度會上升；反之在景氣暢旺時，產量增加的幅度會使得常態用能量對產量增加的比值降低，故能源密集度會下降(Kahane and Squitieri, 1987; Bashmakov and Myshak, 2014)，因此在解析影響工業部門能源消費量或能源密集度之因子時，應進一步考慮產能利用率產生的影響和程度。然而，國內探討影響工業部門能源消費量或能源密集度之

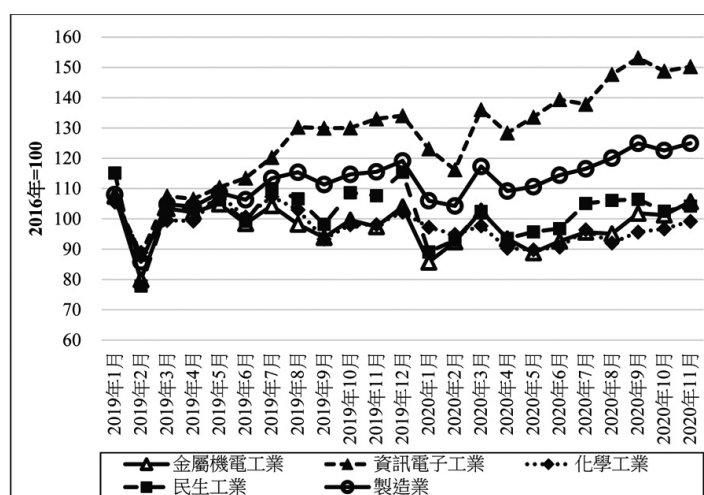
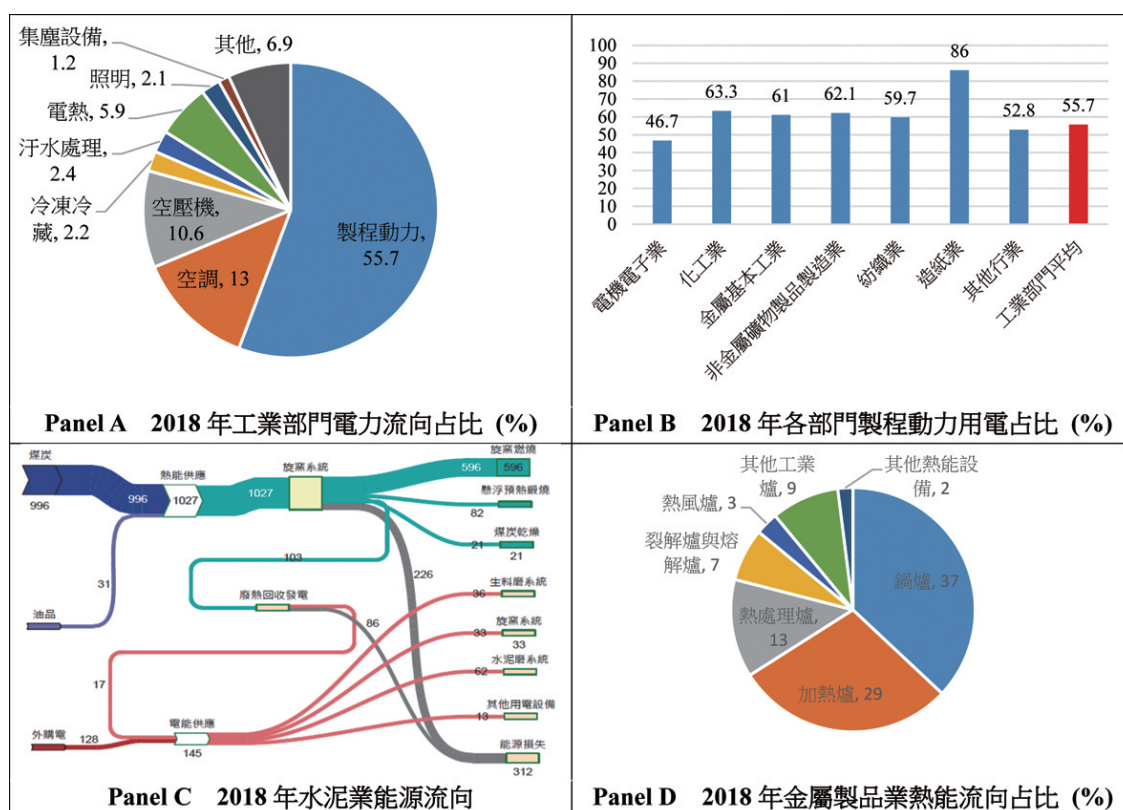


圖2 2019年至2020年之各工業部門生產量指數(經濟部統計處，2020)

文獻(梁啟源，2008；黃啟峰等，2010；黃啟峰等，2013；梁啟源等，2014；洪瑋嶸與葛復光，2016；李堅明等，2018)，主要僅就經濟活動、產業結構以及能源密集度效果等三項因子加以探討，忽略產能利用率對能源消費影響的

重要性。但由於國內工業部門之製程動力用電占比平均超過55%，熱能設備亦和產業製程密切相關，以鍋爐設備為例，在訂單減少的情況下仍需啟動，只是蒸汽使用量較少，但是單位產量耗用蒸汽量就會拉高(如圖3所示)，其餘熱



資料來源：財團法人工業技術研究院，2019；黃啟峰與潘子欽，2018；黃啟峰與潘子欽，2020。

圖3 我國工業部門電力流向¹和熱能流向分析

¹ 《2019生產性質能源查核年報》中僅公布受列管產業之電力流向，未揭露其他能源(如熱能)的流向，故熱能流向資訊僅能從其他文獻加以彙整。

能設備也有相似情況(林華偉, 2017; 黃啟峰與潘子欽, 2018; 黃啟峰與潘子欽, 2020), 因而探討產能利用率隨景氣變化進而影響製程用能和總耗能量的影響有其必要性。是故, 本文進一步建構包含產能利用率在內之因素分解方法, 藉以探究我國工業部門近年能源消費成長因素, 並提供相關節能政策建議。

全文共分為六節, 除第一節緒論外, 第二節為文獻回顧, 彙整因素分解法之方法學及相關實證文獻, 第三節為研究方法, 第四節為資料分析, 第五節為考量產能利用率之下之我國工業部門能源消費影響因素分析實證結果, 最後則為本文提出之結論與建議。

2. 文獻回顧

因素分解法(Index Decomposition Analysis, IDA)目前已被廣泛應用在各國能源消費或二氧化碳排放的因素分析上, 相較於另一常用投入產出結構分解法(Input-Output Structural Decomposition Analysis, I-O SDA), 具有資料取得容易、操作簡單、適於跨國比較等優點, 且其意涵明確, 對於節能減碳政策或能源效率提升措施, 包括能源稅制、法規標準、金融財稅誘因機制與節能計畫等, 在實務分析及政策研擬上應用程度高(Ang, 1995)。

因素分解法型態有非常多種, 一般將因素分解法區分為拉氏指數法(Laspeyres Index)及迪氏指數法(Divisia Index)兩大類。其中, 拉氏指數法係採固定權數計算, 主要包括修正型的費雪理想指標分解法(Modified Fisher Ideal Index)與Shapley/Sun分解法; 而迪氏指數法則係採變動權數分析, 主要可分為算數平均數迪式指數分解法(Arithmetic Mean Divisia Index, AMDI)與對數平均數迪式指數分解法(Logarithmic Mean Divisia Index, LMDI), 除此之外, 各分解法又可區分成加法型(Additive Form)與乘法型(Multiplicative Form)。Ang (2004)在文內即分別以理論基礎(Theoretical Foundation)、模

型合適性(Adaptability)、方法易於使用性(Ease of Use)以及結果易於解釋性(Ease of Result Interpretation), 分析這幾種因素分解法的優缺點, 並彙整過去應用各項研究方法的案例, 研究結果發現, 對數平均數迪式指數分解法具有完全分解、易於解讀、計算方便等優點, 因此, 相較其他因素分解法更適宜用來拆解能源消費影響因子, 亦為目前剖析能源消費與效率影響因素的主流方法。

過去探討及彙整利用各式因素分解法, 拆解一國工業部門能源消費影響因素的文獻不勝枚舉(Ang, 1995; Ang, 2004; Duran *et al.*, 2015; 黃啟峰等, 2010; 黃啟峰等, 2013; 梁啟源等, 2019; 洪瑋嶸與葛復光, 2016; Natural Resources Canada, 2016; Kim, 2017; 李堅明等, 2018; Jin and Choi, 2020; Akyürek, 2020), 跨國比較與國際分析的案例亦相當多(Ang *et al.*, 1998; González *et al.*, 2014)。再者, 除了一般研究一國整體或各部門能源消費的影響因素外, 近期研究尚加入特定群體分析, 工業部門著重關注研析能源密集產業(Jin and Choi, 2020; Akyürek, 2020), 或是考量企業規模、經營模式等(Duran *et al.*, 2015)。

此外, 針對工業部門能源消費的因素分解, 主要則可以拆解為經濟活動、產業結構以及能源密集度效果三大項(International Energy Agency, 2014), 國際文獻也大多皆是以此三種因素為基礎進行分析, 且普遍認為經濟活動為影響能源消費增加最重要之因素(Natural Resources Canada, 2016; Kim, 2017; 李堅明等, 2018; Jin and Choi, 2020; Akyürek, 2020), 而能源密集度效果在近年研究結果則愈顯重要, 尤其是耗能產業以及高附加價值的能源密集產業, 其能源密集度效果又更加明顯(Kim, 2017; Jin and Choi, 2020; Akyürek, 2020)。

除了經濟活動、產業結構以及能源密集度影響工業部門能源消費量外, 由於近年全球化已大幅影響國際貿易與能源使用, Jin and

Choi (2020)即加入全球價值鏈的觀點，考量從海外進出口之中間財，透過因素分解法，將2000-2014年南韓各產業的能源消費量，分成產出效果、國內產業結構、國外產業結構、國內能源密集度以及國外能源密集度五個因素來探討。然而，前述文獻均未曾考慮產能利用率對能源消費量或能源密集度的影響，僅Natural Resources Canada (2016)則在經濟活動、產業結構以及能源密集度效果外，另加入產能利用率(Capacity Utilization)，進行1990-2013年加拿大工業部門能源消費量因素分析。

產能利用率係工業生產與工業產能的比率，可用以衡量在考量工廠正常機器設備停機及維修時間、足夠生產要素投入營運後，在理想產能下能滿足客戶需求的最大產出與實際產出的關係。此數據與工業生產指數和景氣輪動常有密切關係，可表示現階段工廠設備的實際使用狀況及終端消費需求，亦將反應在我國工業部門的能源消費量上。因此，除了經濟活動、產業結構以及能源效率的變化可能會影響能源消費量外，本文認為考量產能利用率後，能源消費將較不會隨景氣榮枯而有太大變化，更能釐清我國工業部門能源消費量的影響因子。

是故，本文為瞭解產能利用率對國內工業部門能源消費量影響及程度，主要參考Natural Resources Canada (2016)之研究方法，以及利用對數平均數迪式指數分解法(Ang and Choi, 1997)，將近年我國工業部門能源消費量的變動，除具體量化為傳統的能源密集度、產業結構與經濟活動變動效果外，更加入中華經濟研究院「臺灣採購經理人營運展望調查」中之製造業產能利用率平均變化幅度，作為產能利用率變動效果的代理變數，研析近年我國工業部門能源消費量受能源效率、產業結構、產能利用率與經濟成長等因素的影響效果，並提供相關節能政策建議，得以因應未來能源消費增長趨勢。

3. 研究方法

本文主要參考Natural Resources Canada (2016)之因素分解方式，再透過對數平均數迪式指數分解法，採加法型分解模式，將我國工業部門能源消費量的變動，具體量化為下列四種因素之影響：(1) 能源密集度(該產業能源消費量/該產業實質國內生產毛額)變動效果、(2) 產業結構(該產業實質國內生產毛額/我國整體工業部門實質國內生產毛額)變動效果、(3) 產能利用率(我國整體工業部門實際產出/潛在產出)變動效果、(4) 經濟活動(我國整體工業部門潛在產出)變動效果。最後並將四大工業部門與十五個製造業細業別各項變動效果加總，藉以從中瞭解我國工業部門能源使用量受能源效率以及產能利用率的影響。

首先，本文將工業部門分成礦業及土石採取業、製造業、水電燃氣業以及營建業四大業，並將製造業分成十五個細業別，包括食品飲料及菸草業、紡織成衣及服飾業、皮革毛皮及其製品業、木竹製品傢俱業、造紙紙製品及印刷出版業、化學及塑膠業、橡膠製品製造業、石油及煤製品製造業、非金屬礦物製品製造業、基本金屬製造業、金屬製品製造業、機械設備製造修配業、電子及電力機械器材業、運輸工具製造業、雜項工具製造業。

其次，假設我國工業部門之能源消費量為 E ， E 即可拆解為：

$$E = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{Y_i} \cdot \frac{Y_i}{Y} \cdot \frac{Y}{\bar{Y}} \cdot \bar{Y} = \sum_{i=1}^n I_i \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y} \quad (1)$$

上式(1)中， $I_i = E_i / Y_i$ ， $S_i = Y_i / Y$ ， $C = Y / \bar{Y}$ 。其中， Y 為實質國內生產毛額，故 I_i 代表 i 產業之能源密集度， S_i 則代表 i 產業實質國內生產毛額占整體工業部門實質國內生產毛額之比率，而 \bar{Y} 為整體工業部門的潛在產出，故 C 代表整體工業部門的產能利用率。

以時間 t 對上式(1)做偏微分，可得：

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} = & \sum_{i=1}^n \frac{\partial I_i}{\partial t} \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial S_i}{\partial t} \cdot I_i \cdot C \cdot \bar{Y} \\ & + \sum_{i=1}^n \frac{\partial C}{\partial t} \cdot I_i \cdot S_i \cdot \bar{Y} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{Y}}{\partial t} \cdot I_i \cdot S_i \cdot C \end{aligned} \quad (2)$$

上式(2)兩邊同時除以 E ，再經整理，可得：

$$\begin{aligned} \frac{\frac{\partial E}{\partial t}}{E} = & \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\partial I_i}{\partial t}}{I_i} \cdot \frac{I_i \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y}}{E} \\ & + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\partial S_i}{\partial t}}{S_i} \cdot \frac{I_i \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y}}{E} \\ & + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\partial C}{\partial t}}{C} \cdot \frac{I_i \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y}}{E} \\ & + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{Y}}{\partial t}}{\bar{Y}} \cdot \frac{I_i \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y}}{E} \end{aligned} \quad (3)$$

另外，因 $\frac{I_i \cdot S_i \cdot C \cdot \bar{Y}}{E} = \frac{E_i}{E}$ ，因此，上式(3)可改寫為：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln E}{\partial t} = & \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \ln I_i}{\partial t} \right) \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \ln S_i}{\partial t} \right) \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) \\ & + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \ln C}{\partial t} \right) \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \ln \bar{Y}}{\partial t} \right) \cdot \left(\frac{E_i}{E} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

以上有關我國工業部門能源消費量(E)的函數型態並未特別設定，惟在實證分析時則需對其函數型態加以設定。茲假定其為具有任一可二次微分函數漸進值(Approximate)特性的超對數函數(Translog Function)，則在間斷數列的分析裡，上式(4)可改寫為：

$$\begin{aligned} \ln E_t - \ln E_0 = & \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln I_{it} - \ln I_{i0}) \\ & + \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln S_{it} - \ln S_{i0}) \\ & + \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln C_t - \ln C_0) \\ & + \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln \bar{Y}_t - \ln \bar{Y}_0) \end{aligned} \quad (5)$$

其中， $\bar{W}_i = \frac{W_{it} - W_{i0}}{\ln W_{it} - \ln W_{i0}}$ 。

上式(5)表示我國工業部門的能源消費量變動率($\ln E_t - \ln E_0$)為加權平均後的能源密集度變動率($\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln I_{it} - \ln I_{i0})$)，加上產業結構變動率($\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln S_{it} - \ln S_{i0})$)，再加上產能利用率變動率($\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln C_t - \ln C_0)$)以及潛在產出變動率($\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln \bar{Y}_t - \ln \bar{Y}_0)$)。計算時所用的權數為 t 期及基期間 i 產業用能量占整體工業部門能源需求量比率變化(\bar{W}_i)。換言之，根據式(5)可將我國工業部門能源消費量之變動具體量化為能源密集度、產業結構、產能利用率、潛在產出之四種變動效果。

再者，為瞭解工業部門能源效率改善的原因，本文進一步將2014-2019年我國工業部門經濟面能源密集度變動量(以實質國內生產毛額計算)，同樣依上述對數平均數迪式指數分解法，拆解成總產值能源密集度變動效果(以實質生產總額計算)、附加價值率變動效果以及產業結構變動效果。

我國工業部門之能源密集度(I)以下式來表示：

$$I = \frac{E}{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{Q_i} \cdot \frac{Q_i}{Y_i} \cdot \frac{Y_i}{Y} = \sum_{i=1}^n I_i^Q \cdot V_i^{-1} \cdot S_i \quad (6)$$

上式中， Q_i 為 i 產業的實質生產總額，故 $I_i^Q = E_i / Q_i$ 代表 i 產業總產值之能源密集度。 $V_i^{-1} = Q_i / Y_i$ 則為 i 產業附加價值率的倒數，而 S_i 一樣代表 i 產業實質國內生產毛額占整體工業部門實質國內生產毛額之比率。又 I_i^Q 和 V_i^{-1} 之積(E_i / Y_i)為經濟面之能源密集度。

接下來同樣以時間 t 對(6)式做偏微分，並將兩邊同時除以 I ，再經整理以及改寫，最後得到：

$$\begin{aligned} \ln I_t - \ln I_0 = & \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln I_{it}^Q - \ln I_{i0}^Q) \\ & - \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln V_{it} - \ln V_{i0}) \\ & + \sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln S_{it} - \ln S_{i0}) \end{aligned} \quad (7)$$

其中， $\bar{W}_i = \frac{W_{it} - W_{i0}}{\ln W_{it} - \ln W_{i0}}$ 。

(7)式即表示整體工業部門的經濟面能源密集度變動率 $(\ln I_t - \ln I_0)$ 為加權平均後的產業總產值能源密集度變動率 $(\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln I_{it}^Q - \ln I_{i0}^Q))$ 減去產業附加價值率變動率 $(\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln V_{it} - \ln V_{i0}))$ 再加上產業結構變動率 $(\sum_{i=1}^n \bar{W}_i \cdot (\ln S_{it} - \ln S_{i0}))$ 。計算時所用的權數為 t 期及基期間 i 產業用能量占整體工業部門能源需求比率變化 (\bar{W}_i) 。換言之，根據(7)式即可將我國整體工業部門能源密集度之變動具體量化為總產值能源密集度變動效果、產業附加價值率變動效果、以及產業結構變動效果，藉以瞭解我國工業部門能源效率改善的因素。

除此之外，在衡量經濟活動變動效果方面，需計算我國整體工業部門之潛在產出變動率，本文係利用1981-2019年我國工業部門實質國內生產毛額年資料，運用HP濾波法(Hodrick-Prescott Filter)估算臺灣工業部門過去各年度的潛在產出變動趨勢，藉以作為評估我國工業部門能源消費量受經濟活動變動的影響效果。

HP濾波法係由Hodrick and Prescott於1977年提出，其為運用極小化損失函數，分離出長期趨勢與短期波動成分，求解方式如下：

$$\min_{G_t} \sum_{t=1}^T \{ (Y_t - G_t)^2 + \lambda \times [(G_t - G_{t-1}) - (G_{t-1} - G_{t-2})]^2 \} \\ Y_t = G_t + C_t \quad (8)$$

其中， Y_t 為實質國內生產毛額、 G_t 為潛實質國內生產毛額趨勢成分、 C_t 為景氣波動的成分、參數 λ 為決定 G_t 平滑度的參數。當 $\lambda = 0$ 時，滿足最小化問題的趨勢成分 G_t 等於 Y_t ； λ 增加時，估計趨勢中的變化總數相對於序列中的變化減少，即 λ 愈大，估計趨勢愈平滑，當 $\lambda \rightarrow \infty$ 時，估計趨勢接近線性函數。根據研究經驗，年資料 λ 設為100 (Backus and Kehoe, 1992)，季資料 λ 設為1,600 (Hodrick and Prescott, 1997)，月資料 λ 設為14,400 (Zarnowitz and Ozyildirim, 2008)。而

本研究主要係採年資料進行分析，故將式(8)中之 λ 設為100，從而計算出我國工業部門潛實質國內生產毛額趨勢成分 G_t ，將其作為我國工業部門之潛在產出，用以衡量經濟活動對於能源消費的影響效果。

另一方面，在衡量產能利用率變動效果部分，由於目前臺灣尚未有官方公布的產能利用率數據，且礙於資料蒐集限制，各產業或工廠之產能利用率很難全盤掌握並具有代表性，故本文主要運用兩種方式計算產能利用率。其一，是以中華經濟研究院「臺灣採購經理人營運展望調查」中之「產能利用率平均變化幅度」，直接作為影響能源消費變動之產能利用率變動效果，從而分析產能利用率變化與能源消費變動效果的關聯性。

中華經濟研究院自2013年6月起，每半年進行一次「臺灣採購經理人營運展望調查」，調查項目包含調查營運狀況、利潤率、僱用人數、資本支出、採購價格、進出口數量、產能利用率以及對總體經濟情勢的看法等。該調查主要係參考美國供應管理協會(Institute for Supply Management, ISM)之調查及編製方法，評估我國化學暨生技醫療業、電子暨光學業、食品暨紡織業、基礎原物料業、交通工具業及電力暨機械設備業等六大產業之營運概況。此外，該調查是由採購相關部門(採購、資材、供應鏈管理等)經理級以上高階主管填寫問卷，題目大多是與過去半年(前期)或未來半年(下期)進行相對性比較，讓受訪者在「較佳」、「持平」與「較差」三個選項中勾選，部分題目則讓受訪者填寫變動百分比，最後再依據擴散指數²綜合編製而成。故調查結果將介於0%至100%之間，若高於50%表示製造業景氣正處於擴張期(Expansion)，若低於50%表示處於緊縮期(Contraction)。

表1即是根據「臺灣採購經理人營運展望

²擴散指數係衡量景氣變動方向的一種常見指標。「臺灣採購經理人營運展望調查」請採購經理人針對各項經濟活動與上半年進行比較(「產能利用率」調查為與去年進行比較)，並在問卷中勾選「上升」、「持平」或「下降」，而擴散指數即為「上升」比率 $\times 1$ + 「持平」比率 $\times 0.5$ 。

表1 臺灣採購經理人營運展望調查：製造業產能利用率(財團法人中華經濟研究院，2019)

單位：%

調查時間	調查基準	擴散指數	增加	持平	減少	平均變化幅度
2014年上半年	2014年相較 2013年	70.4	50	40.8	9.2	6.48
2014年下半年		60.6	40.4	40.4	19.2	2.7
2015年上半年	2015年相較 2014年	53.8	30.3	46.9	22.8	1.25
2015年下半年		41.9	21.1	41.6	37.3	-3.95
2016年上半年	2016年相較 2015年	56.3	33.3	46	20.7	0.64
2016年下半年		55.7	32.7	45.9	21.4	-0.14
2017年上半年	2017年相較 2016年	61	37.8	46.3	15.9	2.85
2017年下半年		63.1	43.2	39.7	17.1	3.75
2018年上半年	2018年相較 2017年	60.8	38.7	44.2	17.1	3.03
2018年下半年		55.7	33.5	44.4	22.1	-0.25
2019年上半年	2019年相較 2018年	45.4	21.5	47.8	30.7	-2.35
2019年下半年		46.9	26	41.7	32.3	-2.54
2020年上半年	2020年相較 2019年	34.3	18.2	32.2	49.6	-7.99

註：

1. 因「臺灣採購經理人營運展望調查」係請採購經理人針對產能利用率與去年比較，並在問卷中勾選「增加」、「持平」或「減少」，而擴散指數計算方式為「增加」比率 $\times 1$ + 「持平」比率 $\times 0.5$ 。
2. 產能利用率平均變化幅度為開放受訪者在調查中自行比較填寫變動百分比，並直接計算一般算術平均數而得。

調查」結果，綜整2014-2020年每半年我國製造業產能利用率擴散指數與平均變化幅度³，不僅調查採購經理人針對各家廠商當年度產能利用率的評估，選填相較於去年產能利用率為「增加」、「持平」或「減少」，亦讓受訪者自行填寫當年度產能利用率相較於去年的變動百分比。由表1可知，產能利用率擴散指數近年有逐漸減少趨勢，2019年相較2018年已呈現緊縮態勢，2020年更受新型冠狀病毒疫情影響全球經貿發展，臺灣雖疫情控制得當，經濟衝擊明顯較其他國家小，但業者對於2020年全年產能利用率看法仍較2019年悲觀，產能利用率擴散指數創下新低，為34.3%，減少幅度為7.99%，仍位在緊縮期。

其二，本文所採用的HP濾波法可估算出整體工業部門的潛在產出，進一步配合主計總處

之工業部門實質生產毛額資料，將兩者相除後即可得到每年的產能利用率(參考式(1))，故文中再以此數值作為影響能源消費變動之產能利用率變動效果，從而分析產能利用率變化與能源消費變動效果的關聯性。

4. 資料分析

因本文主要研究目的為探討我國工業部門能源消費量之影響因素，且以產能利用率為重點研究項目，該數據除利用「臺灣採購經理人營運展望調查」中之產能利用率平均變化幅度評估之外，本文另以實質國內生產毛額以及潛在產出計算而得之產能利用率加以計算，惟而「臺灣採購經理人營運展望調查」中之產能利用率最早數據係從2014年開始，故本文在我國

³「臺灣採購經理人營運展望調查」亦請採購經理人針對其各公司的產能利用率，與去年進行比較，填寫變動百分比，並將所有受訪者填答結果直接計算一般算術平均數。

工業部門能源消費因素分解的議題分析上，資料選取期間為2014-2019年。

在評估流程方面，本文首先將工業部門分成礦業及土石採取業、製造業、水電燃氣業以及營建業四大業，其中製造業分成十五個細業別。其次，再以各業別當年能源消費量占比相對基期值為權數，將2014-2019年我國各工業部門能源消費量拆解成能源密集度效果、產業結構效果、產能利用率效果、經濟活動效果。以下依序介紹各項影響因素的資料來源、計算方式以及資訊分析。

4.1 能源密集度

能源消費量除以國內實質生產毛額即定義為能源密集度，本文係以計算各產業能源密集

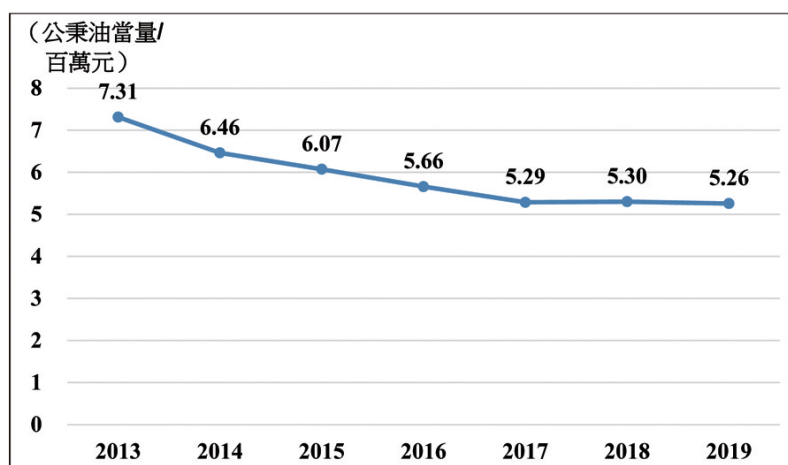
度作為能源效率是否提升之指標，並計算能源消費受能源密集度之影響效果。以整體工業部門為例，由表2可知，2013-2019年我國整體工業部門能源消費量呈震盪向上走勢，實質國內生產毛額則為逐年上升，以兩者計算而得之能源密集度可發現，近年我國工業部門能源密集度為年年下降，表示能源效率逐年提高，但效率增幅呈減緩趨勢(參考圖4)。

除此之外，本文亦彙整2013-2019年我國各工業部門能源密集度變化如表3所示。由表3可知，近七年各產業能源效率均逐步改善，尤其是能源使用量龐大之化學業、鋼鐵業、電子業及石化業，占整體工業部門能源使用超過七成，其能源密集度的降幅更加明顯，表示近年政府大力提倡工業部門能源效率改善計畫，包

表2 2013-2019年我國工業部門能源密集度

年	工業部門能源消費量 (千公秉油當量)	工業部門實質國內生產毛額 (2016年為參考年)(十億元)	工業部門能源密集度 (公秉油當量/百萬元)
2013	34,280	4,688	7.31
2014	34,868	5,396	6.46
2015	34,220	5,635	6.07
2016	34,851	6,157	5.66
2017	34,433	6,513	5.29
2018	34,700	6,546	5.30
2019	34,370	6,534	5.26

資料來源：行政院主計總處(2019)；經濟部能源局(2019)。



資料來源：行政院主計總處，2019；經濟部能源局，2019。

圖4 2013-2019年我國工業部門能源密集度

表3 2013-2019年我國各工業部門能源密集度變化

單位：公秉油當量/百萬元

產 業	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
礦業及土石採取業	8.11	8.84	8.81	9.05	10.03	3.09	3.51
製造業	7.65	6.71	6.32	5.93	5.44	5.40	5.40
食品飲料及菸草業	3.62	3.62	3.65	3.28	3.03	3.02	2.84
紡織成衣及服飾業	12.44	12.00	10.72	8.74	8.18	9.52	9.58
皮革毛皮及其製品業	3.14	2.91	2.74	2.45	2.19	1.80	1.75
木竹製品傢具業	2.19	1.97	1.84	1.62	1.56	1.43	1.49
造紙紙製品及印刷出版業	11.62	10.88	9.99	9.08	8.91	9.63	9.96
化學及塑膠業	13.93	13.12	12.00	10.46	9.38	8.46	8.59
橡膠製品製造業	6.95	6.16	5.73	5.45	5.27	5.32	4.80
石油及煤製品製造業	39.97	36.51	48.07	36.97	25.46	24.84	29.93
非金屬礦物製品製造業	25.12	26.57	27.09	25.17	22.82	22.06	24.53
基本金屬製造業	22.45	21.61	19.09	20.84	20.33	19.73	19.23
金屬製品製造業	3.70	3.39	3.13	2.78	2.81	2.66	2.64
機械設備製造修配業	1.29	1.14	1.11	1.02	0.92	1.14	1.16
電子及電力機械器材業	2.30	1.94	1.87	1.84	1.82	1.82	1.82
運輸工具製造業	1.63	1.49	1.43	1.32	1.30	1.46	1.43
雜項工具製造業	4.36	3.89	4.13	4.01	3.67	2.91	3.02
水電燃氣業	16.19	12.32	10.88	8.12	9.08	10.73	12.41
營建業	0.32	0.33	0.29	0.27	0.28	0.25	0.22
工 業	7.31	6.46	6.07	5.66	5.29	5.30	5.26

資料來源：行政院主計總處(2019)；經濟部能源局(2019)。

括能源大用戶強制節電1%措施、廠商能源查核輔導與積極推廣節能活動等，均有助於提升我國工業部門的能源效率。

4.2 產業結構

本文以我國各工業部門實質國內生產毛額占整體工業部門實質國內生產毛額之比重，計算能源消費受產業結構之影響效果。由表4可知，在耗能產業中，2013-2019年我國紡織業、造紙業、水泥業、鋼鐵業的實質國內生產毛額占比均逐步降低，化學業為上升趨勢，而實質國內生產毛額占比最大之電子業，其實質國內生產毛額占比則先提高後下降，然而，大致上

工業部門中的產業結構變化，呈現電子業擴張的現象。

4.3 產能利用率

4.3.1 「臺灣採購經理人營運展望調查」製造業產能利用率平均變化幅度

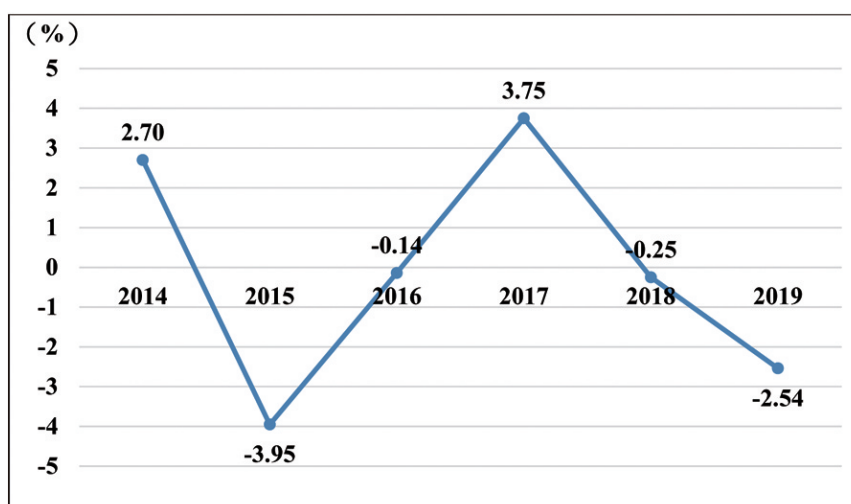
本文利用中華經濟研究院「臺灣採購經理人營運展望調查」⁴中之製造業產能利用率平均變化幅度，作為影響我國工業部門能源消費量變動的因素之一(即產能利用率變動效果)，意即式(5)中的 $(\ln C_t - \ln C_0)$ 係由製造業產能利用率

⁴中華經濟研究院「臺灣採購經理人營運展望調查」對製造業之間卷調查數量雖超過300份，但因分散於我國化學暨生技醫療業、電子暨光學業、食品暨紡織業、基礎原物料業、交通工具業及電力暨機械設備業等六大產業，可能會有產業問卷回收數量較少，使得少部分極端數值影響平均數的情況，故「臺灣採購經理人營運展望調查」僅公布整體平均，未再進一步細分產業。

表4 2013-2019年我國各工業部門產業結構變化(行政院主計總處，2019)

單位：%

產 業	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
礦業及土石採取業	0.23	0.18	0.17	0.14	0.12	0.13	0.13
製造業	88.35	88.52	88.42	87.89	89.02	89.55	89.38
食品飲料及菸草業	4.19	3.70	3.55	3.70	3.76	3.80	4.18
紡織成衣及服飾業	2.51	2.19	2.15	2.20	2.16	1.95	1.83
皮革毛皮及其製品業	0.32	0.29	0.26	0.26	0.27	0.24	0.25
木竹製品傢具業	0.48	0.44	0.44	0.46	0.46	0.46	0.45
造紙紙製品及印刷出版業	2.02	1.83	1.71	1.71	1.62	1.65	1.59
化學及塑膠業	11.48	10.58	10.88	11.86	12.46	13.24	12.95
橡膠製品製造業	0.67	0.67	0.69	0.64	0.64	0.57	0.60
石油及煤製品製造業	2.13	2.30	1.67	1.97	2.63	2.76	2.36
非金屬礦物製品製造業	2.55	1.85	1.72	1.57	1.54	1.44	1.33
基本金屬製造業	7.02	6.33	6.61	5.83	5.27	5.70	5.65
金屬製品製造業	4.94	4.87	4.95	5.22	5.12	5.18	5.05
機械設備製造修配業	3.60	3.75	3.58	3.59	3.97	3.94	3.64
電子及電力機械器材業	41.34	44.22	45.12	43.76	43.75	43.77	44.63
運輸工具製造業	3.87	3.89	3.76	3.76	3.71	3.55	3.61
雜項工具製造業	1.91	1.89	1.82	1.88	2.06	1.97	1.97
水電燃氣業	3.14	3.90	4.12	5.17	4.54	3.82	3.35
營建業	8.28	7.40	7.28	6.80	6.31	6.51	7.14
工 業	100	100	100	100	100	100	100



註：製造業產能利用率平均變化幅度係採下半年調查之預測結果。

圖5 2014-2019年我國製造業產能利用率平均變化幅度(財團法人中華經濟研究院，2019)

平均變化幅度數值直接帶入。由圖5可知，2014與2017年之產能利用率平均變化幅度為正數，表示受訪廠商普遍認為2014年與2017年相較於

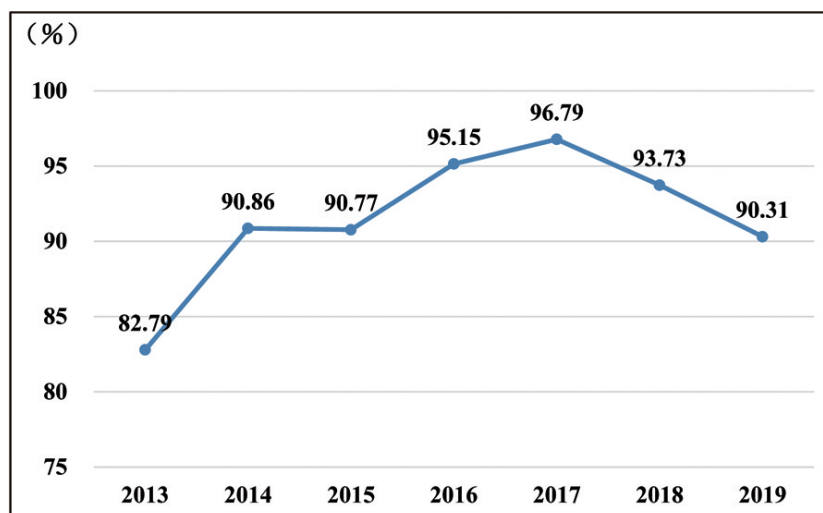
前一年為生產擴張期，在其他情況不變下，我國工業部門能源消費量將伴隨生產增加而拉高。

4.3.2 實質國內生產毛額與潛在產出

本文另利用行政院主計總處公告之工業部門實質國內生產毛額，將其除以運用HP濾波法估算而得之工業部門潛在產出，作為影響我國工業部門能源消費量變動的因素之一(即產能利用率變動效果)。由圖6可知，大體而言，2013-2019年我國工業部門產能利用率呈先升後降走勢，於2017年達到高峰值96.79%後，緩步下跌，但2014-2019年間我國整體工業部門的產能利用率皆超過九成，表示平均而言全年工廠設備使用皆為將近滿載狀態。

4.4 經濟活動

本文運用1981-2019年我國工業部門國內實質生產毛額年資料以及HP濾波法，以計量軟體Eviews進行估計，並將式(8)中參數 λ 設為100，計算出我國工業部門潛實質國內生產毛額趨勢成分 G_t ，即可得知2014-2019年臺灣工業部門的潛在國內實質生產毛額(即為式(5)中之 Y_t)，作為我國工業部門之潛在產出的代理變數。由圖7可知，2014-2019年我國工業部門之潛在產出逐年成長，然而成長幅度卻逐年遞減，由2014年年增5.25%，下降至2019年年增3.61%。



註：此處之產能利用率係以實質國內生產毛額除以潛在產出計算。
圖6 2014-2019年我國工業部門產能利用率(行政院主計總處，2019)

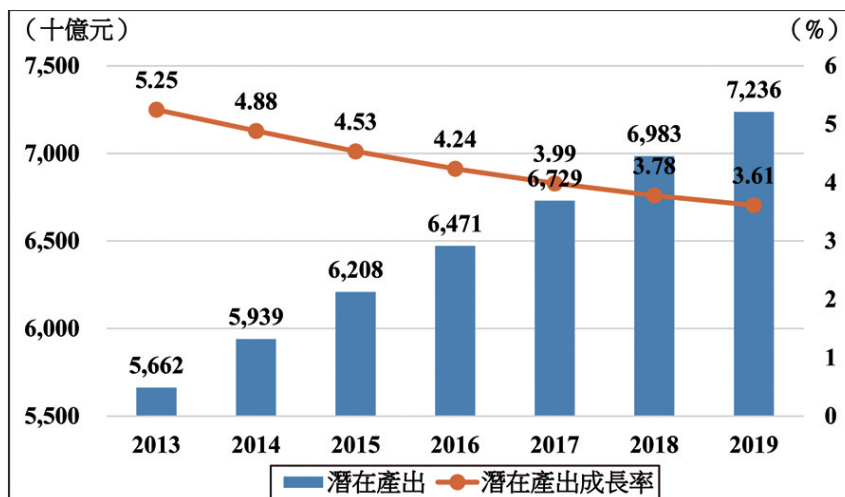


圖7 2013-2019年我國工業部門潛在產出與成長率(以HP濾波法計算)(行政院主計總處，2019)

5. 實證結果

本文利用對數平均數迪式指數分解法，將影響2014-2019年我國各工業部門能源消費量之因素加以拆解，並加總成能源密集度效果、產業結構效果、產能利用率效果、經濟活動效果。首先，若以中華經濟研究院「臺灣採購經理人營運展望調查」中之製造業產能利用率平均變化幅度，作為產能利用率變動效果，2014-2019年我國工業部門能源消費量因素分解結果詳見圖8。

由圖8可知，2014-2019年我國工業部門能源密集度變動效果為負數，表示近年能源密集度下降走勢(參考圖4)，將使我國工業部門能源使用效率提升，進一步帶動能源消費量減少。而2014-2019年我國工業部門產業結構變動效果為負數，可能原因為，除化學業及電子業外，我國主要能源消費產業近幾年來實質國內生產毛額占比有下降趨勢(參考表4)，故此產業結構的改變將使我國工業部門能源消費量下降。另透過中華經濟研究院調查之製造業產能利用率平均變化幅度可知(參考圖5)，近六年來每年我國製造業產能利用率多半都是較前一年下降，

故產能利用率降低將導致我國整體工業部門能源消費量減少。此外，2014-2019年我國工業部門經濟活動變動效果均為正數，表示近年潛在產出逐年成長(參考圖8)，我國工業部門能源消費量亦將伴隨經濟成長而增加。

整體而言，2014-2019年間我國工業部門能源消費量減少498千公秉油當量，其中，能源密集度變動降低能源消費量6,469千公秉油當量，但經濟活動亦促使能源消費量增加6,881千公秉油當量，產業結構變動減少能源消費量700千公秉油當量，另產能利用率的變化讓能源消費量減少150千公秉油當量(詳見圖8)。產能利用率對工業部門能源消費量影響幅度偏小的可能原因，除了因2014-2019年間產能利用率變動程度較低外，工業部門中以電子業為主，而電子業之製程用電占總用電比重低於五成，相關製程、廠房設施需要在恆溫、恆濕的環境中運轉，為維持必須的溫度和濕度，故公用設施用電(空調及空壓設備)會較高(鍾俐娟與薛劍青，2017；謝文德等，2017；鍾俐娟與潘子欽，2018)，加上其餘工業部門的熱能設備，即使在景氣不佳、訂單較少的情況下仍需運轉、耗費能源，致使在景氣衰退期間的能源消費量未隨

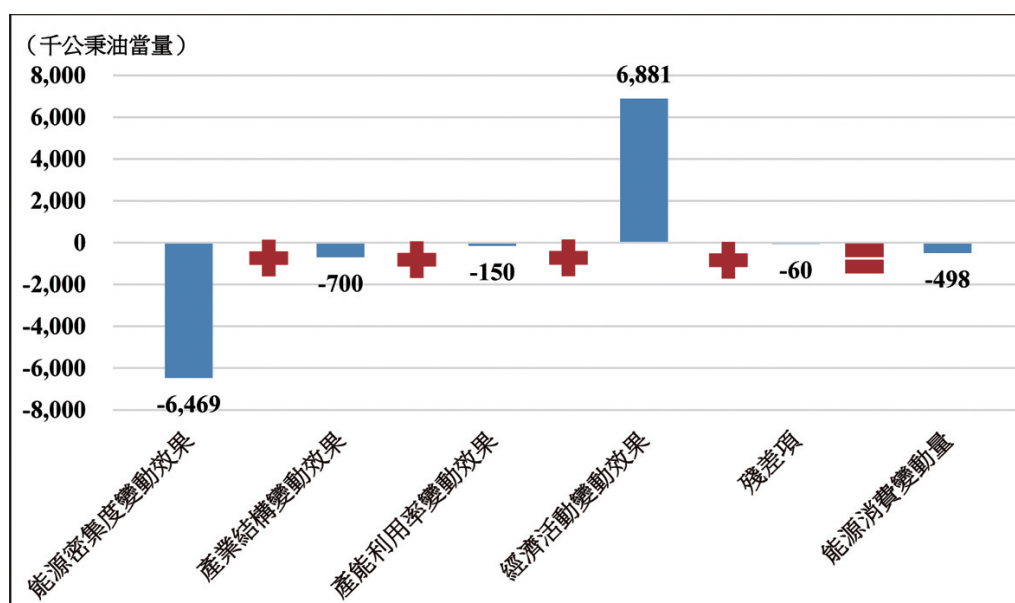


圖8 2014-2019年我國工業部門能源消費變動量因素分解結果：產能利用率效果以「臺灣採購經理人營運展望調查」製造業產能利用率平均變化幅度計算(本文估算繪製)

著產能減少而顯著降低，此項用能近似於常態用能，因而整體用電與用能情況受到景氣循環波動程度較低。另一方面，近年來在政府節能政策的推動下也使各工業部門之製程用能有所改善(林華偉，2017；黃啟峰與潘子欽，2018；黃啟峰與潘子欽，2019；黃啟峰與潘子欽，2020)，亦可能為產能利用率對能源消費量影響程度較小的原因之一。

對比Natural Resources Canada (2016)之研究，文中係透過因素分解法，將1990-2013年加拿大工業部門能源消費量拆解成經濟活動、產業結構、產能利用率、能源效率四種效果。研究結果發現，二十四年來加拿大工業部門的經濟活動成長對於能源使用的影響力最大，產能利用率的影響則最小；且經濟活動與產能利用率的提高對於能源消費量均為正向影響，而產業結構變化與能源效率提高則會降低能源消費量；此外，1990年後加拿大工業部門的能源效率提高，且改善幅度為逐年擴大。

比較2014-2019年我國工業部門能源密集度、產業結構、產能利用率、經濟活動四種效果對能源消費變動量的影響可發現(詳見圖8)，能源密集度與經濟活動對於能源消費量的影響較大，產業結構與產能利用率對於能源消費量的影響則相對較小。此與Natural Resources Canada (2016)一文中，經濟活動是提高工業部門能源消費量的最重要因素，與產能利用率對能源消費的影響力最小此結果是一致的；且除了產能利用率效果外，各項影響因素對能源消費量的影響方向一致。因此，有鑑於經濟成長對我國工業部門能源消費量的影響效果甚高，惟有透過持續提升能源效率，方能減緩經濟發展伴隨的用能成長。

此外，從圖8可知，能源密集度效果亦為降低我國工業部門能源消費重要因素。近年我國政府積極推動工業部門能源效率提升計畫，透過各式能源管理的法治規管措施與補貼獎勵誘因，達節能減碳目標，因而除宜持續維持既有措施外，尚可考慮課徵碳稅或能源稅、採行

節能證書交易機制等，以更多元的工具促進工業部門能源效率，進而降低耗能量。

在產業結構影響效果方面，因在Natural Resources Canada (2016)一文中，加拿大研究分析期間長達二十四年，故對於產業結構在能源消費量上的影響可能較我國工業部門六年的研究為明顯。

除此之外，因本文所採用之產能利用率變動效果，係直接利用中華經濟研究院「臺灣採購經理人營運展望調查」中之製造業產能利用率平均變化幅度，與一般國際官方統計之產能利用率概念不同；而本文經濟活動變動效果則是透過HP濾波法估算2014-2019年臺灣工業部門的潛在國內實質生產毛額，藉以作為我國工業部門之潛在產出的代理變數，故產能利用率與潛在產出兩數據皆為取自不同資料庫或計算方法之獨立資料，與Natural Resources Canada (2016)採用官方且統一之資料庫略有差異。是故，本文利用對數平均數迪式指數分解法拆解我國工業部門能源消費量才會產生殘差項。

為了減除殘差項，本文另利用行政院主計總處公告之工業部門實質國內生產毛額，將其除以運用HP濾波法估算而得之工業部門潛在產出，評估產能利用率變動效果。結果發現殘差項明顯降低，應可視為其餘效果在拆解與計算後之小數累計差異值，但近六年我國工業部門產能利用率對能源消費的影響仍然偏低，2014-2019年產能利用率的變化約讓能源消費量減少213千公秉油當量，即使調整計算方式，仍與前述結論一致(詳見圖9)。

鑑於能源密集度係抑低工業部門能源消費量的重要因子，為瞭解工業部門能源效率改善的原因，本文進一步將2014-2019年我國工業部門經濟面能源密集度變動量拆解成總產值能源密集度變動效果、附加價值率變動效果以及產業結構變動效果，計算結果詳見表5。由表5可知，2014-2019年我國工業部門能源密集度變化主要受附加價值率變動影響，能源效率改善主要係因產業附加價值率提高之故，可能原因為

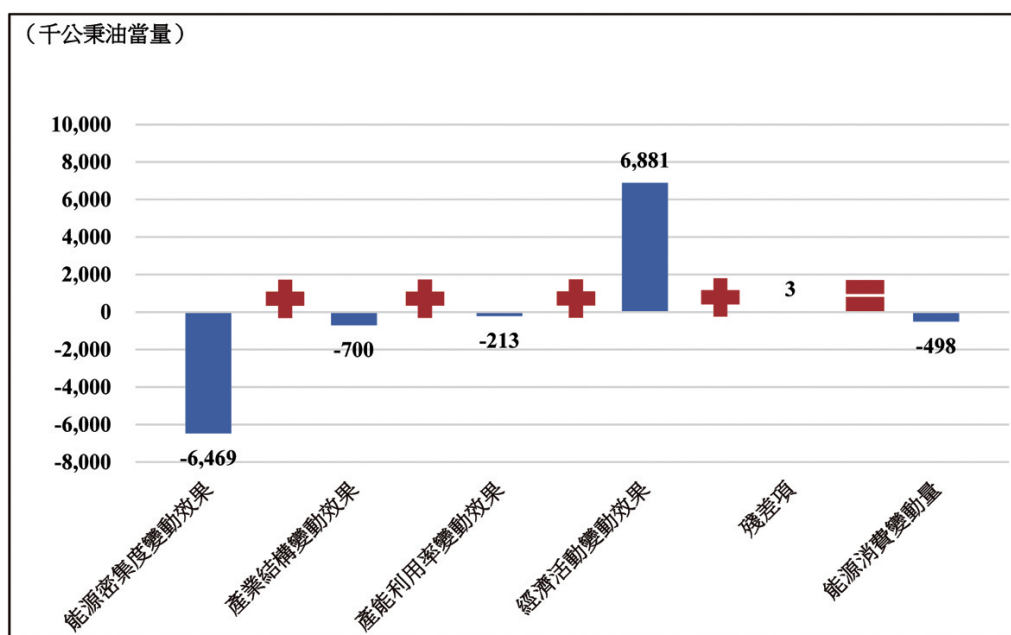


圖9 2014-2019年我國工業部門能源消費變動量因素分解結果：產能利用率效果以實質國內生產毛額與潛在產出計算(本文估算繪製)

表5 2014-2019年我國工業部門能源密集度變動量因素分解結果 (本文估算)

分解項目	經濟面能源密集度變動量 (A) + (B) + (C) + (D)	總產值能源密集度變動量 (A)	附加價值率變動量 (B)	產業結構變動量 (C)	殘差項 (D)
變動量 (公秉油當量/百萬元)	-1.33	0.44	-1.55	-0.13	-0.10
相對貢獻度 (%)	100	-33.33	116.19	9.45	7.69

近年產業結構以電子業占多數(詳見表4)，且逐漸轉向高值化發展。然而，以實質總產值計算之能源效率則有下降之趨勢，就單位產值耗能量而言仍有改善空間，隨著實質總產值增長，能源消費量的增幅應可再減少，故仍可考慮透過價格機能、運用相關財稅或金融、經濟性措施，引導用戶節約能源。

6. 結論與建議

為瞭解產能利用率對工業部門能源消費量之影響，本文參考Natural Resources Canada (2016)之因素分解方式，透過對數平均數迪式

指數分解法，將2014-2019年我國工業部門能源消費量的變動，除拆解成傳統的能源密集度、產業結構與經濟活動變動效果外，更加入產能利用率變動效果，探究我國工業部門近年能源消費成長因素。

研究結果顯示，能源密集度與經濟活動對於2014-2019年間我國工業部門能源消費量的影響較大。此段期間我國工業部門能源消費量減少498千公秉油當量，其中，能源密集度變動降低能源消費量6,469千公秉油當量，但經濟活動亦促使能源消費量增加6,881千公秉油當量，兩效果對於能源消費量的影響較大。而產業結構與產能利用率對於能源消費量的影響則相對較

小，2014-2019年間分別減少700千公秉油當量與150-213千公秉油當量。

此結果與Natural Resources Canada (2016)發現一致，即工業部門的經濟活動成長對於能源使用的影響力最大，產能利用率的影響則最小。然而，我國產能利用率對於工業部門能源消費量影響幅度偏小的可能原因包括，工業部門中係以電子業為主，而電子業之製程用電占總用電比重低於五成，加上工業部門的熱能設備雖和製程有關，但在景氣不佳時期還是要運轉，因此可以歸屬於常態用能，故不論就電力流向或熱能流向而言，工業部門整體的常態用能相對高於製程用能，導致用能情況受景氣循環波動程度較低。此外，礙於資料蒐集限制，研究期間僅涵蓋六年，且資料週期為年資料，導致景氣循環下產能利用率變化較為不明顯。再者，各工業部門或工廠產能利用率差異甚大，無法得知工業部門細業別的產能利用率的變動幅度，將削弱產能利用率對於能源消費的影響力道。因此，本研究建議未來政府有關單位可參考國際作法，每月估算工業生產指數時，一併計算產能利用率，不僅可與國際接軌比較，亦將能更有效率即時評估我國各產業之產能情況以及用電、用能需求。

由此可知，經濟活動對於能源消費影響甚重要，尤其是臺灣是個能源資源極度缺乏的國家，且現階段臺商回臺投資需求增加，帶動經濟成長之餘更將造成國內用能與用電需求勢必跟著提高。因此，在追求經濟發展的同時，更需審慎考量能源消費成長或用電需求增加所產生的問題，避免讓能源以及電力供應成為企業投資與經濟發展的隱憂，透過規範企業投資時所必須提交的能源使用說明書，於源頭加以把關，確保及適時就源頭予以管理，鼓勵企業採用高效率節能設備，同時在建廠時依循節能規範設計建築。同時為掌握景氣循環對工業部門產能利用率變化以及能源消費量之影響，政府主計調查單位(例如經濟部統計處、行政院主計總處)，應投入資源瞭解各產業之產能利用

率，並定期公布讓資訊得以更為透明。

除此之外，有鑑於經濟成長對我國工業部門能源消費量的影響效果甚高，惟有透過持續提升能源效率，方能減緩經濟發展伴隨的用能成長，現行主管當局推行的節能或提升能源效率政策，確實有助於減少工業部門能源消費量，因而除宜持續維持既有措施外，尚可減少能源價格補貼以反映成本、考慮課徵碳稅或能源稅、採行節能證書交易機制等，以更多元的工具促進工業部門增進能源效率，進而降低耗能量。

誌 謝

本文承蒙經濟部能源局、財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所支持，與黃一德博士指導，謹誌謝忱。

參考文獻

- 行政院主計總處，2019。2013-2019年國民所得及經濟成長統計資料庫。
- 李堅明、蔡含昱、洪悅容、潘子欽、黃啟峰與林杏秋，2018。我國製造業節能績效與多重效益評估—應用LMDI因素分解法，臺灣能源期刊，第五卷，第三期，第283-298頁。
- 林華偉，2017。耗能產業之節能策略及作法—石化業，機械新刊，第二卷，第六期，第92-165頁。
- 洪瑋嶸與葛復光，2016。臺灣能源密集度變化趨勢分析—多層級因素分解應用，臺灣能源期刊，第三卷，第三期，第293-310頁。
- 財團法人工業技術研究院，2019。2019生產性質能源查核年報。
- 財團法人中華經濟研究院，2019。2013-2019年臺灣採購經理人營運展望調查。
- 梁啟源，2008。臺日改善能源效率之比較分析與策略研擬，財團法人工業技術研究院綠

- 能與環境研究所委託研究計畫。
- 梁啟源、鄭睿合、田佳芬與林杏秋，2014。臺灣工業部門能源效率變動因素分析及政策建議，經濟前瞻，第一五二期，第40-47頁。
- 梁啟源、鄭睿合與塗千慧，2019。工業尖離峰用電影響因子分析，財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所委託研究計畫。
- 黃啟峰、林杏秋、詹益亮與徐宗琦，2010。化學材料業能源消費變動因素分析，臺灣銀行季刊，第六十一卷，第一期，第257-271頁。
- 黃啟峰、黃一德與劉子衙，2013。金屬基本工業能源消費變動因素分析，臺灣能源期刊，第三卷，第三期，第293-310頁。
- 黃啟峰與潘子欽，2018。臺灣水泥業能源效率與替代燃料使用分析，燃燒季刊，第二十七卷，第三期，第67-80頁。
- 黃啟峰與潘子欽，2019。臺灣鋼鐵業能源效率與能源轉型分析，燃燒季刊，第二十八卷，第二期，第73-87頁。
- 黃啟峰與潘子欽，2020。金屬製品製造業之能源使用特性與效率趨勢分析，燃燒季刊，第二十九卷，第三期，第19-30頁。
- 經濟部能源局，2019。2013-2019年能源平衡表。
- 經濟部能源局，2020a。法規及行政規則—節約能源表，https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/Law/LawsList.aspx?kind=7&menu_id=3303。(資料擷取日期2020年2月)
- 經濟部能源局，2020b。能源統計月報：2020年10月。
- 經濟部統計處，2020。工業生產統計：2020年11月。
- 鍾俐娟與潘子欽，2018。臺灣電子業能源效率分析—以電路板產業為例，電路板季刊，第八十一期，第66-73頁。
- 鍾俐娟與薛劍青，2017。耗能產業之節能策略及作法—電子業，機械新刊，第二卷，第五期，第72-84頁。
- 謝文德、薛劍青、鍾俐娟與劉子衙，2017。國外電子業潔淨室空調系統節能技術漫談，冷凍空調與能源科技，第一〇四期，第53-66頁。
- Akyürek, Zuhul, 2020. "LMDI Decomposition Analysis of Energy Consumption of Turkish Manufacturing Industry: 2005-2014," *Energy Efficiency*, 13(8), 649-663.
- Ang, B. W., 1995. "Decomposition Methodology in Industrial Energy Demand Analysis," *Energy*, 20(11), 1081-1095.
- Ang, B. W. and Ki-Hong Choi, 1997. "Decomposition of Aggregate Energy and Gas Emission Intensities for Industry: a Refined Divisia Index Method," *The Energy Journal*, 18(3), 59-73.
- Ang, B. W., F. Q. Zhang and Ki-Hong Choi, 1998. "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition," *Energy*, 23(6), 489-495.
- Ang, B. W., 2004. "Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which is the Preferred Method?" *Energy Policy*, 32, 1133-1139.
- Backus, David and Patrick Kehoe, 1992. "International Evidence of the Historical Properties of Business Cycles," *American Economic Review*, 82(4), 864-888.
- Bashmakov, Igor and Anna Myshak, 2014. "Russian Energy Efficiency Accounting System," *Energy Efficiency*, 7(5), 743-759.
- Baumers, Martin, Christopher John Tuck, Ricky Wildman and Ian Ashcroft, 2011. "Energy Inputs to Additive Manufacturing: Does Capacity Utilization Matter?" 22nd Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium - An Additive Manufacturing

- Conference, University of Texas at Austin, August 8-10, 2011.
- Duran, Elisa, Claudia Aravena and Renato Aguilar, 2015. "Analysis and Decomposition of Energy Consumption in the Chilean Industry," *Energy Policy*, 86, 552-561.
- González, P. Fernández, M. Landajo and M. J. Presno, 2014. "Multilevel LMDI Decomposition of Changes in Aggregate Energy Consumption. A Cross Country Analysis in the EU-27," *Energy Policy*, 68, 576-584.
- Hodrick, Robert J. and Edward C. Prescott, 1997. "Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation," *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), 1-16.
- International Energy Agency, 2014. *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making*, France: International Energy Agency.
- Jin, Taeyoung and Bongseok Choi, 2020. "Sectoral Decomposition of Korea's Energy Consumption by Global Value Chain Dimensions," *Sustainability*, 12(20), 8483-8499.
- Kahane, Adam and Ray Squitieri, 1987. "Electricity Use in Manufacturing," *Annual Review of Energy*, 12, 223-251.
- Kim, Suyi, 2017. "LMDI Decomposition Analysis of Energy Consumption in the Korean Manufacturing Sector," *Sustainability*, 9(2), 202-218.
- Natural Resources Canada, 2016. *Energy Efficiency Trends in Canada 1990-2013*, Canada: Natural Resources Canada.
- Torregrossa, D., L. Castellet-Viciano and F. Hernández-Sancho, 2019. "A Data Analysis Approach to Evaluate the Impact of the Capacity Utilization on the Energy Consumption of Wastewater Treatment Plants," *Sustainable Cities and Society*, 45, 307-313.
- Zarnowitz, Victor and Atnman Ozyildirim, 2008. "Time Series Decomposition and Measurement of Business Cycles, Trends and Growth Cycles," *NBER Working Paper No.W8736*.

Factor Decomposition of Energy Consumption in Taiwan's Industrial Sector: Based on Capacity Utilization

Chi-Yuan Liang¹ Ruei-He Jheng^{2*} Chian-Huei Tu³ Hua-Wei Lin⁴

ABSTRACT

There are many international studies to discuss the relationship among capacity utilization, energy consumption, and energy efficiency. However, when analyzing the energy consumption and intensity of the country or industrial sector by factor decomposition in the past domestic literature, few studies consider the possible impact of capacity utilization. This paper applies the logarithmic mean Divisia index to disassemble the changes in energy consumption in Taiwan's industrial sector from 2014 to 2019. Apart from the effects of energy intensity, industrial structure and economic activities, we further add the effects of capacity utilization for exploring the impact factors of energy consumption in Taiwan's industrial sector during recent years. The research results show that the energy consumption of Taiwan's industrial sector decreased by 498 thousand KLOE from 2014 to 2019. Among them, energy intensity and economic activities have a lion share on the energy consumption of Taiwan's industrial sector. The improvement of energy intensity from 2014 and 2019 has reduced energy consumption by 6,469 thousand KLOE, but economic activities have increased by 6,881 KLOE as well. Then, the changes in the industrial structure have reduced energy consumption by 700 thousand KLOE in Taiwan's industrial sector during the same period. In addition, we uses two methods to calculate capacity utilization and their impacts on energy consumption. It Indicates that the capacity utilization of Taiwan's industrial sector has the smallest impact on energy consumption. Because the energy consumption of Taiwan's industrial sector will increase with economic growth, it is important to offset the effect through improving energy efficiency. The result has showed that current energy-saving policies were helpful to achieve energy conservation in the industrial sector. However, in addition to keep exercising existing measures, it is also necessary to reduce fossil fuel subsidies, rationalize energy prices to reflect costs, consider carbon tax, energy tax or carbon levy, introduce tradable white certificates, and so on in order to promote energy efficiency and reduce energy consumption in the industrial sector.

Keywords: Logarithmic Mean Divisia Index, Capacity Utilization, Energy Efficiency.

¹Chair Professor of Management, National Central University and Adjunct Research Fellow, Institute of Economics, Academia Sinica.

²Analyst, Chung-Hua Institution for Economic Research.

³Senior Project Administrator, Chung-Hua Institution for Economic Research.

⁴Administrator, Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute.

* Corresponding Author, Phone: +886-2-2735-6006#6091, E-mail: mike.jen@cier.edu.tw

Received Date: January 26, 2021

Revised Date: April 29, 2021

Accepted Date: May 5, 2021