

台北外匯市場發展基金會委託計畫

主權債券（Sovereign Bonds）的碳排放計算與投資組合的碳分析

研究人員*：林虹紋

日期： 中華民國一一一年十二月

*中央銀行外匯局研究人員感謝任職單位長官與委託單位的指正與建議，本研究僅代表個人觀點，不代表中央銀行立場。

摘要

主權債券 (Sovereign Bonds) 是主權國家藉由發行債券以資助其經濟活動，是世界上最大的資產類別之一，它是各國政府主要的籌資方式，也是養老基金最大的資產配置類別之一，應是氣候風險分析的研究重點。

近年來，分析投資組合的碳足跡 (carbon footprint) 做為一種氣候風險評估的方式已愈來愈受到歡迎，然由於缺乏適當的指標 (metrics) 和可執行的洞見，主權債券仍未確實地從碳風險 (carbon risk) 角度進行分析。值得注意的是，氣候變遷風險會影響所有的資產類別，因此，資產管理者以及投資人必須衡量、理解並管理其主權債券投資組合所蘊含的氣候變遷風險 (climate change risks)。

本文主要分為四大部分：第一部分為主權債券碳排放的基本介紹；第二部分分析主權債券碳排放計算中政府所扮演的角色；第三部分則說明主權債券碳排放的三種計算方式；第四部分為投資組合的碳分析；最後一部分為整篇報告之總結。

目 錄

壹、何為主權債券的碳排放（Sovereign bonds carbon emissions）？	4
貳、政府的角色.....	4
一、政府為經濟代理人（economic agent）	4
二、政府為監管者（regulator）	5
參、主權債券的碳排放計算.....	5
一、以生產為基礎的碳排放計算（Production-Based Accounting）	5
二、以消費為基礎的碳排放計算（Consumption -Based Accounting）	6
三、境內排放（Territorial emissions）加上進口排放（Imported emissions）	6
肆、投資組合的碳分析.....	8
一、加權平均碳強度法（Weighted Average Intensity Method）	8
二、產出法（Carbon footprint per unit of GDP（output method））和資產管理法 （assets under management（AUM）method）	8
伍、總結.....	10
參考文獻.....	11

前言

2015 年聯合國 195 個成員國於聯合國氣候峰會中簽署巴黎協定(Paris Agreement)，承諾將控制溫室氣體(Greenhouse Gas, GHG)排放量，讓地球氣溫的上升幅度，控制在與工業時代前相比升幅最多攝氏 2 度內，確認了全球暖化對全球經濟、資本市場和人類生活的質、量產生廣泛且系統性的影響。主權債券(Sovereign Bonds)是主權國家藉由發行債券以資助其經濟活動，是世界上最大的資產類別之一，它是各國政府主要的籌資方式，也是養老基金最大的資產配置類別之一，應是氣候風險分析的研究重點；2016 年流通在外的主權債券超過 20 兆美元，廣義的政府債務則超過 62 兆美元。

近年來，分析投資組合的碳足跡(carbon footprint)做為一種氣候風險評估的方式已愈來愈受到歡迎；其中，金融穩定委員會(Financial Stability Board)建立的氣候相關財務揭露(Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD)獲得 G20 國家中央銀行之支持。此外，資產管理者報告其股權及固定收益商品投資組合的碳足跡現已為普遍的做法，然由於缺乏適當的指標(metrics)和可執行的洞見，主權債券仍未確實從碳風險(carbon risk)角度進行分析。值得注意的是，氣候變遷風險會影響所有的資產類別，因此，資產管理者以及投資人必須衡量、理解並管理其主權債券投資組合所蘊含的氣候變遷風險(climate change risks)。

本文概述了許多主權債券碳足跡的評估方法和可用指標(metrics)，碳排放(carbon emissions)的範圍和廣度的衡量指標是關鍵因素，然最適合的衡量指標可能因投資人欲回答的問題而有所不同。

壹、何為主權債券的碳排放（Sovereign bonds carbon emissions）？

主權債券是為國家為政府提供資金的主要金融工具，故主權債券有關的碳排放成為碳足跡分析的重點。根據碳核算協議（carbon accounting protocols），基於不同的責任概念以及比較政府之間的碳效率來考慮一個國家的溫室氣體排放的適當量之意見不一，需要考慮的關鍵問題如下：

- 一、 碳排放是否應該僅限於公共部門或是整個國家，是否該包括私部門和家庭？這幾個部分是否可以分開計算？
- 二、 是否應該考慮國內生產但隨後出口的碳排放，還是國際生產但進口國內和國內消費的碳排放？
- 三、 如何將碳排放標準化以比較不同規模的經濟體？如何評估碳排放強度和效率？我們如何比較不同財富和人口規模經濟體的碳排放？
- 四、 每 100 萬美元經濟產出（國內經濟的碳效率）或每 100 萬美元政府債務（債務的碳效率）所創造的人均碳排放，哪個比較重要？

貳、政府的角色

一、 政府為經濟代理人（economic agent）

在最狹隘的定義中，政府被視為獨立於私部門和家庭，其碳排放只限於公部門產生的碳排放，在這種定義之下，一個國家的碳排放主要來自其為提供公共服務和國防而消費的商品和服務。

一些報告如荷蘭碳核算財務平台（Dutch Platform for Carbon Accounting Financials）推薦這種方法，其具有限制重複計算的好處，並且與溫室氣體協議（Greenhouse Gas Protocol）定義的範圍一致；然而，這種方法因低估政府碳排放且淡化其責任而受到批

評。在對主權國家碳排放進行更廣泛的評估之後，需考慮政府在透過監管和稅收影響私部門和家庭方面的潛在重要作用。還值得考慮的是，公共服務和國防不僅透過發債融資，還透過稅收和關稅提供資金，故公部門的碳排放與公共支出占國內生產總值（GDP）的比率之間沒有明顯的關係。

二、政府為監管者（regulator）

另一種方法是透過考慮其領土境內產生的所有碳排放來更廣泛地量化一個國家的碳排放，在這種情況下，整個經濟體成為分析單位，包括其自身碳排放（直接碳排放），與間接碳排放（從其他國家進口的碳排放），這與政府的監管和影響範圍一致，不限於中央政府和公共服務活動。

政府作為監管者方法的主要缺點是重複計算，考慮經濟的全部碳排放會導致重複計算私部門產生的排放量。但是，這種觀點可確認在投資主權債券時，政府對私部門和家庭的廣泛影響。

雖然在評估哪個機構對碳排放負責時可能存在重複計算的問題，但在以風險為考量時，有時可能需要重複計算，因為金融風險也可能是加倍的，例如，如果某養老基金持有澳洲煤礦公司的債券並同時還持有澳洲主權債券，則該養老基金在主權債券和公司債這兩個部位都承擔了碳風險。

參、主權債券的碳排放計算

一、以生產為基礎的碳排放計算（Production-Based Accounting）

政府單位通常根據政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）為國家溫室氣體清單制定的國際標準來計算其溫室氣體排放量，其碳估算報告是基於境內（territorial）的範圍，並於生產基礎（production basis）上測量碳

排放，這相當於國內消費碳排放（國內碳排放）和出口的商品和服務碳排放（出口碳排放）的總和。

雖然從實務的角度來看，這種方法是可以理解的，但它易造成或鼓勵了碳洩漏（carbon leakage）；碳洩漏（carbon leakage）是指高碳排放行業的碳排放從監管嚴格的國家轉移到監管較不嚴格或者是根本沒有監管規則的國家。自 1990 年代以來的經濟合作與發展組織（OECD）國家轉移到新興國家，尤其是金磚四國如巴西、俄羅斯、印度、中國和南非（BRICS），這種方法因未能真正解決碳排放問題而受到批評。

二、以消費為基礎的碳排放計算（Consumption -Based Accounting）

為了減輕上述偏差，應該考慮國際貿易的商品和服務中的碳排放，即是應包含進口和出口部分，這種方法被稱為以消費為基礎（consumption-based）的計算，從數學上講，這相當於將國內消費中的碳排放以及進口商品和服務的碳排放（進口碳排放）相加，然這方法對商品和服務的淨進口國產生負面影響，通常是 GDP 較高的已開發國家，也是那些通常將大部分生產的碳排放外包給新興國家。

三、境內排放（Territorial emissions）加上進口排放（Imported emissions）

以生產為基礎的計算和以消費為基礎的計算都有一個共同的特徵，透過將碳排放歸屬於一個經濟體而避免重複計算，換句話說，所有以消費為基礎的計算的碳排放總和等於所有境內碳排放總和。除此之外，還有第三種方法可以避免重複計算，將其直接或間接控制的所有碳排放歸屬於一個國家，即匯總所有境內、出口和進口的碳排放，即計算與經濟活動的任何方面相關的碳排放。

選擇上述三種方法的哪一種方法，取決於投資人想要回答的問題，摘要主權債券碳排放的三種計算方式如表（一）。

表（一） 主權債券碳排放的三種計算方式

主權債券的碳排放計算方式	1.以生產為基礎的碳排放計算（Production-Based Accounting）	2.以消費為基礎的碳排放計算（Consumption - Based Accounting）	3.境內排放（Territorial emissions）加上進口排放（Imported emissions）
範圍	一個經濟體在其國家境內產生的碳排放	與一國人口消費或最終需求相關的碳排放	與經濟活動的任何方面相關的碳排放
計算方式	境內排放 = 國內排放 + 出口排放	國內排放+進口排放	國內排放+出口排放+進口排放
偏差	偏重於出口商或溫室氣體生產商	偏重於進口商或溫室氣體消費者	沒有偏差
複雜度	低	高	高
優點	符合國際標準，反映一個經濟體產出的碳強度	反映基於需求的排放，無論排放在哪裡產生	反映一個經濟體的碳依賴，無論是需求驅動（國內或進口）還是提供驅動（出口），相當於直接加上間接的排放
缺點	無法解決碳洩漏問題且不公平，因其將責任推給新興經濟體	不捕捉經濟產出的碳強度，對商品和服務的淨進口國產生負面影響	雙重計算

一旦定義碳排放計算的範圍，下一個問題就是使用什麼當做計算的分母（denominator），這使我們能夠將一個國家的碳排放標準化為數據，可用來比較不同經濟規模國家的碳排放。

（一）以 GDP 當作分母來計算 GDP 碳排放強度

以生產為基礎的方法側重於經濟體在其境內生產的產出，以 GDP 當作分母係以生產為基礎的碳排放按 GDP 標準化，是表達經濟體內碳強度的合理做法。量化一個國家的碳排放是以生產為基礎的方法，側重於經濟體在其境內生產的產出，然隨著時間的推移尚須比較各國匯率波動的影響。

(二) 以人口數字 (Per Capita) 當作分母來計算人均碳排放

使用人口數字 (Per Capita) 是基於經濟體的個人消費模式，因此人均方法可能更合適，即是以人口數當做分母。

儘管兩種方法都令人信服，但會產生截然不同的結果，如經濟合作與發展組織 (OECD) 國家的 GDP 碳排放強度是世界上最底的，而人均碳排放卻是最高的，然大多數金磚國家，尤其是印度，情況恰恰相反，這是碳洩漏的一個例證；本質上一個國家的碳排放通常會從已開發國家輸出至新興國家，而以 GDP 當作分母來計算 GDP 碳排放強度並非很好的指標。

(三) 以政府債務金額作為分母來計算每百萬美元債務 (Per USD 1 Million of Debt) 的碳排放

關注公共部門碳排放的投資人可能會感興趣的另一個分母是使用政府債務金額當作分母，可以計算出每百萬美元債務的碳排放，但其結果會因不同的債務水平而嚴重扭曲。

肆、投資組合的碳分析

一、加權平均碳強度法 (Weighted Average Intensity Method)

若投資人想要評估其投資組合對於碳密集國家風險的暴險 (portfolio exposure to carbon-intensive countries)，需要選擇一種方法去配置每個國家對投資組合的相對重要性或貢獻度，一種方法是使用 GDP 碳排放強度當做指標 (metrics) 以衡量每個債券發行國家的碳排放強度，並透過投資權重來進行投資組合匯總 (portfolio aggregation)，最後可獲得投資組合的加權平均碳強度。

二、產出法 (Carbon footprint per unit of GDP (output method)) 和資產管理法

(assets under management (AUM) method)

若投資人想要依據所有權方法估算其投資組合的碳足跡，需要先計算其持有的債券融資國家的碳排放，這稱為分配 (apportioning)，對於股票和固定收益債券，分配的方法是使用公司的市值或企業價值做為分母來計算分配係數，然這種方法在計算主權債券上具有難度，因為政府的股權很少被估價，企業價值的概念也不能直接適用，可使用的最接近的替代變數是政府的債務 (general gross debt)，這是一個隨時可用並會及時更新的數字；兩種計算所有權 (ownership) 的指標分別為每單位 GDP 的碳足跡，即產出法 Carbon footprint per unit of GDP (output method) 和每單位投資的碳足跡，即資產管理 (AUM) 法 Carbon footprint per unit of investment (assets under management (AUM) method)，兩種方法提供了可比較的結果。

表 (二) 標普全球已開發國家主權債券指數成分的碳足跡分析

Exhibit 8: Carbon Footprint Contribution of Selected Constituents of the S&P Global Developed Sovereign Bond Index							
COUNTRY	GROSS DEBT (% GDP)	WEIGHT IN INDEX (%)	CARBON INTENSITY (tCO ₂ e/USD MILLIONS GDP)	APPORTIONED EMISSIONS (tCO ₂ e)	FOOTPRINT RELATIVE CONTRIBUTION		
					OUTPUT METHOD (%)	AUM METHOD (%)	WEIGHTED AVERAGE INTENSITY METHOD (%)
Hong Kong	0.1	0.05	1,702	1,110	-52	-75	0
Japan	235.6	30.14	456	45	5	39	4
Singapore	106.8	0.29	1,475	3	0	0	-1
U.S.	107.2	28.94	501	104	10	31	0
Index Footprint					1,091 tCO ₂ e/ USD Millions GDP	1,734 tCO ₂ e/ USD Millions AUM	497 tCO ₂ e/USD Millions GDP
Source: Trucost, IMF, World Bank, WIOD, EORA, PRIMAP, S&P Dow Jones Indices LLC. Data as of December 2016. Table is provided for illustrative purposes.							

舉例來說(如表二)，將 100 萬美元投資於標普全球已開發國家主權債券指數(S&P Global Developed Sovereign Bond Index) 並使用三種方式來計算碳足跡和碳強度，產出

法和資產管理（AUM）法提供了可比較的結果，分別為每百萬美元 GDP 之 1,091 噸二氧化碳和每百萬美元 AUM 之 1,734 噸二氧化碳，其中，雖然香港僅占指數的 0.05%，但根據產出法和資產管理法，它分別貢獻了指數的碳績效為-52%和-75%，這是由於香港的政府債務水平較低（僅占 GDP 的 0.01%），誇大了香港的負貢獻。

新加坡和香港的單位 GDP 碳強度和 GDP 數據相似（香港為 3,210 億美元，新加坡為 3,100 億美元），儘管新加坡在指數中所占的比例較高（0.29%），但它幾乎沒有貢獻碳足跡到投資組合中，這是因為新加坡的大量債務（占 GDP 的 106.8%）稀釋了債券投資。加權平均碳強度法（Weighted Average Intensity Method）則不受這種偏差的影響，與日本和美國等國家相比，香港和新加坡對投資組合碳強度的貢獻很小，其中，日本和美國各占指數的 30%左右。

伍、總結

分析碳足跡是評估主權債券投資組合碳密度的第一步，它對於辨識投資組合中潛在的實質性問題很重要，GDP 碳排放強度方法解決人均碳排放的碳洩漏問題，且不受一個國家債務水準的影響。

如果以正確的方式使用碳暴險（Carbon exposure）和碳強度指標（Carbon intensity metrics），可為有用的風險及進展指標，前提是需針對國際貿易調整境內排放，以說明一個經濟體透過進口或出口的總和碳依賴度。只有了解一個國家目前對全球碳排放的影響，才能進一步評估減碳進展（decarbonization），並確定孰是低碳轉型的贏家和輸家。

參考文獻

1. Bank for International Settlements Debt Securities Statistics,
<https://stats.bis.org/statx/toc/SEC.html>.
2. Gautier Desme, Lauren Smart (June 2018) , “Accounting for Carbon: Sovereign Bonds,” S&P Global.
3. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
4. The Platform Carbon Accounting Financials, “Paving the way towards a harmonised Carbon Accounting Approach for the Financial Sector,”
<http://carbonaccountingfinancials.com/>.
5. World Economic Outlook Database April 2018 - International Monetary Fund,
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2018/01/weodata/index.aspx>.