

論著

氣候衍生性商品之研究

劉美纓（東吳大學企管系副教授）

謝慧玉（證期會稽核）

壹、前言

隨著科技的進步卻也帶來對大自然界的破壞，氣候開始出現反常的變化，1997年由於溫室效應發生聖嬰（El Nino）現象，夏季熱浪襲捲全球，冬季到處是暖冬景象。由於熱浪侵襲，冷氣的需求大增，電力公司為因應尖峰時間大量的電力需求，必須緊急增加人手同時啟用成本較高昂的火力發電，促使成本大增，利潤縮水；而由於是暖冬，燃料油需求減少，使得能源公司利潤亦大幅降低。營收的不穩定造成企業經營的多項困擾，如未來營運計畫的擬定等，為規避此種因氣候變化而造成營收不穩定的風險，於是氣候衍生性商品（weather derivatives）便被創出。

氣候衍生性商品係氣候保險在資本市場與保險市場發展的結果。將氣候因素納入風險管理，在保險市場已行之多年，氣候保險是企業採以規避氣候風險工具，多以天災損失為保險標的，並採以保險單店頭市場交易方式為之，如「氣候保險保單」。目的主要在降低企業面對反覆不定的天候因素所造成成本增加或收入減少等損失之風險。

在氣候保險於保險市場中發展一段時日後，由於1992年美國安得魯颶風造成美國保險公司的巨額虧損，美國保險業有感於保險及再保體系之不足，於是採取替代風險移轉業務（alternative risk transfer；ART）之金融操作，即保險業界將承保之巨災、地震、颱風、冰雹、洪災、雨量等可能造成重大財產損失的天然災害的風險，以證券化的方式分散至資本市場，如巨災衍生性商品。目前以美國芝加哥期貨交易所（CBOT）所上市之巨災保險選擇權（catastrophe insurance option）及巨災債券（catastrophe bond）最為代表；另由於雨量、降雪、風速、氣溫等氣候變化，雖不致釀成巨災，卻也影響一些經營活動與氣候變化運動較深之企業的經營結果，因此利用資本市場來規避企業因異常氣候所導致之經營風險亦應運而生，此即促成氣候衍生性商品的產生。

不同於傳統針對規避價格風險為目的的契約商品，氣候衍生性商品係針對任何不同的氣候因素如雨量、降雪、

風速、氣溫等以規避數量風險 (volumetric risk) 加以設計之契約商品，其中針對氣溫度數變化之長期預測來設計者最為常見與普遍，如日溫度指數契約 (Degree-Day-Contract)，第一筆交易發生於1997年，並在1997及1998聖嬰年期間迅速發展。依據Siman Challis報告指出，約有二十％美國經濟直接受到氣候變化的影響，其中又以其經營活動較具氣候敏感度之行業，如能源公司、遊樂業、主題樂園與音樂會之主辦單位、零售業及食品公司等影響程度較大，因此該等行業自然成為氣候衍生性商品主要需求對象，目前公用電力事業及能源公司即占有氣候衍生性商品交易的80％。

初期，氣候衍生性商品契約多為企業實際需求量身設計，並以交換 (swap) 或選擇權方式在店頭市場進行，嗣為降低店頭市場之信用違約風險，經過標準化的契約遂逐漸被開發，並於集中市場進行交易。依相關統計資料顯示，目前於集中市場最熱門的氣候衍生性商品契約為溫度指數期貨暨選擇權。美國商芝加哥商業交易所 (CME) 目前所推出之日低溫度指數與日高溫度指數 (Heating Degree Day and Cooling Degree Day Indices ; HDD/CDD Indices) 期貨及期貨選擇權契約即為代表。

本文目的旨在以CME所推出之HDD/CDD期貨、選擇權為範例，介紹氣候衍生性商品的內涵與應用，以下即依序說明CME HDD/CDD 指數的編製方式、HDD/CDD期貨契約規格及其避險範例，以及HDD/CDD 期貨選擇權契約規格與簡易選擇權評價模式，最後則歸納本文結語。

貳、HDD/CDD指數之編製

HDD與CDD指數係由日溫值 (degree day) 所累計而成，所謂日溫值係指每日平均溫度 (當日最高溫與最低溫之平均值) 與合約約定基準溫度之差距度數。日平均溫度低於基準溫度的度數稱為日低溫值 (Heating Degree Day ; HDD)，而日平均溫度高於基準溫度的度數稱為日高溫值 (Cooling Degree Day ; CDD)。HDD/CDD指數即可用來衡量氣溫變化的指標。CME 所推出之HDD/CDD期貨暨選擇權契約中所訂定之基準溫度為華氏65°，之所以採華氏65° 為合約基準溫度的理由係基於過去的統計資料顯示，當氣溫升高於華氏65° 時，人們逐漸需要以冷氣來降低室內溫度，反之，當氣溫降低於華氏65° 時，人們逐漸需要以暖氣來提高室內溫度。然而華氏65° 僅是氣象學家所設立的一般產業標準，並非氣溫冷熱的絕對分界點。不同氣溫的民眾對氣溫冷熱的感受度或許不同，例如，洛杉磯地區的居民可能覺得華氏65° 已接近冰點，而明尼蘇達地區的居民可能覺得華氏65° 仍屬高溫狀態。

如前所述，CME之HDD係指日平均溫度低於華氏65° 的度數，若為負值則以0計，從而日HDD 值 (daily HDD) 可以下式表示：

日HDD值 = Max (0 , 華氏65° - 日平均溫度)

例如，日平均溫度為華氏40° 時，其日HDD 值即為25；日平均溫度為華氏67° 時，其日HDD 值即為 0。

HDD指數（HDD index）為日HDD 值的逐日累加值，即

$$\text{第}n\text{日之HDD指數} = \text{HDD}_t = \sum_{i=1}^n \text{HDD}_i = \text{HDD} \times n$$

式中，

HDD_t：第t日之日HDD值

HDD：n日HDD之平均值

依CME標準合約規定每單位 HDD指數點（HDD index point）為US\$ 100，假設

11月份的平均日HDD 值為25，而11月份有30天，則11月底時HDD指數應為750

（25×30），而期貨契約價值即為US\$ 75,000（\$ 100×750）。

同理，CDD係指日平均溫度高於華氏65° C的度數，若為負值則以 0 計，從而日CDD

值（daily CDD）可以下式表示：

$$\text{日CDD 值} = \text{Max} \left(0, \text{日平均溫度} - \text{華氏}65^{\circ} \right)$$

例如，日平均溫度為華氏75° 時，其日CDD 值即為10；日平均溫度為華氏58° 時，其日CDD 值即為 0。

CDD指數（CDD index）即為日CDD 值的逐日累加值，即

$$\text{第}n\text{日之HDD指數} = \text{CDD}_t = \sum_{i=1}^n \text{CDD}_i = \text{CDD} \times n$$

CDD_t：第t日之日CDD值

CDD：n日CDD之平均值

CME每單位 CDD之合約金額亦為US\$ 100，假設6月份的平均日CDD值為10，而6月份有30天，則6月底時CDD指數

應為300（10×30），而期貨契約價值即為US\$ 30,000（\$ 100×300）。

CME之HDD/CDD指數編製所須每日平均溫度資訊係由大地衛星公司（EarthSatellite Corporation）所提供。該公司係農業、能源市場上氣候資訊的世界級領導廠商，專門提供農業、能源廠商關於氣候方面的重要資訊服務。

參、HDD/CDD期貨契約

CME之HDD/CDD期貨契約是買賣未來特定日期之HDD/CDD指數之契約，與其他一般標準化的金融期貨契約，如歐

元、S&P 500股價指數等期貨契約相同，均是採以現金結算（cash settlement）以及釘市逐日結算（mark-to-market）等制度。

一、HDD/CDD期貨契約規格

HDD/CDD期貨契約規格內容如表一所示。每口契約價值等於US \$ 100 × HDD/CDD指數，報價單位為HDD/CDD指數點，最小跳動單位為1 HDD/CDD指數，每1 HDD/CDD指數點折合金額為US \$ 100。假設投資人在1999年9月10日以750點價位賣出一口HDD期貨契約，而於同年10月11日以625點的價位進行回補以結清部位（平倉），則該交易人在此一交易中可獲利US \$ 12,500（\$ 100 × 125）。

契約月份為連續十二月，即每月均有，相對傳統OTC市場HDD期貨契約月份卻僅限於10月至次年3月，而CDD期貨契約月份則限於5月至同年8月，其中4月及9月DD/CDD期貨兩者均無契約之月份即被稱為「肩月（shoulder month）」，CME將HDD/CDD期貨契約推廣及於所有月份，較之OTC市場當然更能符合廣大投資人的需求。此外，契約月份最後交易日之次營業日為結算日，而交易人持有之部位限制為10,000口。

表一 CME HDD/CDD期貨及期貨選擇權契約規格

二、HDD指數期貨避險範例

ABC電力公司係芝加哥地區的電力供應商，預估一般正常氣溫下其冬季電力的銷售量約為10億千瓦小時（kilowatt-hours; kwh），銷售金額為8000萬元（每千瓦為\$ 0.08）。然而ABC公司卻擔心暖冬的來臨會造成其營收的下降，此問題經該公司研究部門研究發現，該公司的銷售量與CME HDD指數具高度正相關，且相關係數高達0.9。亦即，當CME HDD指數下降1%時，該公司的銷售量則下降0.9%，從而該公司即可利用HDD指數來進行因氣溫變化所導致營收不穩定的避險操作。

為了維持公司當年冬季的營收穩定，ABC公司擬賣出2000年1月的HDD指數期貨，當時價位為1250點。值得注意的是：季節性的避險通常應包括序列（strip）數個月的HDD契約，例如，從1999年10月至2000年3月，在此為了簡化分析，我們假設避險期間僅限最冷的月份。在確定避險工具之後，接著要決定的便是HDD期貨契約賣出數量，亦即所謂的避險比率（hedge ratio），由前面相關研究資料得知，HDD 指數下降1%時，一口HDD 指數期貨契約價值即下降\$ 1,250（\$ 100 × 1250 × 1%），而營收下降0.9%即相當於\$ 720,000，則避險比率求算方式如下：

避險比率 = 營收變動金額 / 契約價值變動金額

= \$ 720,000 / \$ 1,250

= 576（口契約）

因而1997年10月1日ABC公司以1,250點的價位賣空576口，2000年1月的HDD

期貨契約，其避險效果說明如下：

1. 假設該年冬季是暖冬情況：

ABC公司在2000年2月初，將之前賣空的HDD指數期貨以1,150點的價位進行回補節結清部位。雖然ABC公司的營業量因暖冬而減少7,200萬KWH（ $10\text{億} \times 0.9 \times (1,250 - 1,150) / 1,250$ ），營收同時減少576萬元（ $\$0.08 \times 7,200$ ），然而ABC公司的HDD指數期貨交易卻因暖冬HDD指數下降而獲利576萬元（ $\$100 \times (1,250 - 1,150) \times 576$ ），此一利潤正好彌補該公司因暖冬導致營收減少的損失。

2. 反之，該年冬季是嚴冬的情況：

與上述情況相反，嚴冬低溫將使HDD指數及ABC公司的營收同時上升。該公司在2000年2月初，將之前賣空的HDD指數期貨以1,400點的價位結清部位。合計損失864萬元（ $\$100 \times (1,400 - 1,250) \times 576$ ），同時ABC公司的營業量因嚴冬而增加10,800萬KWH，營收增加864萬元（ $\$0.08 \times 10,800$ ），HDD指數期貨交易的損失與營收的增加兩者正好可以抵銷。

綜合上例可知，ABC公司可藉由HDD指數期貨契約的避險操作來克服因氣候變化所造成該公司營收不穩定的問題。

肆、HDD/CDD指數期貨選擇權契約

CME所推出之HDD/CDD指數期貨選擇權契約則又進一步擴展了HDD/CDD指數期貨契約避險的涵蓋層面。就選擇權的買方而言，其僅須支付有限的權利金（premium），便可擁有獲得無限利潤的機會，相對選擇權賣方，在出售選擇權收取權利金之後，便須承擔無限可能的損失風險。

HDD/CDD買權（call option）賦予買方（即權利持有人）以履約價（strike orexercise）買入HDD/CDD期貨契約的權利，而HDD/CDD賣權（put option）賦予選擇權買方按履約價賣出HDD/CDD期貨契約的權利，從而HDD/CDD期貨選擇權契約即可以之規避氣溫高低變化所帶給企業不利營運的風險。例如，一個燃油零售商為了規避氣候風險往往於冬天期間賣一個HDD買權，果如為嚴冬，則燃油需求大，該零售商營業收入趨高，其收入亦足以支付HDD買權購買者之報酬，反之，如為暖冬，該公司營業收入將下降，卻可賺得HDD買權購買者所繳付之權利金，營業利潤因此獲得某種程度之保障。

一、HDD/CDD期貨選擇權契約規格

CME的HDD/CDD指數期貨選擇權契約係屬歐式選擇權（European option），亦即選擇權持有人僅可在到期日執行其權利，未到期前不得要求執行選擇權權利，惟其可進行反向平倉。亦即交易人買入HDD/CDD指數期貨選擇

權契約後，可在到期日前在市場上賣出之前所買入的選擇權。到期時，權利持有人選擇權未平倉部位（open interest）若是處於價內情況（in-the-money），亦即履約價值仍大於0，則選擇權會被自動執行並將款項轉入權利持有人帳戶。

CME的HDD/CDD指數期貨選擇權契約規格內容亦如表一所示。一口HDD/CDD指數期貨選擇權契約的標的資產（underlying asset）為一口HDD/CDD指數期貨契約，每口選擇權契約值等於US\$100×HDD/CDD指數，與期貨契約相同，報價單位為HDD/CDD指數點，最小跳動單位為1 HDD/CDD指數，每1 HDD/CDD指數點折合金額為US\$100，例如HDD/CDD選擇權報價3點，表示權利金價格為US\$300（\$100×3）。又如當市場上HDD買權的標的資產？HDD指數期貨契約的契約值為750點時，平價發行之HDD買權履約價即等於US\$75,000。若採行價外發行且履約值設定為800點，則HDD買權權利金價格應較價平發行時更為便宜。

至於契約月份，HDD指數期貨選擇權契約為每年11月至次年3月，計有5個較低溫的月份，CDD指數期貨選擇權契約則為每年5月至同年9月，亦有5個較高溫的月份。選擇權之結算日與期貨契約相同而為契約月份最後交易日之次營業日，持有部位限制亦同為10,000口。此外，選擇權契約新發行序列為價平契約一個，價內、價外契約各三個計七個契約。

二、簡易HDD/CDD選擇權定價模式（pricing model）

HDD/CDD選擇權契約之定價，基本上可先就HDD/CDD歷史性資料配適一恰當的機率分配，之後再整合選擇權契約所定償付條件的相關變數而得。例如，CDD選擇權的期望償付值亦即其理論E可簡單設定為：

$$E = M \cdot P(CDD) \cdot Q(CDD) \cdot d(CDD) \cdots \cdots (1)$$

式中，

M：選擇權契約中所約定每單位CDD的償付金額。

CDD：特定期間內日均溫高於合約約定特定溫度（履約值）之差距值的累積值。

P(CDD)：CDD的機率分配。

Q(CDD)：選擇權契約以CDD為單位的償付值。

d(CDD)：CDD的微量變動額（differential）。

幟式表示CDD選擇權的期望償付值為合約履約值、CDD之機率分配以及每單位CDD償付金額的函數。

許多的研究顯示：高斯分配（Gaussian distribution；即常態分配）可適用於DD/CDD的機率分配。在常態分配的假設下，HDD/CDD選擇權的定價模式可以一極簡易的數學式來表示。只須知道HDD/CDD的平均數及標準差，

利用此一定價模式，即可推估出HDD/CDD選擇權的期望償付值。在該定價模式中，HDD/CDD選擇權價值決定於以下三個變數：

1. 標的變數（即HDD/CDD）之機率分配的標準差。
2. 履約值距標的變數平均值之差距。
3. 合約中所約定每一單位HDD/CDD償付金額。

若進一步將履約值進行標準化，即履約值以距平均值多少個標準差來表示，則HDD/CDD的定價模式即可表示為：

$$\text{選擇權價值} = M \times S \times \sigma \dots\dots\dots (2)$$

式中，M：定義同上。

S：標準化的履約值。

σ ：標的變數的標準差。

假設CDD在合約涵蓋期間內的平均值為1000 CDD，而標準差為100 CDD，履約值為1080 CDD，每單位CDD的償付金額為\$5,000，據此可推知履約值距平均值為0.8個標準差，在標準常態分配下其所對應的橫軸坐標值應為0.125，因此該CDD選擇權的價值計算如下：

$$\text{CDD選擇權價值} = \$5,000 \times 0.125 \times 100 = \$62,500$$

值得注意的是，此一選擇權定價模式並未考慮選擇權賣方所承擔風險之風險溢酬，亦即其隱含選擇權賣方的風險態度是風險中立（risk neutrality）的假設，儘管如此其仍可對選擇權的定價提供一基準價格參考。

如何正確地評估氣候標的變數的平均數與標準差是採用上述簡易定價模式所面臨的主要課題。採樣期間應多長才是估計參數的最適時間規模（optimal timescale）？其中所涉及的問題即是氣候變化的非穩定狀態（non-stationary），亦即，氣候之攸關參數（平均數、標準差）會隨時間而改變。此一情況下，如採既定觀察期間所得固定參數值即無法充分掌握未來氣候的變化狀況，因而必須再就氣候的變化趨勢進行校正。而不同長短期間趨勢改變的程度均不同，一般而言，愈長期的預測精確度愈低。

伍、結語

氣候衍生性商品市場的發展背後有許多的驅動者，源頭來自於資本市場與保險市場的結合，可資依循的脈絡即為近年來巨災債券的發行成長速度與芝加哥期貨交易所（CBOT）巨災選擇權的推出，而氣候衍生性商品即是此二市場結合後之產品。

氣候巨災風險證券化的速度很快，尤其在1997-1998聖嬰年期間，許多企業因不尋常的暖冬而遭受鉅額的盈餘衰退，進而對季節性的氣候風險採取必要的避險措施。近兩年來，氣候衍生性商品在美國市場方興未艾，儼然成為企業氣候風險管理的新興工具，對產業經濟發展極具正面貢獻。相較傳統的氣候保險單，不僅費用昂貴，且須在災後提出損失證明方能理賠，氣候衍生性商品低成本高流動性的特質，對於具有衍生金融商品操作經驗的企業尤具吸引力，未來將有逐漸取代傳統保險市場的趨勢。

衍生性金融商品的發展不過二十餘年，歷史雖短，惟其具有低資金成本、套利、避險等功能，可滿足投資人、發行人、金融機構等的需求。自1980年代以來，不論在發行量或成交量均急劇成長，已成為國際金融市場最耀眼的巨星，我國近年來極力發展台灣成為亞太金融中心，自不能自外於國際金融潮流趨勢中，參考國際金融市場的發展，以為發展國內金融市場的借鏡，誠屬必要。氣候衍生性金融商品對於營收會受天候等自然條件影響，而造成盈餘不穩定的廠商均應具避險作用，對於投資人則可增加投資工具的選擇機會。基本上，由於台灣地處亞熱帶，四季溫差變化不大，氣溫變化造成廠商蒙受重大損失的風險應屬不高，倒是雨災、風災所造成之損失較為嚴重，因而在商品的設計上，風險因子可從雨量、風速著手，成功機率或許較高。深入瞭解國內各相關行業受各種自然天候條件的影響情況予以規劃、開發適合國內廠商的氣候衍生性金融商品，供產業規避天氣等不可抗力的天然風險，並開發金融市場的新興金融商品，應是未來規劃、努力的方向。

參考文獻

CME Weather Futures & Options Resource Center, "The CME Degree Day Futures and Options on Futures Specifications."

<http://www.cme.com/weather/degreespec.html>

CME Weather Futures & Options Resource Center, "Weather Futures & Options"

<http://www.cme.com/weather/weather.html>

Considine, G., "Introduction to Weather Derivatives"

<http://www.cme.com/weather/introweather.html>

Dischel ,B., "Weather Risk Management at the Frozen Falls Fuel Company ",
Applied Derivatives Trading, April 1999.

http://www.wxpx.com/frozen_Falls.html

《[回目錄](#)》