

気温変動による収益変動リスクの 分散化スキームの構築

鈴木喜久

1. イントロダクション

多くの産業において企業収益は、直接・間接に気象変動の影響を受ける。とりわけ電力・ガス、飲料水、服飾、レジャーなどの産業において、その収益は気象条件に大きく左右される。エルニーニョ現象などを原因とする異常気象の頻発は、気象条件と企業収益との関連を広く認識させるようになり、そうしたリスクに対する回避手段がますます求められるようになって来ている。シカゴ・マーカントイル取引所（CME）では、1999年以降アメリカ合衆国、カナダ、ヨーロッパ、アジア太平洋地域、オーストラリアにおけるそれぞれの気温やハリケーン、降雪量、降雨量を対象とした先物オプションを取引している。

本邦においても、電力会社とガス会社による気温を対象としたいわゆる気温デリバティブ契約が成立しており、ゴルフ場運営会社などに対して損害保険会社による降雨量を指標として保険金を支払う保険商品などが販売されている。

こうした天候リスクに対する回避手段は主に2種類に大別できる。一つは、電力会社とガス会社の場合のように、冷夏や猛暑といった天候リスクに対して、企業収益が逆向きの影響を受ける収益構造となっている当事者間で、天候リスクに基づく収益変動の一部を補い合う契約を締結するものである。もう一つは、企業が直面する天候リスクを、市場を通じて投資家や保険会社に移転するものである。ここで実際に天候リスクに直面する企業にとって問題となるのは、前者の場合には同等のリスク要因に対して逆向きの利害を持ち、実際に契約を行うことを承諾する相手を探さなければならないことであり、後者の場合には、取引所に上場している商品には一般に大きなベシスリスクが存在し、また保険会社が提供する商品には割高な保険料を支払う必要があるということである。

本稿では、気温変動により事業収益が必ずしも

逆方向ではなく変動する複数の企業間で当該気温変動に伴う収益損失を相互にリスク分散するスキームを構築し、これを機能させる条件を明らかにする。

電力会社の収益は、一年間のうち気温が高い時期および低い時期には需要家による電力消費量が増えるために増大する。一方、ガス会社の収益は、一年間のうち気温が低い時期には需要家によるガス消費量が増えるため増大するが、気温が高い時期には需要家によるガス消費量が少なくなるため減少する。すなわち、電力会社とガス会社とでは、夏季の気温変動に関して逆方向のリスクを持つ。

このようなことから、電力会社とガス会社との間で気温変動に伴う収益損失を相互に補うことで当該気温変動に起因する事業収益の変動リスクを解消等する（すなわち、気温変動リスクをヘッジする）ことが行われることがある。

金融市場においては、競争的に売買されている金融資産（原資産）の価値変動を回避（ヘッジ）する、或いは損失のみを回避（インシュアリング）する手段として、原資産価格に依存してキャッシュフローが変動する金融派生商品が相対や取引所を通じて売買されている。これらの金融派生商品は、原資産に市場価格があることにより、裁定条件によって価格付けがなされる。また、住宅ローン商品のようにリスク特性の類似したものが多数存在する場合には、それらをプーリングすることにより分散化が図られ、さらには、それらをバンドリングして投資家の選好に合致するリスク特性を持つ証券群を組成することにより、市場価格に基づくリスク移転が可能となる。

しかしながら、市場価格の無い気温に関する従来のリスクヘッジの取引では、ヘッジ契約をする相手が逆方向のリスクを持つ事業主体に限定されるため、たとえば電力会社がガス会社とリスクヘッジの契約をしたい場合であっても、ガス会社がその契約に応じないときにはリスクヘッジができ

ない。また、気温変動について大きなリスクを持っている電力会社は、ガス会社との契約だけでは十分なリスクヘッジができない場合がある。このようなことから、同方向のリスクを持つ事業主体間（たとえば、電力会社同士）でリスク分散の契約をしたいという要請があるが、既存のリスクヘッジ技術は、逆方向のリスクを持つ事業主体間を対象としているため、このような要請に応えることができない。

本研究の目的は、逆方向のリスクを持つ事業主体間だけでなく同方向のリスクを持つ事業主体間でもリスク分散契約を可能にする気温リスク分散化スキームを開発し提供することにある。

2. 気温デリバティブ

気温は企業収益に多様な影響を与えるが、人為的に制御できないリスク要因である（気象庁（2003年参照））。しかし、気温の変動に伴ってキャッシュフローが発生する金融上の契約を介させることにより、企業収益に与える気温に基づくリスクをヘッジすることが可能になる。そうしたことから、市場で価格付けされている有価証券やインデックスなどを原資産とし、その価格変動に伴ってキャッシュフローが発生する金融デリバティブを模して考案されたものが天候デリバティブズである。特定地点における一定期間の降水量や降雪量、さらには湿度など、その指標が客観的に観測可能であれば様々な事象が金融デリバティブでいうところの原資産になり得る。特に、一定期間に観測される気温に基づいてキャッシュフローが発生するデリバティブを総称して気温デリバティブと呼ぶ。本節で扱うのはその一つの形態である気温オプションである。

気温オプションの仕組み

気温オプションは、以下で定義される Heating Degree Days (HDD) または Cooling Degree Days (CDD) と呼ばれる気温インデックスに基づきキャッシュフローが決定される契約である。

HDD は、例えば 18℃ を基準温度（気温トリガーとも呼ぶ）として、特定地点における冬季の一日の平均気温（または、最高気温など）が下回った程度を計るものである。すなわち日次 HDD を

$$\text{日次 HDD} = \text{Max} (0, 18^\circ\text{C} - \text{日次平均気温})$$

と定義し、これを予め定められた一定期間について累積し、平年にくらべての乖離度、すなわち気温に関する異常気象の程度を計測しようとするものである。同様に CDD は夏季の一日の平均気温（または、最高気温など）が、基準温度の 18℃ を上回った程度を計るものであり、日次 CDD は次式で定義される。

$$\text{日次 CDD} = \text{Max} (0, \text{日次平均気温} - 18^\circ\text{C})$$

ケース 1. 電力会社は夏季の電力需要が高いため、冷夏が収益に与える影響は大きい。そこで収益変動リスク回避手段として、以下の気温オプションを保険会社から購入することを検討する。

.....

[冷夏に備えた気温オプション]

形態： 累積 CDD (24 時間平均気温) をインデックスとするプット・オプション

対象地区 (気温観測地)： 広島地方気象台

観測期間： 2012 年 7 月 1 日から 8 月 31 日までの 62 日間

基準温度： 18℃

ストライク： 累積 CDD = 550

下限： 累積 CDD = 450

単位金額： 1CDD = 1 千万円

最大支払額： 10 億円

プレミアム： 1 億円

.....

すなわち、62 日間の累積 CDD が 550 を下回った場合に 1CDD につき 1 千万円の受取が発生する。下限を 450 としているので、最大受取額は 10 億円である。1CDD あたりの単位金額は、電力会社の収益の気温感応度に応じて設定される。また、契約に際して、1 億円のプレミアムを支払うものとしている。累積 CDD の関数として、事後的に実現し得るネットのキャッシュフローを表したものが図 1 である。

本邦では上場物の天候デリバティブズは存在せず、気温オプションは一般に損害保険会社との相対取引によっている。24 時間平均気温は気象台から発表されるため、計測される累積 CDD は客観性を有する。しかし、原資産の市場価格が観察

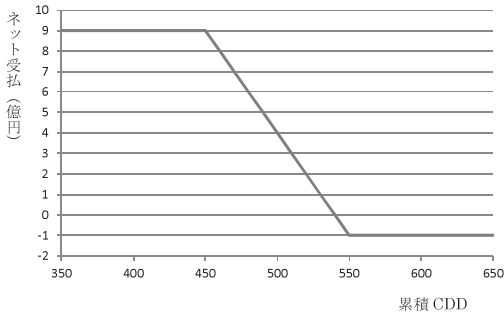


図1. 気温オプションの損益

される金融オプションとは異なり、気温オプションのキャッシュフローを決定づける累積 CDD や平均気温には市場価格が存在しないため、気温オプションのファンダメンタル・バリューを決定づける方法は存在しない。したがって、オプション・プレミアムは契約を提供する保険会社の支払額の期待値に十分なりリスク・プレミアムを上乗せして提示される。天候デリバティブの適正な価格付けの試みとしては Davis [2001] などがある。

図2は、広島気象台発表の24時間平均気温に基づき、基準温度を18℃とする7月1日から8月31日までの累積CDDを1970年から2012年までの各年について算出してグラフに表わしたものである。同様に、図3は基準温度を18℃とする1月から2月にわたる累積HDDをグラフに表わしたものである。冬季2か月間累積HDDにおいて特に顕著であるが、1987年を境に水準が変わっている。これは広島気象台の所在地が移転したことによる¹。

実際に、冬季2か月間累積HDDの1970年から1987年までの平均は830.9（標準偏差65.27）であるのに対して、1988年から2012年までの平均は741.0（標準偏差46.13）である。また、夏季2か月間累積CDDの1970年から1987年までの平均は504.2（標準偏差56.06）であるのに対して、1988年から2012年までの平均は599.34（標準偏差56.35）である。

表1は、例1の気温オプションの条件に従い、1988年から2012年までの各年の実績値をあてはめた結果である。同様の契約を毎年行っていたとすると、キャッシュフローの受取り対象となる冷

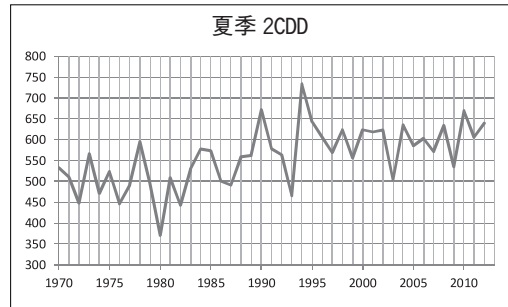


図2. 広島における2か月間累積CDD（7—8月）

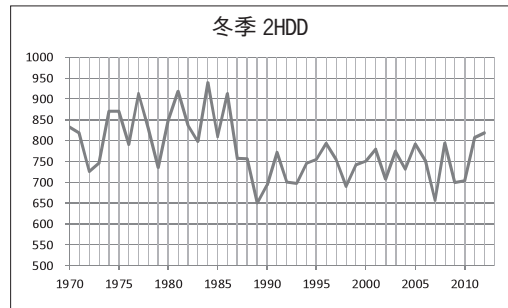


図3. 広島における2か月間累積HDD（1—2月）

夏が25年間で3回生じており、1回あたり約5.88億円の利益補填が実現できたことになる。プレミアムの1億円は例示に過ぎないが、仮に現実の数字に近いとすると、年あたりのネットの支払いは約41.5百万円となり過大である。

オプションはその性格上、プレミアムの支払いは避けられないが、原資産の市場価格からプレミアムが算出できる金融オプションとは異なり、また保険会社にとってもカバー取引が出来るほどの流動性が市場に無いため、プレミアムは割高になりやすい。そこで次節では、保険会社との取引ではなく、複数のリスクヘッジャーによるリスク分散化による気温リスク軽減策を検討する。

3. 気温リスク分散化スキーム

保険会社や金融機関との取引によらず、天候要因による収益変動リスクに晒されている企業間で行われる代表的な天候デリバティブ契約には、電力会社とガス会社による気温を対象とした、いわゆる気温デリバティブ契約が挙げられる。これは、例えば夏季に気温の上昇が電力需要を増大させる一方でガス需要を低減させ、また、気温の低下がそれぞれ逆方向の需要変動を引き起こすというよ

¹ 昭和62年12月22日 中区江波南（昭和10年1月1日から所在）から中区上八丁堀（現所在地）に移転した。

表 1. 気温オプションのキャッシュフロー

年	累積 CDD	MAX (ストライ ク-累積 CDD, 0)	オプション からの 受け取り (億円)	ネット 受け取り (億円)
1988	558.8	0	0	-1
1989	562.3	0	0	-1
1990	671.8	0	0	-1
1991	578.3	0	0	-1
1992	563.9	0	0	-1
1993	465.5	84.5	8.45	7.45
1994	733.7	0	0	-1
1995	643.0	0	0	-1
1996	606.4	0	0	-1
1997	569.4	0	0	-1
1998	624.0	0	0	-1
1999	556.7	0	0	-1
2000	623.8	0	0	-1
2001	618.7	0	0	-1
2002	623.5	0	0	-1
2003	503.1	46.9	4.69	3.69
2004	635.4	0	0	-1
2005	585.8	0	0	-1
2006	603.3	0	0	-1
2007	571.8	0	0	-1
2008	634.4	0	0	-1
2009	535.1	14.9	1.49	0.49
2010	669.4	0	0	-1
2011	605.9	0	0	-1
2012	639.4	0	0	-1

うに、気温による収益の変動方向が逆向きであることによっている。必然的にこうした契約は、共通の事業対象地域を持つ企業間で行われることとなり、単一の気温インデックスが参照されることになる。しかし、現実には同一地域内でそのような契約相手を見つけれられることはむしろ例外的である(刈屋・牛山・遠藤 [2003] 参照)。

以下では、事業対象地域を異にする複数のリスクヘッジャーによるリスク分散化による気温リスク軽減スキームを検討する。

(1) 前提

日本国内に限ってみても、同一期間における地域ごとの気温の変動には差異が生じていると考え

られるため、各企業が晒されている気温リスクの一部はリスク・プーリングによる分散化により、保険プレミアムを支払うことなく軽減できることが期待される。したがって、ここで想定するのは、異なる地域を事業対象とする複数の企業であり、各地域における気温変動に対する収益変動の方向性には制約を課さない。

企業収益に影響を及ぼす気温の変動は、本社所在地に最も近い気象台で観測される 24 時間平均気温の累積 CDD によって計測するものとする。以下では特に夏季の気温変動による収益変動リスクを分析対象とする。夏季 2 か月累積 CDD は偏りのない分布に従うことを仮定し、企業収益の気温による変動は累積 CDD の関数で近似され、累積 CDD の期待値を含む一定範囲において線形であるとする。日次平均気温を平均回帰型の確率微分方程式を用いてモデル化したものに Cao and Wei [2000] などがあるが、ここでは累積 CDD を対象とするため、日次の挙動は問題としない。1 累積 CDD の変化に対する企業収益の変化である気温感応度は、企業ごとに推計される。

企業はリスク回避的であり、各年の気温変動による収益変動リスクを回避するように行動するものとする。リスク管理は VaR を基準として、例えば信頼度 84.1 % (正規分布を仮定した場合の 1 標準偏差) で評価を行う。リスク管理部門に対して、同時に 84.1 % VaR 相当額を気温リスク資本として期首に配賦するものとし、気温変動による収益変動はこの気温リスク資本に統合する。すなわち累積 CDD が期待値を 1 標準偏差分下回れば、実際に VaR 額相当分の収益減が生じるので、配賦されている気温リスク資本で相殺し、残額はゼロとなる。他方、累積 CDD が期待値を上回れば、それに気温感応度を掛けた額に相当する収益増が生じたことになるが、気温リスク管理ポジションの収益と見なして気温リスク資本に加算する。すなわち、配賦された気温リスク資本を累積 CDD に連動して残額が変動するポジションとするのである。このポジションの期待収益率はゼロ、すなわち 50 % VaR 額はゼロである。

複数社が同様のルールを採用したとすると、各社はそれぞれの所在地で規定される累積 CDD と独自の気温感応度に対応したポジションを持っているとみなせる。そこで、各社はそれぞれの気温

リスク資本の枠内でポジションの一部を他社と相互に交換する契約を締結することによって、分散効果享受する可能性が生まれるのである。したがって、各社の目的は他社との気温リスク交換契約を締結することにより、自社の気温リスク資本の分散を最小化することである。

(2) 2企業のケース

ケース2. a地域に本社を置く電力会社A社とb地域に本社を置く電力会社B社に関して以下のような条件が与えられている。

表2. 累積CDDに関するデータ

	a地域	b地域
2か月累積CDDの基準値	391.6	811.5
2か月累積CDDの標準偏差	99.3	84.7
2か月累積CDDの相関係数	0.865	

ここで2か月累積CDDの基準値とは、ヒストリカルデータに基づく平均の推定値である。

表3. 電力会社の気温感応度とVaR

	電力会社A	電力会社B
気温感応度 (億円/CDD)	0.601	0.986
VaR (信頼度84.1%; 1標準偏差)	$\sigma_A = 59.68$	$\sigma_B = 83.51$

ここで、VaRは表2の標準偏差に表3の気温感応度を掛け合わせたものであり、それぞれの社内で配賦される気温リスク資本である。

電力会社A社はリスク資本 σ_A のうち w の割合でa地域の気温リスクを保持し続け、 $1-w$ の割合をB社のリスク資本と交換してb地域の気温リスクを取るとする。同様に電力会社B社はリスク資本 σ_B のうち v の割合でb地域の気温リスクを保持し続け、 $1-v$ の割合をA社のリスク資本と交換し、a地域の気温リスクを取るとする。両社がそれぞれ配賦されたリスク資本を超過せず

ポジションを取るためには、リスク交換の前後で各社のリスク資本額は一定でなければならない。そのため、 $0 < w < 1$ のとき $0 < v < 1$ となり、逆に $0 < v < 1$ のとき $0 < w < 1$ となり、 $(1-w)\sigma_A = (1-v)\sigma_B$ である。

電力会社A(B)が気温リスク資本の一部を電力会社B(A)と交換するのは、その結果、収益の分散を縮小させられる場合であり、次の条件①式(②式)が満たされる場合である。

$$\sigma_A^2 > w^2\sigma_A^2 + (1-w)^2\sigma_B^2 + 2w(1-w)\sigma_{AB} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\sigma_B^2 > v^2\sigma_B^2 + (1-v)^2\sigma_A^2 + 2v(1-v)\sigma_{AB} \quad \dots \textcircled{2}$$

これより、 $0 < w < 1$ または $0 < v < 1$ であるためには、①式および②式にそれぞれ対応する、③式および④式を同時に満たさなければならない。²

$$\rho_{AB} < \frac{\sigma_B}{\sigma_A} \quad \dots \textcircled{3}$$

$$\rho_{AB} < \frac{\sigma_A}{\sigma_B} \quad \dots \textcircled{4}$$

表2および表3より、④式は $0.865 < 1.399$ と満たされるが、③式は $0.865 > 0.715$ となり満たされない。すなわち、B社はA社とのリスク交換を求めるが、A社が拒否するためリスク交換は成立しない。

(3) 3企業以上のケース

気温リスク分散化スキーム参加企業は、以下の行動規範とポジション決定ルールに従うものとする。各社の気温リスク管理基準を所在地の夏季2か月累積CDDの1標準偏差とすることを前提として、各社内で配賦される気温リスク資本量を開示する。これは、収益の気温感応度を開示することと同義である。

主体的均衡を達成しようとして各社が提示する気温リスク・ポジションを板寄せし、下記のルールによって需給を調整して最終ポジションを確定

² ①式および②式をそれぞれ整理すると、

$$w > \frac{\sigma_B^2 - \sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{AB}}, \text{ および } v > \frac{\sigma_A^2 - \sigma_B^2}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{AB}} \text{ が得られる。 } 1 > w \text{ および } 1 > v$$

より③式および④式が得られる。

する。対象期間終了後に各地で計測された実績累積 CDD に基づき清算する。

ポジション決定ルール

- ① 自社分優先のルール：自社が起源である地域の気温リスクに対して超過需要が発生した場合、気温リスク資本量から自社が保持しようとするリスク量を差し引いた量のみを交換する。
- ② 板寄せで超過供給が生じている地域の気温リスクに対して、提示者は自らの需要量を確定させることが出来る。
- ③ 板寄せで超過需要が生じている地域の気温リスクに対して、当該リスクの起源である企業分を除いたリスク量を、需要を提示している企業間で均等配分する。
- ④ 各社は、③で配分されたものがある場合にはそれを制約として、再度、主体的均衡を達成する修正ポジションを提示して板寄せし、①から③に従って配分可能な量を決定する。
- ⑤ これを繰り返す。

ケース 3. ここでは広島市、札幌市、東京都にそれぞれ本社を置く電力会社 3 社を想定して分析を行う。表 4 は 1988 年から 2012 年までの 25 年間について広島、石狩、東京の各気象台が観測した 24 時間平均気温を基に、基準温度を 18℃とする 7 月 1 日から 8 月 31 日までの 62 日間の累積 CDD をそれぞれ求めた結果である。

表 4. 累積 CDD に関するデータ

	広島 気象台	石狩 気象台	東京 気象台
2 か月累積 CDD の基準値	599.3	149.1	697.4
2 か月累積 CDD の標準偏差	56.3	61.5	45.0
2 か月累積 CDD の 相関係数	石狩 気象台	0.527	
	東京 気象台	0.267	0.096

ここで累積 CDD の基準値とは平均の推定値である。

各電力会社のディスクロージャー情報より得られる電力需要量をもとに、気温感応度を推計した結果およびそこから求めた VaR が表 5 である。

表 5. 電力会社の気温感応度と VaR

	電力会社 A	電力会社 B	電力会社 C
気温感応度 (億円/CDD)	0.601	0.380	0.986
VaR (信頼度 84.1 % ; 1 標準偏差)	$\sigma_A =$ 33.86	$\sigma_B =$ 23.36	$\sigma_C =$ 44.34

2 企業のケースで取引が実行される条件である③式および④式は、各社間で成立しているのので何らかの取引が可能であることは明らかである。

W を各地域の気温リスクに対する需要割合のベクトル、 Ω を 2 か月累積 CDD の分散共分散行列とする。すなわち、

$$W = \begin{bmatrix} w_A \\ w_B \\ w_C \end{bmatrix}, \quad \Omega = \begin{bmatrix} \sigma_A^2 & \sigma_{AB} & \sigma_{AC} \\ \sigma_{BA} & \sigma_B^2 & \sigma_{BC} \\ \sigma_{CA} & \sigma_{CB} & \sigma_C^2 \end{bmatrix}.$$

制約が課されていない第 1 回目の板寄せに提示する気温リスク・ポジションは各社共通であり、最小分散ポジションを達成する解である下記の W^* である。

$$W^* = \arg \min_W W' \Omega W$$

$$s.t. \sum w_i = 1$$

ステップ 1: 表 4 および表 5 の値に対する上記の解 W^* および対応する各社の需要量は表 6 の通りである。A 地域および C 地域の気温リスクについては超過供給が生じている一方で、B 地域の気温リスクに対しては超過需要が生じている。電力会社 B は、ルール①に従って B 地域の気温リスクを必要量確保できる一方で、A 地域および C 地

表 6. 制約なし主体的均衡解

$W^* = (0.0584 \quad 0.7595 \quad 0.1821)$				
需要量				
配賦リスク量	A	B	C	
電力会社 A	33.86	1.9777	25.7199	6.1667
電力会社 B	23.36	1.3640	17.7387	4.2531
電力会社 C	44.34	2.5895	33.6773	8.0746
需要量合計	5.9311	77.1359	18.4943	

域の気温リスクに対してもルール②により需要量を確定できる。したがって、B社は最適解通りのポジションを取ることが出来たのである。

ステップ2： ルール③に従って、電力会社AおよびCは、地域Bの気温リスクの供給量を均等配分する。(23.3558 - 17.73873)/2 = 2.8085である。この量は電力会社Aの配賦リスク量に対しては0.08294、電力会社Cの配賦リスク量に対しては0.06334にそれぞれ値する。それぞれこのウェイトを地域Bの気温リスク需要の上限とする制約を課して、最小分散ポジションを求めた結果が表7である。電力会社AおよびCの地域Bに対する需

要量は、均等配分された通りに確定する。地域Aでは超過需要が発生している一方で、地域Cでは超過供給が発生している。したがって、ルール①および②に従って、電力会社Aは地域Bの需要量に対する制約付き最適解通りのポジションを確定できる。

ステップ3： 電力会社Cが交換できる地域Aの気温リスクは、電力会社BおよびAによって需要されなかった残余分であり、地域Cの気温リスクの超過供給分は電力会社Cが引き取ることになる。電力会社Cの確定ポジションは表8の通りである。

表7. 地域Bの需要に制約がある場合の主体的均衡解

配賦リスク量		需要量		
		A	B	C
電力会社A	$W_A^{2*}=($	0.6096	0.08294	0.3074)
33.86		20.6442	2.8085	10.4115
電力会社C	$W_C^{2*}=($	0.6256	0.06334	0.3111)
44.34		27.7392	2.8085	13.7937
電力会社B		1.3640	17.7387	4.2531
	需要量合計	49.7474	23.3558	28.4583

表8. 電力会社Cの最終ポジション

配賦リスク量		需要量		
		A	B	C
電力会社A	$W_A^{2*}=($	0.6096	0.08294	0.3074)
電力会社B	$W_B^{1*}=($	0.0584	0.7595	0.1821)
電力会社C	$W_C^{3*}=($	0.2674	0.06334	0.6693)
44.34		11.8560	2.8085	29.6768

以上の気温リスク交換の結果、各社の新たなリスク量 (VaR) と達成した当初配賦リスク資本に対する削減量および割合は表9の通りとなった。

電力会社Bはステップ1で最適なポジションを取ったが、そもそも気温感応度が0.380と低く、

また自社が起源である気温リスクのウェイトが約76%と相対的に高いため分散化効果は8.50%と他社に比べて小さい。それでも84.1%の信頼度で最大収益減少額を2億円弱削減できる効果は、本スキームに参加する理由として十分であろう。

表9. 気温リスク分散化スキームの効果

	配賦リスク量 (a)	気温リスク交換後 VaR (b)	VaR 削減量 (c = a - b)	削減割合 (c / a)
電力会社A	33.8642	28.5150	5.3492 億円	15.80 %
電力会社B	23.3558	21.3712	1.9846 億円	8.50 %
電力会社C	44.3414	33.6262	10.7152 億円	24.17 %

電力会社AおよびCについてはVaR削減量がそれぞれ5億円、10億円を超えており、その効果は顕著である。特に、気温感応度が極めて高く配賦リスク量も高い電力会社Cについては、他地域の気温リスクのウェイトに関して結果として厳しい制約が課せられたが、リスク削減効果は当初配賦リスク量の24%と極めて大きい。

VaRの評価にあたり、累積CDDについて正規分布を想定して84.1%の信頼度で評価したが、リスク管理基準として例えば2標準偏差にあたる97.7%を信頼度とする場合には、上記の配賦リスク量およびVaR削減量はそれぞれ2倍になる。また、正規分布の仮定は本稿の説明上のものであり、スキーム参加企業が互いに合意できさえすれば、任意の確率分布を用いることができる。

このように、気温リスク分散化スキームは金融機関との契約とは異なり、保険料などの支払いを伴わず、実質的にコストゼロで実現できることが特徴である。その性質上、信用リスクを完全に排除することはできないが、電力会社間などを想定する場合、実質的な信用コストはほぼゼロであると見なせるであろう。したがって、本スキームは現実的有効性をもつのである。

4. おわりに

本研究のリスク分散化スキームは、次の効果を有する。

(1) リスク分散契約をする相手が逆方向のリスクをもつ事業主体に限定されないため、たとえば電力会社がガス会社とのリスクヘッジの契約をしたい場合に、同じ事業エリアのガス会社が契約に応じない場合や、他の事業エリアにも自己と同一規模のガス会社が存在しないために十分なリスクヘッジができない場合であっても、他の電力会社とリスク分散契約が可能となる。

(2) 自社起源である気温リスク量が異なる企業間であっても、事業主体によりリスク分散効果は異なるが、リスクを分散することができる。

(3) 各事業主体は、金融商品を購入するよりも低コストでリスクヘッジができる。

(4) 信用格付けの高い相手を対象として、グローバルに展開することにより、高いリスク分散効果が期待できる。

参考文献

刈屋武昭、牛山史郎、遠藤良輔 [2003]”気温TT
リスクスワップの等価性の検証” 京都大学経済
研究所東京分室ワーキングペーパー

気象庁委託調査 [2003] 『天候リスクマネジメン
トへのアンサンブル予報の活用に関する調査』
気象庁

Cao, Melanie and Wei, Jason [2000] ”Equilibrium
valuation of weather derivatives” Technical Report
York University and University of Tront.

M. Davis, “Pricing weather derivatives by marginal
value,” *Quantitative Finance* 1, 305-308, 2001.