

## ・天候リスクマネジメントによる企業価値向上、リスクトランスファー効果

本章においては、企業の天候リスクマネジメントにおける金融手法の活用状況を中心に、金融機関委員の発表をまとめる。初めに、事務局（興銀第一フィナンシャルテクノロジー社）から企業の天候リスクマネジメントの現状や提供されている対応手法等について概説する。次に、東京電力（株）、スイス・リー・キャピタルマーケット・ジャパン（株）、野村證券（株）各委員及び安田火災海上保険（株）（研究会ゲスト）からの、天候リスクマネジメントの金融的手法の紹介や企業価値向上への考え方を紹介する。これらを通じて、どのような観点から天候リスクマネジメントが企業価値の向上に資するかといった点を中心に考察する。

### 1．企業の天候リスクマネジメントとソリューション手法

企業の天候リスクマネジメントに関する考え方、そのソリューション手法としての天候デリバティブ等に関する全体像及びこれら金融手法と気象情報の関わりを整理する。

#### （1）企業のリスクマネジメント

企業におけるリスクマネジメントということが昨今様々な角度から話題になってきている。これは、ある意味で、リスクをどのようにとらえて、どのように管理していくかが今まで以上に求められる状況になってきている証拠である。市場の自由化が先行した金融機関においては、こうしたリスクマネジメントは不可欠な経営の課題となり、それが今日では、金融機関に限らず事業会社においても重要な経営のテーマとして広がりが出てきている。最近では、「リスク」という言葉がよく話題になるが、その用語の定義は各様である。一般的に「リスク」という単語は将来の不確実性を意味しており、将来何が起こるかわからないような状況で、結果として経済的な損失が発生する可能性のことを「リスク」と定義していることが多い。ただし、将来の不確実性は、ある意味で将来の収益の源泉にもなり得ることを意味している。つまり、天候についての将来の不確実性はリスクでもあり、収益を生み出す源泉でもある。重要なことは、そのような「リスク」をいかに管理して制御していくかである。

#### リスクの定義

（1）「リスク」とは将来の不確実性であり、結果として起こる経済的損失の可能性をいう。

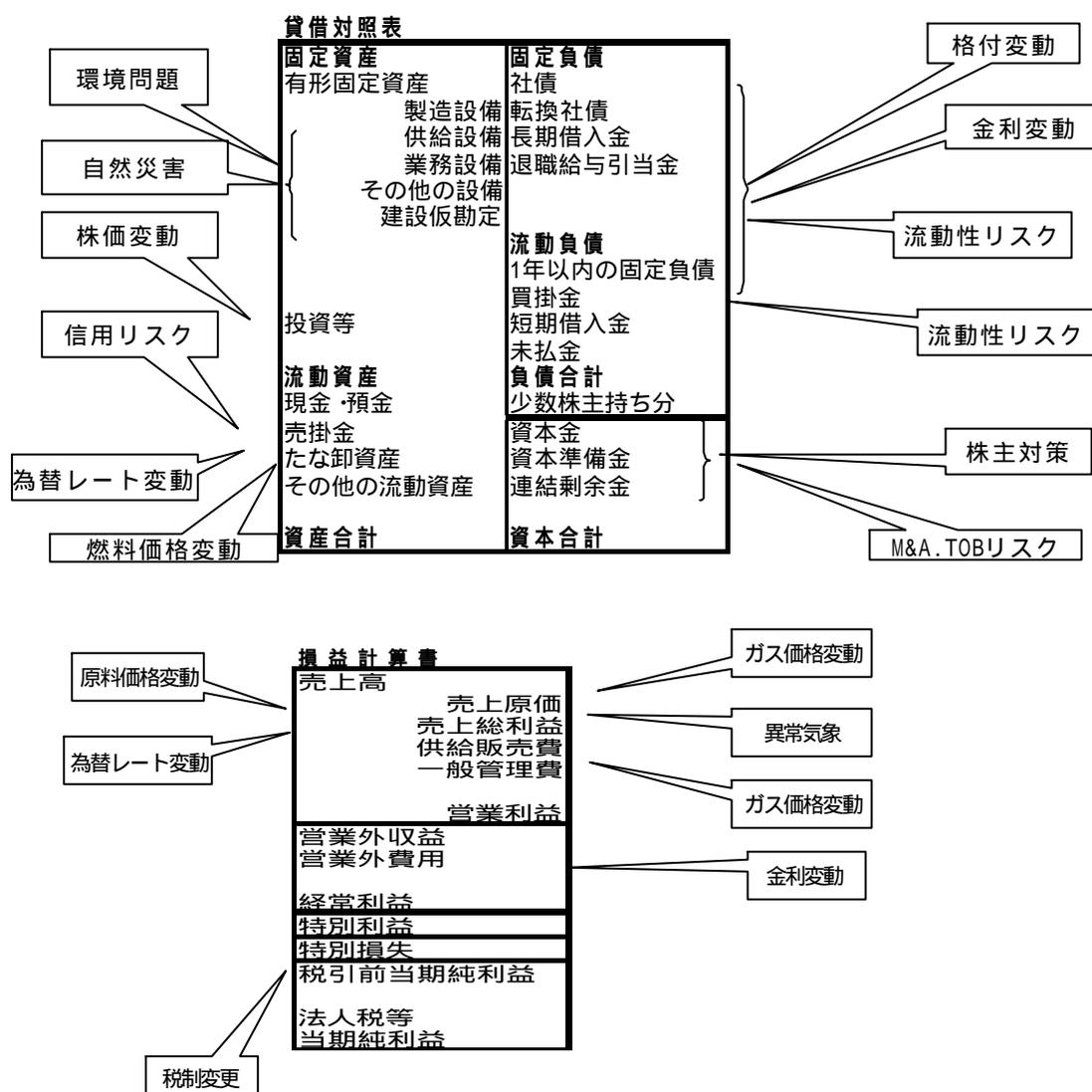
ただし、不確実性は将来の収益の源泉でもある。

（2）リスクには、損失だけを生むリスクも存在する。

（自然災害、事故など）

企業におけるリスクを財務諸表の観点から考える。例えば記録的な冷夏となった1993年における幾つかの企業の有価証券報告書を見ると、「営業の概況」の中に、「今年は大変な冷夏だったので、営業状況は厳しい状況であり...」といった表現が多く見受けられた。これまではそのような気象現象によってもたらされる経済的な損失については、ある意味で仕方がない、コントロールしようがないと捉えられてきたことを示している。しかしながら、現在では、金融技術の発展等により、様々なソリューションが提供されてきつつある。したがって、これらも制御可能なリスクと位置づけられるようになってきている。

### 財務諸表からみるリスク（ガス会社）

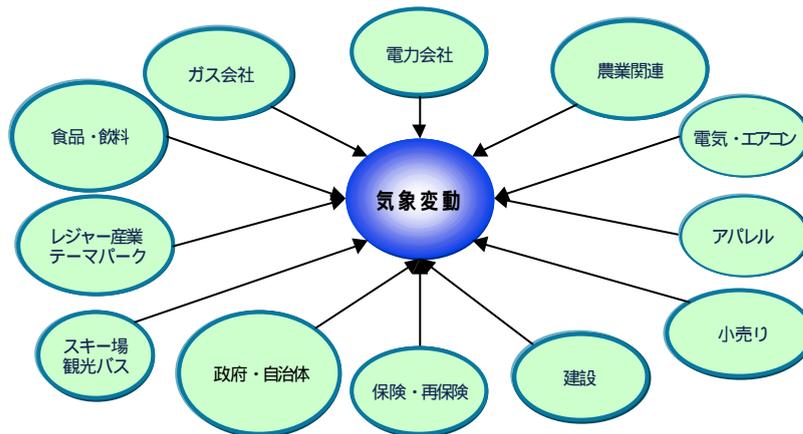


上記の財務諸表は、ガス会社の貸借対照表及び損益計算書である。このような財務諸表を見ただけでも、同表には現われない財務的影響を与える様々なリスク要因が挙げられるこ

このガス会社の例でいえば、気温の変化による売上げの変動はある意味で非常に大きなリスク要因である。また、それ以外に自然災害によって資産が劣化するリスクや、金利のリスクや信用リスクなど、様々なリスクがある。その中で、自然現象あるいは気象現象に起因するリスクについて焦点を当てて議論を進める。

## 天候変動と企業収益

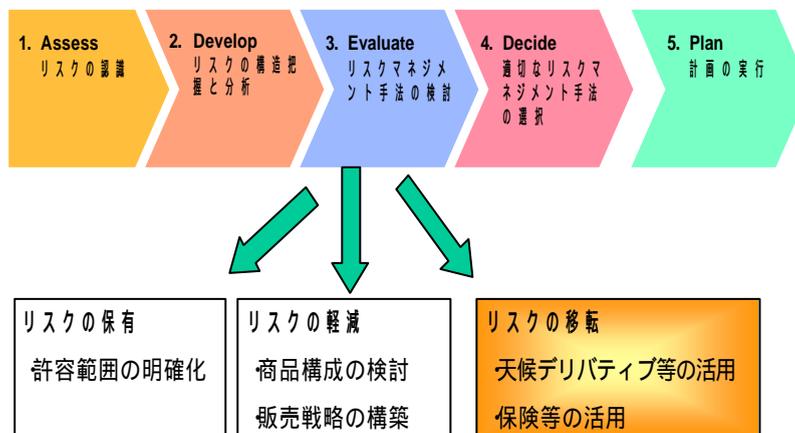
気象変動により収益に影響のある企業・組織は幅広い業種にわたる。



実際に天候の変動と企業収益の関係を考えた場合、多くの業種や業界、あるいは種々の組織に気象変動の影響がある。例えば食品業界やアパレル業界のように、業種によって気象現象が影響を与える度合いやそのファクター（要因）が異なる上に、影響の現われ方も様々である。また、レジャー産業においても、雨が降る、降らないといった状況により入場者数が大きく異なり、企業を経営する立場から見ると大変な影響があることになる。

ここでは天候変動あるいは異常気象に対する企業のリスクマネジメントという点に絞って、リスクマネジメントの基本的な流れを整理する。

リスクマネジメントの基本的な流れ



#### 第一段階

企業においてどのようなものが変動要因となるのか、あるいはリスクとして存在するかを認識して、リスクをリストアップする。その際に、どこにリスクがあるか、将来の経済的損失を被る可能性のあるファクターがどこにあるかということ整理して分類する。

#### 第二段階

整理したリスクの構造を把握して、それを分析する。そのリスク要因によってもたらされる影響を定量的に分析する。例えば、気温が動くことによって、実際の企業収益がどのくらい振れるかを数量的に把握する、あるいは構造を分析する。アイスクリームは何度以上気温が上がると売れなくなるとか、あるいは気象要因によって結果が異なるのかといったリスクの構造を把握し、分析していく。

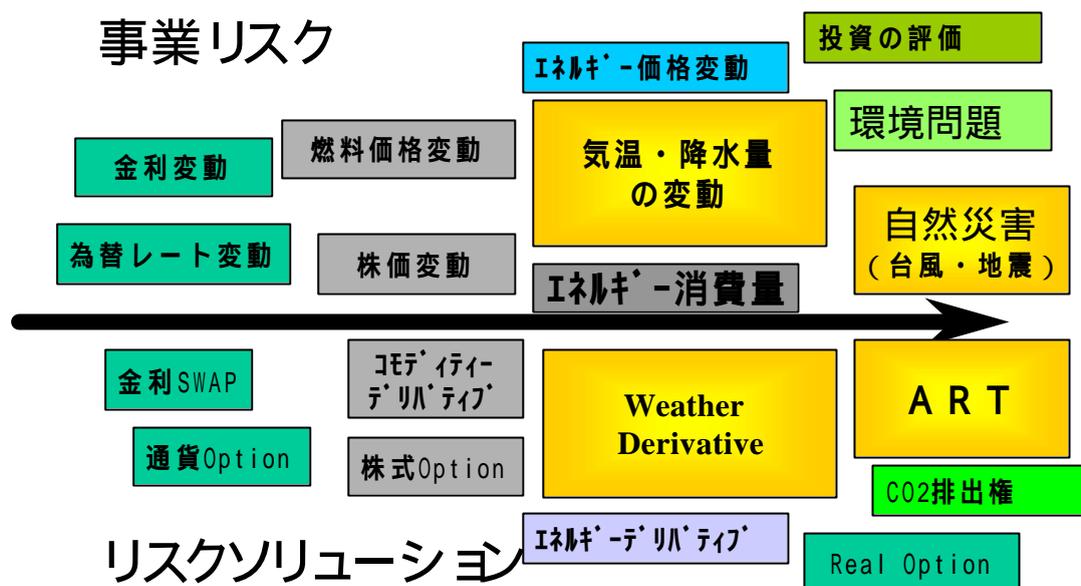
#### 第三段階

次に見えてきたリスクについてどのように対応するのか、どのようにマネジメントしていくかといった点を議論する。その上で、企業としてリスクを許容できる範囲であると判断できれば、特に何らかのコストをかけて手立てを打つ必要はない。そのような場合は、リスクを認識しつつも影響が少ないため、現状のままで運営するといった判断がひとつの選択肢となる。

ただ、そのリスクが大きな影響を及ぼすと考えられる場合、何らかの手段を用いてリスクを制御する必要がある。例えば商品構成を変えることによって、気温あるいは雨の影響のリスクを軽減して売上げが落ちないように工夫する、生産計画を調整していくことによって損失を回避又は最小化する手段をとる、あるいは販売戦略等も様々な気象予報を使って展開するなどの事業戦略を図る中で、リスクを軽減して行く。

#### 第四段階

以前は、企業に係る天候リスクを外部に移転することは困難であったが、最近の金融技術の発展や保険技術と金融技術の融合といった流れにより様々な解決策やリスク移転の方法が少しずつ提供されてきている。冷夏が来ると企業によっては倒産の危機に瀕する程重大な事態も起こる。以前であれば、極端な冷夏の場合に適切な対応策が採用できなかった企業に対しても、リスク移転が可能になる道具を金融技術が提供するようになってきている。このような手法の活用により、効率よくリスクを調整することが可能となってきた。



上記の表は、リスク移転のために現在準備されている道具立について金融技術という観点から整理したものである。元来、金融技術は金融資産を対象としてきたが、80年代後半から90年代にかけてその対象を様々な分野に拡張してきており、現在では事業会社における多くのリスク移転手段を提供してきている。

金融技術はもともと経済学の一部であったが、国際的な金融自由化の流れの中で広く実務界に活用されていったものである。従来、銀行や金融機関においては、金利や株価、あるいは為替レートなどの市場価格の変動リスクを事業会社が制御する際に、商品を提供してきた。例えば、自動車会社の場合、1985年のプラザ合意以降、為替レートが変動相場制に移行し、1ドル360円から一時80円まで変動するという激動の中で、海外に自動車を販売した時に、輸出為替レート<sup>1</sup>が円高基調の中頻繁に変化するという状況に直面した。そのような変動リスクを制御し、安定した収益を確保する道具として銀行が提供する金融商品が活用されてきたという歴史がある。

金融技術は1980年代から1990年代にかけて様々な分野に市場が広がった。原油や天然ガス、あるいはアルミニウムや銅などの原料・燃料と言われる分野にも市場原理が導入されて金融技術が活用されている。

さらに、欧米においては、電力の分野でも、自由化の流れの中で、同様な姿で金融技術が活用されている。その結果、猛暑が来ると天然ガスの値段が大きく上がってしまうとか、電力の値段が高騰する、あるいは暖冬が来るとヒーティングオイルの値段が暴落するなどの現象が起こっている。エネルギー自由化の流れの中で、気温の変動がエネルギー価格そのものに影響を与える状況になってきた。このような背景の下、1997年あたりから気温そ

<sup>1</sup> 輸出業者が製品を海外で販売した場合、それにより獲得したドルを円に交換する際に適用される為替レート

のものをインデックスとする天候デリバティブ取引が始まっている。この分野にも金融技術が応用されている。最近ではCO<sub>2</sub>の排出権について、金融技術を使った取引が行われたり、あるいは後述する通り、自然災害である地震や台風などの分野についても、金融技術を活用することによって、債券を発行することでリスクを移転することが始まっている。天候デリバティブが最近話題になっているが、その誕生にはそれなりの長い道程や背景がある。金融技術が対象とする範囲が少しずつ広がっていく流れの中で、気温や降水量などの気象現象も対象として応用されていったのである。その結果、現在では、企業の抱える様々な天候リスクに対して各種解決策を提供できるようになってきた。

## (2) 金融技術の概要

### < 1 > 金融技術革新の背景

本節では、金融技術が進展してきた背景について解説する。

#### 【1980 年以降の環境変化】

##### ブレトン・ウッズ体制の崩壊

- ・金融自由化、市場変動の増加

##### 金融理論の実用化

- ・1950 年代から米国で体系化された金融理論の実用化

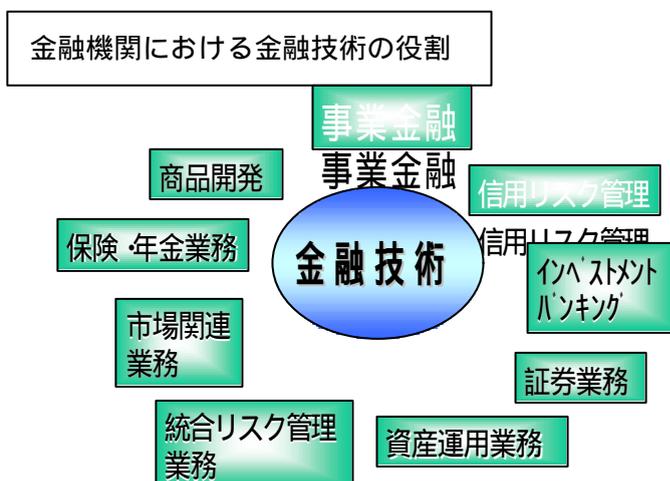
##### コンピュータ技術の進展

- ・計算の高速化、低価格化という環境変化

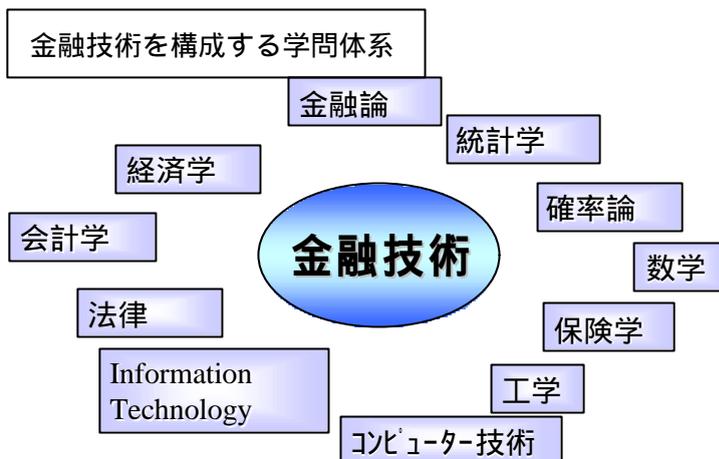
金融技術は、もともと 1950 年代から米国で体系化された理論である。それが国際的な金融自由化の流れの中で実用化されて行き、上述のように、さまざまな分野に応用される流れになっている。その中でも、コンピュータ技術の進展は、金融技術の浸透を進める上での重要な背景であり、かなり複雑な計算を安く高速にできることなくしては、金融技術の普及もなかったと考えられる。

### < 2 > 沿革と展開

金融理論は、1950 年代に提唱され、1980 年代に米国を中心に広く実務で応用された理論体系である。資本の効率的利用の立場から、経済学や会計学、金融論、法学、統計学、数学、工学、コンピュータサイエンス等既存の多くの学問領域に関係した理論体系とな



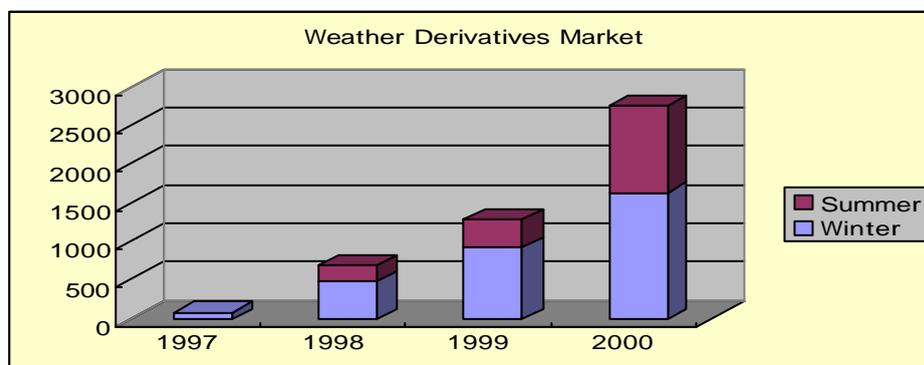
っている。1990年にマコービッツ博士、シャープ博士、ミラー博士がノーベル賞を受賞しており、1997年にショールズ博士、マートン博士がノーベル賞を受賞するに至っている。金融資産（株、債券、通貨）に用いられた金融理論は、90年代には商品取引や電力取引、天候取引、排出権取引等に広く応用され始めた。また、金融機関においては、様々な業務に金融技術が活用されており、現在の金融業務に欠くことのできない重要な機能を果たしている。更に、様々な学問領域にまたがる体系として、各分野の専門家の連携がなされている分野でもある。



### (3) 天候デリバティブの概要

#### <1> 天候デリバティブ市場の現状

米国では、電力の自由化が進んだことから、気温変化による売上高及び収益の変動をヘッジする手段として天候デリバティブの取引が必然的に始まった。金利や商品価格のリスクヘッジと同様、天候不順による事業リスクヘッジとしての市場が拡大し、2000年には全世界で2500件超の取引が成立している。日本でも、規制緩和や事業リスク管理に対する重要性増加の流れの中で、天候デリバティブの活用が進んでいる。これまで、全くコントロールの対象として考えられなかった自然現象による販売数量の変動リスクを、機動的にコントロールすることが可能になってきた。エール大学の1998年の研究によれば、天候不順の悪影響で、全米金融市場が被る年間損失額は、米国民総生産（GNP）の5%に当たる3兆5000億ドルに上る。



	1997	1998	1999	2000
Winter	82	486	923	1633
Summer		209	362	1126

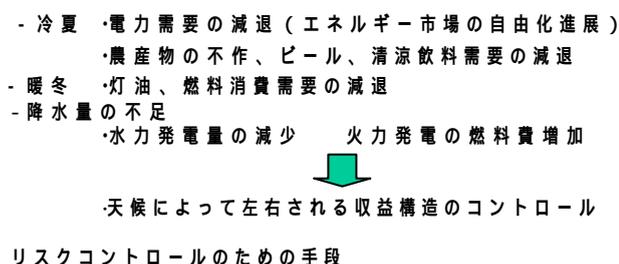
(出所：Pricewaterhouse, June 2001)

天候デリバティブは、1997年の冬に米国のエネルギー会社であったエンロンとコークの間で最初の取引が始まって以来、急速に拡大している取引である。1998年以降は、日本でも規制緩和が進み、また事業リスク管理に対する重要性の認識というものが広まったことから天候デリバティブの活用が進んできている。2001年には、地方銀行においても天候デリバティブの取り扱いが始まり、また、様々な顧客のニーズに対応した商品も開発されて、我が国の天候デリバティブ市場が急速に拡大している。

天候デリバティブが広範に受け入れられるために、気象庁から発表される気象情報は取引の指標として非常に重要な役割を果たす。取引の当事者間で気温をベースに互いに資金のやりとりをする場合、その金額を決める指標が完全に客観的な立場から発表されている必要がある。客観性が担保されることで、取引が可能となる。日本においても、気象の影響を受ける企業は多く、このような天候のリスクを回避したり移転したりするような経済行為が今後広がっていく可能性が高いと考えられる。

## < 2 > エネルギー市場から様々な産業に波及した天候デリバティブ

もともとエネルギー市場で派生的に発生した天候デリバティブであるが、農産物や清涼飲料、ビール、レジャー、エアコン等の様々な産業に解決手法を与えることにより、その活用範囲が広がってきている。これまでは制御不能と考えられていた天候によって左右される収益構造を何らかの形でコントロールしていく手段が提供されてきたのである。



リスク	ツール
・金利変動	金利SWAP,CAP,FLOOR等
・為替変動	先物予約、通貨OPTION等
・有価証券変動	債券先物、株式OPTION等
・商品価格変動	商品価格SWAP,CAP,FLOOR
・気温、降水量の変動	Weather Option等

金額的には頭打ちにはなっているが、米国において2000年は3000億円弱ぐらいの取引があり、ヨーロッパで50億円ぐらいの規模となっている。アジアも同様な規模であるが、今後の成長性からすると、日本を中心としたアジア地域はこれからも潜在的なニーズがあると考えられている。

	1998	1999	% Change	2000	% Change
US	1829.2	2882.4	57.6%	2409.2	-16.4%
Europe	0.3	70.7	23466.7%	49.3	-30.3%
Asia	0	4.4	-	46.1	947.7%
Austraria	0	0	-	2.5	-
Other	0.3	1.7	466.7%	10.5	517.6%
Total	1829.8	2959.2	61.7%	2517.6	-14.9%

(出所 PwC/WRMA)

日本における天候デリバティブ市場が発達していったひとつの大きな要因として、1998年の金融システム改革法が施行されたことがある。金融機関はこれをベースに天候デリバティブの取引をすることが可能になった。日本でも1999年6月に最初の天候デリバティブの成立を見て以降、加速度的に取引が増加している。

### < 3 > 日本における天候デリバティブ市場

日本における天候デリバティブ市場が発展したベースには、気象庁の充実した観測データがある。時間的・空間的にきめ細かな観測データが高精度で整備・提供されており、金融機関が利用する場合において、日本の気象庁データの信頼性、充実度などは、世界でも最高峰と言われている。日本では、2種類の気象観測値が公表されている。ひとつは気象官署が行う地上気象観測 (SYNO P) といわれる観測値で、観測地点は全国に約150箇所ある。もうひとつはA M e D A S (地域気象観測) といわれる無人の気象観測所の観測値で、全国に約1300箇所ある。日本の天候デリバティブは、比較的多品種、少量で多様な商品性が出現する特徴があり、米国と非常に対照的な広がり方を示している。

#### 米国の背景と特徴

・ガス・電力等エネルギーの自由化の進展に伴い、気温の変動が価格変動に大きく影響

・天候デリバティブ市場は電力・ガス会社間の気温の契約が中心

・契約金額も規模が大きい

#### 対照的な市場

#### 日本の背景と特徴

・エネルギーの自由化は一部のみ

・多業種、中堅中小企業中心の降水量や気温等

・小口化された定型商品の普及

米国では、気温の取引が中心で 90%程度が気温といわれている。実際に取り扱っている 1 件 1 件の金額も大きく、エネルギー市場の自由化が先行した流れの中で、電力価格の変動リスクを気温を指標とした天候デリバティブでヘッジする、天然ガスの価格変動を暖冬のリスクヘッジに使うなどの利用が中心である。また、広がり方という意味では、標準化された気温の契約が非常に多い点が米国の特徴である。

それに対して、日本ではエネルギーの取引が進んでいないことから、様々な事業会社における多種多様な小口のニーズに対応していくという形で取引が広がっているのが特徴である。気温だけではなく、降水量、降雪日数、風の日数などの様々なニーズに対応する形で商品が多様化してきている。また、日本においてはどちらかというと、ある意味で事業ポートフォリオ<sup>2</sup>の分散がきかない中堅中小規模の企業に取り入れられるケースが多いと言われている。

日本における天候デリバティブの種類には、気温に基づく C D D (Cooling Degree Days) や H D D (Heating Degree Days) を指標とする取引がある。また、平均気温や累積の降水量、1 ミリ以上の雨が降った日数、あるいは 1 センチ以上の積雪のあった日数、最大風速 15m 以上の日数など様々な状況に対応する指標を採用する形で、多種多様の取引が行なわれている。

#### (4) 天候デリバティブの仕組み

気温や降水量には恣意性の入らない客観的な指標であることがポイントである。

- ・ Cooling Degree Day ( C D D )

一定期間について、例えば基準温度を 18 とし、日々平均気温が基準温度を上回る日の場合、その差を積算したもの。

- ・ C D D の P u t オプション

この C D D をもとにして、将来契約時にきめた行使レートを下回る場合に、その差から受け取る金額を確定する。

最初に米国で取引されたのはこの Cooling Degree Days という気温のインデックスを採用した取引であった。例えば 7 月 1 日から 9 月 30 日という対象期間を決め、この間に日平均気温が 18 を超えた場合、その超えた温度を累積していく。7 月 1 日が 20 であれば、その日は 2 。 7 月 2 日が 25 であれば、その日は 7 ということで、2 + 7 と順番に足していく。そして、7 月 1 日から 9 月 30 日まで積算した値が C D D となる。

このような手法の利点は、冷夏の年と猛暑の年で明確な差が出るという点で、インデックスとして非常に使いやすい。このインデックス 1 当たり 100 万円というような契約条件

---

<sup>2</sup> 1 つの企業で複数の異なる事業を行なう事

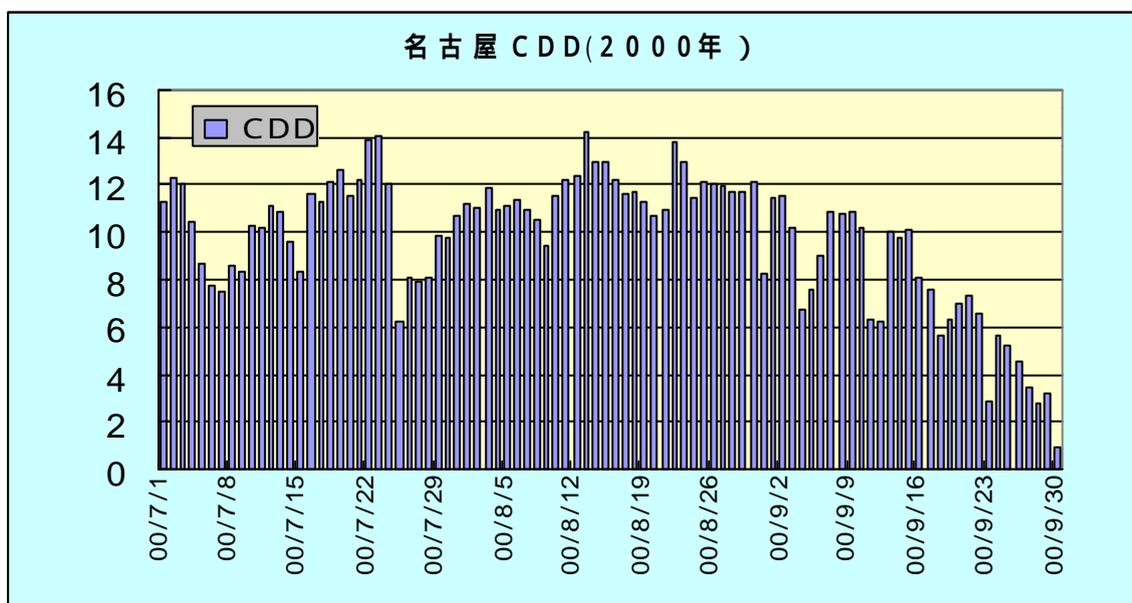
を定めると、資金を決済する場合に非常に使い勝手がよい。例えば7月1日から9月30日の名古屋の場合、過去30年の最大が951 で最小が552 度であるため、夏の間でも冷夏と猛暑で400 近く差が出ることになる。

**CDD: Cooling Degree Days**

Cooling Degree Daysとは、夏のある一定期間に、一定の気温以上になった場合の気温差の累積。

$$\text{Daily CDD} = \text{Max} [ (T_{\text{min}} + T_{\text{max}}) / 2 - K, 0 ]$$

$$\text{Term CDD} = \text{daily CDD}$$



前記のグラフは名古屋の例で、18 を超えた温度をグラフに表したものである。ちなみに、2000年の名古屋の7月1日から9月30日のCDDは899.35 であった。

当該期間中、過去30年のCDD<sup>3</sup>の平均が742.70 である。したがって、CDDが899 という夏はかなり暑かったことが分かる。一方、

**名古屋市の7月1日から9月30日までの過去30年のCDD**

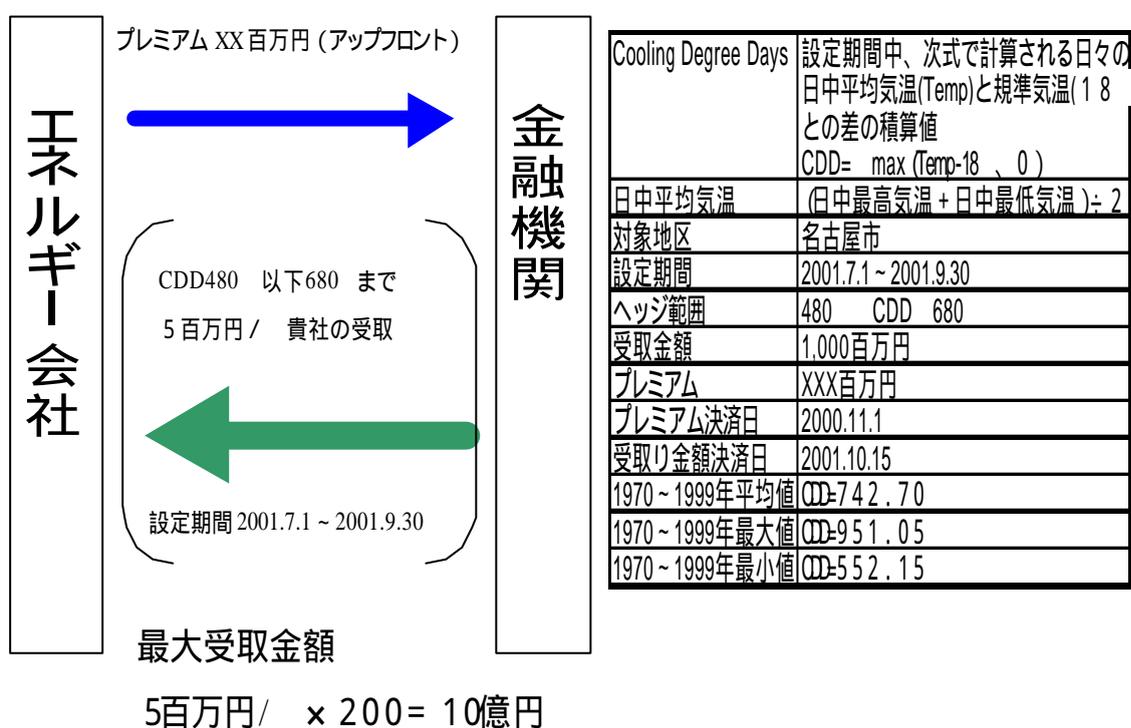
平均：742.70

最大：951.05 (1994年)

<sup>3</sup> 天候データで取り扱う際のCDD、HDDは慣例として小数点第2位までで表現される事が多い。

1993年は552であり、同年の夏が非常に涼しかったということが鮮明に現れる。このようにインデックスを見た上で、例えば680を下回る冷夏になると企業収益に影響が出てくる企業は、680を下回って過去最も低かった気温レベルまでヘッジの対象として考える。680を下回ると、相当程度需要が落ちて売上も減少してしまう状況が想定されるし、ある意味で損益の分岐点を割り込む状況が想定される。この場合、天候デリバティブを用いたヘッジスキームを組むことにより、680を下回るような冷夏に対して、例えば、1当たり500万円のキャッシュが入ってくるという仕組みを作ることができる。

#### 名古屋 CDD Put Spread<sup>4</sup>取引



CDDの幅が、最大200であるので、480まで、最大10億円の受け取りができるような仕組みになる。かなりの冷夏になった場合に、このような仕組みを取り入れていくことで収益を安定化させることができ、ひいては企業収益の安定化や企業価値の向上にも繋がる。今後このような手法が普及していくと、「冷夏だったので今年は赤字になった」との言い訳が通らない時代も来る可能性がある。

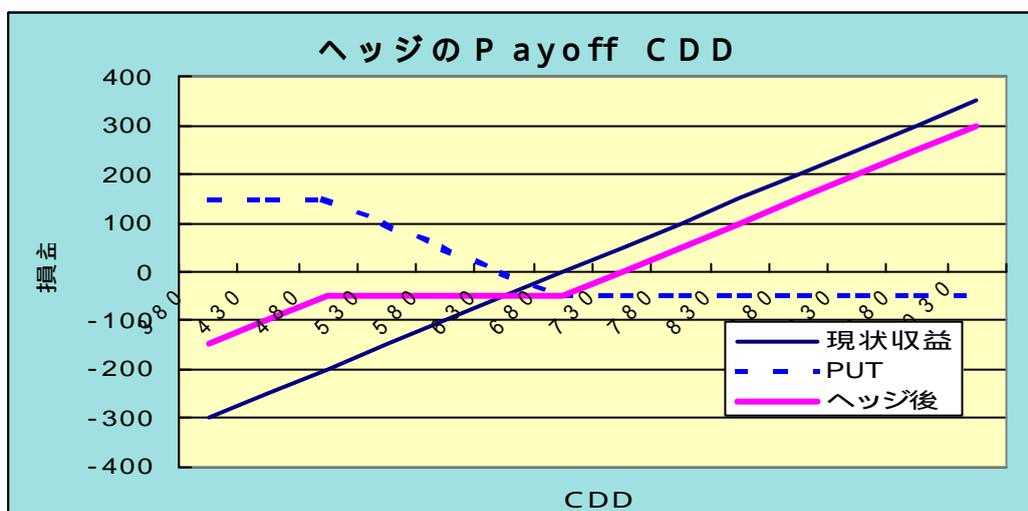
それでは本スキームにおける具体的なヘッジの効果を検証する。

CDDの変化に対する損益の変動(縦軸)をグラフで見る。CDD(横軸)の大きい数字

<sup>4</sup> Put Optionの買いと売りを2つ組み合わせた商品で、天候デリバティブでは最も一般的

は猛暑で、小さい数字は冷夏を表している。猛暑になればなるほど収益は上がっていく構造を持った企業がヘッジしない場合の収益を濃い実線で示している。収益は、冷夏になれば冷夏になるほど、損益分岐点を割ってマイナスになっていく。一方、点線で示す状態がヘッジ取引後の収益曲線。この点線は、680 を下回って左の方に行くと、上昇しており、収益を受け取る形になっている。また、480 の状態でヘッジ効果がなくなることを示している。最初の収益構造に、このヘッジ取引の効果を加えた形で合成すると薄い実線になり、企業収益が下支えされるという仕組みを作ることができる。

### Put Spread 取引導入の効果



最近の流れとして、複数の都市（5都市程度）を組み合わせたインデックスや気温と降水量を組み合わせたインデックスを採用した商品も出てきている。このように、日本では様々な企業ニーズに対応できるような商品の開発が進んでいる。

#### 複合インデックス

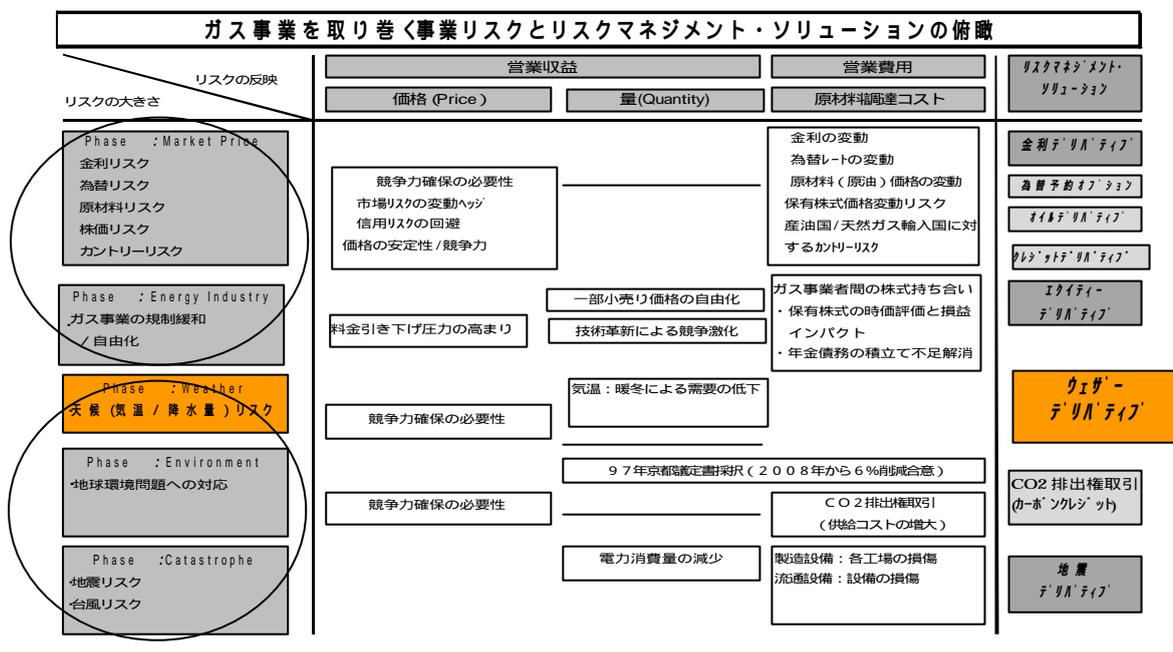
複数の都市のCDD（HDD）組み合わせをインデックスとしたものが複合気温インデックス

例えばある地域の5都市を組み合わせたCDDを設定することが出来る。

5つの都市を20%ずつ組み合わせた地域Index等

(5) 企業における活用例

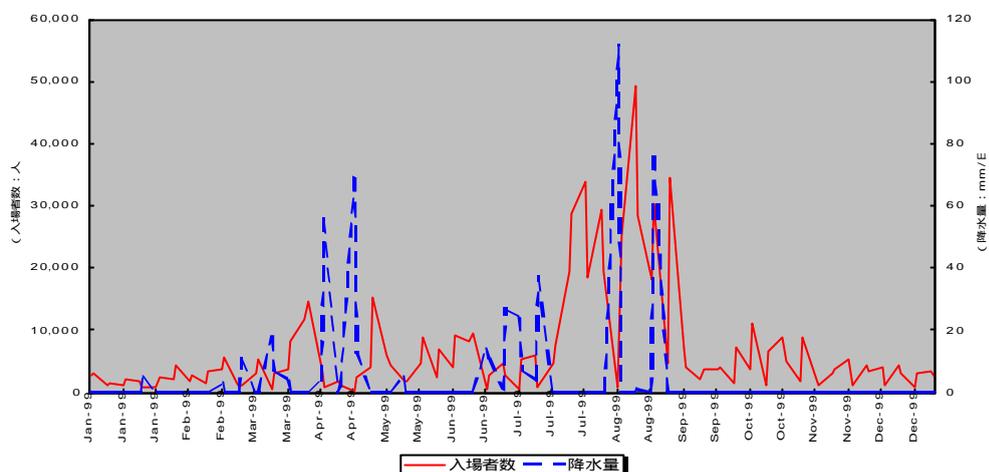
次図はガス事業における事業リスクとそのソリューションツールの全体像を俯瞰したものである。図に示す通り、市場リスクとしての金利・為替、株価や原材料価格の変動リスク、あるいは規制緩和のリスクなど様々なリスクが企業を取巻いている。また、台風や地震などの自然災害リスク、気象現象によるリスクも大きなファクターになっている。このようなリスクに対して、解決する手段を提供するのが天候デリバティブになる。天候のリスク以外についてもそれぞれ対応するリスク回避ツールが提供されている。



そこで、他のデリバティブ取引には見られない天候デリバティブの特徴を示す。従来の市場リスク、例えば金利や原材料に係るリスクは単位当たりの値段の変化によるリスクである。単位当たりの値段が変化することによって売上げが落ちてしまうことから収益が圧迫されるというリスクである。天候デリバティブの特徴は、特に気温の変化をリスクの要因とした場合、単価ではなくて販売量や需要量が増減するリスクを対象にしていることになる。したがって、従来とは異なるヘッジ構造を持っており、通常の金融商品では扱っていない、量そのものの変化に対するリスクを解決する手段を提供していることになる。

更に身近なところで、遊園地の例を取り上げる。遊園地では、土日の降水量が遊園地の運営に大きな影響があり、通常、雨が降ると来園客が減ってしまう。これは降雪の場合も当てはまると考えられる。

入場者数と降水量の推移（過去1年間）



上図は日々の入場者数と降水量のグラフである。点線は降水量、実線は入場者数を表している。降水量に関わらず、雨が降ると入場者数が減ってしまうということがよく分かる。すなわち、平年に比べて土日に雨が降った日数が多い年は、年間収益に多大な影響が出ることになる。

過去10年間の降雨状況一覧

	全曜日1mm以上	全曜日10mm以上	10mm以上の降雨率	土日&1mm以上	土日&10mm以上	10mm以上の降雨率
1990年	112	41	36.6%	34	10	29.4%
1991年	114	55	48.2%	33	16	48.5%
1992年	111	51	45.9%	33	13	39.4%
1993年	129	53	41.1%	37	15	40.5%
1994年	101	34	33.7%	26	9	34.6%
1995年	97	41	42.3%	29	13	44.8%
1996年	94	34	36.2%	21	8	38.1%
1997年	100	45	45.0%	36	16	44.4%
1998年	126	51	40.5%	36	13	36.1%
1999年	99	44	44.4%	23	12	52.2%
合計	1,083	449	41.5%	308	125	40.6%
平均	108	45	41.5%	31	13	40.6%
降雨率	29.7%	12.3%	-	29.6%	12.0%	-

降雨率は1年当たりの降雨日を365日で除したものの、土日の降雨率は1年当たりの降雨日を104日で除したものと定義する。

どの程度土日に雨が降るかを見た上で、それがどのような影響をもたらすかについて分析していくと、土日の雨の日数が収益に大きな影響を与える姿がみえてくる。この場合も、天候デリバティブを活用すれば、土日の日数を数えて、ある一定日数以上に雨の日数が多くなる際に、キャッシュが入ってくる仕組みをつくるのが可能になってくる。

<天候による売上高変化の前提>

- 土日の一日あたり平均売上高 : 300百万円
  - 土日が晴天の場合の一日あたり平均売上高 : 310百万円(上振れ幅 + 10百万円)
  - 土日が降雨の場合の一日あたり平均売上高 : 270百万円(下振れ幅 - 30百万円)
- 土日が降雨となった場合の売上高の減少幅(=粗利へのマイナスインパクト)の方が、土日が晴天となった場合の売上高の増加幅(=粗利へのプラスインパクト)よりも大きい。
  - 故に降雨が起こった場合の売上高の減少を、何らかの方法でミニマイズする必要があると言える。
  - 土日の降雨リスクヘッジとしての「天候オプション購入」の効果大と見込まれる。

上に示した状況が分析された場合、例えば下記のようなスキームを組むことによって、降水日数の影響によって変動する収益を平準化することが可能となる。



<前提条件>

基準日	22日
観測地点	東京
設定期間	2001/1/1 ~ 2001/12/31 の土日

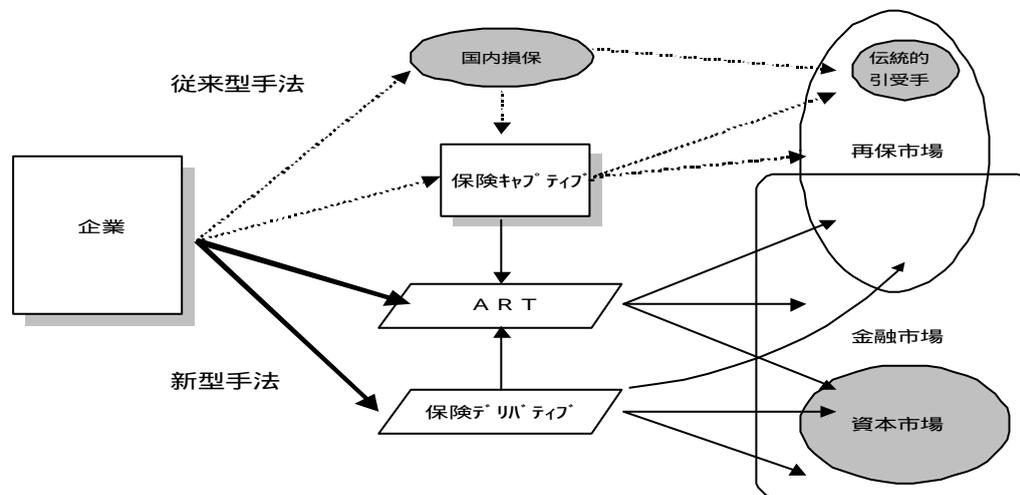
最大受取額: 10百万円/日 × (104日 - 22日) = 820百万円

## (6) 地震・台風リスクとART

最後に、自然災害リスクの移転手法の動向について整理する。後の章で詳しく解説されるので、ここでは概観を整理するにとどめる。

ARTとは、Alternative Risk Transfer の略で、保険の代替としてのリスクの移転機能のことである。従来、企業向けの災害保険ではカバーされていなかった部分もカバーする形で、少しずつ広がりつつある手法である。再保険市場の受入れ余力に限度があることから、それを補完する形で資本市場（年金や信託といった投資家）が登場してきている。資本市場における投資家は、金融商品を中心に様々な運用を手がけているが、彼らがこうした保険的なリスクの取り手となり得るのである。マグニチュードをインデックスとする債券を発行することは、リスクの取り手とリスクの出し手を繋ぐ機能を提供していることになる。

本手法を拡張していくと、日本で関東大震災規模の地震が再発した場合に、世界中の債券購入者から日本の企業にキャッシュが入ってくるような構造を作ることが可能になる。これらは、保険の分野と金融の分野が融合して金融機関が各種ソリューションを提供できる分野である。

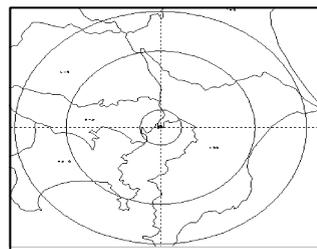


地震債券の市場が形成されていくためには、気象庁が発表するマグニチュードが大変重要な役割を果たすことになる。これまで1997年以降、日本で発行された保険リスク証券は、基本的には保険会社が受けたリスクを移転する仕組みとして使われている。保険会社以外の事業法人で象徴的であった出来事は、オリエンタルランド（東京ディズニーランドの運営会社）がディズニー・シーを造る際に、このような保険リスク証券の手法を使って地震リスクを移転したことである。

ディズニー・シー (Disney Sea)建設に際し発行

トリガー = 千葉県浦安市舞浜を中心に、  
震源の深さ 10.1 Km以内で

- 半径 10 Km以内 - マグニチュード 6.5以上
- 半径 50 Km以内 - マグニチュード 7.1以上
- 半径 75 Km以内 - マグニチュード 7.6以上



(Type A)

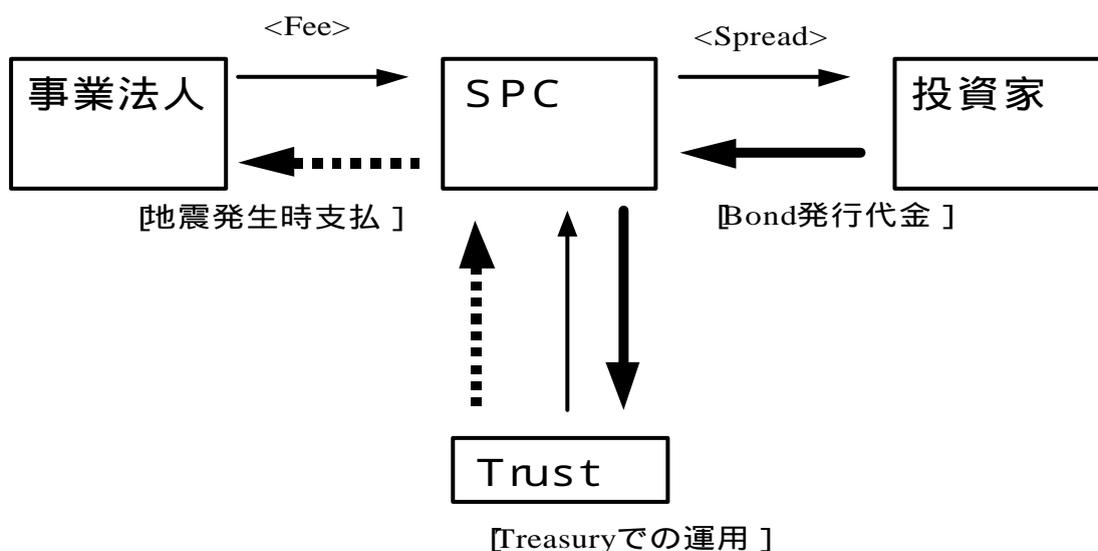
元本リスク型債 [concentric limited]  
発行額 = 1億ドル  
利回り = 6ヶ月米ドルLIBOR+3.1%  
格付け = BB+ (S&P)  
償還価格 = 上の地震が発生の場合、償還  
価格は75% - 0%に減少。  
償還期限 = 5年

(Type B)

信用リスク・スイッチ型債 [circle Maihama limited]  
発行額 = 1億ドル  
利回り = 6ヶ月米ドルLIBOR+0.75%  
格付け = A (S&P)  
償還価格 = 100%  
償還期限 = 5年ただし、上の地震が発生した  
場合は発行日から8年を経過しな  
い範囲で5年間延長。

上記の表は、オリエンタルランドが発行した債券の説明である。シンデレラ城を中心にして半径 75 キロ以内 (震源の深さ 10 キロ以内) にマグニチュード 7.6 以上の地震が起きた場合、その時点でマグニチュードの大きさに合わせて資金が入ってくる構造である。つまり、シンデレラ城やビッグサンダーマウンテンがどの程度壊れたというような査定を行う必要がないため、地震発生後速やかに資金が入ってくるという点で保険と大きく異なっている。

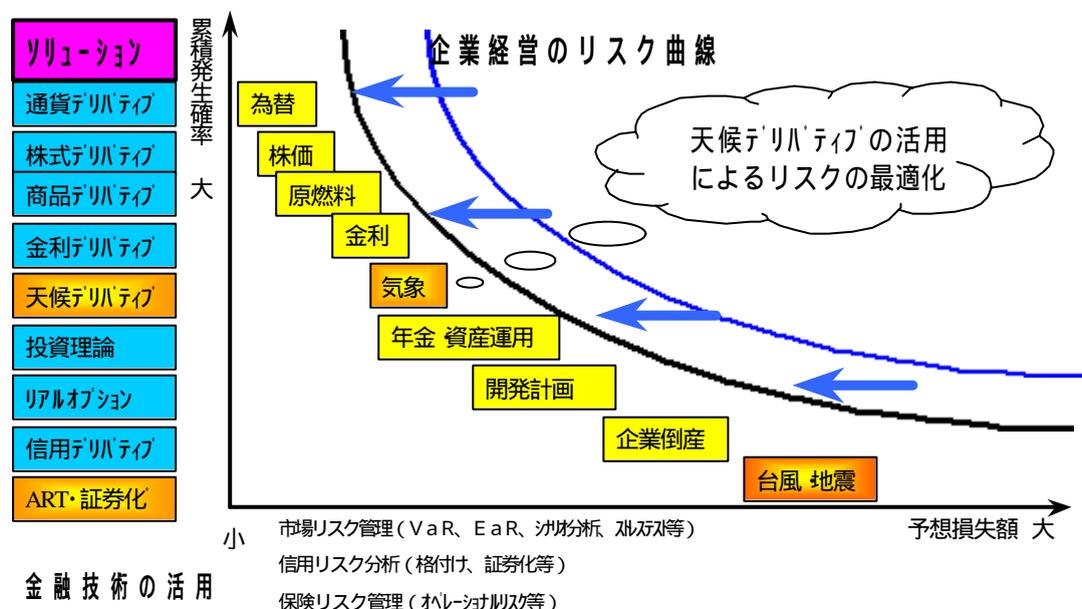
もうひとつの特徴は、地震が関東に発生した場合、仮に物理的な損失がなくてもディズニーランドの観客が減少することも想定されるが、このようなリスクについてもカバーすることが可能になる。この場合、いわゆる物的損害とは異なる二次損害のリスクも対象にしているのである。



ここで、前述の具体的なスキームを検証する。基本的なスキームは、投資家の発行代金を一旦米国の国債（Treasury 債券）で運用し、地震が起これば、それを取り崩して企業に支払うものである（点線で示した行為）。Fee という形で、米国の Treasury 債券の利息にオリエンタルランドが払う Fee を加えて投資家が受け取る形式になっている。実際には地震の発生するリスクに対して払われる分、利回りが高い設計になっている。

IT の進展により、世界の資本市場は一段と情報がリアルタイムで流通するようになってきている。例えば、米国の株が落ちると日本の株も落ちるといのように、世界中の株式や債券の市場が極めて密接な関係になってきている。このような状況において、投資家のリスク分散の観点からは、相関関係の低いファクターをポートフォリオの中に入れていくことが、重要な戦略になっている。そのような背景から、保険リスク証券に対する投資家のニーズも高まってきているのである。

最後に、リスクマネジメントに係る全体像の鳥瞰を試みる（下図参照）。企業には、様々



なリスクがある。その中で、存在するリスクをできるだけ把握して、そのリスクを保有するのか、あるいは何らかの形でコントロールしていくのか、除去するのかなどといった判断を決めていく必要がある。ある意味では、本業と関連性が薄いリスクは何らかの形でコントロールしていくのが望ましい。

その中で、例えば気象に係るリスクや自然災害に係るリスクに対しては、これまで述べてきたように、金融技術の発展に伴って各種リスク移転の道具が提供されつつある。また、今後も気象予報や気象観測統計データなどの気象情報を有効に活用していくことによって、より多様なリスク移転の仕組みを構成することができるものと考えられる。このような対策を採用することで、企業収益を安定させ、より本業に専念できる企業経営が可能となる。

## 2. リスクスワップを活用した天候リスクのマネジメント

前節では金融技術を活用した天候リスクのマネジメント手法として天候デリバティブを取り上げた。本節では、天候デリバティブと同様の効果をもたらすリスクスワップ手法（後述）について東京電力（株）委員の報告を紹介する。

### （1）リスクの分類と認識

東京電力（株）は、自社を取り巻くリスクにはどのようなものがあるのか、その中でどこまでを管理の範囲とするのかとの観点を整理するために、電力事業に伴うリスクを認識してそのリスクの内容を把握する作業を行っている。作業の結果、以下のリスク（リスク要因）が抽出されている。

リスクの種類	具体的なリスクの内容
市場リスク	金利、株価、外国為替、燃料価格、電力卸価格
調達リスク	必要時に資材、資金、燃料等を必要量調達できないリスク
天候リスク	気温、降雨量等によるリスク
設備過剰リスク	競争力の低い発電設備が過剰となるリスク
信用リスク	取引相手の不払い・倒産リスク
ピュアリスク	地震、その他自然災害によるリスク
その他リスク	規制環境リスク、レピュテーションリスク、オペレーショナルリスク、各種事故のリスク等

先ず最初に、市場リスクについてであるが、東京電力（株）の電力事業を巡って既に市場が成立しているものを中心にリスクを抽出している。設備資金の調達や保有株式の評価は、市場価格で認識する必要がある。設備資金は通常長期固定金利で調達しており、低金利時に差損が発生していることになる。また、発電に必要な燃料の調達に係る価格変動や燃料調達にあわせて取り組んだ為替取引の価格変動の一部については、燃料費調達制度が現状ではヘッジ効果をもたらしている。従って、今後の燃料費調整制度の運営や動向は東京電力にとって重要な意味合いを持つ。一方で、自由化対象の顧客によっては固定料金化を望まれることがあるため、これらに対応すると現在でも燃料や為替のリスクが発生することになる。電力卸価格については、未だ電力市場が成立していない状況にあるため、同卸価格に伴うリスクは顕現化していないことになる。

次に、調達リスクは、東京電力（株）がビジネス上必要と判断する時に必要な資材等が手に入らないリスクになる。従来は、なるべく長期契約で対応し安定的な電力供給体制を意識して運営していた。今後は、電力自由化の動向を見据えて、通常設備資材の調達計画に加えて、液化天然ガスの長期購入契約を見直していく必要がある。その結果、電力設備供給と電力需要との間に生じる時間的なズレが大きくなる可能性がある。

電力事業にとって天候リスクは大きい。気温や降水量が同事業に様々な影響を与える。夏の冷房需要や冬の暖房需要は、気温に特に敏感である。これら夏期・冬期の電力需要に応

えるべく、燃料や在庫の事前手当て・長期的発電設備の確保に向けた電力供給体制が求められる。また、降水量はダムの貯水量に影響するため、空梅雨の後の夏期に向けた発電構成を左右する。東京電力(株)では、夏期の気温の影響に対する対策として、東京ガス(株)とのスワップを行った(後述)。

設備過剰リスクとは、競争力の低い発電設備が将来的に過剰となるリスクである。これは、電力自由化の進展に伴い顕在化する恐れがあるもので、今後の展開次第で対応が必要となるものである。

信用リスクとは、取引先からの料金や資金の不払い、或いは取引先の倒産により契約の執行されないリスクのことである。東京電力(株)では、現在あまり顕現化していないが、特に新規事業分野では対応が必要となるリスクである。

ピュアリスクとしては、地震やその他の自然災害によりもたらされるリスクがある。市場リスク等の金融的なリスクは、損害をもたらす可能性があるのと同時に収益をもたらす可能性があるが、自然災害のリスクは東京電力(株)にとって損害のみをもたらすリスクである。東京電力は、地震リスクに対して従来損害保険にて対応してきた。しかし、2001年9月の対米同時多発テロ事件以来、再保険市場の引受け許容度が制限的になっているため、A R T等を含めた今後の対応を検討している。

その他、東京電力(株)に対するリスクは、規制環境リスク、風評リスク、オペレーショナルリスク<sup>5</sup>、各種事故のリスク等が考えられる。このようなリスクは、規制そのもののあり方を議論して管理することを図ったり、厳正的確な処理や安全管理等で従来から対応してきたものである。東京電力(株)では、今後もこれらを管理していくことに変わりはないものの、金融的リスクのように金融技術や金融工学で対応することは困難と位置付けている。

## (2) 統合的リスクマネジメント<sup>6</sup>の範囲についての考え方

東京電力(株)では、自社のビジネスに係るリスク(リスク要因)を上記のように抽出・認識したうえで、今後の対応として、大きく分けて以下の2つの選択肢を抽出した。

### 市場リスク・天候リスクを対象とする考え方

電力自由化の進展による電力卸価格の変動リスクの顕在化や燃料費調整制度の廃止等に備え、電力取引システムやミドルオフィス<sup>7</sup>を構築する

### 金融技術で対応できるリスクの全てとする考え方

上記 以外の全てを管理の対象として対応を図る

<sup>5</sup> 狭義では事務リスク、システムリスクを指し、広義ではリーガルリスクなども含める。

<sup>6</sup> 市場リスク、信用リスク、オペレーショナルリスクまで含めたリスクを管理すること。

<sup>7</sup> リスク計測やリスクのモニタリングを通じて、社内外に抱えるリスクの管理や制御を分掌する組織の名称。金融機関におけるフロントオフィスやバックオフィスといった組織に対して牽制機能を備えた組織として運営されている。

社内で整理・議論を進めた結果、 を当面の対応とした。その上で、管理の対象と認識したリスクの中で、どのようなリスクが相互に関連するのかを把握した。リスク相互に逆相関ないしは弱相関があれば、統合的にリスクを管理することで包括的なヘッジ効果があると考えられるからである。以下の3点は、ヘッジ効果が期待されるものとしたリスクの相関関係である。

外国為替と燃料費	僅かな逆相関があるため、包括ヘッジの効果あり
外国為替と短期金利	僅かな逆相関があるため、包括ヘッジの効果あり
天候リスクと市場リスク	相関が低いので、包括ヘッジの効果あり

また、天候リスク等は電力事業を営む中で長期的に平準化するリスクであり、なるべくコストをかけずに管理したいリスクである。その一方で、地震については他のリスクとの相関が低いものの、東京電力(株)の設備が南関東に集中していることを勘案すれば、ある程度のコストをかけてでも、損害保険やART等の対応が別途必要なリスクである。

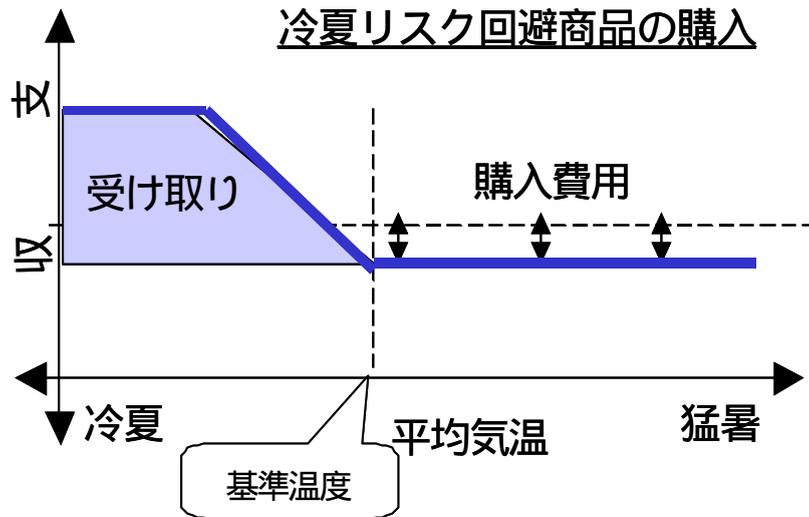
### (3) リスクスワップの実践

#### <1> リスクスワップ適用について

東京電力(株)の気温リスクの大半は夏場に集中している。そこで、夏場、特に冷夏に対する利益減少リスクを補償することを目的に以下のような対応策を検討・評価した。

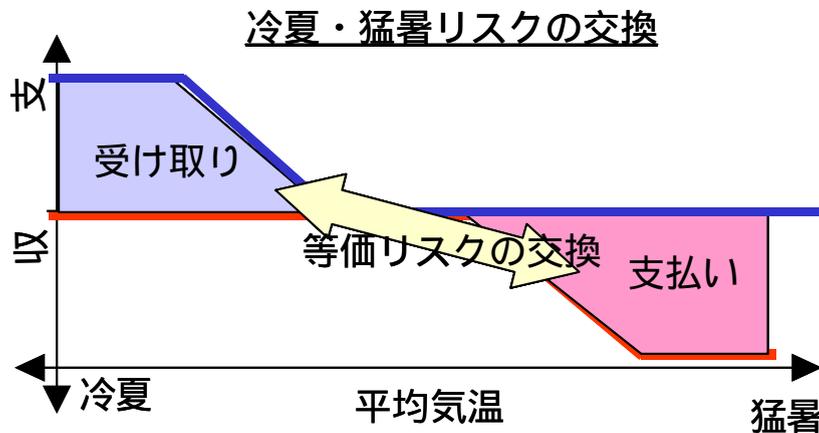
#### (対応策1) 冷夏リスク回避商品を外部から購入する対策の検討と評価

- ・市場(銀行・損保)から商品を購入する。
- ・期間気温が、ある基準温度以下になった場合に補償を受ける。
- ・購入価格には手数料や利益分が含まれているため割高となる。
- ・長期間契約を実施すると、受取総額が購入費総額を下回る。



(対応策2) 冷夏・猛暑リスクの交換を図る対策の検討と評価

- ・一般事業者間でリスクを交換する。
- ・期間気温による一方の損失分を相手方の収益分で補填する。
- ・等価なリスクを算定し、コストなしで取り引きする。
- ・長期間契約を行うと支払いと受け取りは理論上同等になる。



これらを検討した結果、対応策1については、市場からの調達是非効率的との認識に至った。一方で、対応策2の手法が現在の気温リスク回避手法では最も合理的であると評価した。

< 2 > 東京ガス(株)との気温リスク交換契約とその結果

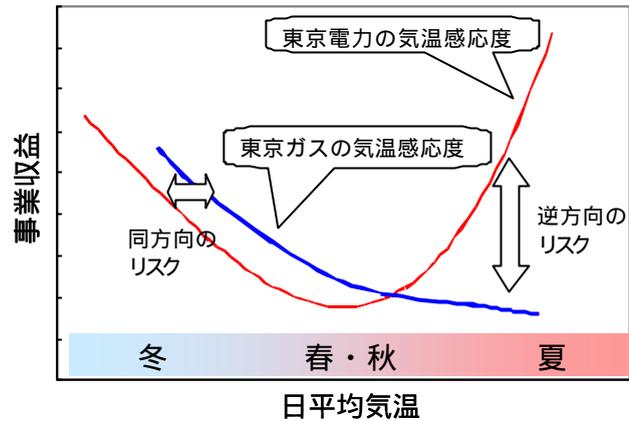
対応策2に沿って、実際に気温リスク交換契約(気温スワップ)を組むためには、東京電力(株)の冷夏リスクを相殺するような取引相手を探すことになる。そこで、予めから同様な研究をしていた東京ガス(株)が候補先となった。東京電力(株)は、夏場が高温だ

と空調需要等の伸びから増収となり、低温だと減収となる。東京ガス(株)は、夏場が高温だと給湯用のガス需要減少から減収となり、低温だとガス需要が増加し増収となる。つまり両社は、夏の気温に関して事業収益構造が反対になっている。

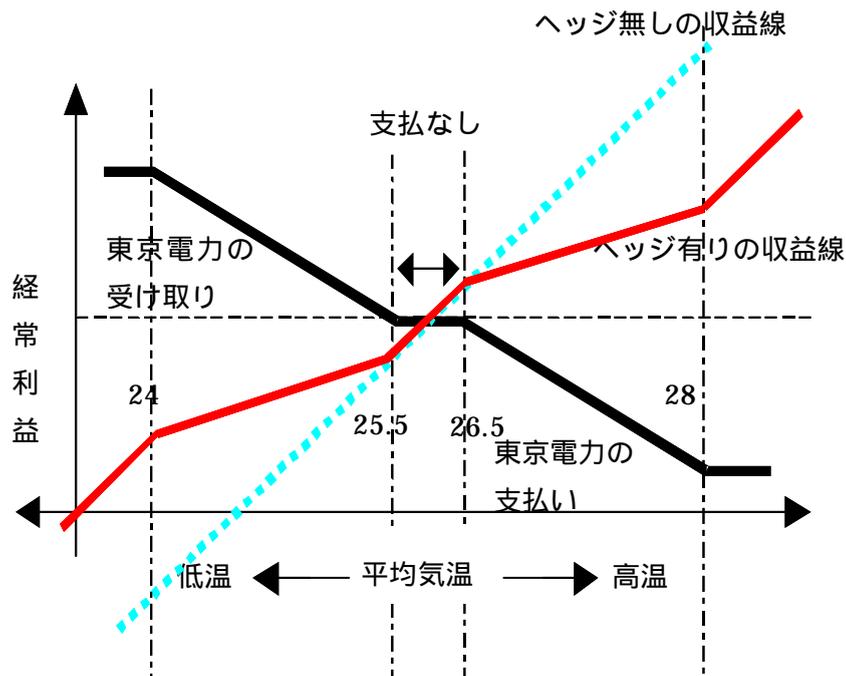
下のグラフは、東京電力(株)の夏の経常利益が気温に対して、どのように推移するかを示している。東京電力(株)では、このような自社

における経常利益の気温感応度分析を行い、今般のリスクスワップの設計に役立てた。グラフの中では、破線が「ヘッジ無しの収益線」を示しているが、これを描くところが天候リスク管理の第一歩となる。実際のところ、この収益線は曲線になるが、グラフの中では直線で近似している。この収益線は、いわゆるオプション取引でヘッジ対象の資産評価に用いる損益曲線(ペイオフダイアグラム)にあたる。破線で示す当初損益状況に対して、気温スワップを組み込むことにより(右下がりの実線がその損益曲線)「ヘッジ有りの収益線」(右上がりの実線)になる。グラフに示される通り、夏においては両社の気温に対する収益構造が逆相関になっていることが確認できる。

当社と東京ガスの事業収益構造比較

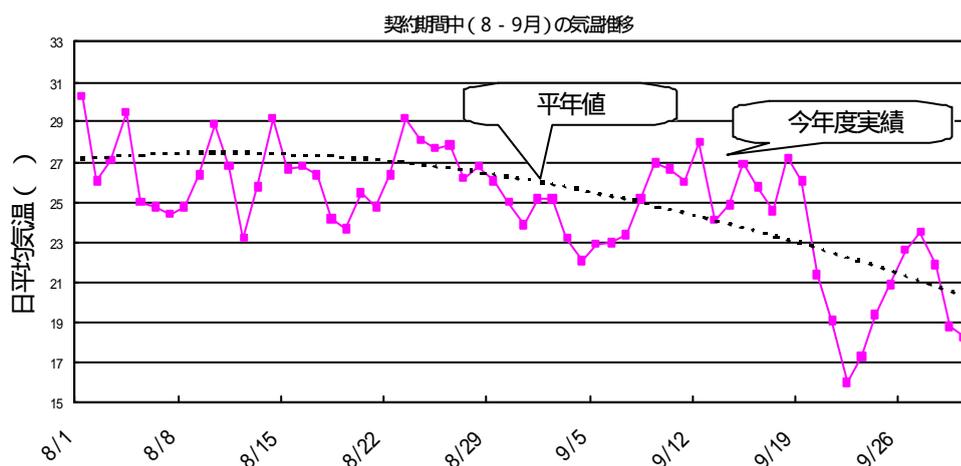


気温変化に対する東京電力の損益曲線



このグラフによると、契約期間の平均気温が26.5 を上回る（高温）と東京電力（株）から東京ガス（株）に支払いが発生し、平均気温が25.5 を下回る（低温）と東京ガス（株）から東京電力（株）に支払いが発生する。また、スワップの効果が生じるのは、24.0 から28.0 の範囲である。それ以下またはそれ以上の気温に対しては、実効性がない。その理由は、今回採用した指標は東京管区気象台（大手町）における日平均気温であり、過去の推移からみて、当該範囲以外は発生する可能性がほとんどないとの判断があったからである。以下、今回の気温スワップ（気温リスク交換契約）の概要と結果、並びに契約期間中（平成13年8月1日～9月30日）の気温の推移を表・グラフに示す。

気温リスク交換契約の概要と結果	
契約期間	平成13年8月1日～平成13年9月30日（61日間）
指標	東京管区気象台（大手町）における日平均気温
基準気温	26
当社支払気温	基準温度 + 0.5 （26.5）
当社受取気温	基準温度 - 0.5 （25.5）
最大交換額	約7億円（基準気温 ± 2.0）
実績気温	24.8
授受金額	東京ガスから当社へ約3億2千万円の支払い



### < 3 > 気温スワップのメリットと評価と社外の反応

今般の気温スワップを実行するにあたってのメリットと評価、社外の反応について以下に纏めた。

#### 気温スワップの効果及び評価

効果	評価
収支平準化効果	本スワップを活用した場合、年度ごとの気温による収支変動を平準化可能となった。
手数料の削減効果	本契約は事業者間の直接取引であり、金融事業者（銀行・損保など）から同様の商品を購入する場合に比べ、手数料・利益相当分が削減可能となった。
リスク管理への取り組み姿勢に対するPR効果	経営安定化のためのリスク管理手法としてエネルギー業界で初の試み。株主や顧客に対して、責任ある企業のリスク管理姿勢を示すことができた。

#### 社外の反応

	内容
アナリストの意見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヘッジ比率の拡大が重要だが、コストをかけることは望ましくない。</li> <li>・コストをかけずに業績を平準化し、その上で収益全体の底上げを図る取り組みを今後とも積極的に続けてほしい。</li> <li>・今後はお客さまが直接メリットを享受できるヘッジにつなげて欲しい。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本契約のプレス発表後、新聞報道10社以上、並びに電気協会報、電気学会等から取材あり。総じて好意的な反応であった。</li> </ul>

以上が、東京電力（株）委員の報告である。

事業会社の収益構造の中からリスク要因を抽出し、それを管理することがリスク管理の基本である。つまり、認識したリスクを保有したり、ヘッジしたり、分散並びに除去するといった工夫を図ることが大切になる。東京電力（株）のケースでは、そのような観点から、天候、特に気温をリスク要因と認識したリスク分析を行い、具体的なリスクコントロール手段まで設計して手配したことになる。

### 3. 企業の資本政策と天候リスクマネジメント

スイス・リー・キャピタルマーケット・ジャパン（株）（以下、「スイス・リー」）委員からは、企業の資本政策としての天候リスクマネジメントの必要性、リスク移転手法の概説と事例、天候デリバティブと気象情報の関係及び天候デリバティブ市場の将来に向けた提案などについて、以下の説明があった。

#### （1）企業の資本政策とリスクマネジメント

企業のリスクマネジメントとはどのようなものかを考える題材として、ゴルフのプレーヤーを例に説明する。

あるプレーヤーは、「飛ばし屋だがフェアウェーをよくはずす」。別のプレーヤーは「飛距離は出ないが、フェアウェーを着実にキープ」とする。この場合、どちらのプレーヤーが安定したスコアである可能性が高いと考えるのか。恐らく、後者であると思われる。企業のパフォーマンスの評価もこれと似ている。例えば、優れた研究・開発で数年に一度の素晴らしい新薬を生み出すが、規制や訴訟リスクが常にうわさされる薬品会社と、景気・流行に左右されない安定した需要をベースに季節商品をそろえながら毎年着実な収入を上げる日用品化粧品メーカーとを比較する際に、リスクマネジメントの観点からどちらの企業が高い評価を得るのであろうか。このようなテーマを株価形成の考え方で説明する。

企業の株価は、当該企業が将来生み出すキャッシュフロー<sup>8</sup>の現在価値ということになる。現在価値の計算に用いられるディスカウントファクター<sup>9</sup>（DF）の逆数が1+ゼロクーポンレート（割引金利）になる。ここで用いられるゼロクーポンレートについては、リスクフリーレート（無リスク金利）に対して、個別企業の各種リスクを反映したリスクプレミアム<sup>10</sup>が上

乗せられているものと見る。従って、企業の事業に係るリスクが大きい場合には、同リスクプレミアムが大きいため、適用されるゼロクーポンレートが大きくなる。その結果、当該企業が将来生み出すキャッシュフローの現在価値（即ち株価）が小さくなるということである。また、将来のキャッシュフローが不安定であるとそのリスクプレミアムが高くな

#### 株価とリスクマネジメントの理論的關係

$$\text{企業の株価} = \frac{\text{予想される将来のキャッシュフロー (CF)}}{\text{現在価値への割引ファクター (DF)}}$$

$$DF = 1 + \text{無リスク金利} + \text{個別企業のリスクプレミアム}$$

将来のCFが安定しているほど、リスクプレミアムは低い

リスクマネジメント能力が高いほど、ダウンサイドに対する備えが整備され、CFが安定する



将来のCFの予想が同じであれば、  
リスクマネジメント能力の高い企業ほど、株価が高くなる

Swiss Re



5

<sup>8</sup> 将来的な企業活動の成果としての収入や支出に伴う現金の入り払いを期日に沿って把握した情報

<sup>9</sup> 将来価値を現在価値に引き直す際に使われる指標

<sup>10</sup> 不確実性の高い当市に対し上乗せされる金利等

る傾向があるかもしれない。反対に、将来のキャッシュフローが安定していると同リスクプレミアムが低くなると考えられる。この場合は、計算される現在価値（即ち株価）は大

## 企業収益の安定性の重要性：実証研究例 1

「企業の評価を定める最も重要な要素は何か？」

それは **企業収益の安定性** である。」

1983年4月から1996年3月までのデータを用い、米国企業の役員、アナリスト、コンサルタント、学会関係者にアンケート、各産業ごとに上位10社の評価を8つの属性、即ち、

(1) 経営の質、(2) 財、サービスの質、(3) 技術革新、(4) 長期投資対象として、(5) 財務の健全性、(6) 優秀な人材を引き付ける力、(7) 社会・環境への配慮、そして(8) 会社資産の配分、で行った。結果を7階位に分け、それを財務的側面から要因分析をしたところ、**企業収益の安定性**が、企業評価の最も良い予測指標 (Best Predictor) となっていることが確認された。

Peter Antunovich and David S. Laster, "Do Investors Mistake a Good Company for a Good Investment?" Federal Reserve Bank of New York Staff Reports 60 (Jan 1999); Fortune Annual Survey, "America's Most Admired Companies" 1999

Source: Prakash A. Shimpi, Editor, "Integrating Corporate Risk Management," 1999, Swiss Re New Markets

Swiss Re



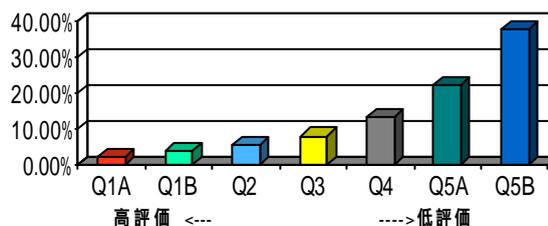
きくなるというのである。確かに、このような傾向があるものと考えられるが、将来のキャッシュフローが不安定でもそれが高水準であることが期待されていた場合には、上乘せされるリスクプレミアムの効果を相殺して、高水準なキャッシュフローが企業の株価を高めることがありうる。ここでは、安定的なキャッシュフローが期待されるとリスクプレミアムが小さくなる効果について一般的な関係があるものとする。特に、将来期待されるキャッシュフローが同じ企業の場合には、リスクマネジメント能力が高い企業ほどダウンサイドへの備えがあると考えられるため、当該企業の将来キャッシュフローが安定化し、リスクプレミアムの低下効果を通じて株価がより高くなることが期待できる。

次に、企業評価を定める企業収益の安定性についての実証研究を紹介する。これは、1983年4月から1996年3月までのデータを用いて、米国企業の役員、アナリスト、コンサルタント、学会関係者にアンケートしたNY連銀のレポートからのものである。同アンケートでは、各種産業毎に上位10社を対象に上図にある8つの属性から企業の評価を行った。

### 企業収益の安定性の重要性：実証研究例 1 (続き)

高い評価を得ている企業は、収益が安定している」

<企業評価と赤字四半期の出現確率との関係>



Source: Antunovich and Laster, "Do investors mistake a good company for a good investment?", Federal Reserve Bank of New York Staff Report, August 1998

Swiss Re



7

その結果にもとづいて、企業を7段階に分類した(上図参照)。その上で、財務的な側面から、同評価との関連性について要因分析を行ったところ、企業収益の安定性が企業評価の最も良い予測指標になっていることが確認された。

また、もうひとつの事例研究の結果について紹介する。

キャッシュフローの変動性が企業の投資と負債・資本調達へ与える影響について、米国企業1300社を対象に行った実証分析(A. Minton & Schrand 1999)についての結論である。それによると、キャッシュフローの変動性が高まると資本市場からの資金調達ニーズが高まる、負債・資本の調達コストが高まる、設備・研究・広告への投資が平均以下になる、ということである。負債・資本の調達コストが高まると格付が低下し、その結果、社債コストや資本コストの上昇を招くことになる。企業価値のあり方を考える上で、キャッシュフローの安定性が重要な要素になっていると言える。

次に、企業のリスクマネジメントに向けた基本ステップについて述べる。右図は、リスクマネジメントの基本ステップであるが、一般的には、まず企業におけるリスクの種類把握から始める。保険業界では、「リスクマッピング」と呼ばれ、広く採用されている手法である。リスクマッピングを行った上で、当該リスクを区分し、当該企業が能動的に取るリスクをコアリスクとして認識する。このリスクは、収益の源泉として意識的に取るべきリスクと言える。金融機関では、その典型として信用リスクや市場リスクが挙げられる。いわゆる当該企業の本業の運営にかかるリスクとなる。更に、企業活動の

#### 企業収益の安定性の重要性:実証研究例2

B. A. Minton & C. Schrand, 1999: 「キャッシュフローの変動性が、企業の投資と負債・資本調達へ与える影響について」

米国企業1300社を基に実証分析



(結論)キャッシュフローの変動性が高まると;

- 資本市場からの調達ニーズが高まる
- 負債・資本の調達コストが上昇する  
低いS&P格付け、高い社債金利、高い加重平均資本コスト
- 設備、研究、広告への投資が平均以下になる

Swiss Re



8

#### 企業リスクマネジメントの基本ステップ

Step 1: リスクの把握: リスクマッピング

Step 2: リスクの区分

**コアリスク**: その企業が能動的に取るべきリスク、収益の源泉  
(金融機関の例)信用リスク、市場リスク

**ノンコアリスク**: 企業活動の中でコアリスクを取るに当たって、附随して取らざるをえない受動的リスク  
(金融機関の例)オペレーショナルリスク

Step 3: リスクテイク&マネジメントの方針決定

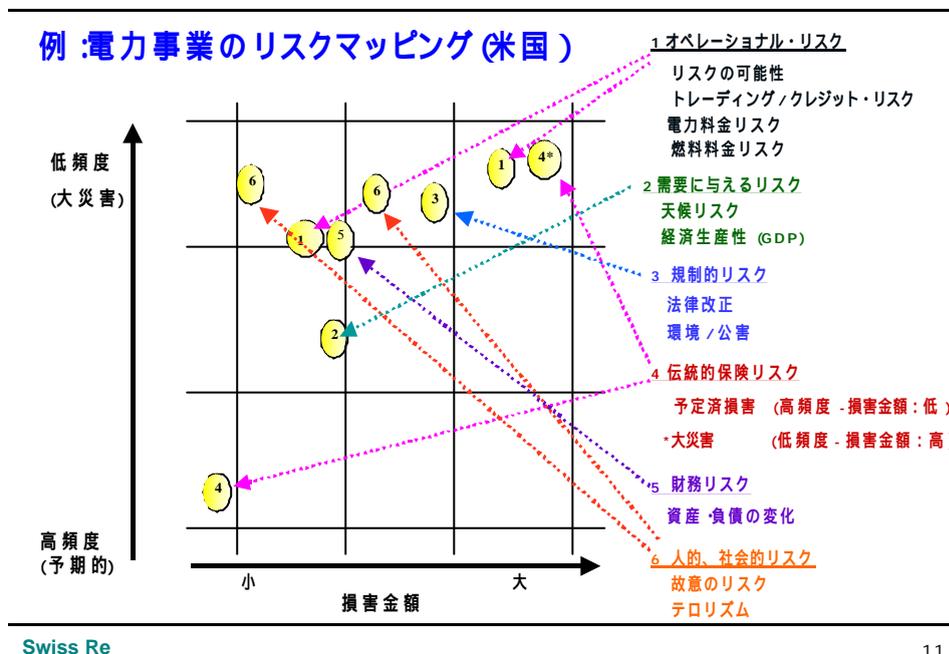
ノンコアリスクについては保有リミット・移転手段によりコントロールすることにより、コアリスクに経営資源を集中する

Swiss Re



9

中で本業のコアリスクを取るにあたって、付随して取らざるを得ない受動的リスク（ノンコアリスク）を分類する。金融機関の場合は、オペレーショナルリスクとなるが、一般企業でも当該リスクを勘案する必要がある。それは、本業の運営（オペレーション）に関連して、人為的ミスやシステム障害のリスクがあり得るからである。大きくコアリスクとノンコアリスクに分類することが有用である。その上で、大別されたリスクについて、さらに細かなリスクの要因（リスクファクター）別に、リスクの性質やそれに対する対策等を把握し認識することが望ましい。このような整理を進めることで、当該企業の運営（例えば、経営計画や現場運営）において、各種コミュニケーションの向上に資することになる。一例として、電力会社のリスクマッピングを下に掲載する。



11

次に、統合的な資本・リスク管理モデルについて考える。ここでのアプローチは、「すべての資本を企業のリスク管理と結びつけて考慮」するものである。企業のコアリスクやノンコアリスクの大きさは、基本的に企業資本と見合ったものであるべきと考え、企業資本は「企業リスク

**統合的資本・リスク管理モデルとは**

すべての資本を企業のリスク管理と結びつけて考慮

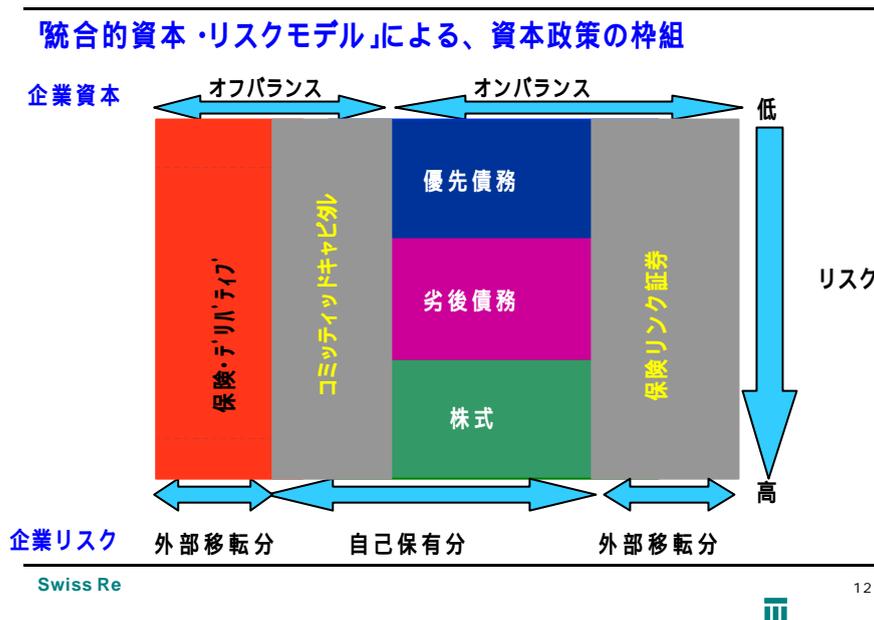
$$\begin{aligned}
 \text{「企業資本」} &= \text{「企業リスク」} \\
 &= \text{「企業リスクをカバーするのに必要な資本額」} \\
 &= \text{「払込済資本」} + \text{「オフ・バランスシート資本」} \\
 &= \text{自己保有リスク} + \text{外部移転されたリスク}
 \end{aligned}$$

Swiss Re



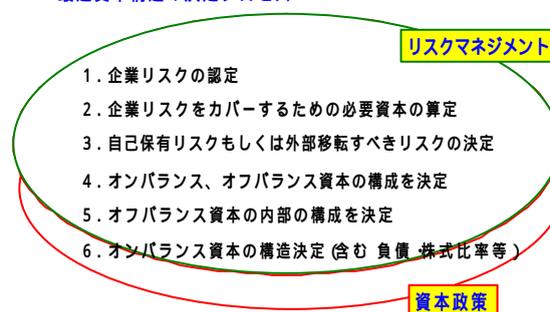
12

をカバーするのに必要な資本額」と見なすのである。この時の企業資本はオンバランス<sup>11</sup>の「払い込み資本」と「オフバランス<sup>12</sup>資本」で構成されている。この考え方の斬新さは、保険やデリバティブなどの特定事象のリスク発生による将来の損失を吸収する仕組みを通常の資本と同等のものと位置付けているところである（下図参照）。リスク管理の観点からすると、通常の払い込み資本における資本コストと比較しながら「オフバランス資本」への取組みを考えることが重要である。



「統合的資本・リスク管理モデル」を採用する意義は、リスク管理と企業の資本政策を一体運営することである（右図参照）。企業のリスク認定やリスクに見合った必要資本の算定、自己保有するリスクと外部移転するリスクの区別、オン・オフ資本の構成比、各資本の内部構成、負債・株式比率を決めるなどのオンバランス資本の構造を、リスク管理の視点と資本政策の視点を融合して判断し、運営することが求められる。但し、実際は企業のリスク、特に本

「統合的資本・リスクモデル」による資本・リスク管理  
最適資本構造の決定プロセス

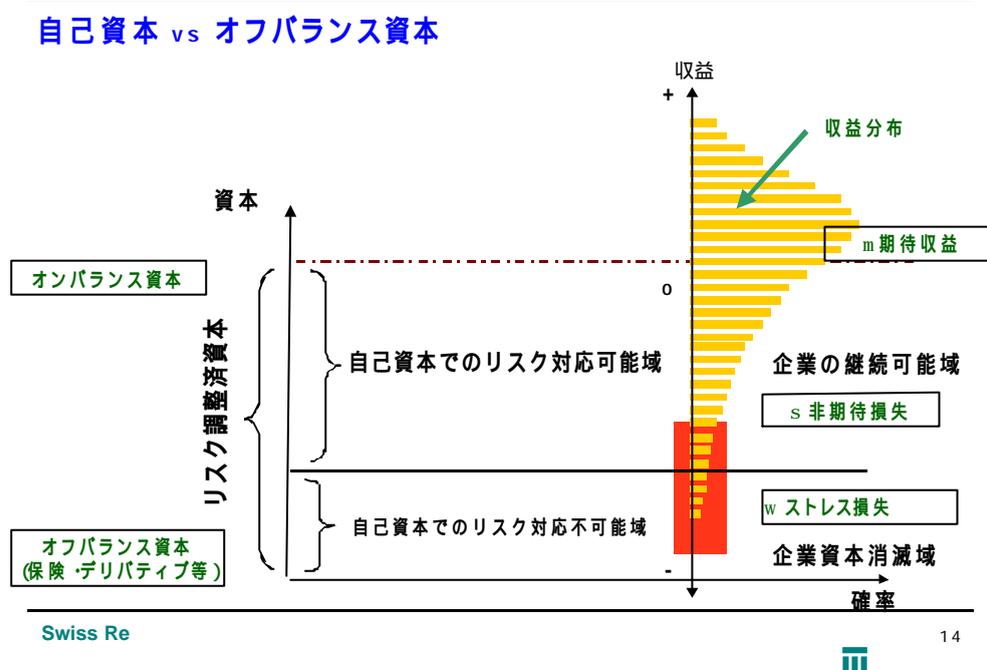


<sup>11</sup> 経理上、貸借対照表に記載される必要のある取引

<sup>12</sup> 経理上、貸借対照表に記載される事なく行なう事のできる取引

業に係るコアリスクから付随するノンコアリスクまで計量化（算定）する手法については、まだまだ課題が多い。加えて、実際には計量化が困難なリスクも含めて管理・運営する必要があり、その中で統合的な資本を運営することが企業経営の実際とも言える。従って、リスクの管理と資本政策の運営との視点に加えて、リスクの計量化（非計量化）との連携やバランスも加味して考える必要がある。

そこで、ある程度のリスクの計量化が行われることを前提に、リスクに見合った自己資本とオフバランス資本との関係を考える（下図参照）。リスク要因やその特性に則したリスク計量を行い、それを1年換算したリスク量に対して、必要な資本を『リスク調整済資本』と考える。これは、払い込み資本等のオンバランス資本と保険・デリバティブによるオフ



バランス資本により構成される。

ここで、企業の収益分布を過去の実績やシミュレーション等で描くと上図のような分布になると仮定する。健全な企業であれば、企業の期待収益はリスク調整済資本を毀損することなく、収益プラスの領域に存在するはずである。しかしながら、年度によっては損失が拡大し、当該資本を毀損することもあり、自己資本で対応不可能な損失の発生する確率も分析できることになる。図の中では、四角い領域で示された部分が危機的状況下における損失可能性を示しており、このようなケースに対する「オフバランス資本」の導入を提唱するものである。したがって、低頻度で高額な事象や損失を対象に管理するものとなる。

## (2) リスク移転手法の発展

次に、保険の代替商品として発展してきたリスク移転手法の現状について概観する。

最初に、損害保険の浸透具合について国別に比較する（右図参照）。各国別の損害保険浸透度を見るためにGDPに対する損害保険料総計の比率を算定した。米国が最大で、日本が一番小さな数値となっていることがわかる。企業のリスク管理の更なる進展に伴い、日本における損害保険の普及の余地は大きいと考えられる。

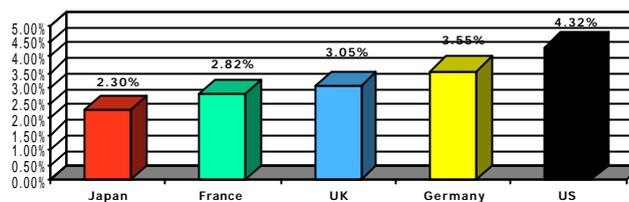
従来からある損害保険のニーズを補完する商品として、ART（Alternative Risk Transfer）と呼ばれる商品群がある。右の図は、ARTと呼ばれる商品の一覧を示したものである。法律や税制に代表される制度上の整備が必要な商品もある中で、海外では次第に普及してきている手法である。今後の日本市場においても、保険市場と金融市場が融合する中で浸透する可能性が期待される分野である。

次の図は、天候デリバティブと自然大災害を対象とするCATボンド（Catastrophe Bond）の市場の広がりを示したものである。CATボンドは1～5年等の中長期に亘るリスク回避手段であるのに対して、図中に示している天候デリバティブは3か月や6か月といった短期のリスク回避手段である。従って、額面だけ

## リスク移転手法への関心：保険費用で見た国際比較

各国別の損害保険浸透比率(%) = 損害保険料総計 / GDP

世界の5大市場において、2.3%から4.3%まで分布  
米国が最大で、日本が最低

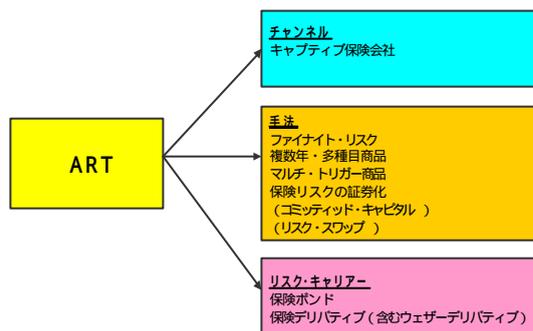


Source: Swiss Re, sigma No. 9/2000

Swiss Re

16

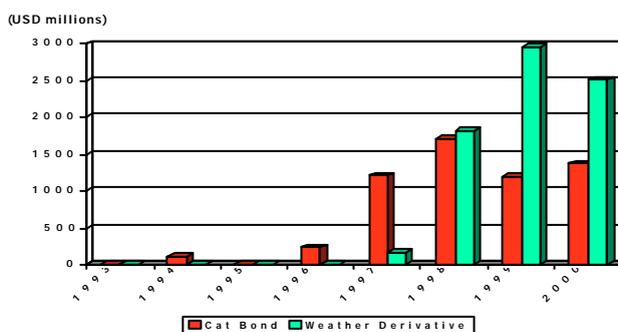
## 代替的リスク移転手段 (ART)の展開



Swiss Re

17

## ウェザーデリバティブとCATボンド（自然大災害債券）の市場拡大



Swiss Re

18

で比較するのは難しいが、いずれにしても取扱い金額が近年増加していることが見て取れる。

次に、スイス・リー社で扱った統合的リスクマネジメントの事例を紹介する。一つ目は、カナダの農業関連商社であるユナイテッド・グレイン・グロー・ワーズ社のケースである。同社では、1996年より最高経営責任者をリーダーとするリスクマネジメント委員会を発足させ、47に亘る自社に係るリスク要因を抽出し、評価を行った。その中で、自社の最大のリスクを穀物取引の価格が下落するリスクと認識した。そこで、まず天候デリバティブでヘッジすることを考えたが、スイス・リー社の助言のもとに、天候リスクよりも自社の取引量に相関が高いカナダ全体の穀物量指数を引き金（トリガー）にした商品を導入するという手法でリスクの移転を図った。既存の保険取引と当該リスク移転手法を統合した包括的なプログラムの導入により、効率的なビジネスの防衛を構築することができたのである。

**統合的リスクマネジメントの導入成功例：  
カナダの農業関連商社ユナイテッド・グレイン・グローワーズ社（UGG）**

**Step 1: 経営陣のイニシアチブによるリスク分析（1996年より）**

- ・CEOをリーダーとするリスクマネジメント委員会発足
- ・ユニット長も含めて会合を重ねて全47リスクを抽出・評価
- ・その中で最大リスクを穀物取引の下振れリスクと認定



**Step 2: 統合プロテクション・プログラムの導入（2000年発効）**

- ・スイス・リーの助言を取り入れ、天候リスクより相関性の高い穀物量指数をトリガーに決定。
- ・既存の損害保険契約と上記トリガーによるリスク移転を統合し、包括的プログラムにより効率的なプロテクションを構築・導入

Swiss Re

19



**（3）天候リスクへのソリューション**

天候が各産業に与える影響を概観するために、1993年の冷夏と1994年の猛暑の影響について調べた調査を紹介する。以下の図は、各産業の主要な活動状況について対前年比の数値を記している。これによると、1993年においては、多くの産業で対前年比マイナスの値を示している。一方で、1994年はプラスに転じ、中には急回復している産業もある。天

**93年冷夏と94年猛暑の各種産業への影響（日経ビジネス調べ）**

製品・サービス	93年対前年比	94年対前年比
エアコン出荷台数	-17.0%（7月）	+18.6%（7月）
電力消費量	-5.2%（7月）	+21.1%（7月）
ビール出荷量	-5.5%（7月）	+20.9%（7月）
清涼飲料生産量	-3.0%（年通算）	+11.4%（年通算）
アイスクリーム出荷量	-2.9%（年度通算）	+1.1%（年度通算）
ケーキ生産量	+115.2%（年通算）	-1.5%（年通算）
トマト生産量	-4.5%（年通算）	+2.8%（年通算）
スーパーマーケット売上高	-2.6%（7月）	+2.8%（7月）
婦人物衣料売上高	-4.5%（7月）	+2.2%（7月）
目薬	-8.4%	
傘売上高		-4.7%（年通算）
豊島園プール入場客	-43.0%（7・8月）	
東京ディズニーランド入場客		-13.1%（7/21-8/21）

Swiss Re



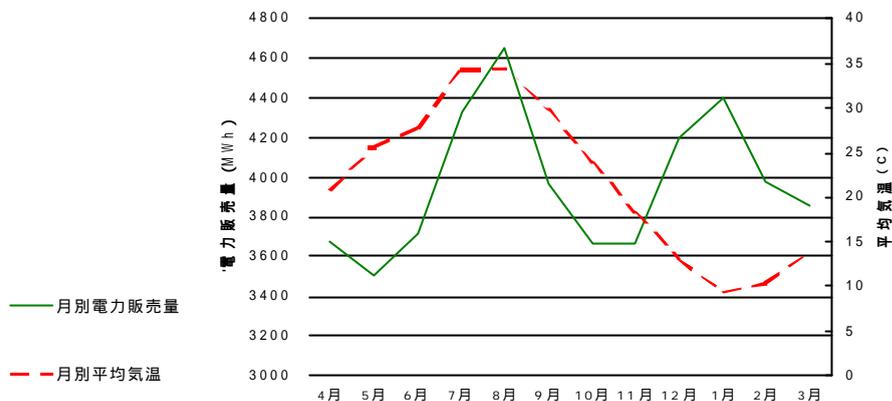
21

候がビジネスの業績にいかに関与しているかが分かる。

### 気温が電力需要を左右する (日本の例)

ある電力会社の月別の平均気温と電力販売量の関係

(注) 実際のデータとは、若干異なる



Swiss Re

23

また、天候がビジネスを左右する典型的な事例として、電力会社における電力販売量と気温の関係を示したグラフが上図である。夏と冬に電力消費量が伸びていることが分かる。夏の冷房需要や冬の暖房需要が反映していると考えられる。米国の事例を紹介したグラフが下の図になる。ここでも夏と冬に電力販売量のピークがあることが見て取れる。

このような天候リスクに対する企業の対応方法を考える。通常、企業は自らビジネスの範囲で各種の工夫を行っている。天候の予測に合わせた品揃えのタイミングに関する機動的対応や気温の変化を緩和する商品構成の多様化が対応の典型である。しかし、このような工夫だけでは除去しきれない天候リスクがあり、これを解決する手段として天候デリバティブや気象保険が発達してきたと考えられる。

#### 天候リスクへの企業の対応方法

- ・ 天候予測に合わせた機動的対応
  - (例) コンビニ店: 短期予報に応じた品揃えの変化
- ・ 商品・サービス構成の多様化による、天候リスクの分散
  - (例) 電機メーカー: 暖房機具の重点販売によるエアコン依存度の低下



それでも除き切れない天候リスクを、直接に金融的手段で解決  
= 天候金融商品の登場: ウェザーデリバティブ、気象保険

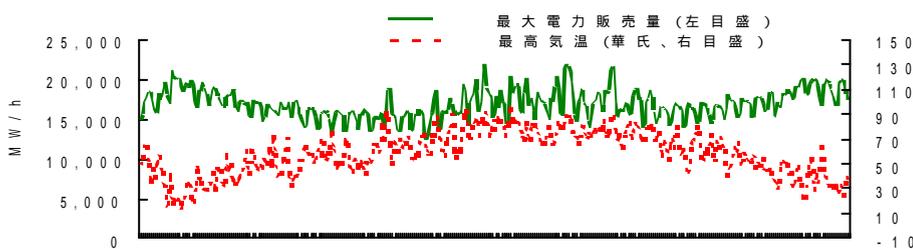
Swiss Re

24

### 気温が電力需要を左右する (米国の例)

米国ニューイングランド州の日次の気温と電力販売

2000年1月1日より同12月31日まで



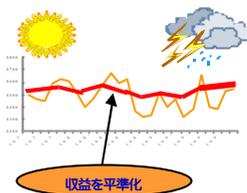
Swiss Re

23

天候デリバティブを導入する目的は、どのような点にあるのであろうか。それは、気象関連の要因による企業ビジネスのキャッシュフローの変化や不確実性を一定期間にわたって安定化するという点にあると考えられる。これにより、企業収益の安定化が図られ、資本の有効活用といった効果が期待される。また、企業の利害関係者は、信頼性のあるキャッシュフローの状況に対して、当該企業の市場価値をより高く評価するという効果があると考えられる。

#### ウェザーデリバティブとその効果

**ウェザーデリバティブ:**  
気象関連の原因による、需要供給量とそれに伴うキャッシュフロー（販売収入・仕入コスト）の不確実性を、一定期間に渡って安定カバーする。



#### 効果:

- ・ 収益安定化により、企業資本をより有効活用できる。
- ・ 企業の利害関係者（株主、債権者、金融市場、政府など）は、より見通しやすくなった将来のキャッシュフローに対し、その企業の市場価値（株価、借入・社債コスト）を高く評価する。

Swiss Re

25

スイス・リー本社が関わった幾つかの天候デリバティブの事例を紹介する。

一つ目はビール会社の事例である。これは、東京と大坂、名古屋の平均気温の加重平均

#### ケーススタディ 1：ビール会社向け夏期平均気温プットオプション

- ・ 取組者：ビール会社
- ・ 観測地点：
 

	WMO番号	ウェイト
東京	47662	50.0%
名古屋	47636	20.0%
大坂	47772	30.0%
- ・ 対象期間：2001年7月1日より8月31日まで
- ・ 気象インデックス：毎日の各地点の平均気温の加重平均の、対象期間中の単純平均
- ・ 受取り金額：インデックスが25.9（ストライク）を下回った場合、0.1 当り100百万円
- ・ 最高受取り金額：1,000百万円（24.9 以下の場合）
- ・ 支払いプレミアム：XX 百万円

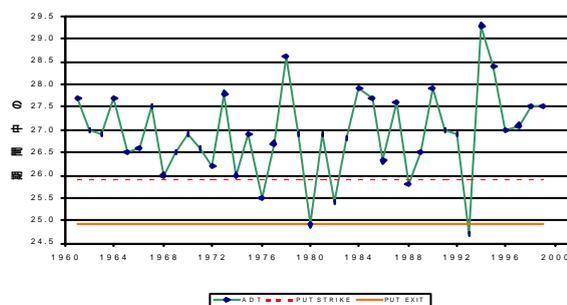


Swiss Re

26

をインデックスとして作成した夏期平均気温のプットオプション型天候デリバティブである。25.9 を下回った場合にオプションの買い手に 0.1 あたり100 万円支払われるという商品である。右の図を見ると過去 20 年の中で 4 ~ 5 年はこのスキームで損失の補填が行われる可能性があったことがわかる。

#### ケーススタディ 1：過去の推移（注：実際のデータとは若干異なる）



Swiss Re

27

次の商品事例は、電力会社向けに開発された3年間にわたる夏冬通算 EDD (Energy Degree Days) プットオプションである。夏のCDDと冬のHDDを7割と3割の重みをつ

## ケーススタディ2:

### 電力会社向けの、3年間の夏冬通算 EDD プットオプション

- ・ 観測地点：東京 (WMO #47662)
- ・ 期間： 取引期間：2001年4月1日より2004年3月31日まで  
リスク対象期間：CDD 各年の7月1日より9月30日  
HDD 各年の1月1日より2月28日
- ・ EDD合成インデックス： $CDD \times 70\% + HDD \times 30\%$
- ・ 受取り金額：各年において、インデックスが500 (ストライク)を下回った場合、1EDD当り50百万円
- ・ 最高受取り金額：各年 5,000百万円 (400EDD以下の場合)  
ただし3年間の合計金額は 10,000百万円を超えない
- ・ 支払いプレミアム：毎年 XXX 百万円



Swiss Re



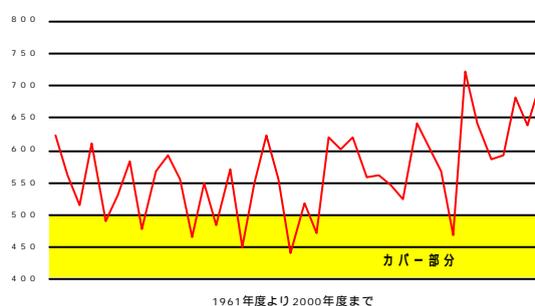
28

けて加重平均する EDD 合成インデックスを作成する。そこで、毎年当該インデックスを計算し、各年 500 のストライクを下回った場合に 1 EDD あたり 50 百万円の受け取り(1年あたりの最大受取金額は 50 億円)が生じる仕組みである。但し、3年間の受け取り合計金額は 100 億円を超えないといった制限がある。次の図を見ると 1961 年から 2000 年の間に

インデックス 500 を下回った年が何度か出現している。この商品の場合は、冷夏と暖冬によって電力販売量が減少するリスクを軽減する設計になっているが、平均化効果により 3年間の長期にわたって何度も発生する極端な状況は考えにくいいため、天候デリバティブの売り手のリスクを軽減して価格の減少に繋がりが得る。

次の事例は、遊園地を対象に開発された降雨日をインデックスとした天候デリバティブである。今までの事例は気温の積算温度とストライク値との比較でオプションの行使が決められていた。これに対して、本事例においては、ある期間における一定の降雨量を超えて雨が降った日数を数えて、その積算値をストライク値の 33 日と比較するタイプになっている。

ケーススタディ2：過去の推移 (注：実際のデータとは若干異なる)



Swiss Re



29

### ケーススタディ3：レジャーランド向け降雨日コールオプション

- ・ 取組者： レジャーランド
- ・ 観測地点： 東京 (WMO番号 47662)
- ・ 対象期間： 2001年8月1日より12月31日まで
- ・ 気象インデックス： 期間中に1日の合計降雨量が10.0mmを超えた日数
- ・ 受取り金額： インデックスが33日（ストライク）を超えた場合、日数1日につき40百万円
- ・ 最高受取り金額： 1,000百万円（58日以上の場合）
- ・ 支払いプレミアム： XX百万円



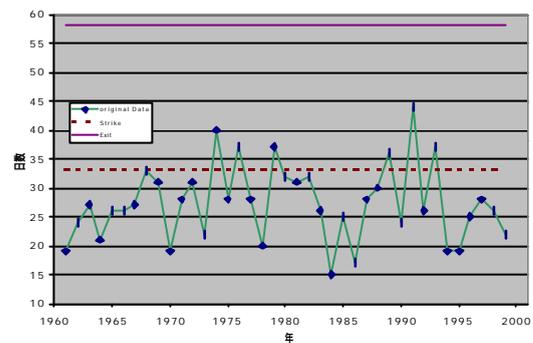
Swiss Re

30



先の事例と同様に、1961年から2000年までの当該期間の実績値を右のグラフに示すと、やはり過去数回のストライク値を超える事例があることが確認できる。このように、スイス・リー社では、気温のみならず雨や風といった様々な気象データ、または河川流量等の関連データ、及びそれらの複数インデックスの組合せを対象に、業態にあった天候リスク回避のニーズを捕捉してソリューション設計を行っている。日本の金融機関においても、最近は同様な天候デリバティブ商品の提供を行い始めている。

ケーススタディ3：過去の推移（実際のデータとは若干異なる）



Swiss Re

31



#### (4) 天候デリバティブに関する諸論点

次に、天候デリバティブに関する諸論点を紹介すると共に、今後の課題を整理する。

##### 気象観測データに関する課題

気象観測データについて、天候デリバティブ取引を促進する観点から、解決を図る必要性があると思われる課題をリストアップする<sup>13</sup>。

- ・ 平均値や極値の定義をルール化したり、公表することを促進すること。
- ・ 各種インデックスを定義する際、対象気象データや計算方法と端数処理を明示すること
- ・ 欠損値（計測し損じたデータや不明となったデータ）を補間すること。

<sup>13</sup> これらの課題は、本発表を行った委員が受持つISDA（国際スワップ・デリバティブ協会）の天候デリバティブ委員会における共同議長としての活動を通じ、会員各社から寄せられたものである。

- ・観測条件を変更した際に、統計処理やデータの一貫性を保つべく必要な処理や情報の公開を行うこと。
- ・観測値や統計値及びそれらの修正値を発表する方法やタイミングの改善。

### プレミアム計算上の課題

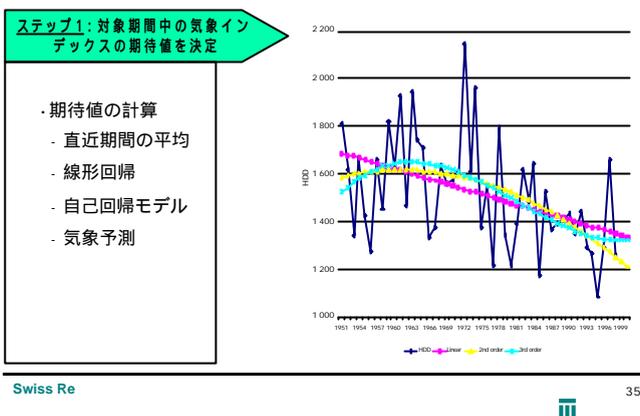
対象期間中の気象インデックスの期待値を計算するのに、過去における該当期間の平均を適用するのが通常であるが、直近の傾向値をより強く反映すべく線形回帰や自己回帰モデルを採用することもある。また、その中で、気象予測を反映して、期待値を修正するモデルの作成も課題となっている。

気象インデックスにおける変動性の分布を決める際にも同様な観点がある。通常は、気象インデックスの過去実績を採用するのが天候デリバティブのプライシングであり、そこから正規分布や対数正規分布を推定して利用する。ここでも、気象予測を反映した分布情報の利用が課題となっている。

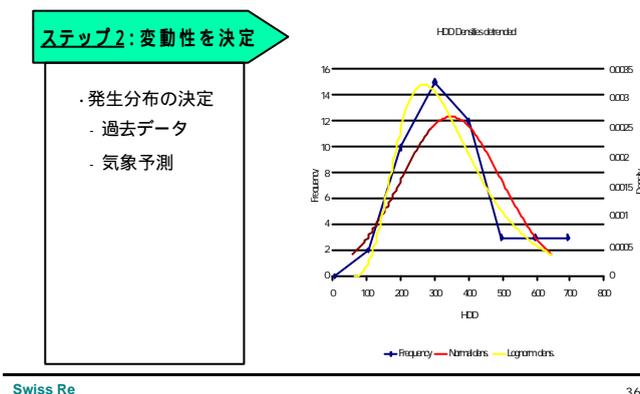
### 天候デリバティブに必要な数値的予報情報の例

ここで、米国における数値的予報情報（注：予報手法としての数値予報のことではない）の作成例を紹介する。右のグラフは、過去データにて作成されるHDDの累積確率分布と予報に基づくHDDの分布を示したものである。このような形式で予報情報が公開されれば、前年と比べてどのくらい今年が暖かい冬になる予報であるかを

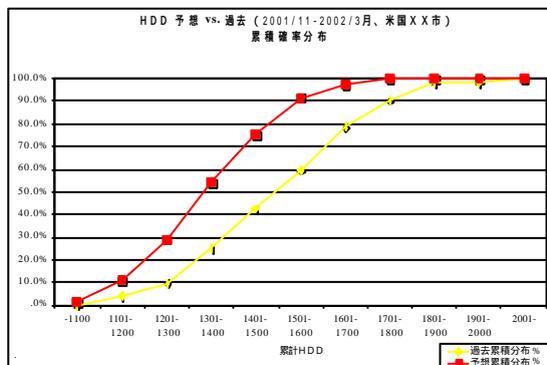
### プレミアムの計算方法



### プレミアムの計算方法 (続き)



### WDに必要な数値的予報情報例 (米国)



確率的に認識することが可能になる。

#### その他環境整備について

天候デリバティブの提供者については、右図にある通り、保険・銀行・証券に関する業法がある。金融商品として、広く経済社会に受容れられた場合、本商品の提供者がどのような規則のもとに運営されるべきかが未だ整理途上である。リスクの保有者である事業会社と仲介業務を行う金融業界、そしてリスクの移転先である投資家をどのようなルールのもとで運営するのか整理する必要がある。電力会社を中心にエネルギー会社が天候デリバティブ取引に本格的に参入した場合どのように運営していくべきかといった点や、天候リスク売買ネットワークが発達した場合の信用リスクや流動性リスクを起因とするシステミックリスク<sup>14</sup>の回避の仕組みをどのように用意すべきかといった点も大きな課題である。

また、天候デリバティブに関しては、賭博性に関する刑法の議論や金融商品販売法に基づく説明義務の要請、会計・税務上の取り扱い方等の課題も残っており、将来の展開に備えた環境整備が期待される。そのような環境整備を行う国際的な機関として、WRMA（天候リスクマネジメント協会）（別添資料参照）やISDA（国際スワップ・デリバティブ協会）の天候デリバティブ委員会が運営されている。

#### （５）天候デリバティブ市場の将来への提案

天候デリバティブ市場の将来のあり方について、提案する。

企業にとって、天候リスクは自らの努力を超えたりスクであるといった認識が一般である。ところが、最近の金融技術の発展により、制御不可能と思われたリスクから企業を守ることが可能になってきている。そ

#### その他の環境

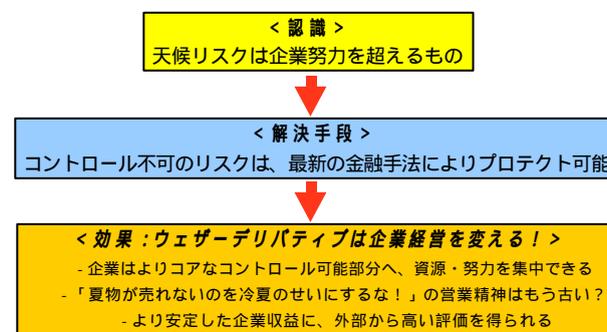
- ・ 提供業者の業法：保険業法、銀行法、証券取引法
- ・ 賭博性：刑法等
- ・ 説明義務：金融商品販売法
- ・ 会計 税務
- ・ 関連業界組織：
  - WRMA（天候リスクマネジメント協会）
  - ISDA（国際スワップ・デリバティブ協会）  
海外に先立ち、昨年2月より日本でW D委員会設置

Swiss Re

39



#### 結論1：天候リスクを制する者が業界を制する？



Swiss Re

41



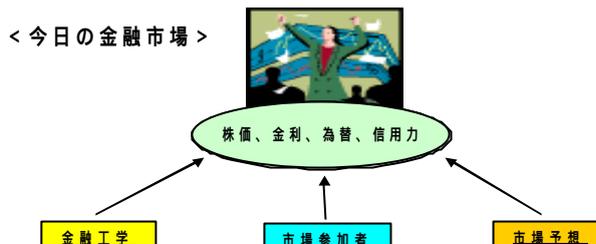
<sup>14</sup> 金融機関の送金システム等のネットワークにおいて、個別の事故や障害が原因となって、より広範なネットワークに影響が拡大するリスク。

の結果、よりコアな事業のリスクに資源を投下し、不本意なリスクからは事前の手段により対策を講じることが求められている。より安定した運営を心掛ける企業が外部から高い評価を得られるようになると考えられる。

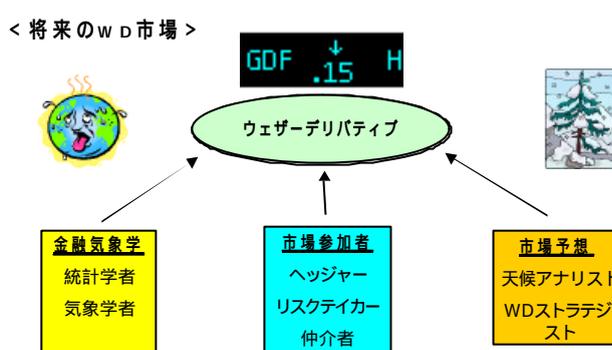
次に、天候デリバティブ市場を取り巻く関係者のあり方を考える。右の図は、現在の金融市場に係る関係者を示したものである。リスク移転を行うヘッジャーやリスクを保有するリスクテイカー、それらを取り持つ仲介者が市場における主要参加者である。これ以外に、市場・経済・企業活動動向を予測するエコノミストやアナリスト、投資戦略を提示するストラテジストが各種予測業務を担当している。一方で、金融工学の分野から数学や物理、経済等の知識や技術を応用した商品開発やリスク分析、意思決定支援等に係る各種手法の提供が行われている。今日の金融市場は、以上のような関係者が競って参加することにより、発達してきていることになる。この姿を将来の天候

デリバティブ市場に当てはめて考えたのが次の図である。市場参加者の囲み部分は、金融市場の場合と同じである。そのような意味では、現在の天候デリバティブ市場にはまだまだ参加者が不十分であると言わざるを得ない。特に、リスクの移転先となる投資家としてのリスクテイカーが不在であり、投資が可能となる市場の整備も課題である。但し、企業に係る天候リスクは広く各業種に跨るため、参加者の裾野は大変広いものと考えられる。天候デリバティブ市場において市場予測をおこなう関係者に対しては、金融市場のケースから連想して例えば、『天候アナリスト』、『天候デリバティブストラテジスト』という名称を与えてその機能を考える。従来の気象予報に加えて、より企業ニーズにあった気象情報の解釈や作成を行うビジネスであり、場合によっては個別の企業の中に、より自らの事業ニーズにあった『天候アナリスト』の育成が求められることも考えられる。同様な意味で、事業リスクの制御の観点から、具体的な解決手法を開発するような『天候デリバティブストラテジスト』に対する社会的なニーズも出現する可能性がある。よりビジネスに即した気象の予測を行うために気象予報士の活用等も視野に入ってくる。また、金融市場における金融工学にあたる分野では、通常の金融工学に加えて統計学や気象学の知識や技

結論2：将来のウェザーデリバティブ市場



結論2：将来のウェザーデリバティブ市場 (続き)



Swiss Re



43

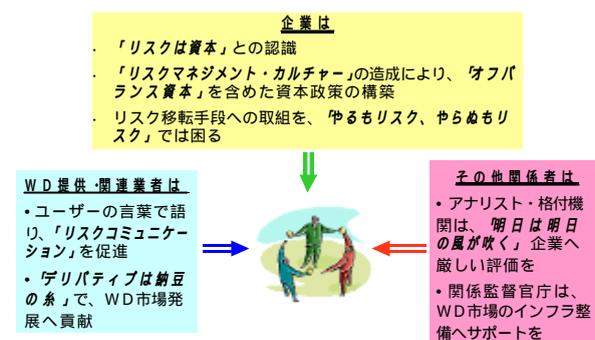
術も取り込んだ『金融気象学』といった分野ができる可能性を秘めていると考える。以上のような関係者が整備されつつ、今後の天候デリバティブ市場が形成されていくことが望ましいと考える。

本節の最後に、天候デリバティブ市場に係る各関係者に提案したい点をリストアップしたい。第一に、企業に対してである。まず、リスクをとるということは資本を必要とするということである。次に、経営者のイニシアチブを通じてリスクマネジメントのカルチャーを醸成することにより、オフバランス資本も含めた資本政策を構築することである。更に、リスク移転手法を

採用したにもかかわらず、リスクヘッジが発動されなければ「失敗」（つまり、意味がなかった）と判を押される企業文化を回避する必要がある。リスク回避への取り組み自体が評価される運営を企業が採用することが望まれる。第二に、天候デリバティブの提供者や関連業者に対してであるが、ユーザーに理解されやすい言葉で天候リスクマネジメントを説明する努力を行っていく必要がある。いわゆる「リスクコミュニケーション」の向上や促進が不可欠である。デリバティブというものは、その名の示すごとく派生商品である。もとの原取引どうしを結び付けることにより各種の取引形態に派生していくものである。そういった意味で豆の粒と粒を縦横無尽に結び付ける「納豆の糸」のようなものであり、さまざまな天候デリバティブ商品を誘発し、それが全体として効率的な市場を構築していくことになると考えられる。第三に、その他関係者に向けて幾つか提案を挙げると、アナリストや格付け機関は、「明日は明日の風が吹く」といった企業に対して厳しい目を向ける必要がある。また、関係監督官庁についても、天候リスクの移転機能を実現する天候デリバティブ市場の発展に向けたインフラ整備を支援することが期待される。以上の点が実現されると、天候リスクに係る効率的な取引市場の発展を通じて、本研究会の目的である「企業の天候リスクマネジメント」が進展していくものと考えられる。

以上が、スイス・リー社委員からの説明である。

### 結論3：企業の天候リスクマネジメント進展へ向け



Swiss Re

44

#### 4. 天候リスクと資本市場の活用

従来、台風や地震などの大規模な自然災害リスクを第三者に転嫁する手法としては、損害保険を購入する以外になかった。しかし、近年、自然災害を含めた天候リスクを資本市場に転嫁することが可能となり、多くの先行事例もある。事例の多くは保険会社が自ら保有する自然災害リスクを資本市場に転嫁するものであるが、一般事業会社がリスクを直接資本市場に転嫁している例もある。

本節では、資本市場を活用した天候リスク移転手法についての安田火災海上保険(株)(研究会ゲスト)からの説明を紹介する。

##### (1) 災害リスク証券化の概要

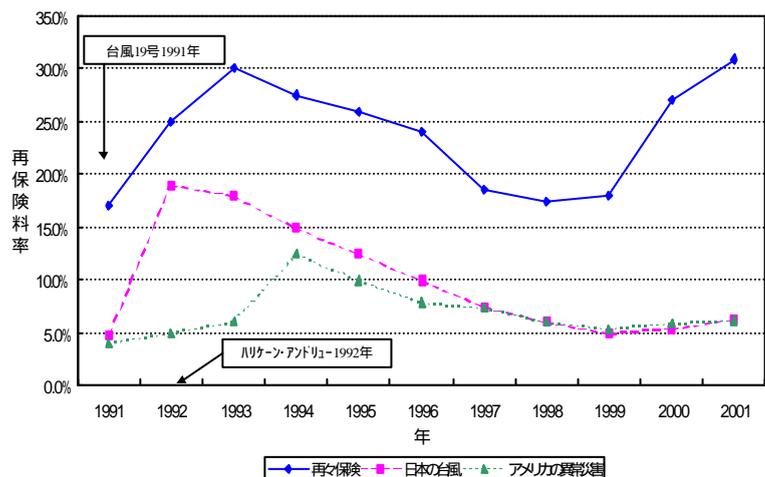
###### <1> 資本市場活用例としての証券化の背景

台風・地震などの自然災害あるいは猛暑、暖冬などの天候リスクは同時多発的な性格をもち、損害保険会社の中では集積リスクという捉え方で管理されている。集積リスクは1つ1つの損害は小さくても、全体としてみた場合巨大な損害になるため、保険会社は自らのリスクマネジメントとして、再保険を購入している。再保険とは、保険会社が別の保険会社に保険を掛けるという意味で、これにより例えば日本の地震リスクが世界の保険会社に広く分散して転嫁されることになる。逆に言うと、保険会社の引受能力は再保険に大きく依存することになる。

このような状況のなか、近年全世界的に自然災害が多発している。記憶に新しいところでは阪神大震災、カリフォルニア地震などがあるが、これらの災害により保険会社すなわち再保険市場の引受能力は90年代初頭急速に縮小し、再保険の価格は上昇した。

右グラフは再保険料の推移をまとめたものである。1991年の台風19号で日本の損害保険業界は5500~6000億円程度を保険金として支払ったが、これは日本の損害保険史上最大の支払である。これにより翌年の再保険料が急騰していることが分かる。また、グラフの中にある再々保険というのは、再保険会社がさらに他の保険会社に保険を掛けることを意味するが、その場合の保険料は一定

災害再保険の再保険料率の推移



(出典 Benfield Greig社)

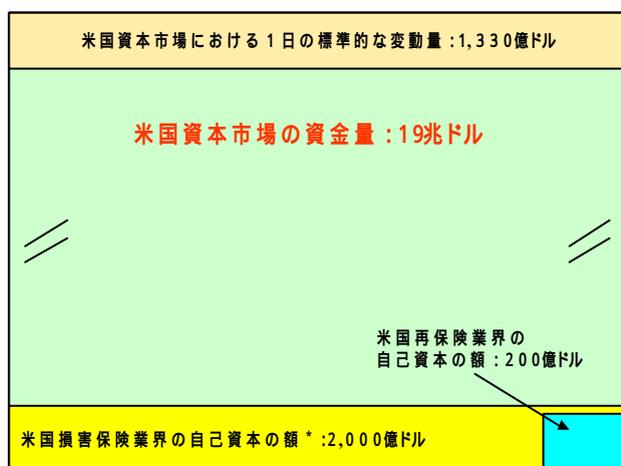
のサイクルで変動していることが分かる。このような再保険あるいは再々保険の価格の変動は再保険の需給関係によって生じるものである。すなわち、大災害による保険金支払等

の要因で再保険市場が縮小すると価格が上昇し価格が上昇すると、再保険ビジネスが収益性あるものになるため引受を希望する会社が増加し、市場が拡大し価格が低下するというメカニズムになっている。以上のことから再保険市場にリスクを転嫁しようとする場合、その市場の変動の影響は避けられない。したがって、このような変動の少ない別の市場にリスクが転嫁できれば、安定的なコストでリスクヘッジが可能となり、そのメリットは大きい。またこれは保険会社の引受能力の拡大をもたらす。

一方、投資家の観点からは、通常の投資先である株式市場あるいは債権市場が抱えている経済変動を主たる要因とした株・債権の価格変動リスクとはまったく異質で、これらのリスクと関連のない自然災害リスクを自己が投資するポートフォリオに組み入れることは、リスクの分散効果を促進し、結果としてポートフォリオのリスクを低減するというメリットをもたらす。これらリスクの出し手と受け手の双方のメリットを追求して誕生したのが、災害リスクを証券にして資本市場に転嫁しようとするものであり、災害リスクの証券化と呼ばれている。

右図は保険あるいは再保険と資本市場の規模について概観したもので、いずれも米国の数字である。米国の再保険会社の合計自己資本額は約 200 億ドル、これを含んだ米国の損害保険業界全体の自己資本額は約 2000 億ドルである。それに対して、米国資本市場の資金量、すなわち株式市場や債券市場で運用されている資金が 19 兆ドルあると言われている。したがって、単純計算すると、資本市場の資金量は損害保険業界の合計資本額の 100 倍近い数字になっており、ここにリスクの吸収余力がある

## 再保険と資本市場の規模



\* 自己資本 = 資本金 + 剰余金

(出典 スイス再保険)

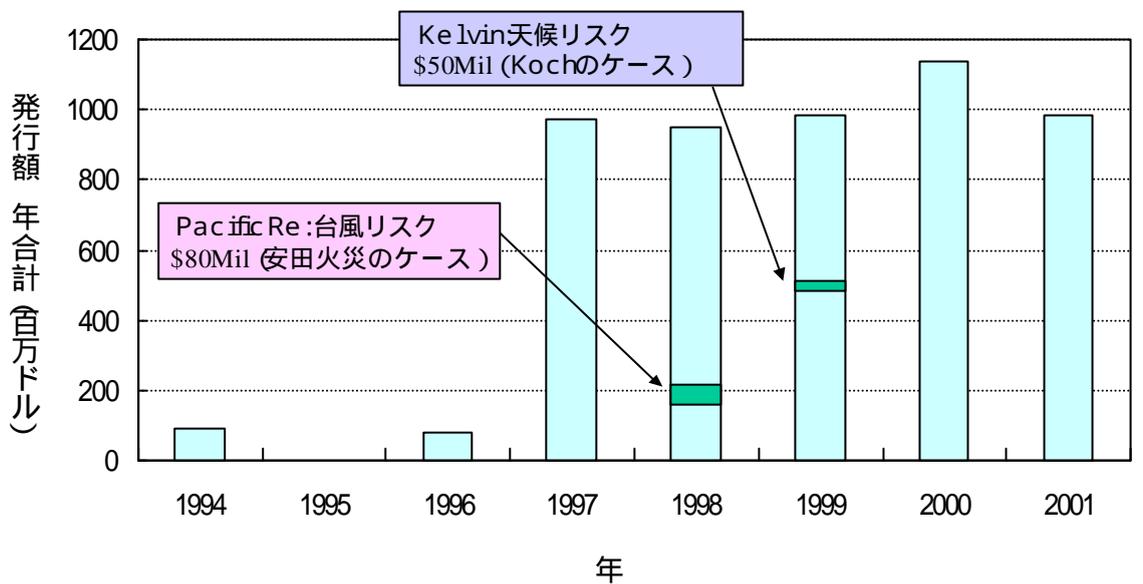
### < 2 > 証券化の歴史

災害リスク証券化の歴史は浅い。厳密な意味での証券化第1号は1994年にハノーバー再保険会社が実施したものである。その後保険あるいは再保険会社を中心となり、年間10件程度発行されている。日本では1997年に東京海上火災保険社が地震を対象に、1998年には安田火災海上保険社が台風を対象に証券化を実施している。さらに1999年には一般事業会社であるオリエンタルランド社が地震を対象に証券化を行っている。

< 3 > 災害リスク証券の発行額 / 発行件数推移

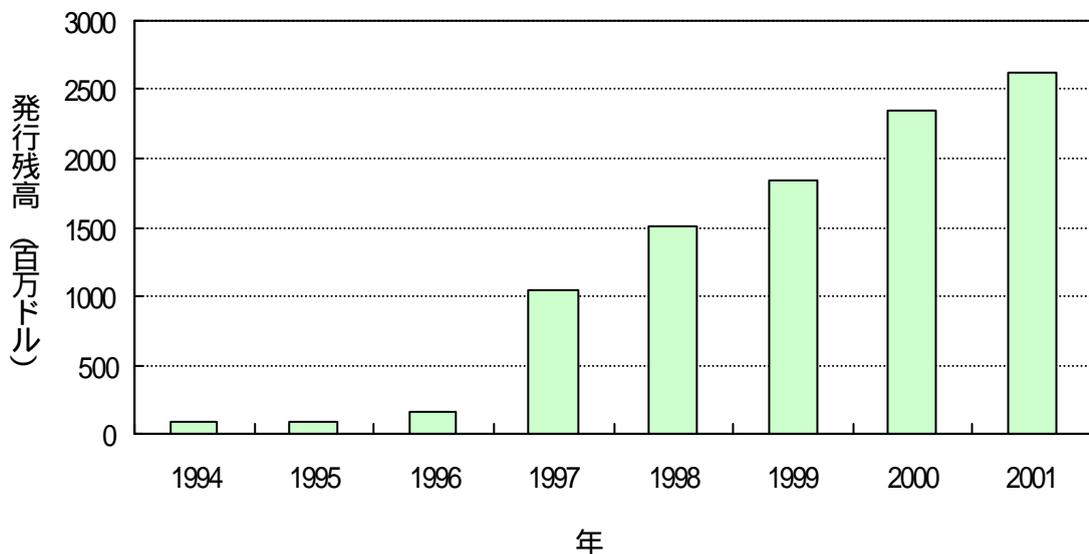
次のグラフの1つ目は災害リスク証券の発行額推移を発行ベースで、2つ目は残高ベースで示したものである。これによると1997年以降ほぼ安定的に10億ドル程度の規模で発行が行われていることがわかる。災害リスク証券の償還期間は、一律3年あるいは5年といったものではなく、種々の期間が想定される。このため、その規模を残高ベースで見ると、毎年順調に増加している。2001年現在の残高は25億ドルを超えており、資本市場がある程度の災害リスクを吸収していることがわかる。

● 災害リスク証券の発行額推移 (発行ベース)



(出典: スイス再保険、ゴールドマン・サックス等)

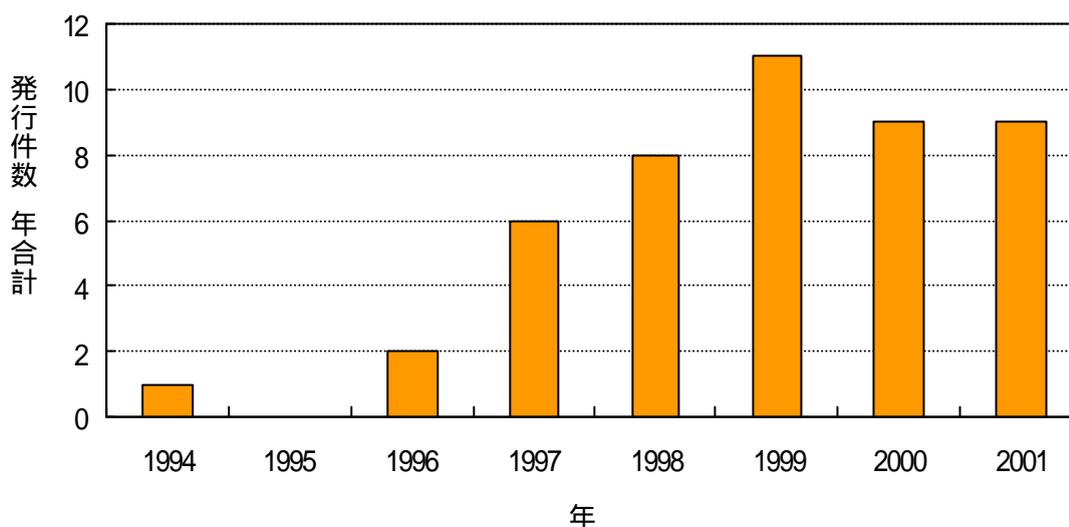
● 災害リスク証券の発行額推移 (残高ベース)



(出典: スイス再保険、ゴールドマン・サックス等)

次のグラフは発行件数を示したものであるが、件数そのものは年間で10件程度とまだまだ限定的であると言わざるを得ない。災害リスクの証券化について資本市場は、金額的にはある程度の水準のリスクを吸収しているが、件数的にはまだまだ発展途上にあるといえる。

### ◎ 災害リスク証券の発行件数推移

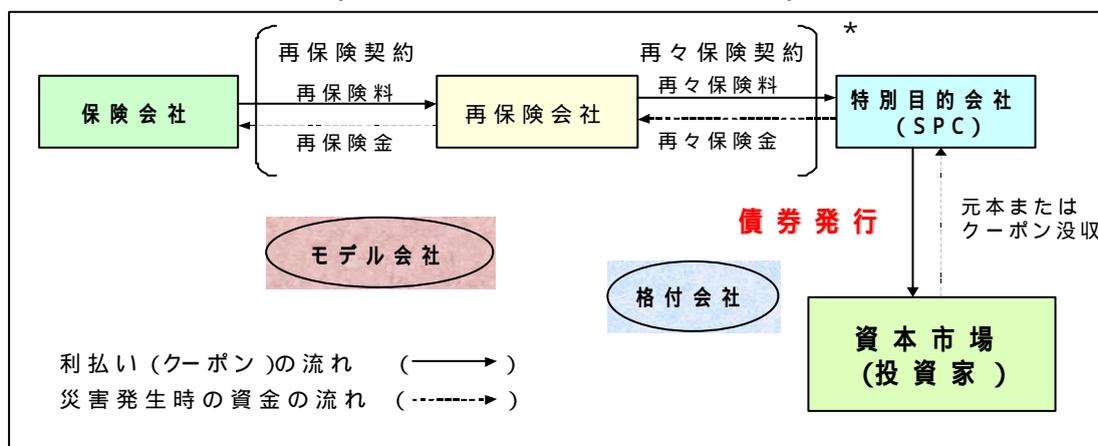


(出典 スイス再保険、ゴールドマン サックス等)

#### < 4 > 証券化のしくみ

下図は災害リスク証券の仕組みを図示したものである。図の中で再保険会社の部分が括弧書きになっているのは、保険会社と特定目的会社<sup>15</sup>が直接契約するケースも想定されるからである。実線は利払い(クーポン)の流れを示しており、保険会社は再保険会社もしくは

#### ◎ 証券化の仕組み (保険会社が発行するケース)

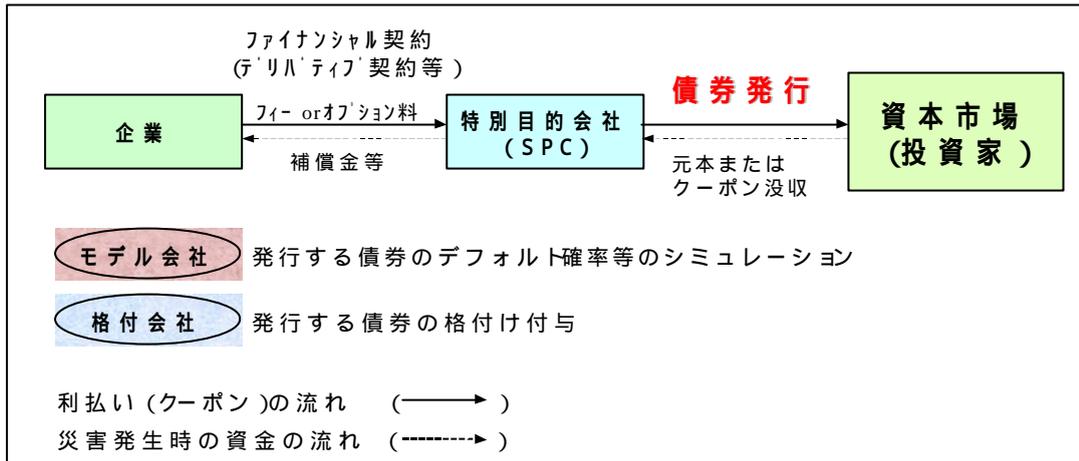


\* 再保険会社を間に入れず、直接、特別目的会社と再保険契約を締結する場合もある。

<sup>15</sup> 資産の証券化に際して、資産を保有する器となる会社

特別目的会社に再保険料を支払う。それが原資となって投資家に対してクーポンが支払われる。これが平時の資金の流れである。逆に、災害が発生した場合にはその逆、すなわち破線の流れが発生し、投資家に償還される予定であった元本もしくは支払い予定であったクーポンが特別目的会社に没収される。それが原資となって再保険会社、保険会社に補償金が支払われる。

④ 証券化の仕組み (事業会社が発行するケース)



一般の事業会社が発行するケースは上図のようになる。基本的な資金の流れ、役割は前の保険会社が発行するケースと同じであるが、企業と特別目的会社との間で締結される契約が、保険契約、再保険契約ではなく、デリバティブ等の契約になるという点が異なる。リスク遮断等の関係から特別目的会社は通常海外に設置するが、日本の法律により、企業が海外の保険会社と直接保険契約を結ぶことについては、一定の規制がある。このため企業と特別目的会社の間ではデリバティブ等の契約を用いざるを得ないということになるが、基本的な性格は変わらない。

この他の主なプレーヤーとしてモデル会社と格付会社がある。モデル会社は発行する債券のデフォルト確率、すなわち、通常の社債で言えば倒産確率を算定し、格付会社はその結果を踏まえて発行する債券の格付を行う。これらはいずれも極めて重要な役割を担っている。

< 5 > 証券化の種類

災害リスク証券を分類する基準としては、対象とするリスクの種類、元本没収となる基準の設定方法の2つが考えられる。

対象リスクは大きく台風・地震等の自然災害リスクと冷夏・暖冬などの天候リスクに分けられる。さらに細かく、例えば同じ地震でも日本の地震なのか北米の地震なのかなど、対象地域も重要なファクターである。元本がどのような基準で没収となるかというタイプ

には幾つかあるが、主なものは損害額ベースとパラメトリック・ベース（後述）の2つである。

損害額ベースは災害が発生した場合、証券の発行体が実際に被った損害額に応じて元本を没収するタイプである。このタイプは、発行体が被った損害額と資本市場からの受取額に差が生じないというメリットがある反面、モデル会社が行うリスク分析が複雑になる。一方パラメトリック・ベースは、パラメーター、例えば地震のマグニチュードを基準にして元本等を没収するタイプである。このタイプのリスク分析は災害の発生確率のみとなるので、比較的簡便に分析が可能であり、投資家に受け入れられやすいというメリットがある反面、発行体が被った損害額と資本市場からの受取額に差が生じるリスクがある。

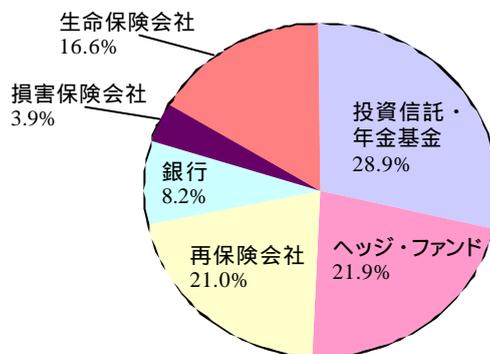
### < 6 > 投資家の分布

次のグラフは災害リスク証券への投資家の分布を示したものである。年金基金、ヘッジ・ファンド<sup>16</sup>、生保、損保、投資信託などいわゆる機関投資家と呼ばれるものがこの種の証券を購入していることが確認できる。

更にこのグラフの中で注目すべきは投資家数である。全部で118社となっており、一般的に見れば、まだまだ参加している投資家数は限定的と言わざるを得ない。投資家のすそ野の広がり、今後の大きな課題の1つである。

● 投資家の分布

災害リスク証券へ投資した投資家（投資家数：118）のタイプ別分布



出典：ゴールドマン・サックス

## (2) ケーススタディ（台風リスク、天候リスク）

### < 1 > 台風リスクを対象とした安田火災海上保険社のケース

まず最初に安田火災海上保険社が実施した台風リスクの証券化を取り上げる。次の図はそ

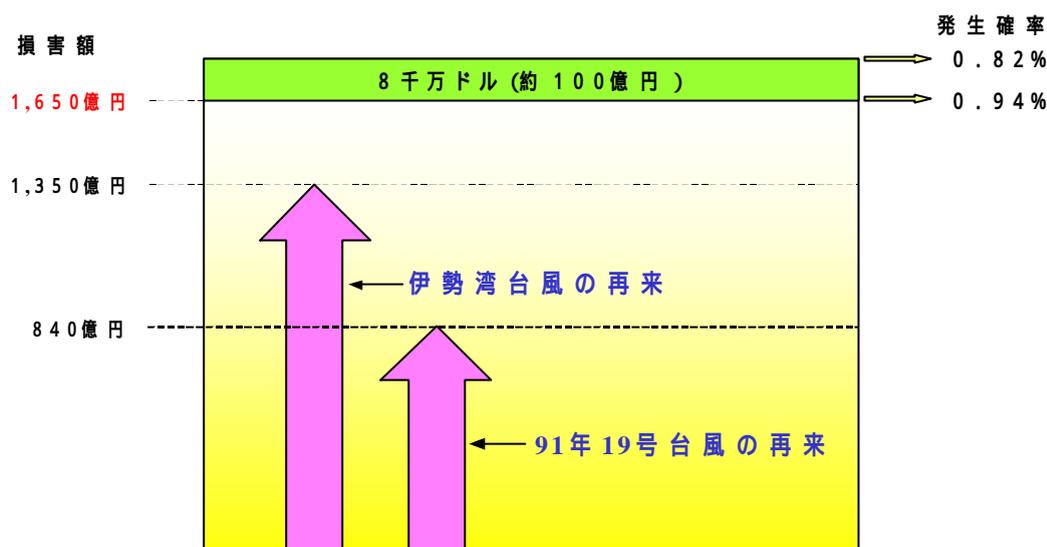


取引内容

債券内容

- ・ 期間：5年
- ・ 対象リスク：風災害（台風）
- ・ 元本没収の発動点：1,650億円以上 発生確率：0.94%  
（損害額ベース：安田火災が一台風で保険契約者に支払う補償金の合計額が1,650億円以上となる場合）
- ・ 発行金額：8千万ドル（約100億円）
- ・ クーボン：LIBOR + 3.70%
- ・ 格付け：Ba3 (Moody's)、BB- (Fitch)
- ・ モデル会社：リスク・マネージメント・ソリューションズ (RMS) 社

の仕組みを表したものである。安田火災海上保険社とミュンヘン再保険会社との間で再保険契約を締結し、さらにケイマンに設立した Pacific Re という特別目的会社へリスクを移転し、最終的にはその会社が投資家に向けて債券を発行したという流れになっている。債券の内容は、期間5年、対象リスクは風災である。通常、台風の場合水害も同時に発生し得るが、水害はモデルによるシミュレーションが現時点で不可能であるという制約があるため、対象としていない。



元本没収の発動点の対象とする災害で安田火災海上保険社が被る損害額が1650億円以上、すなわち、安田火災海上保険社が顧客に支払う補償金の合計額が1650億円を超えると、この証券の元本没収が始まる。1650億円の損害の程度についてであるが、かつての伊勢湾台風が再来した場合、同じモデルでのシミュレーションによると、安田火災海上保険社の被る損害額は1350億円と算定される。すなわち、伊勢湾台風と同等もしくはそれ以上の台風が来た場合にこの証券は元本没収という事態になる。なお、この図にある通り、1650億円を超える年発生確率は0.94%と試算されている。さらに8000万ドル全額が償還されなくなる水準は0.82%と算定されている。このことは、投資家が負っているリスクの水準が100年に一度あるかないかの水準であるということを示している。発行金額は8000万ドル、円換算で約100億円である。発行ベースで見た場合の証券化全体の規模は前述のとおり1年間に約1000億円、発行件数は年間10件程度であるので、1件あたりは約100億円ということになる。したがって、本件は証券化としては平均的なサイズと言える。

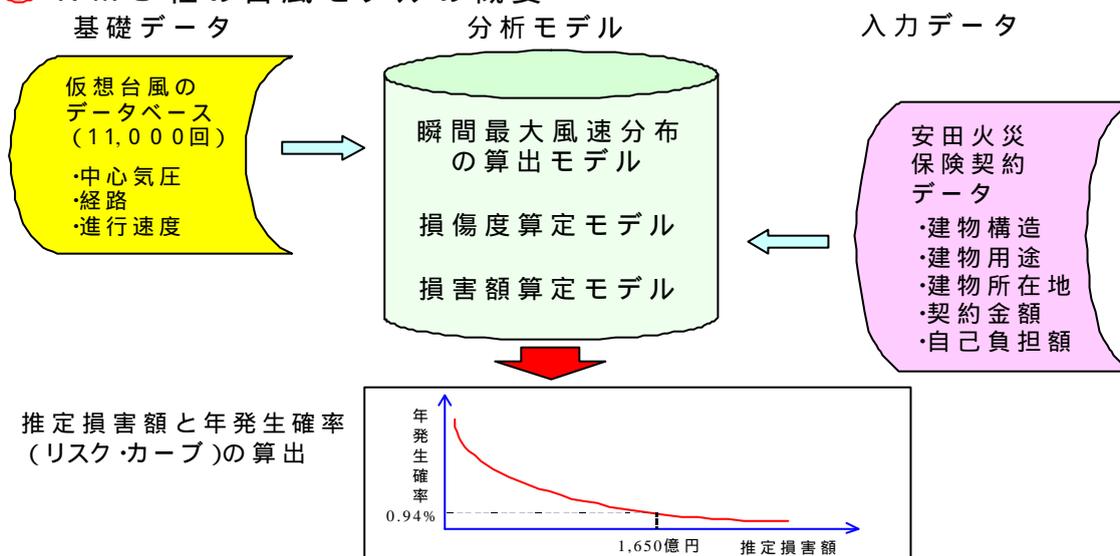
クーポンはLEBOR+3.7%である。LEBORとはロンドン・インターバンク・オファード・レートのことであり、銀行間での貸し借りの金利に相当する。投資家から見ればLEBORの水準は比較的容易に達成可能な投資収益であるが、それを上回ること3.7%の収益が得られるのでこの債券を購入するということになる。なお、格付はBBクラス、モ

<sup>16</sup> 投資対象を分散する事で、資産間のリスクを相殺させ、高いリスクリターンを求める投資ファンド

デル会社はリスク・マネージメント・ソリューションズ (RMS) 会社である。

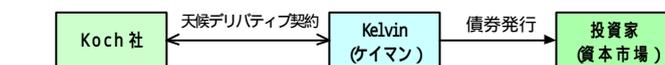
RMS社が気象データをどのように使って台風のシミュレーションをしているかという点について説明しているのが次の図である。RMS社では仮想台風のデータベースを約1万1000個持っている。さらに各仮想台風は中心気圧、経路、進行速度などのデータを持っている。RMS社の分析によると損害の発生と相関関係が最も高いのは最大瞬間風速であるとのことであり、各仮想台風のデータから最大瞬間風速を算出する。次にモデル上で算出した風速の風が吹いた場合にどの程度の損害が発生ということを算出するが、その際には入力データとして安田火災海上保険社が引き受けている保険契約データが必要となる。入力データとしては、引き受けている建物の構造が鉄筋なのか、木造なのか等々が含まれ、計算の結果として図の中に示したリスク・カーブと呼ばれるものが出力される。リスクカーブの縦軸は年発生確率、横軸が推定損害額である。

### ● RMS社の台風モデルの概要



### < 2 > 天候リスクを対象としたKoch社のケース

2つ目のケーススタディーとして、米国のユーティリティ会社であるKoch社が実施した天候リスクの証券化を取り上げたい。このケースの仕組み図は次の通りである。Koch社は第三者との間で天候デリバティブ契約を締結しており、そのリスクをケイマンに設立した特別目的会社であるKelvin社に移転、



#### 取引内容

債券内容	
・ 期間:	3年
・ 対象リスク:	Koch社との間で締結した天候デリバティブに基づく天候リスク (19観測所 28契約)
・ ロス発生の発動点:	第1債券- 上記契約のポートフォリオにおける、年間累計損失が5千万ドル以上 第2債券- 第1債券の費消分に対するバックアップで、第1債券同様
・ 発行金額:	第1債券- 2,500万ドル(約32億円) 割付債 第2債券- 2,500万ドル(約32億円) 割付債
・ 利回り:	第1債券- 15.7% / 第2債券- 8.7%
・ 格付け:	第1債券- B (DCR) 第2債券- BBB (DCR), BB (Fitch), BB (S&P)
・ モデル会社:	リスク・マネージメント・ソリューションズ(RMS)社

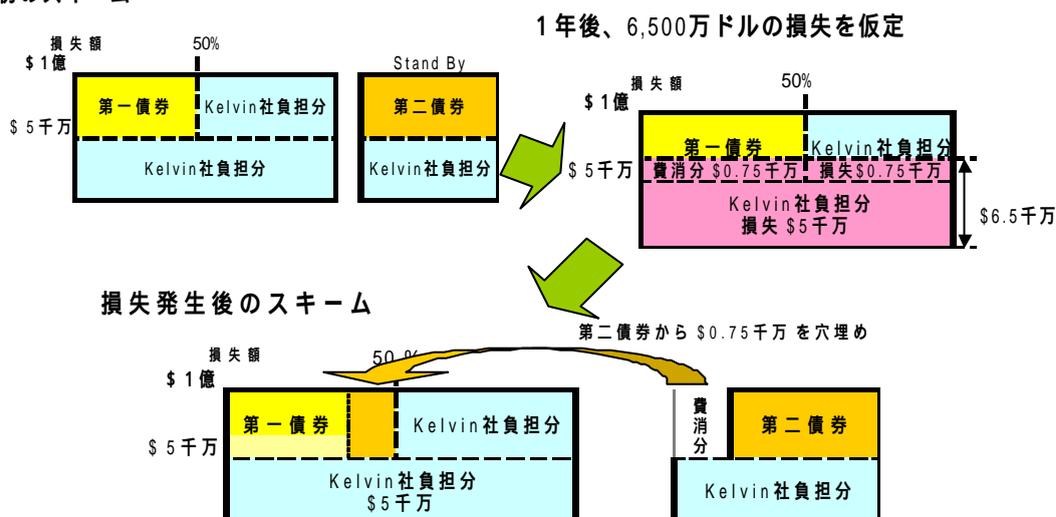
さらに Kelvin社が債券を発行する、という仕組みになっている。

債権の内容は先ほどの例よりもやや複雑で、期間は3年、対象リスクは米国の19個所の観測所を観測点とした異常気温で、Koch社が締結した28本の原契約に織り込まれているリスクである。第1債券と第2債券という2種類の債券が発行されており、第1債券はKoch社の損失が5000万ドル、すなわち日本円で50~60億円以上となった場合に元本没収が始まる。第2債券はあくまでバックアップで、第1債券の元本が没収された場合に、その穴埋めとして第2債券が登場する仕組みとなっている。発行金額は2500万ドル、30億円強で、通常よりも小さなサイズである。格付に関しては、第1債券は先行し元本没収が発動するのでB、第2債券はBBBもしくはBBである。

以上の仕組みを簡単に説明しているのが次の図である。左上にあるのが当初のスキームである。Kelvin社が負担するリスクで、5000万ドルを超える損失が発生した場合、超過分の50%を第1債券から元本没収し、残りの50%はやはりKelvin社の負担となる。その右側は6500万ドルの損失があったと仮定した場合の図である。この場合5000万

● 仕組み図

当初のスキーム

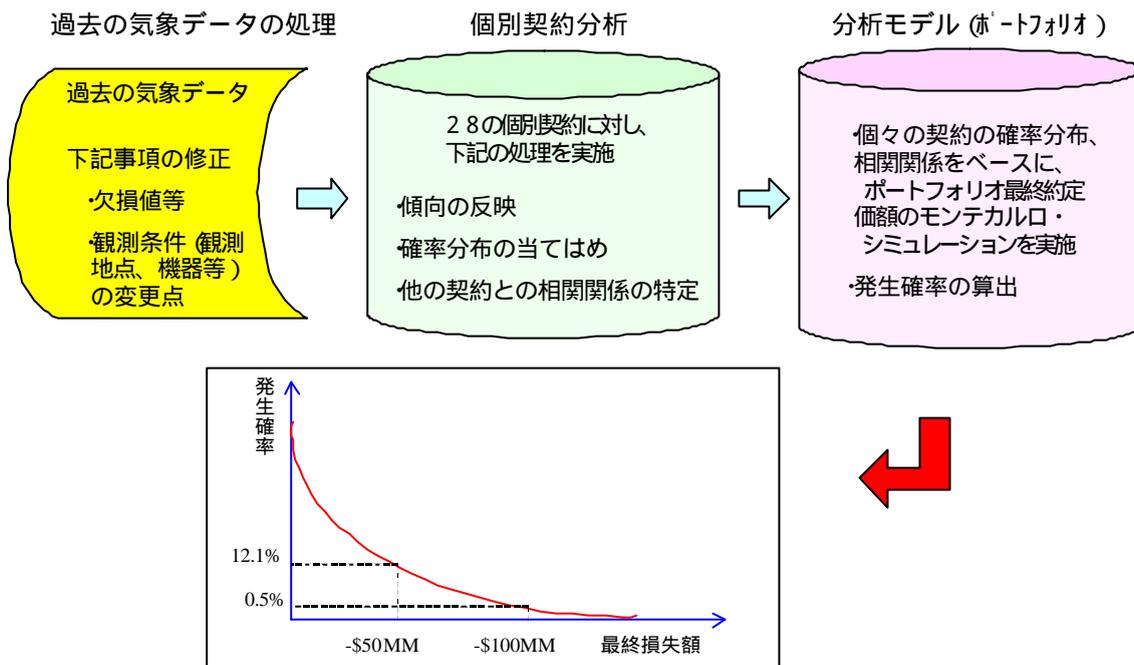


ドルの Kelvin社負担部分を超過するので、超過分の50%すなわち750万ドルは第一債券から元本没収となる。残りの750万ドルは Kelvin社が負担する。この損失発生後の状態を表したものがその下にあるが、第一債権からはすでに750万ドル元本が没収されているので、このままの状態では今後この債権から没収できる元本は最大でも1750万ドルであるが、この事例では右側の第二債券から左側の第一債権の使用部分に穴埋めがされる仕組みとなっている。

この事例でも RMS社がモデル分析を担っているが、彼らのモデルのイメージは次の図の通りである。過去の気象データの欠損値、観測条件の変更などの情報の不連続に関する修正を経て、オリジナルの28本の天候デリバティブ契約に関する傾向の分析し、確率分布を当てはめて、各契約間の相関関係の特定作業を実施する。日本の場合は国土が狭いため、例えば東日本が猛暑であれば西日本も猛暑である年が多く、分散が効きにくい。一方、米

国の場合は必ずしも国内での相関は高くないので、分散が効いた相関関係は極めて重要になる。最終的に得られる結果は先の例と同じく1本のリスクカーブである。この事例においても1億ドルを超えるような損失に達する確率は0.5%算定とされており、やはり非常に発生確率が低いところが対象とされていることがわかる。

## ● RMS社の分析モデルの概要



### (3) 災害リスク証券化の今後の課題

災害リスク証券化市場の成長性という観点からは2つの課題がある。1つは対象リスクがどれだけ分散できるのかという点である。これまでの発行実績は、日本の地震および台風、カリフォルニアの地震など、地震あるいは台風・ハリケーンが中心であった。また地震といっても例えばイギリスにおける地震のリスクを対象としても、そもそもイギリスでは地震は起きないため、地震債券の発行ニーズはない。したがって、リスクの分散という観点からはある程度制約がある。しかし、ここで紹介したように天候リスクが対象とされることで、リスク分散の拡大の余地が広がった。

もう1点はモデルの精緻化である。前述の1つ目のケーススタディで、1650億円を超える確率は0.94%というモデルでの計算結果が出ているが、この計算結果に対する信頼性を高めていくためには、モデルの精緻化が必要である。さらにモデルの精緻化のためにはそのバックアップデータである気象データがどれだけ豊富に、かつ精度も高く提供されていくかということが非常に重要になる。

リスク分散が拡大し、モデルの計算結果への信頼性が高まって行くと災害リスク証券への

投資家層が拡大する。すなわち、現在 118 社しかいない投資家数が増加して行く。このことは発行コストの低下を招き、それにより発行額・件数は増加して市場は拡大する。このような流れが今後の理想型であると考えられる。

災害リスク証券化を実施する立場から、気象庁に対して次の点を要望する。

観測データ欠損値の補完の実施および不連続性への対応

特に観測場所の変更、観測機器の設置場所の変更に関する変更点そのものに関する情報を米国並に開示して欲しい。

観測所地点ならびに観測対象気象要素の拡大

アメダスのデータポイントは極めて豊富であるが、アメダスでの観測対象気象要素は限定的であるため、これを拡大して欲しい。

観測データの英語での配信

現在の災害リスク証券の主要マーケットは欧米であるため、英語による情報提供が望まれる。

以上が、安田火災海上保険社（研究会ゲスト）の説明である。

最後に述べられた通り、従来の地震・台風などの災害リスクのみならず冷夏・暖冬などの天候リスクの証券化が一般的なものとなってくると、天候デリバティブ市場はさらに拡大し、天候リスクのマネジメント手法そのものも多様化して行くものと期待できる。天候リスク証券化市場の拡大には、よりフェアな価格設定が求められる。フェアな価格設定が行われれば、中長期の気象予報の利用が促進され、その一方でより精度の高い気象予報への要求が高まるものと考えられる。

## 5. 天候リスクマネジメントと企業価値

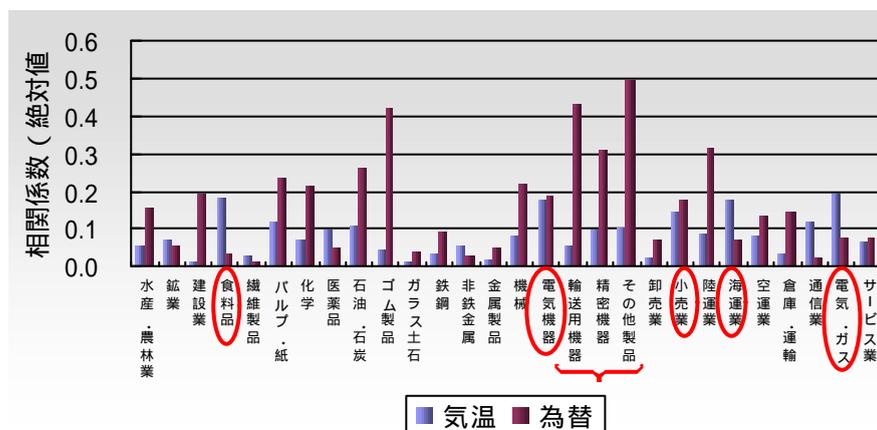
天候リスクマネジメントを実施した場合の株価の視点からの企業価値について、(株)野村証券委員より、以下の説明があった。

### (1) 天候リスクと企業価値の考え方

ここでは、天候リスクマネジメントと株価の関係について、企業価値という観点から分析を行う。また、ガス会社の例をベースに、天候リスクマネジメントの結果が、企業価値にどのような影響を与えるのかということシミュレーションしながら確かめる。

まず、天候リスクと株価についてであるが、天候リスクは資本市場から見てどの程度の影響があるのかを分析した。下図では、東証(東京証券取引所)一部上場の33業種の株価リターン(金融を除く)と、気温と為替の関係性を定量的に分析したものである。データとしては直近の5年間のデータを使って、相関係数を計測している。相関係数は、通常マイナス1から1まで計測されているが、ここでは絶対値という形でマイナス部分をとらない形にしている。この縦棒が長ければ長いほど関係が深いということになる。

### 天候リスクと株価



33業種(金融除く)株価リターン( )と前年同月差気温(東京、名古屋、大阪の平均)との直近60ヶ月の相関係数(絶対値)を計測。併せて、株価リターンと為替リターンの相関係数(絶対値)も計測。為替リスクが重要視される輸送用機器、精密機器、その他製品の為替との相関係数は0.4前後あるが、気温は全般的に為替に比べると関係が薄い。相対的には食料品、電気機器、小売業、海運業、電気・ガスにおいて、天候リスクと株価の関係が見てとれる。

対TOPIX超過ベース  
Enterprise Science Group

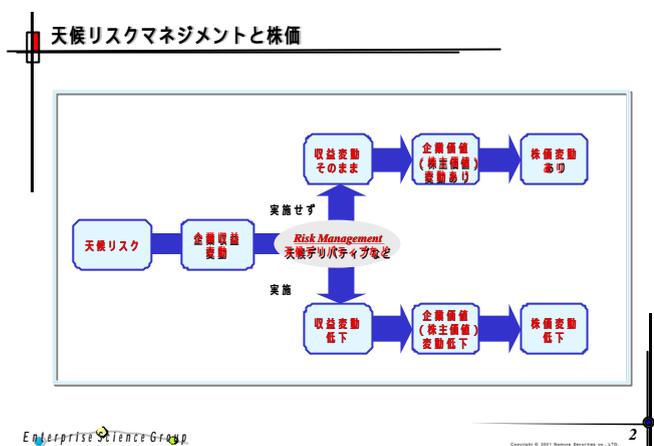
Copyright © 2001 Nomura Securities co., LTD.

各業種における右側に位置している棒グラフが為替リスクと株価の関係を表現している。為替リスクは、すべての業種にわたって影響があるわけではなく、輸出入関係中心にリスクが大きいことがわかる。具体的には、輸送用、精密その他製品などの業種になる。こうした業種が為替との関係が深いといえるが、相関係数でみると、0.3から0.5程度の値となる。

これに対して天候リスクと株価の関係は各業種における左手の棒グラフになる。全体で見ると、為替ほど大きな相関係数が出ている業種はないが、その中でも相対的に相関の高い業種は、丸で囲ってある。該当する業種は、食料品、電気機器、小売、海運、電気・ガスになる。相関係数自体は、0.2程度であるが、株価にある程度の影響があるといえる。

以上が天候リスクと株の関係についての実証分析となるが、次に理論的な整理を試みる。まず天候リスクという形で、冷夏、猛暑などの気温現象が発生するとする。その結果として、企業の収益が変動する。その場合に、天候デリバティブ導入や数量調整などのマネジメントを実施すれば、下図のような形で収益変動が減少して、企業価値並びに株主価値の変動が減少し、リスクが低下して株価の変動が減少するという形になる。この場合、リスクマネジメントを実施しないと、基本的に天候リスクによる企業収益への影響がそのままとなり、これが株価のリスク変動に繋がることになる。

ポイントは、収益変動が株価の変動に変換されることである。企業価値とは、企業が将来生み出す収益をベースにしたものであり、これが株主価値に変換され、株価とリンクしているという考え方である。株主価値の最大化が企業経営の最終目的であるという考え方で、株主から調達した資金をその



時点の市場の時価で評価したものが時価総額であり、この時価総額が株主価値と定義される。

株主価値の最大化が目的になるという意味は、投資家が株を買う目的がその投資した資金をその会社の運営によって増大させることであり、株から得られる収益を期待して株主に投資しているのである。

**株主価値とは？**

企業経営の最終目的 株主価値の最大化

Q1) 株主価値とは？

- 株主から調達した資金(自己資本)をその時点の市場時価で評価したものを 時価総額
- 時価で評価するのは、その時点における投資家が実際に株式投資する金額を考慮するため

Q2) 株主価値の最大化とは？

- 投資家は自分達が投資した資金を事業経営によって増大してもらうことを期待している。
- その場合、投資家が期待しているのは、株主から得られる インカムゲインとキャピタルゲインの最大化である。

(配当収益)      (株式上昇益)

株主期待収益は配当収益だけでなく、成長性を加味している。

Q3) 株主価値の破壊とは？

- 投資家は投資先の事業会社の 事業リスクに見合う妥当な収益を期待して投資する。
- 仮にその収益を事業会社が達成できなかった場合には、株主はその他の投資先を選択すれば得られたはずの収益を機会損失することになる。株主の期待は裏切られ、株主価値を破壊したことになる。

Enterprise Science Group Copyright © 2001 Nomura Securities Co., Ltd. 3

この場合、2つの目的があって、1つはインカムゲイン<sup>17</sup>である。過去、1980年、1990年代ではこれが投資家の主な目的とされていたが、最近重要視されているもう1つの点がキャピタルゲイン<sup>18</sup>である。株式の上昇益、成長性を加味して投資しているという点である。インカムゲインとキャピタルゲインの最大化というのが株主価値の最大化につながるということであり、株主の期待収益が資本コストとして認識される。

投資家は、会社が保有する事業リスクに見合った期待収益、つまりリスクに見合ったリターンを上げてくれることを期待して株に投資しており、同事業リスクに見合った収益を会社が実現できなければ、その投資家の期待を裏切っているということになる。事業会社は自分たちがとっているリスクに見合ったリターンを最低限上げていく必要があるという考え方である。債権者と株主の価値を両方合わせたものが企業価値であり、企業価値から債権者の価値を除いた、要するに株主に帰属する価値にあたる分が株主価値になる。

### 企業価値とは？

・「企業価値評価」と言う場合に、下図でいう「企業価値」と「株主価値」が混同されていることがある。  
 ・一般的には企業価値 = 有利子負債 + 株主価値と考えられている。



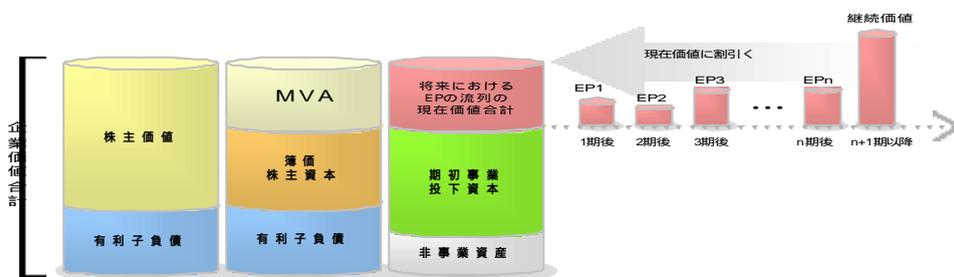
Enterprise Science Group

Copyright © 2001 Nomura Securities Co., Ltd.

次図にEPの基礎的概念を整理した。EPとはエコノミック・プロフィットつまり経済的利益ということで、一般的にはEVAとほとんど同義である。EVAはスタン・スチュワ

### EPの基礎的概念 企業価値

Point 1 : 期初の投下資本に将来のEPの現在価値を加えたものが企業価値である。  
 Point 2 : 株主価値は企業価値から有利子負債を控除して求められる。



MVA=Market Value Added (市場付加価値)

Enterprise Science Group

Copyright © 2001 Nomura Securities Co., Ltd.

<sup>17</sup> 通常所得は収入を目的とする行為から発生するインカムゲイン（例えば利息収入）と資産の譲渡から発生するキャピ

ト社の登録商標で、実際には、様々な修正科目を 200 項目から 300 項目入れて計算しているため E P とは厳密には一致しないが、E P は最も単純化した形の簡易的な E V A といえる。

この E P とは、株主価値や企業価値の価値の源泉となっているキャッシュフローのことであり、考え方自体は非常に簡単なものである。売上げから原価を除くと粗利が残り、粗利から一般管理費、販売費を除くと営業利益が残る。営業利益からさらに税金を除いたものが N O P A T とよばれる税引後営業利益である。ここから資本コストを除いた残りの価値が E P である。E P とは税引後営業利益から資本コストを除いた超過収益であり、これが毎期毎期発生すると仮定した上で、すべてのキャッシュフローを現在価値に割り引いた合計が、M V A (マーケット・バリュー・アディド) である。これがまさしくその会社が現在生み出すであろう付加価値、超過収益の総額である。超過収益の総額と、簿価の自己資本、投下資本の中の簿価自己資本を加えた M V A プラス簿価株主資本が株主価値である。前述の時価総額と符合するもので、企業価値といった場合は、株主価値と有利子負債の合計となる。

## EPによる企業価値評価

### MVA (Market Value Added)

市場付加価値。企業の市場価値(株主資本と負債の時価の合計)から投下資本額(事業投下資本+非事業資産)を差し引いたもの。効率的な株形成が行われれば、MVAは企業が将来創出するEPの現在価値合計と等しくなる。

$$MVA = \sum_{t=1}^n EP_t / (1 + \text{割引率})^t + \frac{EP_{n+1}}{(\text{資本コスト率} - \text{永久成長率})} / (1 + \text{割引率})^n$$

推定期間内のEPの現在価値合計
推定期間後の残余価値の現在価値

### 企業価値

将来に渡るEPの現在価値合計(MVA)に投下資本額(事業投下資本+非事業資産)を加えたもの。効率的な株形成が行われれば、企業の市場価値(株主資本と負債の時価の合計)と等しくなる。

$$EPによる企業価値 = MVA + \text{期初事業投下資本} + \text{期初非事業資産}$$

### 株主価値 / 理論株価

株主価値(理論的な時価総額[株価 × 株数]) = 企業価値 - 有利子負債

理論株価 = 株主価値 / 発行済株式数

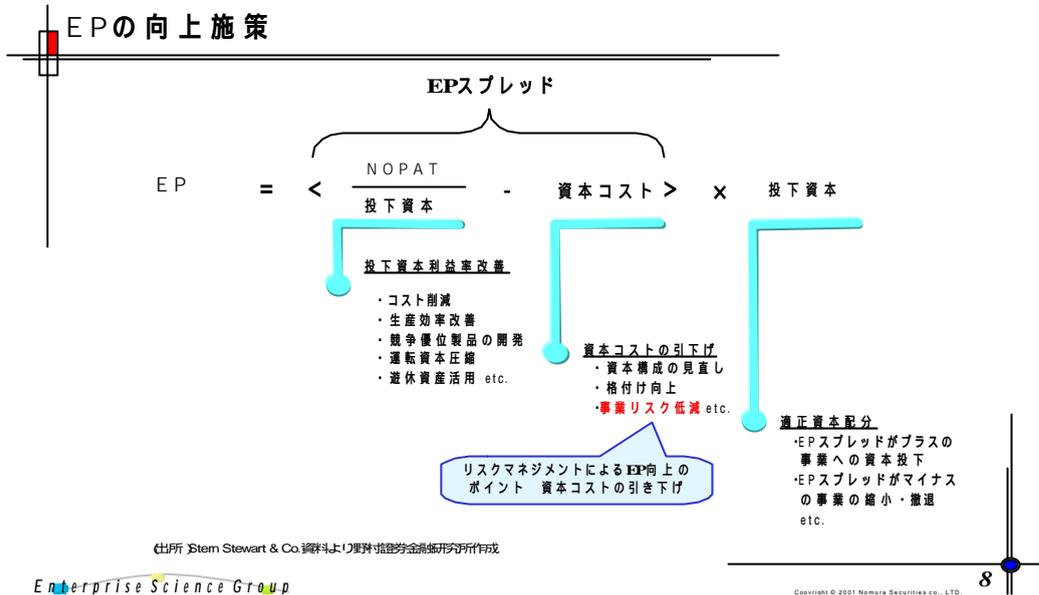
上図は、以上の考え方を数式で表現したものである。MVAは、資本コストに対する超過収益という形で生み出されているものであり、これが株価の源泉となっている。

企業価値は、このMVAに対して期初の事業投下資本に期初の非事業資産を加えたもので、投下資本と金融資産とを加えたものである。企業価値から、有利子負債、債権者の分の価値を除くことで最終的に株主の価値を求めることができる。それを発行済株式数で割

タルゲイン(譲渡所得)に分類される。本内容におけるインカムゲインは株式の配当になる。

<sup>18</sup> 有価証券や土地、その他の有形固定資産や特許権等の資本的資産の価格変動によって得られる売買差益。

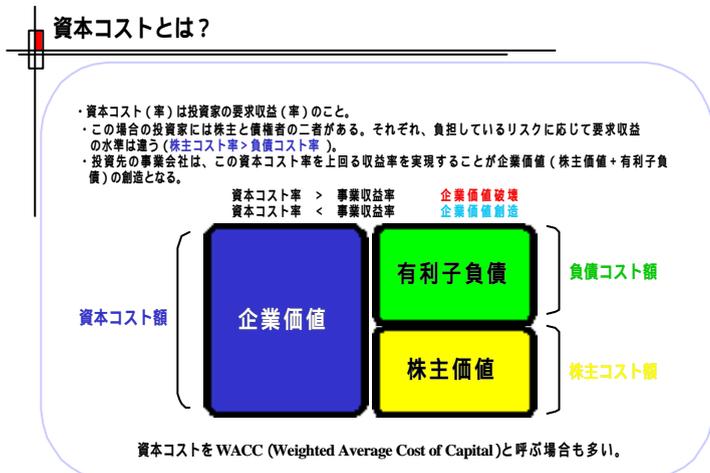
ると理論株価が計算できる。これが企業価値、並びに株主価値といった考え方の基礎になる。



それでは、EPや、企業価値を上げていくにはどのようにすればよいかという点について考える。NOPATとは税引後営業利益であり、税引後営業利益を投下資本で割ったものから、資本コストを引いた超過部分に対してどれぐらい資本投下したかということが、付加価値としてのEPの式である。これを向上させるということは、投下資本利益率を上げていくということもあれば、資本コストを下げることでEPを上昇させる方法もある。このEPスプレッドがプラスのときだけ投資資本を増加して、EPスプレッドがマイナスのときには投下資本を減らすことによってEPがマイナスになるのを減らしていくといったマネジメント手法も考えられる。リスクマネジメントにおいて重要になってくるのは、この資本コストの引き下げである。

資本コストとは何で決まるかということ、会社がとっているリスクに応じてこの資本コストが決まるという考え方が背景にある。リスクマネジメントによって会社がとっているリスク、負担させられているリスクを減らせば、この資本コスト自体が下がって、最終的にEP、企業価値自体が向上していくという考え方である。

資本コストについてもう少し詳しく整理したものが右図である。資本コストというのは、投資家はその株を買ったときに期待してい



る収益率である。A社の株を買うときに、A社の株がどれくらい上がるのかということ、投資家は期待して買っているわけであり、それがどれくらいなのかということ、を計測した概念が資本コストである。大きくは債権者のコストと株主のコストという形で2つに分けられるが、この2つの加重したものが資本コストである。これをWACC (Weighted Average Cost of Capital) という。重要なのは、この資本コスト率を上回るような事業収益を上げて企業価値を創造していくことが企業に求められるということである。

## 資本コスト率 (株主) の推計方法

- ・株主資本コスト率とは、投資家はその企業に投資する際の期待利回りである。
- ・株主は、その出資企業に対して最終的な事業リスクを負う(配当やキャピタルゲインは保証されない)。従って、株主の期待するリターンは、銀行等債権者の期待リターンよりも当然高くなる。
- ・一般的に、株主資本の算定には**資本資産評価モデル** (CAPM : Capital Asset Pricing Model) が用いられることが多い。
- ・CAPMにおいて株式の**機会費用** (株主資本コスト) は、安全資産の収益率に、その企業のシステマチック・リスク (ベータ) にリスクの市場価格 (リスクプレミアム) を乗じたものを加えて算出する。

$$E(R_i) = R_f + i \times [E(R_m) - R_f]$$

株主資本コスト率    リスクフリー・レート    ベータ    リスクプレミアム

$E(R_i)$	: 株主資本コスト率
$R_f$	: 安全資産利回り (リスクフリー・レート) 国債利回りなどを利用
$E(R_m)$	: 市場ポートフォリオの期待収益率 TOPIXリターンなどを利用
$E(R_m) - R_f$	: 市場リスクプレミアム TOPIXリターン - 国債利回り
$i$	: 市場に対する個別株式リスクの大きさ TOPIXと個別株価の相関関係

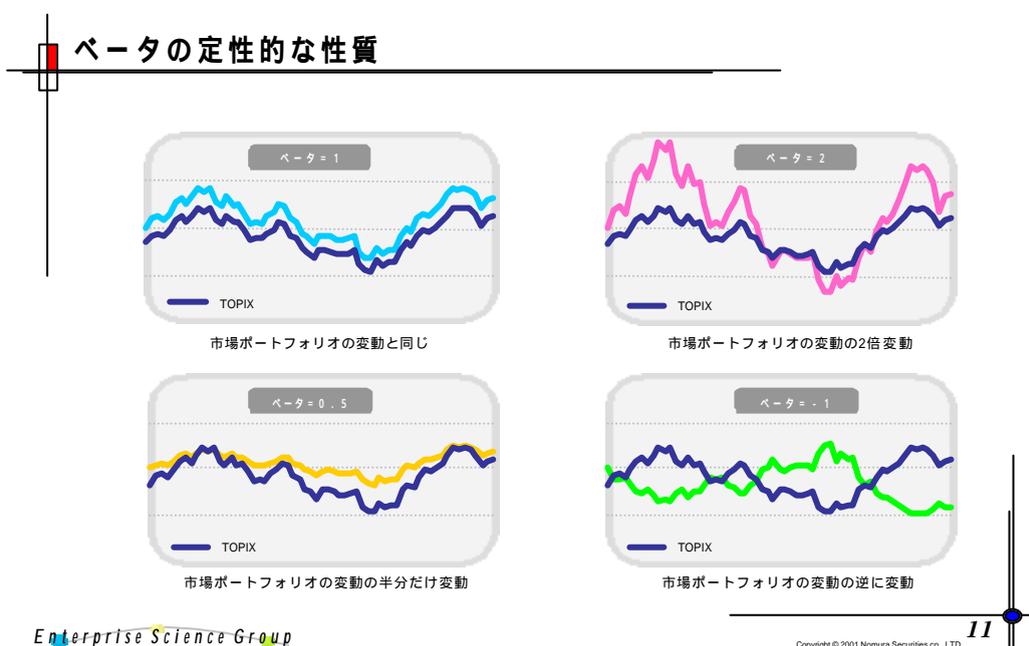
上記が資本コスト率の計測方法である。債権者の資本コスト率というのはリスクフリーレートに信用スプレッドを足した形で、それほど大きな数字にならないのが一般的である。しかし、株主コストは、それだけ高い資本コストが要求されているという認識が資本市場にある。債権者に比べて株主の方が非常に高いリスクを負っているということであり、その高いリスクに見合った収益を上げる必要があることを意味する。結果として、株主の資本コストというのは高いものだというのが資本市場の前提である。

CAPMモデルは、資本資産評価モデルと呼ばれ、最も一般的に使われている株主コストの計算方法である。資本コスト、株主のコストを算出する場合はこの式を使うことが一般的である。

株主資本コスト率 = リスクフリー・レート + ベータ × リスクプレミアムとなっているが、リスクフリー・レートは安全資産の利回りであり、国債の利回りと略同義である。リスクプレミアムとは、株に対する期待リターンがどれくらいであるのかを、リスクフリーから見てどれくらいの大きさなのかということ、を表現したものである。リスクフリー資産に比

べて、リスクをとった株式はどれくらい期待リターンが高いのかということを見ることがこのリスクプレミアムの項である。一般的には、TOPIX<sup>19</sup>のリターンから国債利回りを引いたものと考えられる。リスクマネジメントにおいて重要な概念はベータという概念であり、市場に対してその会社の株式のリスクがどれくらい大きいかを表す指標である。

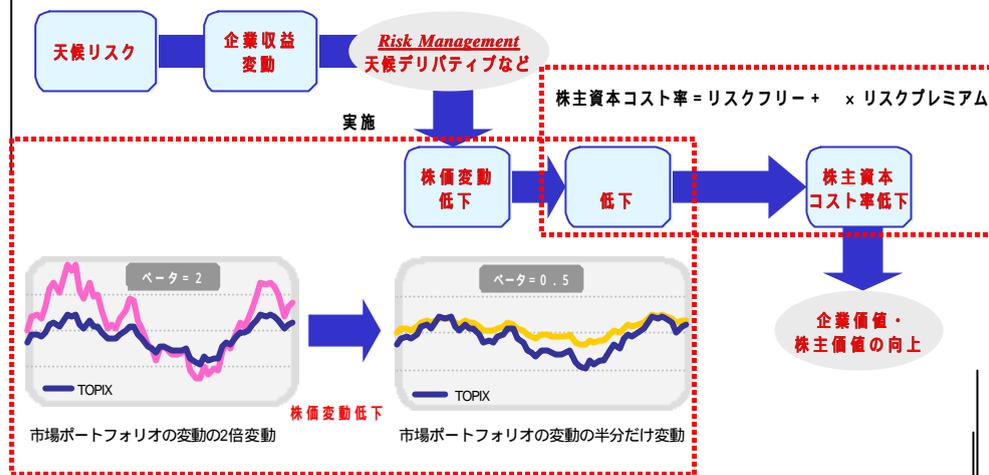
例えばTOPIXとA社の株という場合、ベータとは、TOPIXの株のリスクと個別株のリスクの大きさがどれくらいの相対関係にあるのかを表現するものであり、1であれば、TOPIXのリスク、つまりマーケットのリスクとA社の株のリスクは全く同じことになる。ベータが高ければ、個別株のリスクは高い。逆にベータが1より低ければ、個別株のリスクは小さいことになる。ベータ=1の場合、TOPIXと全く同じ動きをA社の株価がしているということになる。逆に、TOPIXに対して変動がもっと大きいという



場合、例えばベータ = 2 の場合はTOPIXに対して変動が2倍になることを示している。IT関連業種などの様に、非常に株価のリスクが高い場合、ベータは1よりもはるかに大きな値となる。またベータ = 0.5 の場合は、非常に変動の小さいケースである。TOPIXに対してあまり動かない株ということであり、ガス会社や電力会社の株価はベータが低めに出るという傾向がある。ベータ = -1 という場合は、全く逆に動くことであるが、ベータは0以上になるのが一般的であり、あまり見られないケースである。

<sup>19</sup> 東京証券取引所が昭和44年7月から作成、公表している株価指数

## ベータと個別株リスク、株主コスト率の関係



Enterprise Science Group

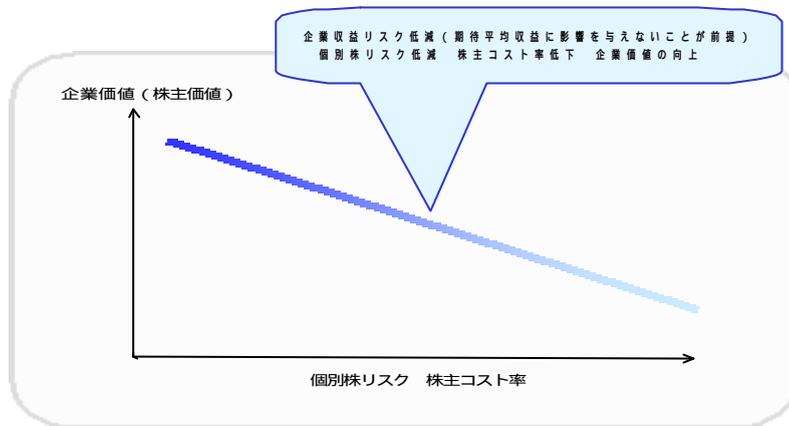
Copyright © 2001 Nomura Securities co., LTD. 12

上図は、ベータと個別株リスク、株主コスト率の関係をまとめたものである。天候リスクという形で冷夏（暖冬）に関するリスクが発生すると、その結果、企業収益は変動する。これに対して、リスクマネジメントとしての天候デリバティブを導入すると、当然企業収益の変動は小さくなり、結果として会社の株価の変動は減り、株価のリスクも減ることが想定される。

すると、ベータ = 2 のグラフにおける株価の変動は、ベータ = 0.5 のグラフのように小さくなる。ベータ = 2 のグラフにおける株価変動は、実は株価の変動の主要因は天候のリスクによって生じるものである。この部分を天候デリバティブ等のマネジメントを使うことによって、ベータ = 0.5 のグラフにある株価のラインまでリスクが下がることになり、最終的にベータが小さくなる。天候リスクに対して天候デリバティブ等のリスクマネジメントを実施することによってベータの低下とう効果もたらされるのである。

ベータの低下は何をもたらすかという点が次のポイントである。株価のリスクが高ければベータは高く、株価のリスクが低ければベータは低いことを意味しているが、リスクマネジメントによってベータを低下させることは、株主資本コスト率の引き下げにつながる。資本コストを下げることによって企業価値や株主価値の向上につながってくる効果がある。これがリスクマネジメントによる企業価値や株主価値の向上のという理論的なフレームワークである。

## リスクマネジメントによる企業価値創造

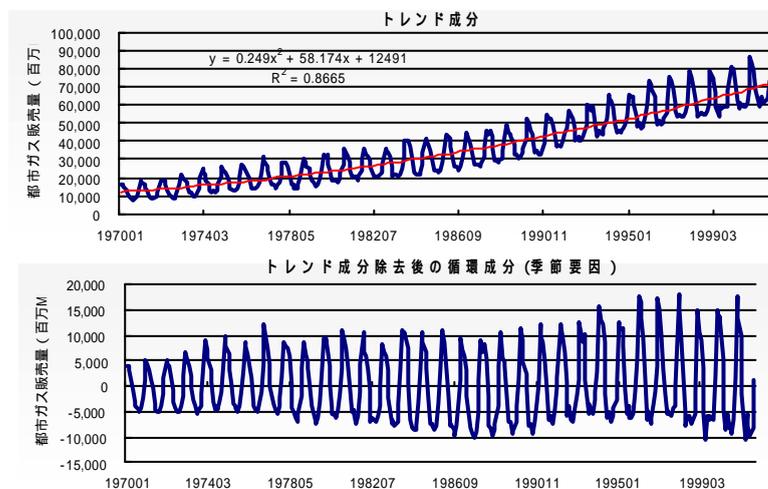


上図は企業価値と個別株リスクの関係を示したものである。個別株リスクと株主資本コスト率は同一と考えられ、これが高ければ高いほど企業価値は下がり、個別株のリスクが低減する。

### (2) ガス会社のケーススタディー

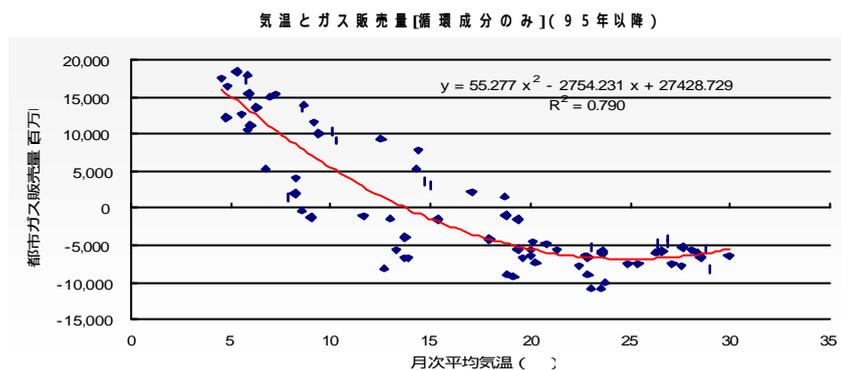
次の図は、全国の都市ガスの販売量（単位：100万メガジュール）を1970年から2001年12月まで表示したものである。都市ガスの販売量は主に2つの要素から成り立っている。1つはトレンド成分である。時間が経過と共に、様々な需要が発生してガスの販売量が継

## ガス業界の天候リスクマネジメントのケーススタディ



続的に増えるという右肩上がりのトレンドラインである。もう1つは、循環成分（季節要因）であり、ガスの場合、冬場であれば需要量が増えて、販売量も増えるが、夏場はガスの販売量が減少することになる。ここではトレンド+循環成分でガスの販売量が説明できるという前提を置く。

## ガス業界の天候リスクマネジメントのケーススタディ



説明力が高く、気温とガス販売量の関係を表すモデル構築が可能。

Enterprise Science Group

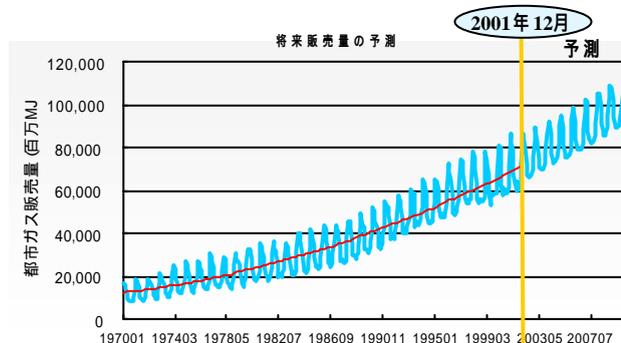
Copyright © 2001 Nomura Securities Co., LTD.

15

上図は気温とガスの関係を表したものである。横軸は月次の平均気温（1970年から直近までの各年の1月、2月、3月の各月の平均気温）、縦軸は都市ガスの販売量（1995年以降のデータ）である。相関関係は、 $R^2 = 0.79$ でありガスと気温の関係が8割ぐらいの関係で説明がつくといえる。このグラフでは、14のガスの販売量を0と設定しており、平均気温が20に上がると、販売量はマイナス5000という数字になる。これが10になると、今度は逆にプラス5000という形でガスの販売量が増えるという関係がわかる。

右図は、その関係を使って将来の都市ガスの販売量を予測したものである。企業価値は過去のキャッシュフローではなく、将来の収益ベースで決まるため、トレンドと循環の部分を含ませて予測している。

## ガス業界の天候リスクマネジメントのケーススタディ



トレンド+循環で予測。循環成分の予測時には、各月の過去平均気温(70年1月~01年12月)を利用。平均気温が変わらないのであれば、天候リスクは年間で見れば、平準化される。  
月次集計した年間のキャッシュフローは安定し、企業価値には影響がない。

Enterprise Science Group

Copyright © 2001 Nomura Securities Co., LTD.

16

ある架空のガス会社（ガス業界全体の販売量をもつ会社）を想定して、架空の

ケースを考える。ガス販売量の過去の記録（データ）をもとに 2002 年から先の販売量を予測し、それにガス単価を掛けて売上げとする。売上げから業務コスト等を除いて、税引後営業利益を計算し、そこから資本コストを引くという形で E P の将来価値を 2002 年から先まで計算する。そして、資本コスト率で割り引いて現在価値に戻したものが下図の一番右端のテーブルにある数字である。枠内の数字の合計が M V A になる。

## ガス業界の天候リスクマネジメントのケーススタディ

将来販売量をベースとした株主価値の算定

- ・売上 = ガス販売量 × ガス単価
- ・税引後営業利益 = (売上 - 業務コスト) × (1 - 税率)
- ・資本コスト = 投下資本 × 資本コスト率 (5%)
- ・EP = 税引後営業利益 - 資本コスト

税率 50%、負債なし

資本コスト率で割引

	ガス販売量 (百万MJ)	ガス販売量 (百万m3)	ガス単価 (円/m3)	売上 (百万円)	業務コスト (ベース売上高 利益率85%)	税引後営業利益	投下資本	資本コスト 5%	EP 将来価値	EP 現在価値
2001	829,723	18,019	100	1,801,922	1,531,634	135,144	1,500,000			
2002	897,572	19,493	100	1,949,271	1,656,880	146,195	1,500,000	75,000	71,195	67,805
2003	934,598	20,297	100	2,029,681	1,725,229	152,226	1,500,000	75,000	77,226	70,046
2004	972,485	21,120	100	2,111,960	1,795,166	158,397	1,500,000	75,000	83,397	72,041
2005	1,011,232	21,961	100	2,196,107	1,866,691	164,708	1,500,000	75,000	89,708	73,803
2006	1,050,839	22,821	100	2,282,124	1,939,805	171,159	1,500,000	75,000	96,159	75,343
2007	1,091,308	23,700	100	2,370,009	2,014,508	177,751	1,500,000	75,000	102,751	76,674
2008	1,132,636	24,598	100	2,459,764	2,090,799	184,482	1,500,000	75,000	109,482	77,807
									2,189,645	1,482,038

MVA	1,995,559
理論時価総額	3,495,559
株数 (百万株)	5,000
理論株価	699

← MVA + 投下資本  
← 理論時価総額 / 株数 (百万株)

残余価値  
(2009年 - )

ベースシナリオの理論株価 699円。

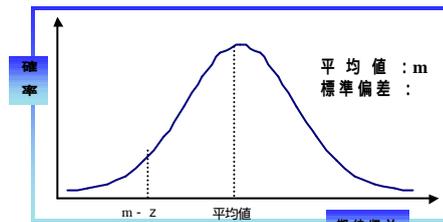
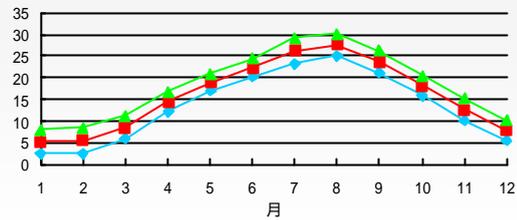
MVAは、単に 2002 年から 2008 年までを足した数字ではなく、2009 年度以降の永遠に続くキャッシュフローの現在価値である。MVAは約 2 兆円であるといえることができる。これに投下資本を加えると理論的な時価総額が計算でき、この値は約 3.5 兆になる。この場合、株数が 100 万株単位で 5000 あったとすると、理論株価は 699 円となる。

## ガス業界の天候リスクマネジメントのケーススタディ

### 気温リスクの考慮

- ・ 毎年の月次平均気温が変化しない場合は、年間キャッシュフローが安定しているため、気温リスクは発生しない(気温トレンドは無視)。
- ・ 企業価値に影響を与える気温リスクは平均気温から外れた場合の平均からの気温差に限られる。
- ・ 月次平均気温の変動リスク(標準偏差)は過去30年で見ても、どの月も1前後である。
- ・ ここでは、 $\pm 2.33$  (約  $\pm 2.33$ ) を異常気象として扱う。その場合の企業価値(株主価値)への影響をシミュレーションした(次ページ参照)。

### 平均気温の変動リスク(異常気象)



100回の内、99回は最大損失の範囲内で収まる

信頼の度合  
99.0%

最大の損失を与える下限値  
 $m - 2.33$

Enterprise Science Group

Copyright © 2001 Nomura Securities co., LTD.

18

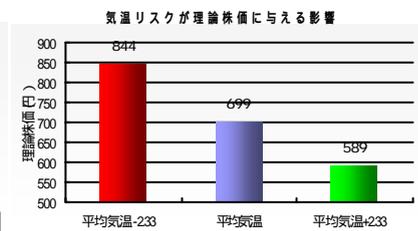
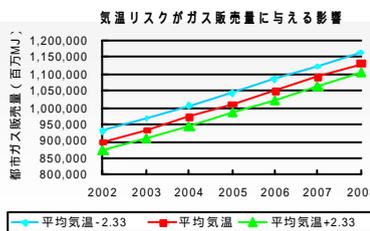
上図は気温の変動リスクを表したものである。将来の気温変動が、基本的に平均気温のままであればリスクは発生しないが、リスクは平均気温から乖離した場合の異常気象のときに発生する。

この場合、実際気温のボラティリティ(変動性)を見ると、大体プラス・マイナス1である。言いかえると、1標準偏差で大体1動くということであり、70%の確率でプラス・マイナス1ぐらい動くというのが気温の大体過去30年間のリスクといえる。ここでやや極端な例を置いて、それがどの程度理論株価に影響を与えるかということを確認する。

右の図における左側のグラフは気温リスクがガス販売量に与える影響を示したものである。

平均気温を中央の実線で示しており、平均気温からプラス・マイナス2.33(2.33)の幅を取ったものが上下の2つのラインである。理論株価への影響はプラス・マイナス130円程度ぐらいの影響で、全体の気温が下がると844円、全体の気温が2.33上がると590円ぐらいとなる。実際この理論株価がどの程度振れるかというのはそ

## ガス業界の天候リスクマネジメントのケーススタディ



このケースにおいては、気温リスクによって、ガス販売量にあまり大きな違いが発生しないため、最終的に理論株価に与える影響は $\pm 130$ 円程度の影響である。

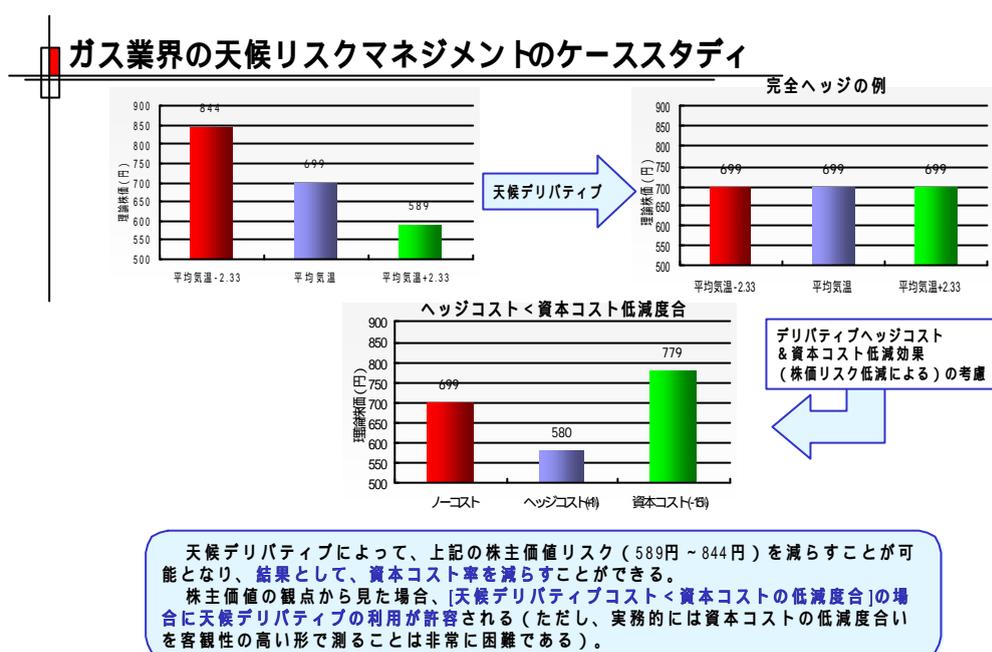
Enterprise Science Group

Copyright © 2001 Nomura Securities co., LTD.

19

のときそのときの状況、モデル設定によって当然異なるため、金額自体に大きな意味はなく、異常気象が発生するとこのように株価が変動するということが重要なのである。

これをグラフに表示したものが下図である。589 円から 844 円まで株価が振れるわけであるが、これに天候デリバティブを導入することでリスクマネジメントを実施し（コストがかからない場合）完全ヘッジを行なったとすると、理論的に考えれば株価の変動はない。これにデリバティブのヘッジコストがかかるため、この分を資本コストに対してプラス 1%減らす効果があると仮定するならば、株価は 699 円が 580 円まで落ちることになる。



結局リスクを減らすことは株主資本コストを減らすことになり、その資本コストの低減度合いによって企業価値を上げていく、理論株価を上げていくことにつながるわけである。最終的には、ヘッジコストのプラス度合いと資本コストの低減度合いとのバランスである。デリバティブのコストよりも資本コストの低減度合いが大きのであれば、天候デリバティブは株主価値の観点からは許容されることになる。しかしながら、実務的にはかなり難しい点が多く、資本コスト自体が幾らかということについてのコンセンサスがなないこともあり、実際にデリバティブを使って資本コストを減らす場合にどの程度の資本コストが減るのかとの効果を測ることは難しい。理論的な分析を実務的に活用していく上では、まだクリアルしなければならぬ点が多い。

以上が、野村証券 (株) 委員からの説明である。