

論文

天候リスクと天候デリバティブの研究

—多発する異常気象とそのリスクマネジメント—

可 見 滋

目 次

序言：天候デリバティブマーケットの目的

1. 天候リスクの現状
2. 天候リスクの計測
3. 天候リスクと企業経営
4. 天候リスクマネジメントと天候デリバティブ
5. 米国の天候デリバティブ
6. 日本の天候デリバティブ
7. オルタナティブ投資と天候デリバティブ

結語：天候デリバティブマーケット発展の条件

序言：天候デリバティブマーケットの目的

気象をもたらす異常現象は、地震、洪水、津波、火山噴火等の大損害・少頻度（high severity / low frequency risks）のカタストロフィリスクと、暖冬、大雪、冷夏、少雨等の少損害・多頻度（low severity / high frequency risks）の異常気象があるが、本稿では、後者の異常気象リスクと、そのリスクを対象（原資産）とする天候デリバティブを中心に検討、分析する。

天候デリバティブを活用する目的は、2つに大別することができる。

第1は、天候リスクのヘッジツールとしての活用である。伝統的な天候リスクのヘッジツールとしての保険に対して、ART（alteranative risk transfer, 代替的リスク移転）の手法の1つとして、天候リスクが付随するビジネスを展開する企業を中心に天候デリバティブが活用されている。

第2は、ポートフォリオの資産クラスの1つとしての天候デリバティブの活用である。伝統的な金融資産で構築されたポートフォリオを持つ機関投資家が、金融資産との相関性が少ない天候リスクをテイクすることにより、最適ポートフォリオの構築を指向する動きがこのところ強まりをみせている。本稿では、天候デ

リバティブをこうした2つの側面の双方から、検討、分析する。

そして、現状、日本では天候デリバティブはすべてOTC（店頭）取引の形で行われているが、先行き日本の取引所に天候デリバティブが上場されることを提言するとともに、それが成功するための条件を検討する⁽¹⁾。

1. 天候リスクの現状

いわゆる異常気象と呼ばれる気象状況には、大雨、洪水、少雨、暴風、突風、強風、暴風雪、なだれ、大雪、融雪、波浪、高潮、雷、濃霧、乾燥、高温、低温、日照不足、霜、着氷、着雪等がある。

そして、こうしたさまざまな異常気象の発生回数が国内外で増加している状況にある。なお、気象庁では、原則として「ある場所（地域）・ある時期（週、月、季節）において30年間に1回以下の頻度で発生する現象」を異常気象と定義しており、これには大雨や強風などの短時間の現象から数か月も続く干ばつ等が含まれる。

(1) 世界の気象

2016年に世界で発生した主な異常気象をみると⁽²⁾、世界の広い範囲で異常高温が頻発、特に、低緯度域では、年間を通じて異常高温が持続した。

また、ヨーロッパ南東部、米国中西部から南部、オーストラリア南東部では異常多雨となる月が多く、フランス南西部からスペイン北東部、ブラジル東部では異常少雨となる月が多かった。

世界各地で干ばつ、熱波、大雨や洪水、ハリケーンにより大きな気象災害が発生した。たとえば、東南アジアでは干ばつ（1～5月）、インドでは熱波（3～5月）、中国南東部・南部では大雨や洪水（4～7月）、ハイチではハリケーン（10月）によって、大きな被害が発生した。

2016年に発生した主な異常気象は、表1のとおりである。

表1 世界の異常気象

異常気象の種類	地 域	概 況
大雨 (8～9月)	北朝鮮北東部	台風第10号から変わった低気圧の影響を受け、大雨及び洪水により多数の死者が出た。
低温 (1, 10～11月)	モンゴル東部及びその周辺	モンゴル東部のバルーンウルト、中央シベリア南部のキキラ等で低温を記録。
大雨 (4～7月)	中国	中国南東部から南部を中心にたびたび大雨に見舞われ、長江流域の大雨、台風第1号による大雨、江蘇省での竜巻の影響により、合計で490人以上が死亡した。
高温 (4～6, 10, 12月)	九州南部から中国南東部	石垣島では、5月、6月、10月の月平均気温の高い方から1位の値を更新し、沖縄地方の10, 12月の月平均気温は、統計を開始した1946年以降で最も高かった。
高温 (1～5, 7～11月)	東南アジア	マレーシアのカリマンタン島、タイ北西部のチェンマイ、インドネシアのジャワ島、ラオスのビエンチャン、マレーシアのクアラルンプールで高温を記録。シンガポールの1月と4月の月平均気温は、それぞれの月として1929年以降でいずれも最も高かった。
干ばつ (1～5月)	東南アジア	ベトナムではここ90年間で最悪の干ばつとなり、メコンデルタでは河川水位の低下による海水遡上によって塩害が広がり流域行政機関から非常事態が宣言された。インドネシアやマレーシアでは森林火災の増加のほか、稲作に深刻な被害が発生した。
トロピカル・ストーム (5月)	スリランカ、インド北東部、バングラデシュ	トロピカル・ストームの影響による大雨により、5月中旬にスリランカ、インド北東部、バングラデシュで多数の死者が出た。
高温 (1～4, 7～8, 10, 12月)	インド南部からスリランカ	インド南部のコジコーデ、ティルバナタプーラム、スリランカ南西部のコロンボで高温を記録。
熱波 (3～5月)・大雨 (7～10月)	インド	インドでは、熱波で東部から南東部で、また、モンスーン期間中の大雨や洪水により、多数の死者が出た。
大雨 (7～8月)	パキスタン	北部を中心に、7月から8月にかけて大雨により多数の死者が出た。
大雨 (3～4月)	パキスタン北部からアフガニスタン	パキスタン北部からアフガニスタンでは、3月から4月にかけて、大雨により多数の死者が出た。
高温 (2, 4～7, 9月)	中央シベリア北部からスバルバル諸島	ノルウェー北部のスバルバル諸島、ロシア北西部のマールイェカルマクレー (ノヴァヤゼムリヤ)、西シベリア北東部のディクソンは高温を記録。ロシアの月平均気温は、9月としては1891年以降で最も高かった。
多雨 (2～3, 5～6, 10月)	ヨーロッパ南東部	オーストリア南部、イタリア中部、オーストリア西部のザルツブルク、ルーマニアのブカレストでは多雨を記録。
少雨 (7～8, 10月)	フランス南西部からスペイン北東部	フランスの7月から8月の2か月降水量は、1959年以降で最も少なかった。
高温 (1～2, 10月)	アルジェリア北部及びその周辺	チュニジア北部のカイルアン、アルジェリア北部のベジャイア等で高温を記録。

異常気象の種類	地 域	概 況
高温 (3, 5~7月)	サウジアラビア北東部から紅海南部沿岸	サウジアラビア西部のメッカ, ワジュ等で高温を記録.
高温 (4~6, 8~12月)	西アフリカ西部から中部アフリカ北東部	マリ西部のキータ, コンゴ共和国北部のウェッソ等で高温を記録.
高温 (1~4, 10月)	セーシェルから南アフリカ北東部	モーリシャスのロドリゲス島, モザンビークのマプート等で高温を記録.
高温 (4~8, 10月)	東シベリア東部からカナダ西部沿岸	米国アラスカ州の4月から8月の5か月平均気温は, 1925年以降で2番目に高かった.
多雨 (3~4, 7~8月)	米国中西部から南部	米国本土の月降水量は, 8月としては1895年以降で2番目に多かった.
高温 (3, 6~10月)	米国東部から南部	米国本土の3月, 6月, 10月の月平均気温は, それぞれの月として1895年以降で4番目, 1番目, 3番目に高かった.
高温 (2~3, 10~11月)	米国南西部からメキシコ北西部	米国本土の11月の月平均気温及び月平均最高気温は, 1895年以降で2番目に高く, 月平均最低気温は最も高かった.
ハリケーン (10月)	ハイチ, 米国南東部	ハリケーン「MATTHEW」により, ハイチや米国南東部で多数の死者が出た.
高温 (1~8, 10月)	メキシコ南部からコロンビア	コロンビア北西部, メキシコ南部で高温を記録.
高温(2~8月)・ 少雨(2~5月)	ブラジル東部	ブラジル東部で高温と少雨を記録.
高温 (1~2, 8~9, 11月)	チリ中部及びその周辺	チリ中部, アルゼンチン中部で高温を記録.
高温 (3~4, 6, 8月)	ミクロネシア	ミクロネシア連邦のヤップ島等で高温を記録.
高温 (3~7, 9, 11月)	オーストラリア北部から南東部	オーストラリアの3月から5月の3か月平均気温は, 1910年以降で最も高かった.
多雨 (1, 6, 9月)	オーストラリア南東部	オーストラリアの6月, 9月の月降水量は, それぞれの月として1900年以降で2番目に多かった.
高温 (2, 5, 9月)	ニュージーランド及びその周辺	ニュージーランドの2月, 5月の月平均気温は, それぞれの月として1909年以降で2番目, 1番目に高かった.

(出所) 気象庁「世界の異常気象, 2016年」等をもとに筆者作成

(原典) 米国国際開発庁海外災害援助局とルーベンカトリック大学災害疫学研究所(ベルギー)災害データベース(EM-DAT), 各国の政府機関・国連機関の発表等

(2) 日本の気象

2016年中の日本の天候の特徴を気温と降水量、日照時間についてみると、次のように要約される⁽³⁾。

①気温

2016年は、北日本の秋を除き全国的に高温傾向が続いた。年平均気温は、東・西日本、沖縄・奄美でかなり高く、特に東日本では、 $+1.0^{\circ}\text{C}$ と1946年の統計開始以降で2004年と並び、最も高かった。

冬は、後半に寒気の影響を受けた時期もあったが、冬型の気圧配置は長続きしなかったため、全国的に気温が高く暖冬となった。特に、東・西日本の冬の平均気温はかなり高かった。

春は、日本の南と日本の東で高気圧が強くなり、南から暖かい空気が流れ込んだため、春の平均気温は全国的にかなり高かった。

夏は、日本付近は暖かい空気に覆われやすく、全国的に夏の平均気温は高かった。特に、沖縄・奄美では、日照時間が多く強い日射を受けて、夏の平均気温は $+1.1^{\circ}\text{C}$ と1946年の統計開始以降、最も高かった。

秋は、西日本と沖縄・奄美では寒気の影響が弱く、南から暖かい空気が流れ込んだため、秋の平均気温はかなり高く、沖縄・奄美で $+1.3^{\circ}\text{C}$ 、西日本で $+1.2^{\circ}\text{C}$ となり、統計を開始した1946年以降で最も高い記録となった。

②降水量

2016年の降水量は、北日本太平洋側、西日本、沖縄・奄美でかなり多く、北日本日本海側で多かった。室戸岬（高知県）で年降水量の多い方から1位の値を更新した。東日本は $+1.2^{\circ}\text{C}$ となり、統計を開始した1946年以降で最も高い記録となった。

冬は、低気圧や前線の影響で、全国的に降水量が多かった。特に沖縄・奄美では、冬の降水量が $+188\%$ となり、1947年の統計開始以来の最も多かった。日本海側の冬の降雪量は、冬型の気圧配置が長続きしなかったため、ほぼ全国的に少なかったが、1月下旬の強い寒気の影響で、九州北部地方ではかなり多くなった。

春の降水量は、4月に低気圧や前線の影響を受けやすかった西日本太平洋側と沖縄・奄美では多くなった。一方、3月と5月に移動性高気圧に覆われて晴れる日が多かった北日本太平洋側では少なく、東日本日本海側ではかなり少なかった。

夏は、北日本では、6月は低気圧の影響を受けやす

く、8月は台風が相次いで接近・上陸したことや前線や湿った気流の影響で、降水量がかなり多かった。特に、北日本太平洋側では、夏の降水量は $+163\%$ となり、1946年の統計開始以降最も多かった。台風は、第7号、第11号、第9号が相次いで北海道に上陸し、第10号が岩手県に上陸した。台風の影響で、東日本から北日本を中心に、大雨や暴風となり、特に北海道と岩手県では記録的な大雨となり、河川の氾濫、浸水害、土砂災害などが発生した。

東シナ海北部、日本海南部では、8月上旬以降海面水温が記録的に高い状態となり、東シナ海北部では、8月中旬以降、海面水温が $+31^{\circ}\text{C}$ を超える海域がみられた。すなわち、東シナ海北部、日本海南部の8月中旬の旬平均海面水温は、それぞれ $+30.6^{\circ}\text{C}$ 、 $+28.4^{\circ}\text{C}$ 、 $+3.0^{\circ}\text{C}$ 、 $+2.7^{\circ}\text{C}$ で、解析値のある1982年以降で年間を通して最も高い水温となった（表2）。

秋は、西日本で低気圧と台風や前線の影響で降水量はかなり多く、特に、西日本日本海側で $+173\%$ となり、1946年の統計開始年以降で最も多かった。

③日照時間

年間日照時間は、北日本と東日本日本海側で多かった。一方、西日本では少なかった。東日本太平洋側と沖縄・奄美は $+1.2^{\circ}\text{C}$ となり、統計を開始した1946年以降で最も高い記録となった。

(3) エルニーニョ現象、エンソ現象、ラニーニャ現象

(エルニーニョ現象)

エルニーニョ現象 (El Niño) は、太平洋赤道辺りから南米ペルー沿岸の広範囲の海域の水温が異常に高くなった状態が数年おきに半年から一年半程度続く現象をいう。

こうした現象は数年の周期で起きる傾向があり、これにより世界全体に異常気象がもたらされることになる。エルニーニョ現象が発生すると、西太平洋熱帯域で積乱雲の活動が不活性化して、日本付近では夏季は太平洋高気圧の張り出しが弱くなり、低温、多雨、寡照となる傾向がある。また、冬季は西高東低の気圧配置が弱まり、暖冬となる傾向がある。

1982年から1年間に亘って発生したエルニーニョ現象では、米国は殺人的な猛暑に襲われ、日本は記録的な暖冬となり、またインドやアフリカでは深刻な旱魃に見舞われた。さらに、1997年から発生したエルニーニョ現象は、ペルー沖の水位が $+30\text{cm}$ も上昇するという20世紀最大のもので、この結果、世界中でさまざまな気象異変が観測された。

表2 2016年8月の旬平均海面水温

	日本海南部		東シナ海北部	
	8月上旬	8月中旬	8月上旬	8月中旬
2016年の旬平均海面水温 (偏差)	27.5℃ (+2.5)	<u>28.4℃</u> (+2.7)	29.5℃ (+2.0)	<u>30.6℃</u> (+3.0)
これまでの年間を通しての 過去最高水温 (括弧内は発生年及び旬)	28.0℃ (2013年8月中旬, 1994年8月中旬)		29.4℃ (2013年8月中旬)	

*2016年の値は速報値。下線を引いた太字は1982年以降の最高値を示す。

(出所) 気象庁「平成28年(2016年)8月の顕著な天候と海面水温について」2016.8.24

また、東南アジアでは2015年春以降、12か月降水量が場所によって平年の60%を下回るなど、降水量が平年より少ない状態が続いており、水資源や農業への影響が広がっている。気象庁では、その要因としてエルニーニョ現象に伴う大気の流れの変化の影響で、東南アジアでは広く対流活動が不活発となったことが考えられる、としている⁽⁴⁾。

(エルニョ現象)

エルニーニョ現象が発生すると海面の水温が上昇して暖かい水域が東に広がり赤道付近の地上気圧も東に移動する。こうした地上の気圧振動を南方振動と呼んでいる。また、エルニーニョと南方振動とが組み合わさった現象をエルニョ (El Niño-Southern Oscillation, ENSO) という。

(ラニーニャ現象)

一方、ラニーニャ現象 (La Niña) は、エルニーニョ現象と同じ海域で海面の水温が異常に低くなった状態が半年から1年前後に亘って続く現象をいう。この現象も世界全体に異常気象を引き起こすことになる。ラニーニャ現象が発生すると、西太平洋熱帯域で積乱雲の活動が活発となり、日本付近では、夏季は太平洋高気圧が北に張り出しやすくなり、西日本、沖縄・奄美では南から暖かく湿った気流の影響を受けやすくなる。このため、北日本を中心に、気温が高く、日照時間の多い傾向があり、西日本の太平洋側を中心に、雨が多くなる傾向がある。また、冬季は西高東低の気圧配置が強まり、気温が低くなる傾向がある。2010年に発生したラニーニャ現象の影響で、2011年の冬は日本を含めて各国で記録的な厳寒や豪雪に見舞われた。

気象庁地球環境・海洋部では、エルニーニョ・ラニーニャ現象や、西太平洋熱帯域・インド洋熱帯域の海洋変動に関する最新の状況と6か月先までの見直し

を、「エルニーニョ監視速報」として毎月10日頃に発表している。

なお、2016年12月9日に気象庁地球環境・海洋部から発表されたエルニーニョ監視速報によると、2016年の秋に発生したエルニーニョ現象が続いている、としている。すなわち、

- ①太平洋赤道域の海面水温は、中部から東部で平年より低く、西部で平年より高かった。
- ②海洋表層の水温は、中部から東部にかけて平年より低く、西部で平年より高かった。
- ③太平洋赤道域の日付変更線付近の対流活動は平年より不活発だったが、大気下層の東風 (貿易風) は中部で平年並だった。

このような大気と海洋の状態は一部を除きラニーニャ現象時の特徴である、としている。そして、今後の見直しについて次のように発表している。

2016年10月に中部に見られた海洋表層の冷水は東進し、11月は東部に見られた。この冷水は今後しばらくの間、東部の海面水温を平年より低い状態で維持するように働くと考えられる。エルニーニョ予測モデルは、エルニーニョ監視海域の海面水温が、今後春にかけて基準値より低い値か基準値に近い値で推移すると予測している。

以上のことから、冬から春にかけては平常の状態になる可能性が徐々に高まり、冬の終わりまでラニーニャ現象が続く可能性は、平常の状態になる可能性と同程度である (確率50%)。春には平常の状態になる可能性が高い (確率70%)。

(4) ヒートアイランド現象

ヒートアイランド (heat island) 現象は、郊外よりも都市の気温が高くなる現象をいう。気温分布図を描くと都市を中心に高温域が島の形状に分布することからこのように呼ばれている。

ヒートアイランド現象は、都市化の進展により顕著になりつつあり、夏季は日中の気温の上昇や熱帯夜の増加により熱中症等の被害や生活上の不快感を増大させる要因になっている。また、冬季は植物の開花時期の異常や、感染症を媒介する生物等が越冬可能になる等、生態系の変化も懸念されている⁽⁵⁾。

気象庁では、都市気候モデルを用いたシミュレーションを活用して、水平距離2キロメートルごとの気温や風の分布の解析を行い、その成果は、最高・最低気温や熱帯夜日数の観測値の経年変化などとともに、「ヒートアイランド監視報告」として2004年度から公表されている。

表3は、全国の主要都市、夏の最高気温が顕著に高くなる都市、および中小都市17地点平均にみられる気温変化傾向を示したものである。これによると、中小都市と比べて大都市圏で気温の上昇率が大きくなっていることが明らかである。

2. 天候リスクの計測

天候リスクのマネジメントも、金融リスク等のマネジメントと同様に、リスクの3M (Measure, Monitor, Manage) が基本となる。

すなわち、まず企業が潜在的に抱える天候リスクを

把握 (Measure) して、その天候リスクの発生の時期と発生確率がどれだけあるか、また天候リスクの発生の場合に企業の収益や費用にどれだけインパクトを及ぼす可能性があるかを観測・推計する (Monitor)。これには、過去のデータ分析が不可欠となる。こうして天候リスクを定量的に推計したうえで、天候デリバティブ取引に必要なヘッジを行う (Manage)。

そして、こうしたプロセスの中で気温、降水量、降雪量、風力等の気象状況の把握が特に重要であり、それには客観的なデータが提供されていることが前提となる。

すなわち、企業サイドは天候に関する過去のデータを活用して天候リスクをいかに効率的にヘッジするかが重要なポイントとなる。また、天候デリバティブ等を提供する金融機関等がその開発・設計を行うためには、信頼ある気象実績のデータが入手可能であることが最も重要な前提となる。

こうした気象データは、天候という性格上、相当の期間、過去に遡って入手可能であること、また、データに連続性、整合性があることが必須要件となるが、各国とも公共の気象観測所が採集にあっている。たとえば、米国では、商務省の外郭団体の国立天候データセンター (National Climate Data Center, NCDC) が、全米に1,000を超える気象観測所を設置して、天

表3 全国主要都市、夏季の最高気温が顕著に高くなる都市、および中小都市17地点平均における気温変化傾向の比較

	8 月			2 月		
	日平均	日最高	日最低	日平均	日最高	日最低
札幌	1.2	-0.3	2.8	3.5	1.4	6.1
仙台	0.6	-0.2	1.1	3.3	1.8	4.0
東京	1.7	0.8	2.5	4.6	2.5	6.0
横浜	1.5	1.4	2.0	4.1	3.7	4.8
名古屋	2.4	0.9	3.3	3.7	2.1	4.6
大阪	2.5	2.4	3.7	3.9	3.6	4.2
京都	2.4	0.9	3.3	3.3	1.8	4.2
福岡	2.4	1.4	3.8	4.0	3.0	5.6
熊谷	2.2	2.4	1.6	3.5	2.4	3.6
前橋	2.1	2.8	1.6	2.9	2.6	2.9
岐阜	2.4	2.4	2.3	3.2	3.1	3.2
中小都市	0.9	0.4	1.3	2.3	1.9	2.4

(注1) 中小都市とは、都市化の影響が小さいと見られる17地点 (網走、寿都、根室、石巻、山形、水戸、銚子、伏木、長野、飯田、彦根、境、浜田、宮崎、多度津、名瀬、石垣島) の平均値

(注2) 対象期間は1931~2010年で、100年あたりの変化率 (°C) として示す。太字は統計的に有意な変化とみなされる値

(出所) 気象庁「ヒートアイランド現象に関する知識」

候データの採取、保存、公表を行っている。また、公共機関のほかに、全米気象サービス社や、アースサット社などの民間会社も信頼性の高いデータを提供している。さらに、米国ではこうした公表データを分析、加工して付加価値を持った情報を提供したり、天候デリバティブ商品のプライシングモデルを開発、提供したりする民間会社も多数存在する。

(1) 気象庁のデータ

日本では、気象庁が極めて信頼度の高い気象データを一般に広く提供している。気象庁が実施している気象観測には、地上気象観測、地域気象観測等がある⁽⁶⁾。

このうち、地上気象観測では、全国約150地点の気象官署及び特別地域気象観測所（気象官署における観測に準じた観測を自動で行う観測施設）で、気圧、気温、湿度、風、降水、積雪、雲、視程、天気、日照、その他の気象現象を自動または目視で観測する。具体的には、全国約60か所の気象台・測候所で、気圧、気温、湿度、風向、風速、降水量、積雪の深さ、降雪の深さ、日照時間、日射量、雲、視程、大気現象等の気象観測を行っている。このうち、雲、視程、大気現象等は観測者が目視によって観測しているが、その他は地上気象観測装置によって自動的に観測を行っている。また、全国約90か所の特別地域気象観測所では、地上気象観測装置による自動観測のみを行っている。

地上気象観測によるデータは、注意報・警報や天気予報の発表等に利用されるほか、気候変動の把握、産業活動の調査・研究等で活用されている。

地上気象観測の観測値は、2008年6月からアメダスデータ等の統合処理システムを通じて送信されるようになった。アメダス（Automated Meteorological Data Acquisition System；AMeDAS、地域気象観測システム）は、雨、風、雪等の気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的に行い、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしている。

現在、降水量を観測する観測所は約17km間隔で全国約1,300か所に設置されている。このうち、約21km間隔で設置されている約840か所では、降水量に加えて、風向・風速、気温、日照時間を観測しているほか、雪の多い地方の約320か所では積雪の深さも観測している。

また、全国20か所の気象レーダーによって降水の観測を行い、大雨警報などの気象情報の発表に利用している。各地のレーダーの観測結果を組み合わせること

により、陸域および近海における降水の分布と強さを5分ごとに観測する。

さらに、高潮・副振動・異常潮位及び高波等による沿岸の施設等への被害の防止・軽減のため、全国各地の検潮所や津波観測点の観測装置による潮位の観測、沿岸波浪計、ブイ、観測船による波浪の観測を行っている。また、スーパーコンピュータを用いた高潮モデルや波浪モデルにより潮位や波浪の予測値を計算している。

(2) 気象庁の予報の種類

気象庁は、天気予報、週間天気予報、季節予報等、各種予報を発表している。

このうち、天気予報は予報期間の長さにより、今日、明日、明後日の予報、週間天気予報は、1週間、季節予報は、1か月、3か月、暖・寒候期（6か月）というように区分される（表4）。

また、気象庁では、気象業務法を改正、2013年8月から新しく「特別警報」の運用を開始した⁽⁷⁾。すなわち、同法では、気象庁は、大津波や数十年に一度の豪雨が予想されるなど、重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合にその旨をわかりやすく伝える「特別警報」を実施すること（法第13条の2第1項）とされている。

特別警報は、大津波や居住地域に影響を及ぼす火山噴火、数十年に一度の豪雨が予想されるなど、重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合に発表され、気象庁として最大限の危機感・切迫感を伝達する目的を持っている。特別警報は、大雨（大雨等による山崩れ、地滑り等の特別警報は、大雨特別警報に含めて発表される）、暴風、暴風雪、大雪、高潮、波浪、津波、火山噴火、地震動（地震の揺れ）の9つの現象が対象となる。そして、これらの中で大雨、暴風、大雪、高潮などの気象等に関連する現象については、大雨特別警報など「〇〇特別警報」という名称で発表される（表5）。

また、気象庁では2015年7月の交通政策審議会気象分科会提言「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」を受けた取り組みの一環として、記録的短時間大雨情報の発表迅速化を行っている。すなわち、気象庁では、数年に一度程度しか発生しないような短時間の大雨を、雨量計で観測した場合や、雨量計と気象レーダーを組み合わせで解析した場合に、その地域にとって災害の発生につながるような稀にしか観測されない雨量になっていることを伝える情報として記録的短時間大雨情報を発表しているが、雨量を解析する処理を従来に比べて高頻度かつ

表4 気象庁の期間別予報の主な種類

天気予報	予報発表時から明後日までの風、天気、気温、降水確率など予報。
週間天気予報	発表日翌日から7日先までの天気、気温などの予報。7日間の概要を簡潔に伝える全般週間天気予報、地方週間天気予報と、日ごとの予想を伝える府県週間天気予報とがある。
1か月予報	翌週から向こう1か月の気温、降水量などの総括的な予報。
3か月予報	翌月から向こう3か月の気温、降水量などの総括的な予報。
暖候期予報	3月から8月までの気温、降水量などの総括的な予報。
寒候期予報	10月から翌年2月までの気温、降水量などの総括的な予報。
異常気象早期警戒情報	情報発表日の5日後から14日後までを対象として、7日間平均気温が「かなり高い」または「かなり低い」、あるいは7日間降雪量が「かなり多い」となる確率が30%以上になると予測した場合に発表する情報。

(出所) 気象庁資料をもとに筆者作成

表5 気象等に関わる特別警報の発表基準

現象の種類	基準	
大雨	台風や集中豪雨により数十年に一度の降雨量となる大雨が予想され、若しくは、数十年に一度の強度の台風や同程度の温帯低気圧により大雨になると予想される場合	
暴風	数十年に一度の強度の台風や同程度の温帯低気圧により	暴風が吹くと予想される場合
高潮		高潮になると予想される場合
波浪		高波になると予想される場合
暴風雪	数十年に一度の強度の台風と同程度の温帯低気圧により雪を伴う暴風が吹くと予想される場合	
大雪	数十年に一度の降雪量となる大雪が予想される場合	

(出所) 気象庁「気象業務はいま」2014.6 p.10

短時間で行うことにより、これまでより最大で30分早く発表して、土砂災害や浸水害について、大雨注意報・警報などで段階的に報じられる危険度の高まりに加えて、実際に記録的な大雨が降り、状況がさらに悪化したという実況をいち早く伝える施策を2016年9月28日より実施している。

(3) 予測手法

①数値予報

数値予報は、気象庁の予報業務の根幹となる手法である。数値予報は、物理学の方程式によって、気温、風等の時間的変化をスーパーコンピュータで計算して将来の大気の状態を求める手法である。ちなみに、気象庁のコンピュータは、現状、1秒間に847兆回という膨大な計算を行う性能を持っている。

数値予報は、「数値予報モデル」と呼ばれるプログラムを活用することによって求められる。まず、コン

ピュータで計算しやすいように、大気を格子で細かく細分化したうえで、世界中から収集した観測データを使ってその各格子点の気圧、気温、風等の値を求める。具体的には、初期値として三次元空間のすべての格子点で、ある時刻の気温、風、水蒸気量などの大気の状態を与える客観解析を行う。客観解析の手法には多くの改良が重ねられ、現在は四次元変分法が用いられ、観測データの三次元分布とその時間変化がバランスした初期値が作成されている⁽⁸⁾。

気象庁では、予報目的に応じた数値予報モデルを用いている。具体的には、目先き数時間程度の大雨等の予想には2km格子モデル(局地モデル)を、数時間から1日先の大雨や暴風などの災害予報には5km格子モデル(メソモデル)を、1週間先までの天気予報には約20km格子モデル(全球モデル)と約40km格子モデル(週間アンサンブル予報モデル)を、1か月先までの天候予測には約55km格子モデル(1か月ア

ンサンブル予報モデル)を、1か月より先の季節予報には、大気海洋結合モデル(3か月/暖寒候期アンサンブル予報モデル)を運用している。

局地モデルでは、水平規模が10数km程度の現象までが予測可能となり、メソモデルでは、局地的な低気圧や集中豪雨をもたらす組織化された積乱雲など水平規模が数10km以上の現象を予測できるようになり、全球モデルでは、高・低気圧や台風、梅雨前線などの水平規模が100km以上の現象を予測することができるように、数値予報モデルで予測できる気象現象の規模は格子間隔の大きさに依存する⁹⁾。

数値予報の精度は、数値予報モデルの精緻化、解析手法の高度化、観測データの増加・品質改善、数値予報の実行基盤となるコンピュータの性能向上によって、年々向上している。

具体的には、数値予報の開始当初の目標は、1～2日先までの低気圧の発達や移動の予報であったが、その後、予報期間は次第に延長され、1週間先の天気予報から1か月より先の長期予報へと利用範囲が拡大した。現在では、雲の生成から降水の発生に至る細かな過程を再現する高分解能モデルを活用、水平規模が数10kmスケールで数時間降り続く集中豪雨等の現象を予報可能となっている。

しかし、ゲリラ豪雨といわれる短時間で急激に発達する積乱雲に伴う局地的大雨を時間、場所をピンポイントで予測することは未だ難しく、気象庁では、より精密な数値予報モデルの開発を進めている。すなわち、気象庁は、刻々と変化する雨の状況を面的に伝える即時情報として「降水ナウキャスト」を提供しているが、2014年度から、より解像度の高い新しい「高解像度降水ナウキャスト」を提供することにした。具体的には、従来は、1キロメートルの解像度で1時間先までの降

水予報であったが、これにより250メートルの解像度で30分先まで降水を予測することが可能となり、「急な強い雨」をもたらすと予測される降水域について、より細かく緻密な計算を行い、短時間に激しく変化する降水の予測にも取り組んでいる。

観測データの収集からはじめて、数値予報の実行、天気予報の作成、その発表までのステップは図1のようなプロセスを辿ることとなる。

数値予報モデルには、風を予測する大気の流れ、水蒸気の凝結による降雨、太陽光による地表気温の変化等、さまざまな現象が織り込まれている(図2)。こうした数値予報モデルの結果は、民間気象会社、報道機関、海外の気象機関に提供される。

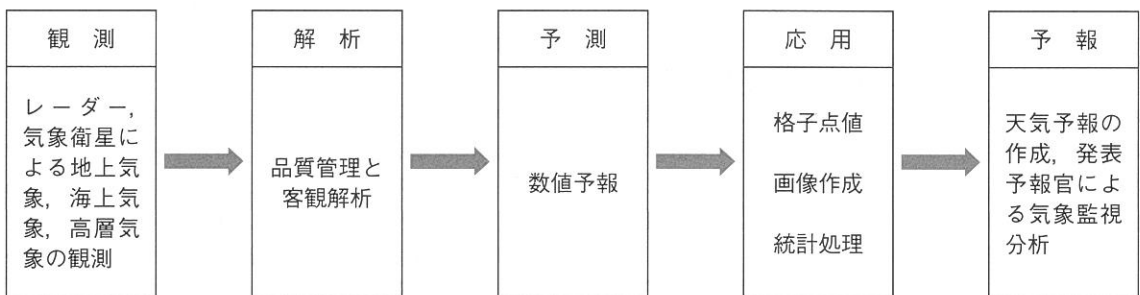
②アンサンブル予報

大気の運動は、カオス的な振舞いを特徴とする。そして、カオスの振舞いにより、初期値の小さな差が将来大きく増大することになり、数値予報の結果に誤差が発生する原因となる。

すなわち、わずかに異なる2つの初期値から予報した2つの予報結果は、初めのうちは類似しているものの、その差は時間の経過とともに拡大する。こうした誤差は初期値の誤差をゼロにすれば回避することができるが、観測データ自体の誤差や解析手法の限界から、事実上、初期値の誤差をゼロにすることは不可能である。たとえば、数値予報では、ある大きさの格子を使った近似式により気温や風等の予測計算を行うことになり、この結果、予報結果に誤差が発生することとなる。

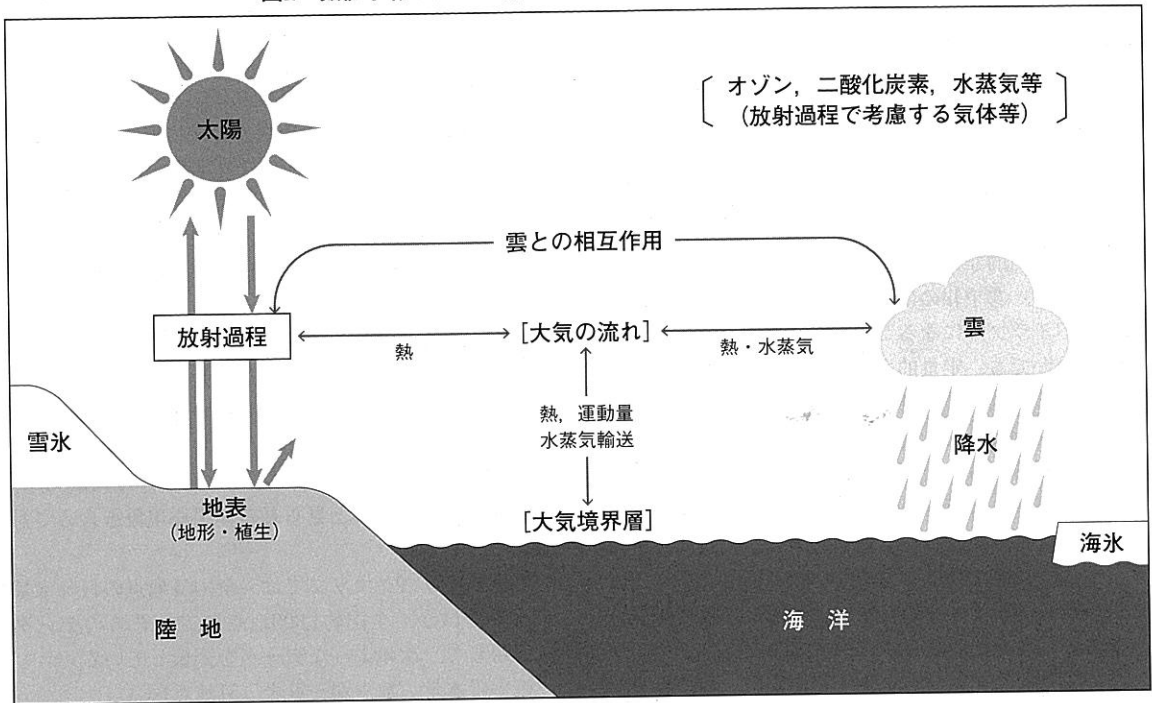
そこで、こうした誤差の拡大を事前に把握するため、「アンサンブル予報」と呼ばれる手法が導入されている¹⁰⁾。このアンサンブル予報は、5日先までの台風予報、1週間先までの天気予報、それより長期の天候予

図1 天気予報発表までのプロセス



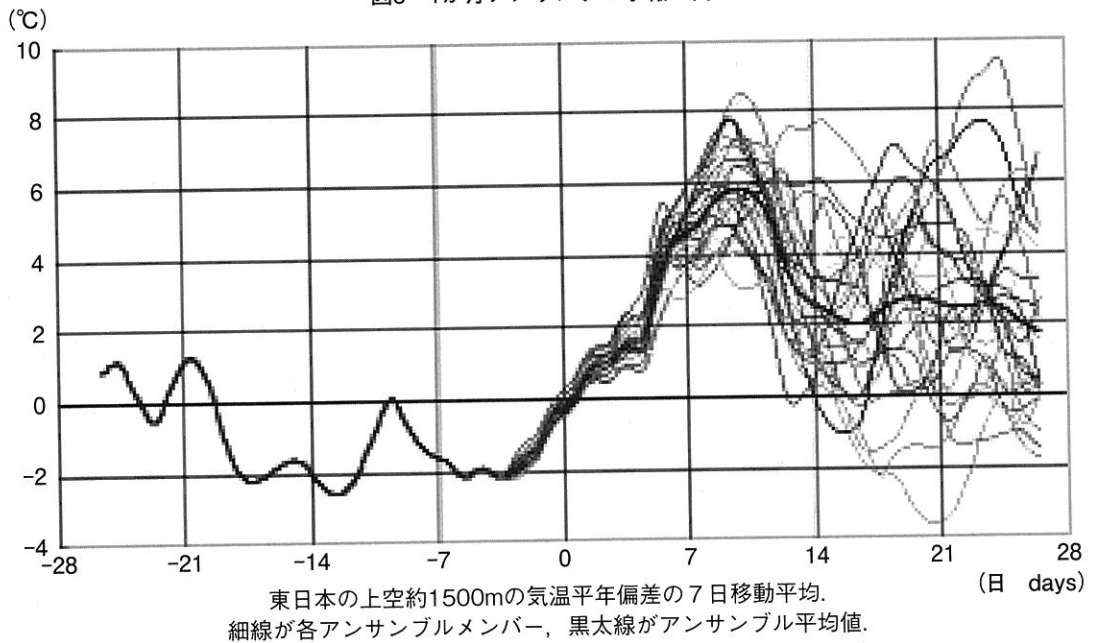
(出所) 気象庁資料をもとに筆者作成

図2 数値予報モデルに織り込まれているさまざまな気象現象



(出所) 気象庁資料をもとに筆者作成

図3 1か月アンサンブル予報の例



(出所) 天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用委員会
「資料2 中長期予報を活用するにあたっての基礎事項」気象庁 p106

測に活用されている (図3)。

アンサンブル予報は、ある時刻に少しずつ異なる初期値を多数用意するなどして、多数の予報を行い、その平均やばらつきの程度を統計的に処理することにより最も起こりやすい現象を予報する手法である。

アンサンブル予報には、①数値計算によって明確な情報を得ることが可能となり、予報の活用による分析に利用することができること、②アンサンブルの平均値から、平均的な大気の前想精度を高めることが可能となること、③予報のばらつき具合、確率といった情報がアベイラブルになること、等のメリットがある。

このなかでも、定量的なデータでの確率分布は、仕入量や売上・収益の予測や、天候リスクのためのデータとして活用できると考えられる。図4は、アンサンブル予報から得られたある地域の4週平均気温平年差予測値の確率分布である。この図から、①向こう4週間の気温は平年より高い可能性が大きいこと、②平年よりも1.5~2℃位高くなる可能性が最も大きいこと、③もっとも、わずかながら平年よりも低くなる可能性もあること、を読み取ることができる。

このように、アンサンブル予報により、さまざまな気象要素を確率分布で提供する加工が可能となり、産業界での活用資するところが大きいと考えられる。

③異常気象リスクマップ

気象庁では、地球温暖化に伴う異常気象の増加が懸念されるなかで大雨や高温の発生頻度等に関する詳細な情報が求めるニーズの高まりに応じて、2006年度から全国各地における極端な現象の発生頻度や長期変化傾向に関する情報を図表形式で示した「異常気象リスクマップ」の提供を行っている。

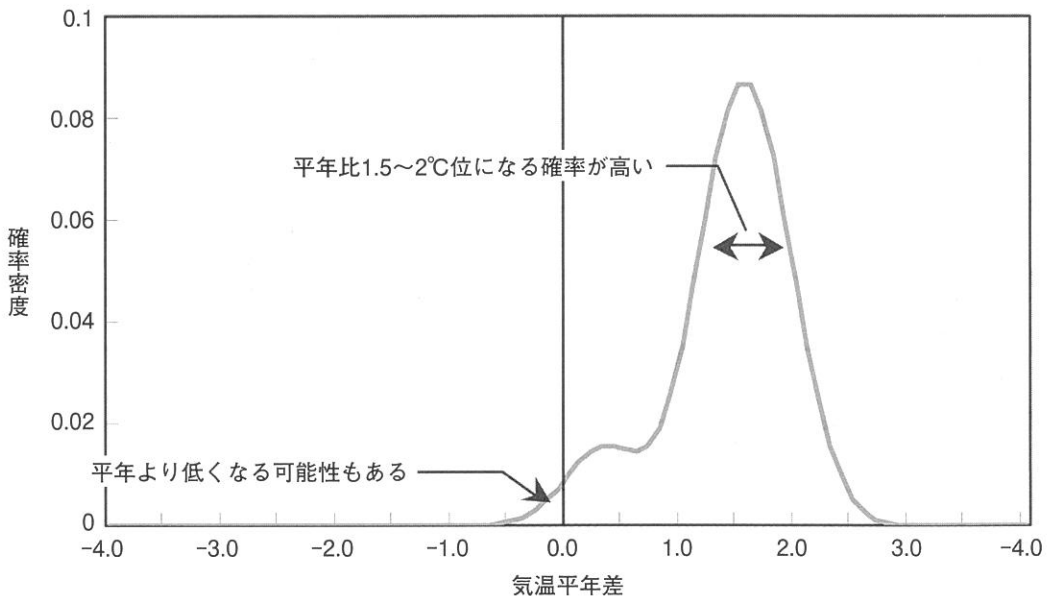
気象庁では上述のとおり、原則として、ある場所・ある時期において30年間に1回以下の頻度で発生する現象を異常気象と定義している。しかし、例えば30年に1回以上起こる現象でも社会経済に大きな影響を与えるケースがあることから、毎年起こるような現象まで含めて、大雨や高温などの頻度・強度がどのように変化するかを監視する必要がある。したがって異常気象リスクマップでは、30年に1回という基準に限らず、社会的影響が大きいと見られる極端な現象も含めて対象としている。

異常気象リスクマップでは、全国51地点の日降水量データのほか、全国約1,300地点のアメダスのデータも活用して、次のようなデータを公表している。

・確率降水量 地点別一覧表 (51地点) :

気象台や測候所等の約100年分の日降水量データをもとに推定した全国51地点の確率降水量の地点別一

図4 気温平年差予測値の確率分布の例



(出所) 天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用委員会
「資料4 アンサンブル予報による気温予測値等の確率分布の算出方法」気象庁p113

覧表。

- ・確率降水量 全国図（アメダス）：
アメダスの20～30年分の1時間または24時間降水量データをもとに推定した、全国約1300地点の確率降水量の、全国図、地域別図、地点別一覧表。
- ・日降水量100ミリ以上の日数 全国図（アメダス）：
アメダス地点の日降水量100mm以上の年間・月間日数の平年値（1979～2000年統計）の全国図、地域別図、地点別一覧表。
- ・10年に1回の少雨 全国図（アメダス）：
アメダス地点の年降水量・月降水量の「かなり少ない」の階級区分値（出現率10%の少雨）の平年値（1979～2000年統計）の全国図、地域別図、地点別一覧表。

(4) 再生エネルギーと気象予測

太陽光や風力等の再生エネルギーと気象予測とは、密接な関連がある。特に、太陽光や風力は、地域により大きく異なることから、気象予測が再生エネルギーの発電設備の設置場所の決定に重要な材料となる。また、電力は基本的に電力システムを使用して消費者に届けられることから、電力システムの安定運用のために気象予測を活用した発電量の適切な予測が重要となる。

気象庁のアメダス等による日射量や日照時間、風向・風速の観測値は、発電施設選定や発電事業者が行った気象観測の検証に利用されている。なお、長期観測データの入手が困難な洋上の施設設置には、気象や海流のメッシュデータが活用可能である⁽¹¹⁾。

また、気象研究所は、光発電を他の発電方法と組み合わせる電力システムを構成した場合のシミュレーションを行う等、光発電に関する研究を他機関と共同で実施している。シミュレーションに用いる発電量の予測の基礎となるのは日射量の予測で、この予測値は数値予報モデルを活用して計算される。

(5) 気象庁の予報と民間気象事業者の気象サービス

後述のように、天候リスクが各種企業の業績に与えるインパクトが大きくなってきているだけに、多くの企業は気象庁から提供される情報をそのまま活用するだけでなく、各々のビジネスからみて特に重要な天候リスクに関する情報を求めるニーズが強まっている。

こうしたなか、気象情報分析面へのITの浸透に伴い、民間気象事業者により個々の企業の天候リスクに関する情報ニーズに対応した気象サービスの提供が拡大し始めている。

すなわち、気象庁は、民間気象業務支援センターを

通じて気象庁の観測・解析・予報等の成果及びこれらの作成過程で得られる数値予報資料や解説資料等の気象情報を民間気象事業者等へ提供している⁽¹²⁾。

そして、民間気象事業者等は、気象庁から提供された情報を各々の企業に対応した情報に加工して、産業界の多様なニーズに応じている。

3. 天候リスクと企業経営

天候状況如何がビジネスに大きな影響を与える業種は、農業、食料品、衣料品、電気機器、小売り、電気ガス等のエネルギー、海運等、多岐に亘る。

(1) 天候リスクの各業種への影響

上述のとおり、気象庁は現状、民間に豊富なデータを提供しているが、気象庁では、こうしたデータが産業界にいかん活用されているかを各業界からヒアリングすることにより、データの提供内容に関してさらなる改善を指向している。

以下では、こうしたヒアリングの過程で各業界が行ったコメントから、具体的にどのような天候リスクを抱えながらビジネスが展開されているかをみてみよう⁽¹³⁾。

①飲料メーカー

飲料の中でもお茶系統の売れ行きが気温に影響される。そのなかでも最も気温に敏感なのが大型ペットボトルの麦茶であり、一方、コーヒー、野菜果汁は気温の影響が小さい。特に6～9月の気温動向がどうなるかが飲料メーカーにとって重要である。すなわち、最高気温29℃で消費者の感応度が変わり、29～33℃程度まで売上は伸びるが、それ以降は未分析である。

気温データについては、商品構成や外部環境が異なることから、過去3年分位までが有効でそれより古いデータは使用しない。

②屋外型レジャー施設

降雨や降雪が客数に影響するが、特に、午前中の降雨の影響が大きく、施設が運営する小売、外食、イベント等が被害を受ける。天気予報自体の影響も大きく、午前中に雨になるとの予報がでると客足が遠のく。

また、台風や降雪情報は防災対策に活用している。

③花卉関連の業者協会

降雨や強風は花屋への来店客数を左右する。また、切花は、切って2～3日が勝負であり、生産者にとつ

て出荷1～2日前の気温や降水が重要な要素となる。

また、1月からの累積気温が500℃で心で感じる春となり、切り花が売れ始める。そして、累積気温が1000℃を超えると身体で感じる春となり、ガーデニング商品が売れ始める。これに対して、平均気温が27℃を超えるとガーデニングは売れなくなる。

④流通小売（衣料品）業

天候の影響を受ける商品は、夏はショートパンツ、Tシャツ、冬はセーター及びアウター関連であり、冷夏と暖冬がリスクファクターとなる。また、梅雨明けでショートパンツが売れ始めることから、梅雨明け宣言の効果は大きい。一方、冬物は、5℃くらいの低温が数日（3～4日）続くと売れ始める傾向がみられる。

⑤青果卸売業

果物の品質には日照時間、生育速度には積算温度が大きな影響を与える。また、積雪・海上気象等の天候が産地からの輸送に影響する。

量販店では、雨、風、雪で売上がダウンすることから、青果卸売業への発注量も影響を被ることとなる。たとえば、気温が高いと生物、低いと煮物の出荷が増える。また、夕方の温度が17～18℃になるとおでんで日本酒、20℃を超えるとサラダでビール、22～23℃でメロン、25℃を超えるとすいかの売上げが増える傾向にある。

⑥エアコンメーカー

売上げは、6、7月の気温の影響を大きく受ける。特に、水木金と真夏日が続いて土曜日が晴れると10倍くらい売上が伸び、逆に、冷夏では売上げが10～15%程度落ちる。

また、梅雨明けしたとの情報が発表されると、急激に売上が伸びる。

(2) 天候データの活用

ここでは、まず上述の気象庁が提供する天候データが産業界によって活用されるケースを、農業と衣料品についてみることにしよう。

①農業と天候リスク

天候状況がビジネスに大きな影響を及ぼす典型が農産物である。霜の発生も天候リスクの要因の1つである。過去、ブラジルでは遅霜の発生によりコーヒー作物が大被害を受けるケースが数多くみられ、フロリダ

では霜の発生によりオレンジの生産が打撃を受けるケースもある。また、複数の天候リスクがビジネスに影響を与える典型例としてワインの生産がある。すなわち、ワインの出来不出来は、日照、湿度、気温、降雨等により大きく左右されることとなる。

気象庁は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）の5つの農業研究センターと共同研究を実施している。共同研究は、2週間先から1か月先の気象情報を利用して農作物生育情報の高度化を図り、農研機構が構築を目指している全国版早期警戒・栽培管理システムに反映させること等の目的で行われている⁽¹⁴⁾。

たとえば、この共同研究では、日本の水稲生産の約3割を占める米どころである東北地方の水稲の低温障害・高温障害の被害軽減に活用できる情報作成に向けた取り組みを実施している。

東北地方の夏は低温となる年がある一方、近年では顕著な高温となる年もある等、気温の年々の変動が大きく、水稲もたびたびその影響を受けてきた。

水稲は、その生育ステージに応じて気温による影響を受ける。こうしたことから、東北農業研究センター・岩手県立大は、将来の気温を予測し、適切な対策の実施を支援するため、1週間先までの気温の予測等を用いた水稲栽培管理警戒情報を作成し、ウェブサイトを通じて利用者に提供している。この共同研究では、農業分野における気候リスクへの対応に活用できる情報を作成することを目的に、異常気象早期警戒情報の確率予測資料を用いた情報の開発や情報の試験的な提供を実施、その有効性を検証している。

また、空間的にきめ細かく、かつ定量的な気温の予測情報を作成するために、東北農研が作成した東北地方の1kmメッシュ平年値と気象庁が作成している2週目までの気温の予測値を用いて1kmメッシュの気温予測値を作成、ウェブサイトで利用者が必要とするメッシュの詳細な予測情報もみることが可能となっている。

②アパレル・ファッションと天候リスク

気象庁では、日本アパレル・ファッション産業協会の協力のもとに、気候の影響を受けやすいアパレル・ファッション分野における調査を行った⁽¹⁵⁾。

この調査で、コート・ニット帽・サンダル・肌着等の商品で、販売数が大きく伸びる気温があること、過程度の気温の上下動に応じて販売数が変動すること、残暑の影響が秋物衣料の販売に大きな影響を与えていること等が確認された⁽¹⁶⁾。

また、これらの分析結果に基づいた2週間程度先の気温予測を利用した対策について、過去数年間の実際の予測事例を用いた検討を行った。その結果、ロングブーツは平均気温20℃付近で売り上げが伸び始める関係がみられることから、2週間先に20℃を下回る可能性が高いことが予想された場合には、ブーツの供給や店舗展開を積極的に実施するとか、色やサイズなどの欠品を極力回避するために在庫補充を行う等、店頭での販売促進を中心とした実施可能な対応策が示された、としている。

4. 天候リスクマネジメントと天候デリバティブ

(1) 天候リスクと企業のリスク管理

①天候リスクマネジメントの重要性

多くの企業は、直接、間接に天候リスクを背負ってビジネスを展開している。保険監督者国際機構 (IAIS) の推測によると、気象状況は、世界の80%のビジネス活動に直接、間接に影響を与えているとしている⁽¹⁷⁾。

そうした天候リスクは、企業にとってプラスに働くこともマイナスに働くこともある。したがって、企業が天候リスクをいかに管理するかが、企業の損益に大きな影響を及ぼすこととなる。

従来、企業が実施していた天候リスクマネジメントは、仕入れ量や生産量を調節するといった単純なものに限られていたが、現在では天候デリバティブマーケットの発展により、効率的な天候リスクマネジメントが可能となっている。したがって、企業の経営者は、たとえ天候リスクで被害を受けて業績が悪化しても、それを止むを得ないとして片づけることはできない。実際のところ、そうした理由を業績悪化のexcuseにすることは、経営者の能力不足を自ら明らかにしていることに等しい。

このように、天候リスクをいかにmanageして企業価値の維持、向上を図るかが、企業経営にとって重大な関心事となっている。現に、ステークホルダーや証券アナリスト等の企業に対する評価のなかに、天候リスクをいかに適切に管理しているかを重要な要素として織り込む動きもみられている。

②企業の天候リスク管理

企業が天候リスク管理を実施するにあたっては、まずもっていかなる種類の天候リスクが自社の損益計算書、貸借対照表、キャッシュフロー計算書のどの項目

に影響を及ぼすのかを把握する必要がある。

次に、把握した天候リスクの発生確率とそれが発生した場合の業績への影響度合の相関関係を定量的に分析する必要がある。

そして、こうした分析結果を踏まえてリスクへの対応策を検討することとなる。この場合、天候デリバティブや保険の活用が考えられるが、そのヘッジコストを勘案してリスクを自己保有する選択肢もある。また、ヘッジを行うことが適当との判断する場合には、完全ヘッジを行うか、部分ヘッジにとどめるかをヘッジのコストとベネフィットを比較考量して決定する。

また、ヘッジ後も、天候の変化次第で必要とあればヘッジ比率の調整等を行うことになる。

以上のステップは、上述の気象庁のデータを活用することにより、効率的に行うことが可能である⁽¹⁸⁾ (図5)。

たとえば気温を取ってみると、次のような手順となる。
ステップ1：アンサンブル手法による数値予報の結果から翌月の平均気温を確率分布で表す。

ステップ2：あらかじめ導出した売上高の関係式を使って、翌月の平均気温の確率分布を売上高の確率分布に変換する。

ステップ3：損益計算書の計算手順に従って、売上高の確率分布を経常利益の確率分布に変換する。

ステップ4：ステップ3により把握したリスクをヘッジすることにより、経常利益の確率分布を変化させることができる。

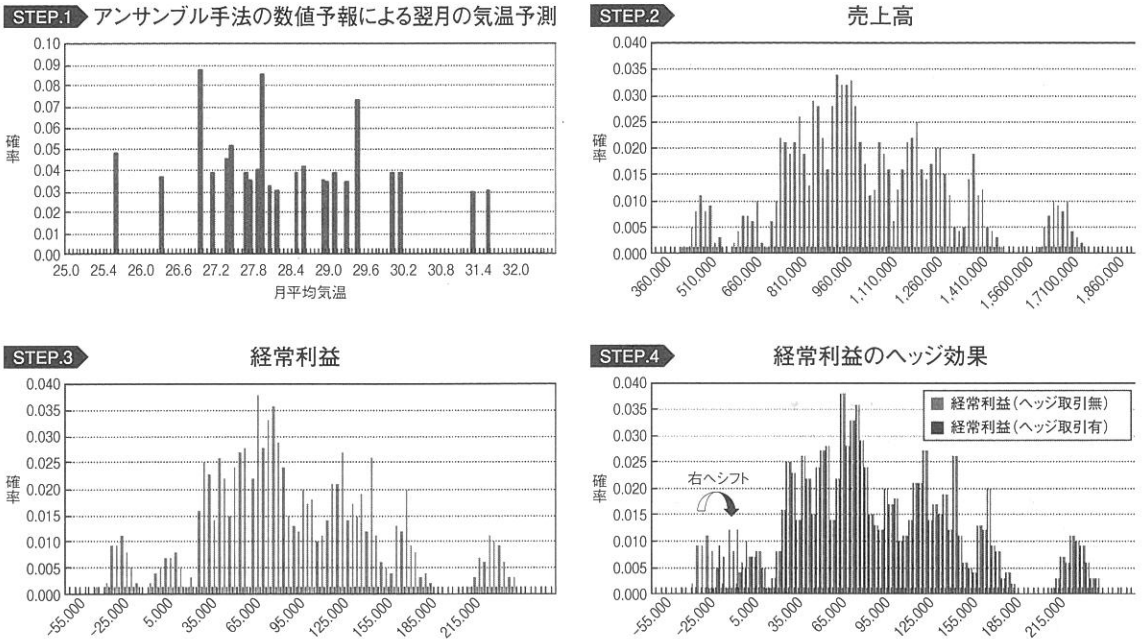
(2) 天候デリバティブのコンセプト

天候デリバティブは、あらかじめ決めておいた平時の気象データの水準と、実際の気象データの水準との差異をもとにして受け払いが決まる取引である。これにより、ヘッジャーとなる取引主体は、異常気象、天候不順に代表される天候の諸事象で企業が被る売上高の減少や費用の増加といった損失リスクを回避することが可能となる。

天候デリバティブの対象 (原資産) となる天候リスクは、気温、降雨、降雪、霰、日照、風速等、天候のさまざまな事象があるが、単一事象ではなく、いくつかの事象を組み合わせることでそれを原資産とする天候デリバティブも取引されている。たとえば、降雨と風速を組み合わせた台風デリバティブがこのカテゴリーの天候デリバティブに属する。

また、天候デリバティブの原資産は、たとえば気温

図5 気象の確率分布の天候リスクマネジメントへの利用手順



(出所) 気象庁「気象業務はいま：気象の確率分布の天候リスクマネジメントへの利用手順」2002 p31
 気象の確率分布の天候リスクマネジメントへの利用手順
 (原典) 興銀（現、みずほ）第一フィナンシャルテクノロジー資料

が何度以上というように天候の諸事象の原係数を使う場合と、一定の方式に従って加工した指数を使用する場合がある。

天候デリバティブは、地震、津波、ハリケーン、竜巻、噴火といった大損害・少頻度（high severity / low frequency risks）の特性を持つカタストロフィ・イベントを対象とするというよりも、少損害・多頻度（low severity / high frequency risks）の特性を持つ異常気象で灯油会社が暖冬をヘッジするというように、より発生確率が高い天候イベントを対象とすることを特徴とする。

天候デリバティブは、取引所に上場された商品を取引することもあれば、2当事者間で取引されるOTC取引（店頭取引）の形態もある。

なお、天候デリバティブの決済は、現物決済といったことは考えられず、差金決済となる。

(3) 天候デリバティブと保険との違い

気温、降水量、積雪量等の天候リスクを対象とする伝統的なヘッジツールに、損害保険がある。各種の損害を補償する損害保険には、気温、降水量、積雪量等

の異常気象により、企業が被る損失を補償する商品がある。また、個人を対象とする火災保険もさまざまなプランが用意されており、水災、電災、落雷、風災、雪災、水ぬれ被害等の補償を得ることが可能である。

なお、主要損害保険会社では、このところの異常気象による建物被害の増加をみて、長期での損害保険金の支払い予測が困難になったことから、2015年秋から長期火災保険は10年まで（従来は36年まで）としてそれ以上の長期の新規契約引受けを停止することとしている。

ここでは、天候デリバティブと伝統的なヘッジ手段である損害保険と対比して、各々の特徴をみることにしたい。

①支払い額の決定方法

損害保険は、実損填補を基本とする。実損填補は、保険契約で定められた保険金額を上限として、実際に発生した損害額を保険金として支払うものであり、損害保険の基本原則である。なお、実損填補を原則としつつその変形として比例填補がある。比例填補は、実際に発生した損害額に対して保険契約で定められた割

合の金額を保険金として支払うものである。

これに対して、天候デリバティブの資金の受払いは、実損填補を基本とする損害保険とは異なり、気象事象の定量的な数値に基づいて自動的に支払いの発生とその金額が決定される。たとえば、気温を対象（原資産）とする天候デリバティブでは、一定の気温を超えた場合に、一定の金額が支払されるといった内容がその典型例である。

したがって、天候デリバティブは、気象事象により被った損失額とデリバティブ取引による受取額が必ずしも見合わない「ベシスリスク」(basis risk)が存在する。たとえば、飲料水メーカーが冷夏の場合の売行き不調をヘッジために気温デリバティブ取引を行ったところ、気温の方は予想通り冷夏となったものの、売行きの方が想定を大幅に上回る不振となった場合には、気温デリバティブ取引による受取額では実損額を十分カバーできないこととなる。

また、降雨リスクをヘッジしようと取引しても実際の降雨の場所に気象観測機器が設置されておらず、この結果、天候デリバティブで取り決める降雨の観測地点は最寄り気象観測機器設置場所とした場合には、実際の降雨の場所で集中豪雨となっても気象観測機器設置場所ではそうではなく、実際に損失が発生してもデリバティブ取引による支払いが発生しないケースもあり得る。

こうしたベシスリスクは、テイラーモードではなく標準化された天候デリバティブの取引で特に発生する恐れがある。

②損害額の査定の有無

上述のとおり、損害保険は実損填補を原則とする以上、損害保険会社による損害の原因となる天候リスクの発生と実際の損害との間の因果関係の有無と、実際の損害額の査定が必要となる。

これに対して、天候デリバティブの支払額は、気象状況次第で決定されることから、天候デリバティブの支払いサイド（プロテクションの売り手）に裁量の余地はなく、損害発生と天候との因果関係等の査定の手続きを要することなく決済が行われる。

こうした査定の有無は、資金の支払いのタイミングに影響する。すなわち、損害保険では必ずから査定作業に時間がかかるが、査定が不要な天候デリバティブでは資金の支払いが迅速に行われることとなる。特に、異常気象で被害を受けた企業は、当座の運転資金のニーズが発生するケースが少なくなく、資金支払いが迅

速であるデリバティブの特性は、プロテクションの買い手にとって大きなメリットとなる。

③投機取引との関係

損害保険の被保険者が保険契約を行うためには、必ず損害が発生する可能性のある保険対象（insurable interest）が必要である。これは、損害保険が実損填補を原則とすることから来る当然の必要条件である。

しかしながら、天候デリバティブでは、プロテクションの買い手は必ずしも保険対象に利害の関わりを持っている必要はなく、したがってプロテクションの買い手が天候リスクの発生により損失を被ったことを証明する必要もない。

このことは、天候デリバティブはリスクヘッジに使われるだけではなく、投機の対象にもなり得ることを意味する。ちなみに、シカゴ商業取引所上場の気温デリバティブは、多くのスペキュレーターが市場参加者として取引を行っている。

もっとも、後述のとおり日本の天候デリバティブは保険会社が提供することが多く、顧客の取引目的は、天候リスクをヘッジすることを要件としていることが一般的である。

④標準化とテイラーモード

異常気象を対象とする損害保険は、一般的に、異常気象保険自体として定型化されて提供されていることは少なく、企業に対する総合保険等や、個人に対する火災保険に組み込まれていることが多い。特に、企業を被保険者とする損害保険では、基本的なタイプは決められているものの、企業のニーズに応じてテイラーモードにして提供される。

一方、天候デリバティブは、シカゴ商業取引所上場の気温デリバティブにみられるように取引所上場商品は標準化されているが、OTC取引の天候デリバティブは、基本的に取引当事者のニーズを汲み取ったテイラーモードとなる。日本の天候デリバティブは、現状、取引所上場の商品は存在せず、すべてOTCで取引されていることから、どのようなスペックにするか、保険会社と顧客との間で交渉してオーダーモードの内容にすることが可能である。しかしながら、小口の天候デリバティブは、個々のケースで保険会社と顧客との間で交渉しながらスペックを決定することは効率的ではなく、そうした場合には顧客のニーズの最大公約数的に汲み取ったスペックとして標準化して提供されている。

⑤ヘッジャーとリスクテイク

損害保険は、顧客がリスクヘッジャーとなり、保険会社がリスクテイクとなる。すなわち、保険契約というヘッジ取引のユーザーのカウンターパーティは保険会社であり、保険会社は顧客の持つリスクを引き受けることになる。

これに対して、天候デリバティブは、例えば、冷夏により損失を被る企業がヘッジャーとなり、そのカウンターパーティに猛暑により損失を被る企業がヘッジャーとなるといったケースや、異常寒波により損失を被る企業がヘッジャーとなり、そのカウンターパーティに暖冬により損失を被る企業がヘッジャーとなるといったケースで、天候デリバティブ取引が成立する可能性があることが考えられる。このように、双方がリスクヘッジャーとなり、自己のリスクをヘッジする典型的なケースには、後述する東京電力と東京ガスとの間で行われた気温デリバティブ取引がある。

(4) 天候デリバティブの原資産としての天候リスクの定量化

前述のとおり、天候デリバティブの原資産となる天候リスクには、気温、降雨、降雪、霰、日照、風量等さまざまなものがあるが、そうした天候リスクを天候デリバティブの対象（原資産）にするためには、いくつかの定量化の手法がある。

①数値を平均する方法

まず、ある数値の水準を定める。そして、一定の期間、毎日数値を取りそれを平均して、その数値があらかじめ定めておいた水準を超えたか、または下回ったかをみる方法である。

この方法は、気温や湿度を原資産とした時によく用いられる。たとえば、電力会社が8～9月の夏期の気温の平均が一定の基準値を下回ったときに支払いを受けることにより、冷夏によるエアコン使用の減少に伴う電力販売減のリスクをヘッジするといったケースがこれに該当する。

また、一定の期間ではなく、特定の1日だけの降雨や気温等を対象とした取引もみられる。たとえば、単一日にイベントが予定されている場合の興業収入減をヘッジするニーズを汲んだ形で行われる天候デリバティブ取引のケースがみられる。

②数値を合計する方法

まず、ある数値の水準を定める。そして、一定の期

間、毎日数値を取りそれを累計して、その数値があらかじめ定めておいた水準を超えたか、または下回ったかをみる方法である。

この方法は、降雨量、降雪量、日照時間等を原資産とした時によく用いられる。たとえば、スキー会社があらかじめ特定した場所において冬季の一定期間において毎日観測した降雪量の累計があらかじめ決めておいた水準を下回った場合に支払いを受けることにより、小雪による来客数の減少に伴う営業収入減のリスクをヘッジするといったケースがこれに該当する。

③日数を計算する方法

まず、ある日数の水準を定める。そして、一定の期間、1日の数値があらかじめ定めておいた水準を超えた、または下回った日数を累計して、その日数があらかじめ定めておいた日数を超えたか、または下回ったかをみる方法である。

この方法も、降雨量、降雪量、日照時間等を原資産とした時によく用いられる。たとえば、アウトドア型のレジャーランドにおいて行楽のピークシーズンの2か月間、1日の降雨量があらかじめ定めておいた水準を超えた日数を累計する。そして、その日数があらかじめ定めておいた水準を超えた場合に、その日数に応じ、レジャーランドが支払いを受けることにより、降雨による来客数の減少に伴う営業収入減のリスクをヘッジするといったケースがこれに該当する。

④同一の天候リスクの複数の数値を原資産とする方法

まず、ある数値の水準を定める。そして、天候デリバティブの原資産となる天候リスクの数値を採用する複数の場所を選択して、その複数の場所における数値の加重平均値等が、あらかじめ定めておいた水準を超えた、または下回ったかをみる方法である。

この方法は、1つの企業の営業拠点が複数に亘っており、営業拠点ごとに天候リスクが表面化する度合いが異なる可能性がある場合等に活用される。たとえば、清涼飲料の製造・販売業者のように販売拠点多くの地域に亘っている場合には、複数の地点の気温を各地域の売上高等で加重平均した値を取って、これを基準値と比較して、支払いを受けるといったケースがみられる。具体的には、夏の飲料水の売行きについて、東京、大阪、名古屋等の大都市の気温の各平均を算出して、それを当該地域の清涼飲料水の売上高により加重平均した値が基準値を下回ったときにその幅によって受取額が決まるといった内容の天候デリバティブがこ

れに該当する。

⑤複数の異種類の天候リスクの数値を原資産とする方法

まず、複数の天候リスクを選択する。そして、異なる種類の天候リスクの数値を指数化して、一定の期間の実績がその指数を超えたか、または下回ったかをみる方法である。

たとえば、農業関係のユーザーのニーズを汲み取った気温と日照時間と湿度を組み合わせた指数を対象とする天候デリバティブがこれに該当する。

5. 米国の天候デリバティブ

米国商務省によれば、天候リスクは、電力、天然ガス等の公益事業をはじめとして、農業、航空、旅行、レクリエーション業、建設業、ソフトドリンク、ビール、エアコンなどの製造・販売業者等、広範に亘るビジネスに大きな影響を及ぼしているとしている⁽¹⁹⁾。こうしたさまざまなビジネスの中でも、とりわけ電力、天然ガスといったエネルギー商品の需要は、天候リスクのうち気温リスクの影響を直接に受ける。

すなわち、気温の高低により、家庭や会社の空調需要が電力需要にインパクトを与え、それが火力発電のために必要な天然ガスの需要にインパクトを与えるという形で伝播することとなる。また、異常気象は送電効率にも影響を及ぼす。

このように、天候リスクの中でも気温リスクは、電力、ガス会社といったエネルギー業界にとっては最大のビジネスリスクとなる。

(1) 米国の天候デリバティブの歴史

①初期における米国の天候デリバティブ取引

1996年、エネルギー総合会社のアキラエナジー社 (Aquila Energy) とエジソン社 (Edison Co.) との間で、電力の売買契約のなかに天候デリバティブが組み込まれた取引が行われた。

この取引は、アキラエナジー社が設計、開発したもので、エジソン社がアキラエナジー社から電力を購入する契約のなかに、冷夏の場合には電力購入代金を割り引く条件が付されたものであり、気温リスクのヘッジを目的とした天候デリバティブの原型といえる。なお、この気温リスクの計測場所はニューヨークのセントラルパークであった⁽²⁰⁾。

②エンロン社の天候デリバティブ

1997年、エネルギー総合会社のエンロン社 (Enron) とコーク社 (Koch) との間で、名目ともに天候デリバティブ第1号というべき取引が行われた。当該天候デリバティブは、エンロン社が開発・提供して、それにコーク社が応じて取引成立となったものである。

この天候デリバティブ取引は、気温リスクを対象としたものである。具体的には、ミルウォーキーとウィスコンシン州の温度を指数として冬季の気温があらかじめ定めた気温から1度下回ればエンロン社がコーク社に対して1万ドルを支払い、逆に1度上回ればコーク社がエンロン社に1万ドルを支払うことを内容とする気温デリバティブであった。その後、エンロン社が開発した天候デリバティブは、OTCのみならず取引所上場の天候デリバティブ取引の活発化という形で発展することとなった。

そして、エンロン社とコーク社との間で天候デリバティブが取引された直後、同年冬季に米国は、エルニーニョから記録的な暖冬に見舞われ、多くの企業が甚大な打撃を被り、これを契機として天候デリバティブの取引が急速に普及することとなった。

また、エンロン社は、降雪量を原資産とする天候デリバティブを開発して、ボンバルディア社との間で取引を行っている。ボンバルディア社 (Bombardier Inc.) は、現在では、カナダのモントリオールを本拠地とする重工業中心のコングロメイト企業であるが、1936年にスノーモービルの製造、販売を始め、その後、鉄道、航空機の製造等に発展した大企業である。そのボンバルディア社は、1999年、スノーモービルの買い手に、降雪量が過去3年間の平均の半分に達しない場合には1千ドルのリベートを支払うインセンティブ付きの拡販策を講じた。そして、降雪量が少なくリベート支払が現実化した場合のリスクヘッジのために、エンロン社との間で次の内容の天候デリバティブを締結した。

- ・積雪量の観測期間：1999年11月～2000年3月
- ・積雪量の観測地点：ミネアポリス国際空港
- ・ペイオフ：累積積雪量が19.4インチを下回った場合には、販売したスノーモービル1台あたりにつき1千ドルをエンロン社がボンバルディア社に支払う。
- ・キャップ：1百万ドル

しかし、その冬の降雪量は平年並みとなり、ボンバ

ルディア社からスノーモービル購入者へのリベートの支払いもエンロン社からボンバルディア社への支払いも発生しないとの結果となった。

エンロン社は首脳陣が行った不正会計処理が原因で2001年に破綻したが、エンロン社が開発した天候デリバティブ取引の活発化という形で発展することとなった。

③米国の天候デリバティブ取引発達の背景

米国で天候デリバティブ取引が発達した基本的な背景には、1990年代半の米国における規制緩和によるエネルギー産業の自由化といった要因がある。

すなわち、それまで電力、ガス会社が抱える天候リスクは、規制の傘の下にある独占的な事業環境で吸収されてきたが、エネルギー産業の規制緩和・自由化により、多くのエネルギー企業は発電事業と送電事業を分離する等、電力の独占体制は大きな変革を辿ることとなった。そして、家庭用、商業用のエネルギーを生産、販売する企業が新規参入して、卸売マーケットで厳しい競争が展開された。

こうしたエネルギー業界を巡る大きな環境変化によって、天候リスクはエネルギー産業に従事するさまざまな企業の収益に直接影響を与えることとなった。

そして、「リスクが存在するところにデリバティブ取引のニーズが存在する」との大原則がエネルギー産業にも貫徹することとなる。この結果、エネルギー産業に属する各企業は、リスクヘッジ対策として天候デリバティブ取引を活発に行う展開となった。

(2) 価格のヘッジと量のヘッジ

発電には、石炭や重油、天然ガスが使用されるが、こうした燃料の「価格」変動リスクは、従来から取引されてきた先物、オプション等を活用してヘッジすることが可能である。しかし、電力需要量に甚大な影響を与える天候リスク自体についてはヘッジする手段が存在しなかった。したがって、エネルギーに関わる企業は、最終ユーザーの電力消費「量」を大きく左右する天候リスク自体を原資産とする先物、オプション等が必要となった。このように、量自体の変化を対象とする新たなヘッジツールである天候デリバティブは、それがマーケットに登場して以来、急速な発展を遂げた。

(3) 天候デリバティブのOTC取引から取引所取引への展開

およそ、いかなるデリバティブ取引でも、当初は当

事者間の相対取引で行われ、その後、取引が活発化するにつれて、OTC（店頭）取引に加えて取引所取引が行われるようになるとの過程を経ることとなるが、天候デリバティブもまさにそうした発展過程を辿った。

すなわち、米国における天候デリバティブは、当初は天候リスクのヘッジとなる企業と天候リスクテイカーとなる損害保険会社や銀行等の金融機関との間で相対取引の形で行われていた。

こうしたなかで、前述のとおり1997年のエルニーニョによる暖冬を契機として気温デリバティブの取引高が急増をみることとなり、この結果、気温リスクテイカーの損害保険会社や銀行等が抱えることになった気温リスクの規模は膨大なものとなった。

この結果、リスクテイカーの金融機関は、リスクの移転により自己が抱えるリスクの軽減を図るという方策をとることになるが、そのためには、金融機関が抱えるリスクを進んでテイクしてそれによりリターンを狙う多くの投機家が参加することが必要である。このように、当事者間の相対取引ではなく、多くの投機家が参加して取引するマーケットが取引所取引である。そして、シカゴ商業取引所（Chicago Mercantile Exchange；CME）は、こうしたニーズを汲み取る形で天候デリバティブを上場した。

(4) 天候デリバティブのOTC取引

①HDDとCDD

天候リスクのヘッジとリスクテイカーの金融機関との間で相対で行われるOTC（店頭）の気温デリバティブ取引の典型例をみると、米国の電力業界やガス業界においては伝統的に華氏65度（摂氏18.33度）が寒暖の境界温度とされている。これは、昔、オフィスの空調機器の技術士が、外気が華氏65度以下になるとオフィスの暖房がオンになることが多い事実が気が付いたことに由来するといわれている。

そして、電力業界やガス業界は先行きの気温が華氏65度からどれだけ乖離するかを、冷暖房の需要予測の指標としてきた。すなわち、華氏65度が暖房と冷房の分かれ目の基準として、華氏65度を大きく下回ると暖房のための電力需要が増加し、逆に華氏65度を大きく上回ると冷房のための電力需要が増加するとみる。

この指標は、毎日の平均気温が華氏65度からどれだけ乖離しているかの幅を気温指数としてHDDとCDDで表わされる。なお、毎日の平均気温は、最高気温と最低気温を合計した数値を2で除して算出する。

すなわち、HDD (Heating Degree Day) は寒さの度合い = 暖房需要の指標となり、CDD (Cooling Degree Day) は暑さの度合い = 冷房需要の指標となる。
 ケース 1 : 冬季のある日の最高気温が華氏50度、最低気温が30度の場合。

平均気温は40度。HDD指数は $65 - 40 = 25$

平均気温が低くなればなるほどHDDは大きくなり、暖房需要が大きいことが予想される。

仮に、この差引きの結果がマイナスの場合にはHDDはゼロとする。

ケース 2 : 夏季のある日の最高気温が華氏80度、最低気温が70度の場合。

平均気温は75度。CDD指数は $75 - 65 = 10$

平均気温が高くなればなるほどCDDは大きくなり、冷房需要が大きいことが予想される。

仮に、この差引きの結果がマイナスの場合にはCDDはゼロとする。

これを算式にすると次のようになる。

デイリー HDD = $\text{MAX}(0, 65 - \text{1日の平均気温})$

デイリー CDD = $\text{MAX}(0, (\text{1日の平均気温} - 65))$

ここで、1日の平均気温 = $(\text{1日の最高気温} + \text{最低気温}) \div 2$

デイリー HDD、デイリー CDDを一定期間に亘って累計した数値は次の算式により導出される。

期間HDD = $\sum \text{デイリー HDD}$

期間CDD = $\sum \text{デイリー CDD}$

米国では、国立天候データセンターが、全米各地のHDDとCDDの実績値を計測して、公表している。

気温を対象とする天候デリバティブのペイオフ (受払) は、1日当たりのHDDまたはCDDを一定期間、累計した期間HDD、期間CDDを各々 HDD指数、CDD指数の実績とする。そして、これと当事者が事前に決めておいた基準値のHDD指数、CDD指数とを比較して、その差に、想定元本に相当するHDD、またはCDDの単価を乗じた金額を受払いする。

このHDD、またはCDDの単価、すなわち1HDDまたは1CDD当たりの金額は、DDV (Degree Day Value : DDV) と呼ばれ、当事者は、自己のビジネスの気温リスクをどの程度ヘッジするかをDDVの金額設定で調整することができる。

②気温デリバティブ取引の具体例

ここで、CDDを対象にした取引の具体例をみてみ

よう。

ある電力会社は来る夏は冷夏になることを予想、これにより電力販売収入の落込みを懸念して、気温デリバティブを活用することにした。この電力会社では、これまでのデータからみると、6月～8月の毎日のCDDの累計値であるCDD指数が550を下回る場合には1CDD当たり3万ドルの損失が同社に発生する。

そこで、この電力会社は、保険会社との間で、期間6月～8月、同社の電力販売先のエリアの気温の基準値としてのCDD指数を550、1CDDの乗数であるDDVを3万ドル、電力会社の受取り上限を6百万ドル、電力会社が保険会社に支払うプレミアムを20万ドルとする気温デリバティブを買い付ける。

翌夏は、この電力会社が懸念した通りの冷夏となり、気温の実績累計値であるCDD指数は、500となった。これにより、電力会社が気温デリバティブ取引を行ったことによるネット受取額は次のようになる。

(CDD指数の基準値550 - CDD指数の実績500)

$\times \text{DDV } 3 \text{万ドル} - \text{プレミアム } 20 \text{万ドル} = 130 \text{万ドル}$

仮に、翌夏が例年通りの暑さとなった場合には、保険会社から電力会社への支払いはなく、電力会社にとって気温デリバティブ取引によるプレミアム支払い20万ドルが損失となるが、例年通りの暑さからの電力販売増となり、本業の方で利益を上げることができることとなる。

なお、このようにOTC取引では、HDDまたはCDDを累計する対象期間は、当事者間で決めることとなるが、冬季、夏季の1か月単位とか、HDDは11月から3月まで、CDDは5月から10月までするケースが多い。また、4月と10月は端境月 (shoulder month) と呼ばれて、一般的に気温デリバティブの対象期間から除外される。

(4) 天候オプションの評価

①ブラックショールズ・モデルと天候オプション

上述のとおり、HDDまたはCDDを原資産とする気温デリバティブ取引は、一種のオプション取引であるが、このような天候デリバティブ取引における最大のポイントは、プレミアムの決定である。周知のとおり、株式を原資産とするオプションの評価モデルでは、ブラックショールズ・モデル (Black-Scholes Model, BSモデル) が代表的である。しかしながら、主として次の理由から天候オプションの評価モデルにブラックショールズ・モデルを活用することはできない。

i. オプションを模倣したペイオフの構築

ブラックショールズ・モデルでは、原資産と無リスク資産の組み合わせによりオプションと同様のペイオフ (pay-off diagram) を模倣することができる点が重要な前提となっている。しかし、天候デリバティブの場合には気象状況をポートフォリオに組み入れてペイオフを模倣することはできない。

ii. 原資産価格のランダムウォーク性

ブラックショールズ・モデルは、原資産価格がランダムウォーク (random walk) に従い、中心回帰 (mean reversion) しないことが前提となっている。しかし、たとえば気温オプションの場合にこれを適用すれば気温がとてつもなく上昇するか下落する非現実的な事象を前提とすることになる。

iii. ヨーロピアンオプション

ブラックショールズ・モデルは、ヨーロピアンオプションを前提としている。しかし、天候オプションは、ある期間の平均的な数値を対象とすることが多く、アジアンオプションのスペックで構築されることが一般的である。

iv. キャップ付きオプション

天候オプションは、一般的に支払い額に上限が設定されているキャップ付きオプションとなっている。しかし、ブラックショールズ・モデルはこうした前提を置いていない。

②天候オプションの評価手法

上述のとおり、天候オプションの評価モデルにブラックショールズ・モデルを適用することが妥当ではないことから、実務界では主として次の手法で天候オプションのプレミアムの理論値を導出している。

i. ヒストリカルデータ法

ヒストリカルデータ法は、天候オプションが対象とする期間について過去のデータを採り、その平均値から先行きの気象事象やその発生確率を推計し、それにより算出されたペイオフをもとにして天候オプションのプレミアムの理論値を導出する手法である。

ii. モンテカルロシミュレーション法

モンテカルロシミュレーション法は、コンピュータを使用して乱数を発生させ、それにより数多くの

ペイオフのシナリオを作り、その平均値を現在価値に引き直すことにより天候オプションのプレミアムの理論値を導出する手法である。

モンテカルロシミュレーション法は、アジアンオプションやキャップ付きオプション等の天候オプションに活用することができる。

(5) シカゴ商業取引所の天候デリバティブ

①取引所の本質的機能

1999年9月、シカゴ商業取引所 (Chicago Mercantile Exchange : CME) は、暖房シーズンの始期にマッチさせる形で気温デリバティブを上場した。これは、米国10都市を対象にしたHDD先物と先物オプションである。また、その翌年には、CDD先物と先物オプションも上場している。

上述のとおり、米国では1990年代半の規制緩和によるエネルギー産業の自由化から電力料金が需給を直接、反映した形で変動することとなり、また、1997年のエルニーニョ現象による記録的な暖冬となったこと等から、エネルギー業界では気温デリバティブを中心にOTCにおける天候デリバティブの取引高が急増をみるに至った。

この結果、エネルギー業界のリスクテイクとなった金融機関では、自己で抱えるリスク量が膨張して、リスクの再移転が必要となった。取引所の本質的機能には、こうしたリスクの受け皿になるインフラを提供する役割がある。すなわち、取引所が持つ最も重要な機能は、多くのリスクヘッジャーとリスクテイク者がマーケットに参加してリスクの売買を行い、そこからリスクの適正価格 (fair price) が発見されるという価格発見機能 (price discovery function) である。

ここで、重要なことは、取引所取引においてはヘッジ取引だけでは十分な流動性が得られない点である。ヘッジャーに立ち向かって進んでリスクを取るリスクテイク者がマーケットに参加して初めて厚い流動性が形成されて、マーケットの価格発見機能が発揮されることとなる。この点、シカゴ商業取引所も天候デリバティブの普及促進を目的とする情宣物のなかで「天候デリバティブは、天候リスクを管理するツールであるとともに、天候の先行き変動から利益を得るツールとしても活用することができる」²¹⁾と強調している。

こうした背景から、シカゴ商業取引所は、OTC取引により金融機関が抱えることになったリスクを取引所取引の形で多くの市場参加者に分散、移転することを主眼にして天候デリバティブを上場した。したがっ

て、シカゴ商業取引所は、事前にOTCにおける天候デリバティブの取引状況を子細に調査のうえ、それにマッチするような形で天候デリバティブの上場商品の仕様設計を実施している。

もっとも、取引所上場商品は、標準品仕様とすることにより厚い市場流動性を形成することを指向していることから、市場参加者がヘッジ対象とする内容とヘッジ手段となる取引所上場商品の仕様が一致しない場合には、ベーシスリスクが生じることになる。

②シカゴ商業取引所上場の気温デリバティブ取引のヘッジャーとスベキュレーター

シカゴ商業取引所上場の気温デリバティブのヘッジャーは、金融機関のほか、電力会社、ガス会社、燃料供給会社、プロパンガス配達業者等のエネルギー関連の企業である。

エネルギー会社は、暖冬、冷夏といった異常気象の場合のエネルギー需要減による減収をヘッジするためにHDD、CDDのショートポジションを持つ一方、エネルギーを消費してビジネスを展開する企業は、激寒、猛暑といった異常気象の場合のエネルギー需要増によるコスト増をヘッジするためにHDD、CDDのロングポジションを持つこととなる。

また、エネルギー関連企業以外にも、気温状況により売れ行きや来客数が大きく左右される業界も、気温デリバティブを活用することができる。そうした業界の代表的なものとしては、農業、衣料関係、飲料、屋外型レジャー施設等がある。

シカゴ商業取引所では、気温デリバティブがリスクヘッジのツールとしてエネルギー関連企業以外に活用されている例として、フロリダのオレンジ栽培業者、コロラドのスキーリゾート経営企業、旅行業、レストランをあげている。

気温デリバティブのヘッジャーのカウンターパーティとなるスベキュレーターとしては、ヘッジファンド等の機関投資家がリスクテイカーとなっている。こうしたスベキュレーターは、伝統的な金融商品との相関性が低い天候デリバティブを新しい資産クラス(asset class)としてポートフォリオに組み入れるオルタナティブ投資により、最適ポートフォリオの構築を指向している。

シカゴ商業取引所によれば、酷暑に見舞われた2011年の夏には、気温デリバティブの出来高が急増し、CDD指数の相場は過去10年間の平均から実に50%高と急騰したとしている。

③シカゴ商業取引所上場の気温デリバティブの仕様

シカゴ商業取引所では、気温デリバティブの上場商品のメニューを増やして、現在ではさまざまなスペックを持つ商品が上場されている。また、気温の対象とする地域も、米国内だけではなく、欧州の都市の気温も対象とした商品が上場されている。

i. 対象地域

米国：Atlanta, Chicago, Cincinnati, Dallas, Las Vegas, Minneapolis, New York, Sacramento

欧州：Amsterdam, London

ii. 基準指数

米国：華氏65度を基準とするHDD, CDD.

欧州：OTC取引ではCDDが使われていないことから、夏季の天候デリバティブについては、CDD指数ではなく累積平均気温の指数を取ることとしている。

iii. 対象期間

米国：月間、季間 (seasonal)

欧州：月間、季間

iv. 通貨単位

米国：米ドル建てで月間20倍

欧州：ユーロと英ポンドで20倍

シカゴ商業取引所に上場されている米国内の都市の先物と先物オプションの取引対象は、日々のHDD, CDDの値を1か月合計したHDD指数, CDD指数である。また、DDVは20ドルでありHDD, CDD指数の1単位に20ドルを掛けたものが先物の元本となる。

例えば、ある月の日数が31日であり、31日すべての日の平均気温が華氏45度であったという極端な例でみると、次のようになる。

・HDD：65 - 45 = 20

・当該月のHDD指数：20HDD × 31日 = 620HDD

・HDD先物1単位の元本：620HDD × DDV20ドル
= 12,400ドル

v. 限月

米国：HDD月間は10, 11, 12, 1, 2, 3, 4の各月、

CDD月間は4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の各月、

月間は3年先まで上場されている。

欧州：HDD月間、CDD月間とも米国と同じ。

表6は、シカゴ商業取引所上場の気温デリバティブについて、米国のHDD月間先物と、CDD月間先物のスペックを概要を示したものである。

④ 季間

シカゴ商業取引所は、米国と欧州において、シーズナル・ストリップを上場している（Seasonal Strip Contract；季節の連続月）。これは、ヘッジ期間が単月ではなく、何か月に亘る暖房シーズンや冷房シーズン全体を一括してヘッジしたいとする市場参加者のニーズに応えた商品である。

シーズナル・ストリップのスペックは、2か月連続から7か月連続の季間のうち、市場参加者が各々のニーズに見合った期間を選択して、その期間のHDDやCDDの累積値を取引対象とするものである。

⑤ 電力会社による気温デリバティブ活用

電力が持つ特性は、基本的に貯蔵することができない（non-storable）ことにある。したがって大きな温度変化があった場合に電力需要が急増した場合には、電力会社の対応として自社では供給が追いつかず、そうした状態にあって電力の供給責任を果たすためにはとてつもない高価格でも他社から電力を購入することとなる。こうした事態に備えて電力会社は気温デリバティブを活用することができる。

以下では、シカゴ商業取引所グループが例示している電力会社の取引例をみることにする⁽²²⁾。

ある電力会社は、シカゴ地域一帯に電力を供給している。電力価格は、0.08ドル/kWhに設定されている。この電力会社のヒストリカルデータによれば、平年の温度の冬季で10億kWhの電力供給により8千万ドル

の収入を得ることができる。しかし、気象予報によれば来る冬はエルニーニョ現象の影響から暖冬になるとしており、そうなると暖房用の電力消費減から減収になるリスクがある。

このリスクヘッジを目的に電力会社は、シカゴ商業取引所の気温デリバティブを活用することにした。その手順は次のとおりである。

i. 電力売上高と気温の相関性分析

HDDの先物価格に反映される気象条件と、この電力会社の電力売上高に反映される気象条件のインパクトの相関関係（correlation）を定量化する必要がある。

ii. 電力売上高とHDDの先物価格の回帰分析

電力売上高の変化とHDDの先物価格の変化の相関関係を定量化するために、過去の電力売上高とHDDの先物価格のデータを使って回帰分析を行う。

回帰分析の結果によると、この電力会社の売上高とシカゴ地区のHDD指数との相関係数は0.80であった。これは、HDD指数が1%下落した場合には、この電力会社の予想売上高は0.80%減少するととの相関関係を示している。

iii. ヘッジ比率の算出

以上の電力売上高の変化とHDDの先物価格の変化の関係から、必要となるHDD単位数を示すヘッジ比率（hedge ratio）を算出する。

シカゴ商業取引所で取引されているHDD指数先物は、現在1,250の相場を付けている。これによりヘッジ比率は次のように計算する。

表6 シカゴ商業取引所上場の米国のHDD月間先物とCDD月間先物の仕様

	米国のHDD月間先物	米国のCDD月間先物
1 単位	HDD指数×\$20	CDD指数×\$20
商品内容	米国の都市のHDD	米国の都市のCDD
価格の単位	指数をドル表示	指数をドル表示
呼値の刻み（最小価格変動幅）	指数1 = 1 単位が\$20	指数1 = 1 単位が\$20
取引最終日	限月の第2営業日	限月の第2営業日
限月	10, 11, 12, 1, 2, 3, 4の各月.	5, 6, 7, 8, 9の各月.

（出所）CME Groupの資料をもとに筆者作成

$$\begin{aligned} \text{ヘッジ比率} &= \Delta \text{売上高} \div \Delta \text{先物価格} \\ &= (8 \text{千万ドル} \times 0.8\%) \\ &\quad \div (1,250 \times 20 \text{ドル} \times 1\%) \\ &= \text{先物} 2,560 \text{単位} \end{aligned}$$

iv. 天候デリバティブ取引

この電力会社は、先行きの暖冬による収入減をヘッジするために2,560単位の先物を売り付ける。

v. ヘッジ効果

その冬は予想通りの暖冬となった。

- ・HDD指数：1,250→1,150, 100ポイント, 8%の下落
 - ・この電力会社の電力供給：10億kWh
→936百万kWh
 - ・電力販売収入：0.08ドル/kWh×936百万kWh
=7488万ドル
 - ・電力販売収入減：通常の冬季に比べると512万ドルの減収
 - ・気温先物取引による利益：512万ドル
- すなわち、この電力会社の暖冬による収入減は、先物取引による利益5で相殺されることとなる。

vi. ダイナミックヘッジ

この例では、売上高と温度は線形 (liner) の関係にあることを前提としているが、厳密にはHDDの変動によってエネルギー需要が幾何級数的 (geometric) に変動する可能性が高く、したがって、ヘッジ比率もダイナミックに変化することとなり、機動的にヘッジ比率を変更する必要がある出てくることに留意しなければならない。

6. 日本の天候デリバティブ

(1) 日本の天候デリバティブの嚆矢

1999年、三井海上火災保険（現、三井住友海上火災保険）は、積雪量を対象とした天候デリバティブを開発、これをスキー用品販売会社の㈱ヒマラヤに提案して、両社の間で日本における天候デリバティブ第1号となる取引が締結された。

これは、冬季に小雪となった場合に、ヒマラヤのスキー用品の売上げ減をヘッジすることを目的とした天候デリバティブである。

すなわち、積雪量の観測場所は、ヒマラヤのスキー用品会社の販売主力地区の長野と岐阜に所在するスキー場近くの3つの気象観測所とし、また、積雪量の観

測期間は、ボーナス月でスキー用品の売上げが最も多い12月の31日間に設定された。

したがって、観測データは3気象観測所×31日=93日となる。そして、積雪量が10cm以下の日数が、75日を越えた場合には超えた日数×一定金額をヒマラヤが三井海上火災から受け取るという内容である。

この天候デリバティブのペイオフは、ヒマラヤをコールの買い手、三井海上火災をコールの売り手とする権利行使水準75日のコールオプションである。そして、ヒマラヤから三井海上火災に100万円のプレミアム（オプション価格）が支払われている。

(2) 日本の天候デリバティブの特徴

①天候デリバティブの対象となる気象条件の多様性

上述のとおり、米国における天候デリバティブは、エネルギー業界のヘッジ需要を背景にして、気温を原資産としたものが大半であるが、日本で取引されている天候デリバティブは、気温のほかに、風速、降雪、降雨、波高、湿度、日照時間等、様々な気象を原資産とする天候デリバティブが取引されている。

現状、このなかでは気温、降雪、降雨を原資産とする天候デリバティブ取引が多いとみられるが、単独の気象条件だけではなく、たとえば、風速と降雨というように複数の気象条件を組み合わせた天候デリバティブも取引されている。

また、風力発電やソーラー発電等の再生可能エネルギーの開発、生産が一段活発化することが予想されるなかで、風力や日照時間等を対象とする天候デリバティブに対する需要が拡大することが見込まれる。

表7は、損害保険ジャパンによる天候デリバティブの販売事例である。

②天候デリバティブマーケットにおけるヘッジャーの多様性と中堅・中層企業の存在感

上述のとおり、日本の天候デリバティブが対象とする気象は、気温以外にもさまざまな種類があるが、これは、米国と異なり天候デリバティブのユーザーが多様な業種から構成されていることによる。

その主な業種をみると、電力、ガスはもとより、農業、商社、百貨店、小売り、建設、製造、レジャー、風力・ソーラー発電等となる。そして、たとえばレジャーには、屋外型のテーマパーク、ライブ、スポーツ観戦、海水浴場、レジャー施設周辺のホテル、さらには弁当販売業も含まれる。

ちなみに、東京海上日動火災保険では、次のような

表7 損害保険ジャパンによる天候デリバティブの販売事例

異常気象の種類	気象データ	顧客の業種
暴風雨	降水量, 風速	レジャー, 小売り, 建設
高潮	潮位	レジャー, 製造, 商社
風力不足	風速	風力発電
落雷	落雷回数	製造, レジャー
冷夏, 暖冬	気温	農業, レジャー, 小売り, ガス, 電力
多雨, 少雨	降水量	レジャー, 小売り, 建設
多雪, 小雪	積雪量	レジャー, 製造
高湿度	湿度	食品製造

(出所) 環境省「気候変動適応の方向性に関する検討会参考資料2」2010.6をもとに筆者作成
(原典) 損保ジャパン日本興亜

企業が天候デリバティブを活用することが考えられるとしている⁽²³⁾。

- ・小売業・飲食業など来店型の企業や、ゴルフ場・テーマパークなど屋外での営業を行う企業、エネルギー・アパレルなど気象変動の影響を受けやすい企業。
- ・商品・サービスに季節性があり、商品・サービスの種類が限られているプール、エアコン販売、アイスクリーム卸、清涼飲料製造、スキー場、冬用タイヤ販売、暖房器具販売、防寒衣料製造などの企業。
- ・中元・歳暮などかきいれ時が特定の時期に限られている商品・サービスを扱う企業。
- ・特定の地域の気象変動の影響を強く受ける、商圏が限られている企業。
- ・気象変動の影響を受けやすい原材料を扱う企業や、農産物の作柄の影響を受ける企業、畜産業などの気象変動のリスクに晒されている企業。
- ・運輸・物流関連、屋外工事関連の荒天などの気象変動のリスクを負っている企業。

(3) 天候リスクの自己保有と移転

天候リスクのヘッジャーは多種多様な企業に亘っていて、この結果、日本の天候デリバティブは、大企業よりむしろ中堅・中層企業が活発に取引していることが大きな特徴となっている。

これには、大企業に比べると中堅・中層企業は、天候リスクを自社内で保有するのではなく、天候デリバティブ取引によって天候リスクを保険会社や銀行等の金融機関に移転するニーズが強いことも背景になっていると考えられる。

すなわち、一般的に大企業ではグループ企業を含めて、ビジネス自体の多角化、取扱商品の多様化、仕入

先・販売先の多様化、それに商品・サービスを提供する地域の分散化を行いながら、事業ポートフォリオの分散投資を実施している。そして、こうした事業ポートフォリオの分散投資により、リスクの分散化を図ることが可能となる。

たとえば、リスクの地域分散をみると、全国に拠点を展開しているホテル業界であれば、暖冬でスキー場近辺のホテルの客足は落ちるが、テーマパーク、レジャーランド、ゴルフ場近辺のホテルは賑わいをみることになる。同じように、販売商品によるリスクの分散をみると、総合スポーツ用品であれば、暖冬でスキー用品の売れ行きは落ちるが、ジョギング用品の売れ行きは好調になるといった具合である。

このように、大企業では、現代ポートフォリオ理論の分散投資により、グループ企業を含めて天候リスクを自社内で保有、ヘッジすることができるが、これに対して中堅・中小企業では限られた資本で事業ポートフォリオの分散を行うには限界がある。

こうした大企業と中堅・中小企業のリスクヘッジへの対応の違いが、日本においてさまざまな業種の中堅・中小企業を中心として、天候デリバティブが活発に取引されている一因となっていると考えられる。そして、この結果、1件当たりの取引も小ロットの取引が多数を占めている。なお、天候デリバティブの契約期間は、大半が1年に設定されている。

(4) 商品開発とリスクテイカーとしての保険会社、銀行と販売主体

日本の天候デリバティブ取引の商品開発は、主として損害保険会社と大手銀行の手により行われており、そして、販売は損害保険会社、大手銀行のほか、地方

銀行、信用金庫等が担っている状況にある。

地方銀行、信用金庫等が天候デリバティブを販売する場合は、自己が取引のカウンターパーティとなるのではなく、企業と損害保険会社や大手銀行との間の仲介役となって手数料収入を得るケースが大半である。したがって、天候デリバティブのリスクテイカーは、損害保険会社と大手銀行となる。

銀行、信用金庫等の金融機関は、融資取引を通じて取引先企業のビジネスリスクを把握するという情報産業の性格を持っているが、こうしたビジネスリスクには、天候リスクも含まれている。したがって、金融機関は取引先企業に対して天候デリバティブ取引を提案して、取引先が天候リスクにより損失を被ることを回避するよう誘導することができ、延いては貸付債権の保全につなげることも可能となる。

とりわけ、さまざまな業種に亘る数多くの中小企業を取引先に持つ地方銀行や信用金庫では、リレーションシップバンキングの強みを生かして、経営者と一緒になって天候デリバティブの活用について検討するといったことが行われている。

(5) OTC(店頭)取引とヘッジ取引

米国では、シカゴ商業取引所が気温デリバティブを上場しているが、日本においては天候デリバティブが取引所に上場されている例はなく、すべての取引がOTCにより行われている。

したがって、損害保険会社や大手銀行がリスクテイカー、企業がリスクヘッジャーとなって取引が成立することになる。すなわち、損害保険会社や銀行、信用金庫等が天候デリバティブを販売するとき、その相手は必ず天候リスクのヘッジを目的とした企業に限定され、スペキュレーターは天候デリバティブ取引はできない。したがって、企業が天候デリバティブ取引を行う場合のロットや支払限度額は、天候リスクによって企業が損失を被る可能性のある金額の範囲内で設定されることとなる。

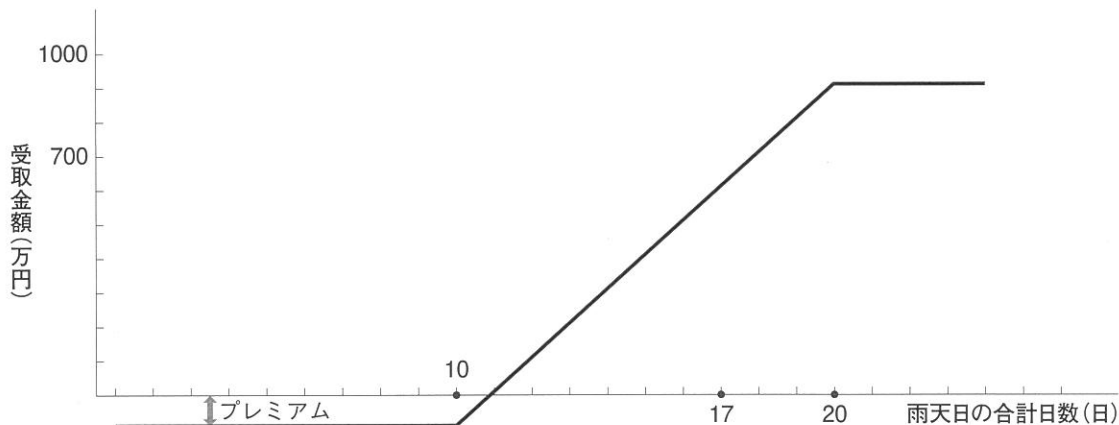
たとえば、某損害保険会社は、顧客が天候デリバティブ契約を締結する場合に、次のような条件を付けている。

- ・天候デリバティブは、法人顧客の天候リスクに対応することを目的とした金融商品であることから、個

図6 天候デリバティブによる降雨リスクのヘッジ例

観測期間	10月1日～11月30日の61日間
対象となる気象指標	観測期間中の日降水量が5 mm以上となる日の合計日数
ストライク値	10日
単位価額	対象となる気象指標がストライク値を上回る場合、1日につき100万円
最大受取金額	単位価額の10日分にあたる1,000万円

結果：観測結果が17日になったとすると、受取金額は、100万円×(17日-10日)=700万円
ヘッジャーのネット受け取りは、700万円-プレミアムとなる。



(出所) 損保ジャパン日本興亜の資料をもとに筆者作成

人顧客、個人事業主は利用することはできない。

- 天候デリバティブは、天候リスクに対応することを目的とする商品であることから、資産運用、投機、賭博を目的とした契約は締結できない。
- 天候デリバティブの単位価額、最大受取金額は、法人顧客が気象変動により被害を受ける可能性のある範囲内とする。したがって、顧客は天候デリバティブの締結前に財務諸表等、客観的資料を呈示する必要がある。

以下では、降雨リスクと低温リスクをヘッジする典型的なケースをみることにしよう（図6／図7）。

(6) 日本における天候デリバティブの取引例

以下では、これまで日本で開発、取引された天候デリバティブ取引のなかで、特徴にあるいくつかのケースをみることにしよう。

① 損害保険会社と企業との間の降雨デリバティブ

まず、リスクテイカーの損害保険会社とリスクヘッジャーの企業との間で行われた降雨を対象とする典型的な天候デリバティブの事例である。

Jリーグでは、多くのチームが屋根のないスタジアムを利用しており、このため雨天等の悪天候の場合には観客数が大きく減少する傾向にある。

そこで、清水エスパルス、サンフレッチェ広島、それにセレッソ大阪は、天候デリバティブを活用してリスクヘッジを行った⁽²⁴⁾。

表8は、サンフレッチェ広島が三井住友海上火災保険と行った日数カウント型の天候デリバティブの内容である。

② 損害保険会社と企業との間の気温デリバティブ

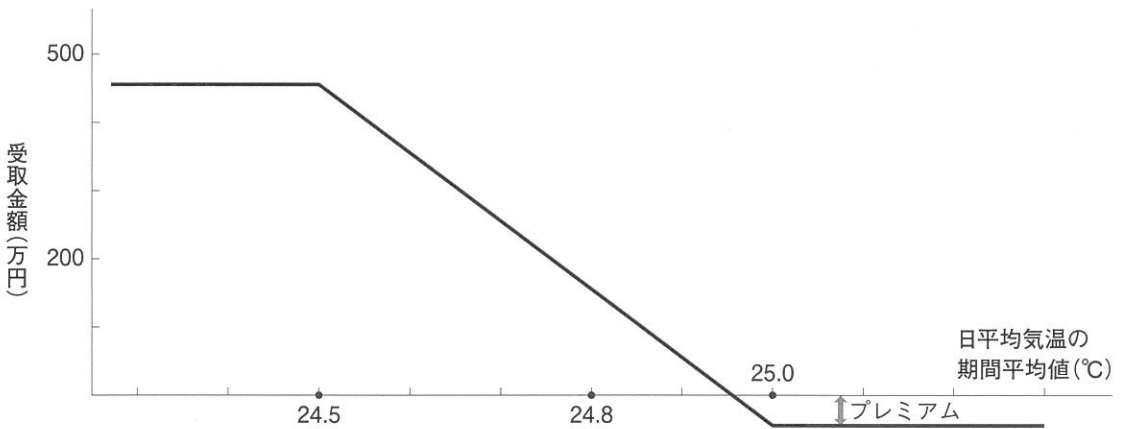
前述のとおり、天候デリバティブの原資産としての天候リスクの定量化の1つに、同一の天候リスクの複数の数値を原資産とする方法がある。ここでは、気温を対象とする天候リスクにつき、複数の地点の気温を加重平均した数値を対象としたケースをみることにする。

スイスを本拠地とする保険会社、スイス・リー（Swiss Re）は、ビール会社が冷夏の場合の売り上げ不調をヘッジするための気温デリバティブ取引を行っている⁽²⁵⁾。その気温の取り方は、東京（ウエイト50%）、大阪（同30%）、名古屋（同20%）の平均気温の加重平均値を

図7 天候デリバティブによる低温リスクのヘッジ例

観測期間	7月1日～8月31日の62日間
対象となる気象指標	観測期間中の日平均気温の期間平均値
ストライク値	25.0℃
単位価額	対象となる気象指標がストライク値を下回る場合、0.1℃につき100万円
最大受取金額	単位価額の0.5℃にあたる500万円

結果：観測期間中の日平均気温の平均値が24.8℃になったとすると、受取金額は、 $100万円 \times (25.0℃ - 24.8℃) = 200万円$ ヘッジャーのネット受け取りは、 $200万円 - \text{プレミアム}$ となる。



(出所) 損保ジャパン日本興亜の資料をもとに筆者作成

表8 サンフレッチェ広島の天候デリバティブ

対象試合数	6 試合数
試合期間	9～11月
保険料	1 口50万円
保険金支払基準	試合当日の24時間累積降水量10mm以上
保険金	基準値以上の降雨となった試合 1 試合当たり35万円
免責となる雨天時試合数	0
保険会社	三井住友海上火災保険
仲介金融機関	広島銀行

(出所) 伊藤晴祥, 小澤昭彦「天候デリバティブによるリスクマネジメントの効率性の検証: Jリーグにおけるケーススタディ」リアルオプション研究Vol.5, No.1, 2012 p32

表9 中小水力発電総合補償プランの年間保険料等の例

ケース: 発電施設価格: 5 億円の場合 (建物・機械設備 2 億円, 建物・機械設備以外の構造物等 3 億円)

保険, 天候デリバティブ	保険料, プレミアム
火災保険 (普通火災保険) ※建物・機械設備	年間保険料 約80万円
土木構造物保険 ※建物・機械設備以外の構造物等 (支払限度額 1 事故2,000万円, 保険期間中4,000万円)	年間保険料 約110万円
施設賠償責任保険 (支払限度額 5 億円, 免責金額なし)	年間保険料 約10万円
天候デリバティブ	年間プレミアム 約100万円

(出所) 三井住友海上火災保険株式会社「中小水力発電総合補償プランの販売開始について」2013.7をもとに筆者作成

インデックスとする。すなわち、期間は2001年7月1日から8月31日までとして、毎日の各地点の平均気温の加重平均を対象期間中、単純平均した数値とする。そして、25.9度を基準としてそれを下回ると、0.1℃当たり100万円をスイス・リーがビール会社に支払うという内容である。これは、権利行使価格を25.9度に設定したプットオプションであり、受払は1000万円 (24.9度の場合) を上限とするキャップが付けられている。

③ 中小水力発電業者向けの天候デリバティブ等

地球温暖化対策として、再生エネルギーの活用が重要視されているが、特に、中小水力発電事業は農業用水等の活用により電力の地産地消に資することから、環境負荷が低いクリーンなエネルギーを生産する産業として注目を集めている。

しかし、中小水力発電事業者は、財物損害リスク、利益損失リスク、賠償責任リスク、天候不順リスクなどさまざまなリスクを背負ってビジネスを展開している状況にある。そこで、三井住友海上火災保険は、こうしたリスクを一括引受ける「中小水力発電総合補償

プラン」を開発、販売している⁽²⁶⁾。

このプランの特徴は、保険とデリバティブを組み合わせさせてパッケージの形に商品化して、中小水力発電事業者が抱えるさまざまなリスクのヘッジニーズに応えるところにある。具体的には、火災保険 (財物・利益)、土木構造物保険、賠償責任保険、天候デリバティブをパッケージにして、中小水力発電総合補償プランを設計している。

このうち、天候デリバティブが補償する損害は、あらかじめ契約に定めた期間内に、あらかじめ契約で定めた地点において、あらかじめ取決められた降水量や積雪量を下回った場合、としている。

また、この総合補償プランでは、各々の発電事業者のニーズにマッチできるように、補償する条件や保険金額等を個別に設計また、所定の項目に応じたリスク診断を行い、診断結果に応じた割引を適用して保険料を算出するテイラーメイドの商品となっている。

表9は、三井住友海上火災保険が中小水力発電総合補償プランのサンプルとして保険料等を示した概要である⁽²⁷⁾。

④太陽光を対象とする天候デリバティブ取引

上述の例は、水力による再生エネルギーであるが、太陽光による発電に関わる天候リスクをヘッジするための天候デリバティブも、開発、販売されている。

すなわち、損保ジャパン日本興亜と太陽光発電システム等の販売会社の高島株式会社は、天候デリバティブを活用して、日照時間の減少により太陽光発電システムの設置ユーザーが被るリスクを補償するサービスを共同で開発し、これを高島株式会社が「お天気補償」とし、太陽光発電システムの新規設置ユーザー向けに無償付加サービスとして提供している⁽²⁸⁾。

これは、高島株式会社が、一定の日照時間不足が生じた場合に太陽光発電システムの購入者に補償金を支払うサービスで、高島株式会社は損保ジャパン日本興亜との間で締結する天候デリバティブ契約により補償責任をヘッジする。

表10は、「お天気補償」の概要である。

⑤HDDとCDDを対象とした気温デリバティブ取引

米国では、HDDとCDDが気温デリバティブ取引の基準温度として活用されている。一方、日本では、HDD、CDDといった概念はそれほどポピュラーではないが、HDDとCDDを対象とした気温デリバティブ取引のケースもみられる。

スイスリーでは、HDDとCDDを加重平均した概念のEDD (Energy Degree Days) を対象として、電力会社との間で気温デリバティブ取引を行っている⁽²⁹⁾。すなわち、気温の観測地点は東京で、取引期間は、2001年度から2003年度までとする。

リスク対象期間はCDDについて各年の7～9月中、HDDについて各年の1～2月中として、HDDとCDDを合成したEDDインデックスは、 $CDD \times 70\% + HDD$

$\times 30\%$ とCDDにウエイトを置いた形で加重平均した値とする。

そして、基準インデックスを500として、各年においてEDDインデックスが500を下回った場合に1EDD当たり50万円をスイスリーが電力会社に支払うという内容である。この気温デリバティブ取引は、対象がEDDインデックス、権利行使価格が500のプットオプションである。そして、キャップは、各年50億円(400EDDインデックスの場合)で、かつ3年間の合計支払額が100億円を超えないこととされている。

⑥天候リスクヘッジャー間の天候デリバティブ取引

日本における天候デリバティブ取引は、損害保険会社や大手銀行がリスクテイカー、企業がリスクヘッジャーとなって取引されるケースが大半であるが、ごくまれにリスクヘッジャーとなる企業の間で取引が成立することがある。

その例が、電力会社とガス会社の天候デリバティブ取引である。すなわち、電力会社にとっては、冷夏の場合にエアコンの稼働率が落ちて電力の売上げが減少する冷夏リスクがある一方、ガス会社にとっては、猛暑の場合に給湯需要が落ちてガスの売上げが減少する猛暑リスクがある(図8)。

そこで、東京電力と東京ガスとの間で、気温リスクをスワップする天候デリバティブ取引が成立した。具体的には、契約期間を2001年8月1日から9月30日の61日間とし、毎日の平均気温を8～9月の61日分平均した数値を取引対象とする。

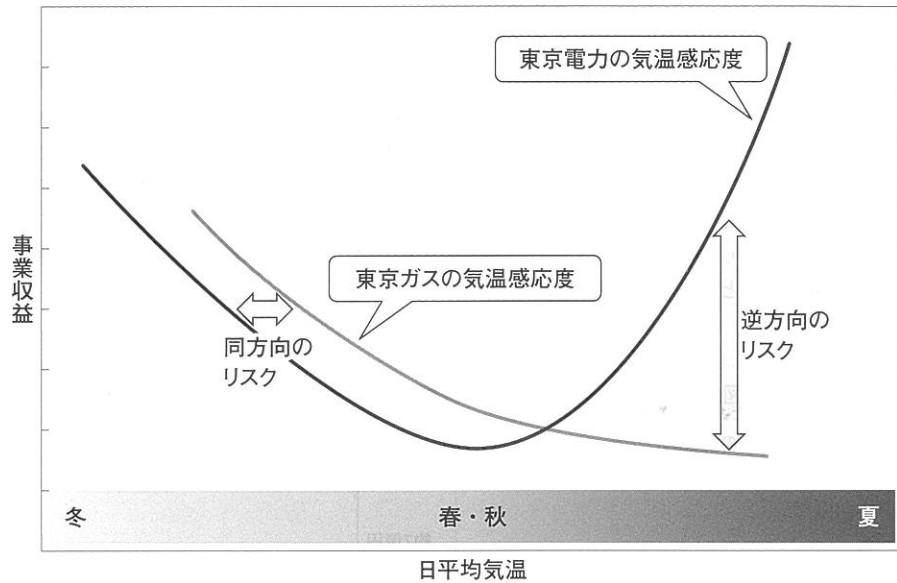
この平均気温は、大手町の東京管区气象台が1時間ごとに発表する24データの気温の平均値として、対象期間の基準気温を26度とし、25.5度～26.5度は平温とみなすこととした。そして、実績としての平均気温が、

表10 「お天気補償」の概要

サービス対象者	高島株式会社の指定販売店から太陽光発電システムを購入する一般消費者
サービス提供者	高島株式会社
補償期間	「お天気補償」契約の補償開始日から5年間
補償内容	・太陽光発電システムの設置場所の属する都道府県庁所在地で、事前に約定した年間基準日照時間(行使値)を、実際の年間日照時間が下回った場合、1時間あたり100円、年間最大5万円まで補償金を支払う。 ・都道府県別の年間基準日照時間(行使値)は、毎年見直しを行う。
補償料	無料(高島株式会社および高島の指定販売店が負担)

(出所) 高島株式会社、株式会社損害保険ジャパン「業界初!天候デリバティブを活用した太陽光発電システムの日照リスク軽減付加サービス開発～「お天気補償」付き太陽光発電システム発売開始～」2005.6

図8 東京電力と東京ガスの事業収益構造



(出所) 気象庁, 経済産業省「企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書」2002.3 p.78

表11 東京電力と東京ガスの天候デリバティブ取引の概要

項目	契 約	
対象期間	2001年8月1日から9月30日まで	
指標となる気温	大手町にある気象庁設置の機器で観測した対象期間の平均気温の合計	
基準気温	26℃	
決済の方法	対象期間の平均気温が基準気温を0.5℃を超えて下回る場合	対象期間の平均気温が基準気温を0.5℃を超えて上回る場合
	東京ガス支払い・東京電力受取り	東京電力支払い・東京ガス受取り
上限	対象期間の平均気温が2℃下回る場合	対象期間の平均気温が2℃上回る場合
	東京ガス支払い・東京電力受取りが7億円となり、これが上限。	東京電力支払い・東京ガス受取りが7億円となり、これが上限。

(出所) 東京電力, 東京ガス「夏期の気温リスク交換契約の締結について」プレスリリース等をもとに筆者作成

26.5度を上回る高温の場合には東京電力が東京ガスに対して支払い、逆に25.5度を下回る低温の場合には東京ガスが東京電力に対して支払うとの設計にした。ただし、対象期間の平均気温が基準気温を2.0度超えて上回ったり下回ったりした場合には支払額が約7億円となり、これを上限とするキャップが設定された(表11)。

この気温デリバティブ取引のペイオフは、24.0度から28.0度の範囲で効果が発揮されるカラー取引とな

る。これは、実績が24.0度を下回るとか28.0度を上回るとは、ヒストリカルデータからみて確率は極めて低いと判断されたことによる。

この結果、東京電力は、冷夏の場合にはデリバティブ取引からの受取りで収益減をヘッジする一方、猛暑の場合にはデリバティブ取引で支払いとなるが、本業の電力売上増により利益が上がり、これを相殺することができる。

一方、東京ガスは猛暑の場合にはデリバティブ取引

からの受取りで収益減をヘッジする一方、冷夏の場合にはデリバティブ取引で支払いとなるが、本業のガス売上増により利益が上がり、これを相殺することができる。

そして、このカラー取引は、東京電力も東京ガスもオプションの売り買い双方を行うこととなり、プレミアムの受払が相殺されるゼロコストカラー（コストレスカラー）取引となる。なお、このデリバティブ取引の結果は、東京ガスの支払い、東京電力の受取りとなり、その金額は約320百万円となった（図9／図10）。

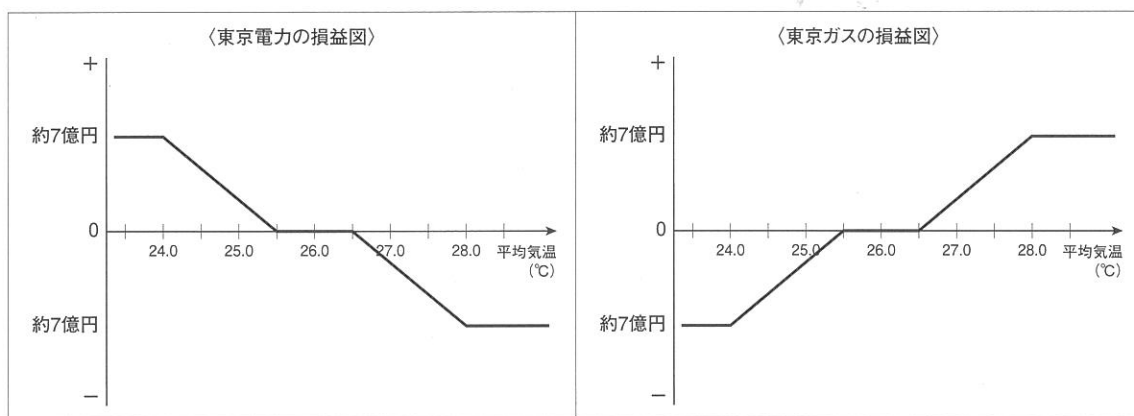
(7) 金融商品取引法と天候デリバティブ

①金融商品取引法の施行

2006年、金融・資本市場を取巻く環境変化に対応し、利用者保護ルールの徹底と利用者利便の向上、貯蓄から投資に向けての市場機能の確保及び金融・資本市場の国際化への対応を図ることを目指して証券取引法等の改正法が成立、施行された。

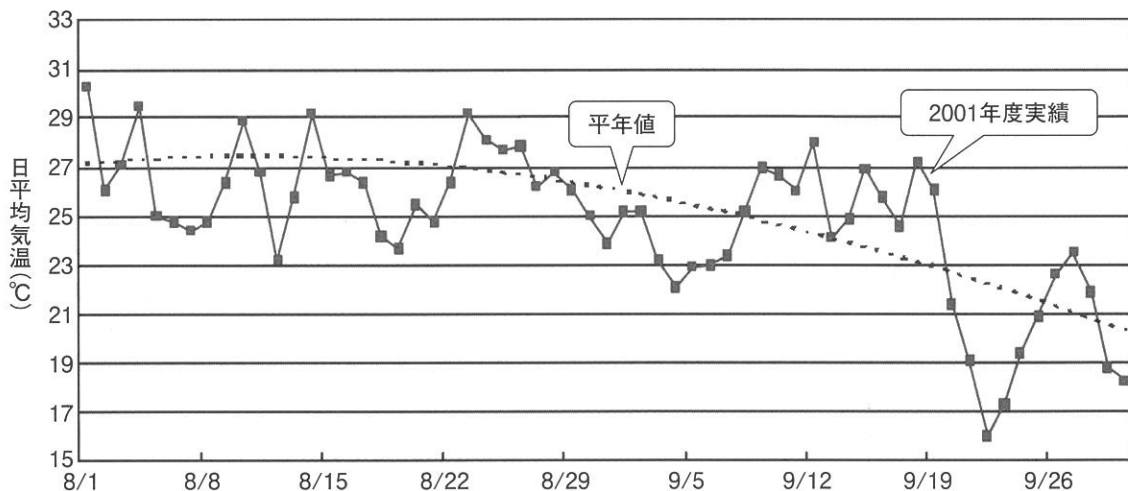
これにより、法律名は「金融商品取引法」に改められた。

図9 東京電力と東京ガスの天候デリバティブのペイオフ



(出所) 東京電力、東京ガス「夏の気温リスク交換契約の締結について」プレスリリース等をもとに筆者作成

図10 東京電力と東京ガスの天候デリバティブ契約期間中の気温



(出所) 気象庁、経済産業省「気象庁委託調査：企業の天候リスクと中長期気象予報の活用研究会、企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書」2002.3 p.79

②規制対象となるデリバティブ取引の範囲拡大

従来の証券取引法では有価証券関連のデリバティブ取引だけが規制対象とされていたが、金融商品取引法では、従来、金融先物取引法の対象であった外国為替証拠金取引等をはじめ、幅広い資産や指標に関する取引や様々なカテゴリーに属する取引も規制対象となり、これにより天候デリバティブ取引も、新たに規制対象となった(表12)。

すなわち、金融商品取引法2条第20項で「この法律において「デリバティブ取引」とは、市場デリバティブ取引、店頭デリバティブ取引又は外国市場デリバティブ取引をいう」としている。

そのうえで、同条第21項で「この法律において「市場デリバティブ取引」とは、金融商品市場において、金融商品市場を開設する者の定める基準及び方法に従い行う次に掲げる取引をいう」として、同項二で「当事者があらかじめ金融指標として約定する数値(以下「約定数値」という。)と将来の一定の時期における現実の当該金融指標の数値(以下「現実数値」という。)の差に基づいて算出される金銭の授受を約する取引」を掲げている。

そして、同条第25項で「この法律において「金融指標」とは、次に掲げるものをいう。

二 気象庁その他の者が発表する気象の観測の成果に係る数値」

として、天候デリバティブ取引が規制対象となることを定めている。

7. オルタナティブ投資と天候デリバティブ

(1) オルタナティブ投資

現代ポートフォリオ理論(Modern Portfolio Theory; MPT)の中核に位置する分散投資理論は、ポートフォリオを構成する資産間の相関性を勘案して資産を組み込むことにより、最適ポートフォリオを構

築することを可能とする理論である。ここで最適ポートフォリオとは、一定のリスクのもとで最大のリターンを獲得するポートフォリオである。そして、こうした分散投資効果は、ポートフォリオの構成要素となる資産クラス間の相関が大きな影響をもたらす。

従来は、ポートフォリオの構成要素となる資産クラス(asset class)は、株式や金利・債券、現預金等の伝統的な金融資産であった。しかし、ITの金融取引への浸透、金融自由化、さらにはマーケットのグローバル化が進展して、伝統的な金融資産間の相関性が強まったことから、期待されたような分散投資効果が得られないケースが増加した。

そうした状況下、伝統的な金融資産との相関性が薄い新たな資産クラスを既存のポートフォリオに組み込む動きが強まっている。こうした資産クラスへの投資を伝統的な資産を代替する投資としてオルタナティブ投資(alternative investment; 代替投資)と呼んでいる。

(2) オルタナティブ投資と天候デリバティブ

天候デリバティブは、オルタナティブ投資の格好の対象として位置付けられている。すなわち、ポートフォリオに組み込んだ株式や金利・債券、預金等の伝統的な金融資産は、景気動向の影響を受けることから相互に高い相関性がありリスク分散の限界があるが、天候デリバティブは、そうした要因からの直接の影響はなく、機関投資家にとって、分散投資効果を発揮させて最適ポートフォリオを構築するための新たな資産クラスとして注目されている。

ちなみに、株式、債券、不動産といったアセットクラスと天候との相関関係は0%であるとの実証研究もある³⁰⁾(表13)。

また、シカゴ商業取引所では、天候デリバティブをオルタナティブ・インベストメントのカテゴリーに入れて統計を発表している。前述の通り、米国では、天

表12 金融商品取引法の規制対象商品と天候デリバティブ

金融商品取引法の規制対象商品		
・国債	・株式	・集団投資スキーム持分(包括的な定義)
・地方債	・投資信託	・様々なデリバティブ取引(たとえば、外国為替証拠金取引、通貨・金利スワップ取引、天候デリバティブ取引など)
・社債	・信託受益権全般	

(出所) 金融庁の資料をもとに筆者作成

表13 新たなアセットクラスとしての天候デリバティブのパフォーマンス

Assets	Expected Return	Standard Deviation	Correlation			
Equity	10%	16%	100%			
Bonds	5%	6%	21%	100%		
Real Estate	7%	12%	55%	25%	100%	
Weather	18%	26%	0%	0%	0%	100%

Note : Equity : MSCI World Equity Index ; bonds : Salomon Brothers Investment Grade Bond Index ; Real Estate : EPRA index ; Weather : 26 weather derivative contracts around the world.

Source : Weather Derivatives : An Attractive Additional Asset Class, Journal of Alternative Investments, Fall, 2004

(出所) Jason Wei "Weather Derivatives : A New Class of Financial Instruments" Alternative Investment Conference 2008.12 p.24

候デリバティブは主としてエネルギー会社等の天候リスクヘッジのツールとして活用されているが、それが取引として成立するためには、天候リスクを進んで引き受ける機関投資家等のリスクテイカーが必要である。そして、こうした機関投資家では投資対象の1つとして天候デリバティブをポートフォリオに組み入れる例が増えている。

また、ヘッジファンド等の機関投資家は、天候デリバティブの気温先物と気温オプション、気温スワップとを組み合わせたポジションを形成して、そこからリターンを狙う取引も活発に行っている。

さらに、先行き、機関投資家が保有する天候デリバティブのポジションと天候以外を原資産とするデリバティブとのポジションとの間の裁定取引が活発化することも考えられる。たとえば、猛暑で清涼飲料の売り上げが伸びる可能性があると思えば、CDDを原資産とする天候デリバティブ取引をする一方で、清涼飲料メーカーの株式を原資産とするオプション取引をして、天候デリバティブ取引でテイクするリスクを他市場でコントロールすることが可能である。

このように、天候デリバティブマーケットと穀物等の農産物や原油等のエネルギー源、さらにはエクイティ等を原資産とするインターコモディティ取引がデリバティブマーケット活発化のドライバーとなることも期待される。

そして、こうした形で天候デリバティブマーケットの拡大が展開すれば、そのプロセスで新商品や取引手法が開発され、また市場参加者の層に厚みが増してマーケットの裾野 (scope) が広がり、それにつれて流動性も厚くなりマーケットの深み (depth) も増すという形で、マーケットが一段と発展することが予想される。

結語：天候デリバティブマーケット発展の条件

最後に、日本において、今後、天候デリバティブマーケットがさらなる発展を遂げて、多くの企業にとって天候リスクのヘッジツールとして、天候デリバティブの機能が一段と発揮される条件を考えてみよう。

(1) OTC商品の標準化

上述のとおり、日本の天候デリバティブは、さまざま気象条件を対象とし、かつ小ロットの取引の多品種少量取引であることを特徴としている。

しかし、年々異常気象が頻発し、天候リスク管理の重要性に対する認識が多くの企業の間に浸透するにつれて、取引件数も増加して天候デリバティブ商品がある程度の共通性を持つことが明らかになってくる。この結果、保険会社や大手銀行等はそうしたニーズに焦点を当てた商品を開発して、天候デリバティブの標準品の品揃えを増やしつつある。

たとえば、次のように損保会社が口数ベースで天候デリバティブを販売したケースがみられる。

① 損害保険ジャパン⁽³¹⁾

損害保険ジャパン (現、損保ジャパン日本興亜) は、天候リスクを対象とするデリバティブ商品を、季節ごとに定型商品化して発売してきた。たとえば、2007年には、夏季の天候不順により企業が被る収益減少・費用増大を補償する商品として、「猛暑デリバティブ」、「冷夏デリバティブ」および「日本晴れ (夏休みプラン)」を販売した。

- 猛暑デリバティブ

7月1日～8月31日の62日間を対象として、その期間の日々の平均気温の平均値が、基準値を上回った場合、0.01度当たり4千円、最大100万円(2.5度分)までを支払う。プレミアムに相当するオプション料は、1口あたり10万円で、契約は3口以上とされている。

対象企業・施設は、レジャー施設、百貨店など小売業、屋外イベント開催業者、屋外飲食店、観光施設、ガス会社などがある。

●冷夏デリバティブ

補償対象期間は、猛暑デリバティブと同じで、その期間の日々の平均気温の平均値が、基準値を下回った場合、0.01度当たり4千円、最大100万円(2.5度分)までを支払う。オプション料は、猛暑デリバティブと同じ内容となっている。

対象企業・施設は、レジャー施設、プール、海の家、ビアガーデン、百貨店など小売業、屋外イベント開催業者、屋外飲食店、観光施設、電力会社などである。

●日本晴れ(夏休みプラン)

補償期間は、7月21日～8月31日の42日で、補償期間中の日々の降水量が10mm以上観測された日が、所定の日数(免責日数)を上回った場合、1日につき一定の補償金額を支払い、最大10日分まで補償する。免責日数および補償金額は都道府県別に設定される。オプション料は、1口あたり10万円で、契約は3口以上とされている。

対象企業・施設は、レジャー施設、プール、海の家、ビアガーデン、百貨店など小売業、屋外イベント開催業者、屋外飲食店、観光施設などである。

損害保険ジャパンによれば、猛暑デリバティブ、冷夏デリバティブは、エアコンなどの販売に影響が大きい電器店やエネルギー関連企業、また猛暑・冷夏が客足に大きく影響を及ぼす飲食業が契約し、また日本晴れ(夏休みプラン)は、レジャー施設経営者など、雨天により収益に影響がおよぶ業種の企業を主要ターゲットとしており、プールや動物園、ゴルフ場など多くの企業が契約を行ったとしている。

②富士火災海上保険⁽³²⁾

富士火災海上保険は、中小企業のニーズに対応できるよう、必要口数での契約を可能にする定型(口数)販売方式の天候デリバティブを販売した。すなわち、レジャー施設、飲料製造・販売、衣料品製造・販売、小売店、飲食店等を対象として、冷夏用ヘッジ商品に

ついては、観測地点を東京、観測期間を2002年7月1日～8月31日の1日の平均気温として、指標が基準値である25.91℃のストライクを0.01℃下回る毎に1万円を支払うといった内容である。なお、支払額には300万円のキャップが付けられている。

そして、この天候デリバティブの大きな特徴は、プレミアムに相当するオプション料が1口30万円と口数販売とされており、また、その水準も加入しやすい価格に設定されていることである。

一般的に、取引所取引においては、市場流動性を厚くすることを目的にして上場商品の標準化が図られているが、OTC取引においてこのように標準化が進められている背景には、主としてコスト節減の目的がある。

すなわち、天候デリバティブの供給サイドである保険会社等にとっては、商品開発コストの節減と、ユーザーとの交渉の効率化が図られ、また、需要サイドである企業にとっても保険会社等との間で商品のスペックや、特に中小企業にとっては困難なプレミアムの交渉といったプロセスを効率的に行うことができ、延いてはヘッジコストが低下するメリットも期待できる。

しかしながら、取引所取引に比してOTC取引の特徴は、なんとといっても顧客のニーズをきめ細かく反映した商品設計にある。したがって、保険会社等は、類似の商品ニーズが多い商品については標準化を行う一方、顧客が特有のニーズを持つケースについては、テ일러メイドの商品に仕上げたいうえで提供するというように、標準化商品と特注商品とを並行して提供している状況にある。

(2) ドキュメンテーションの標準化

天候デリバティブ取引の当事者にとって、契約書の作成は、多くのエネルギーと費用を要する。そこで、契約書の雛形を作成して、それをもとに当事者が契約を取り交わす国際的な慣行が形成されている。

すなわち、天候リスクマネジメントの向上のために天候リスクに関係を持つ企業や金融機関、取引所等により設立された国際的な団体の天候リスクマネジメント協会(Weather Risk Management Association; WRMA)は、その活動の1つとして、2000年から天候デリバティブの雛形作成を行っている。

そして、天候リスクマネジメント協会が作成した雛形をベースにして、国際スワップデリバティブ協会(International Swap and Derivatives Association; ISDA)が2003年から、より汎用性のある雛形の作成を行っている⁽³³⁾。

国際スワップデリバティブ協会は、OTCデリバティブ取引の契約内容、条件に関する基準や取引の標準となる雛型を定めているほか、デリバティブ市場の秩序ある発展を推進する母体であり、その日本支部は、天候・コモディティ・新商品委員会を設置、天候デリバティブのドキュメンテーションに関する問題の検討等を行っている。

(3) 天候デリバティブのグローバル取引

天候デリバティブマーケットが一段と拡大するドライバーの1つとして、天候デリバティブのグローバル取引が考えられる。

日本国内における天候デリバティブ取引だけでは、特にリスクテイクとなる損害保険会社、銀行等の金融機関にとって顧客から引受けたりリスクエキスポージャーを転嫁する受け皿が十分ではない。ところで、狭い国土である日本国内各地の天候事象の相関性は高いものの、グローバル規模でみた天候事象の相関性は低く逆相関の可能性もある。したがって、グローバル規模での天候デリバティブ取引によってwholesale段階でのリスク分散を行うことで、有効なリスクヘッジが可能となる。すなわち、損害保険会社や銀行等は、天候デリバティブのretail取引で引受けた小口リスクの集合体として構成されるポートフォリオのマネジメントを指向して、国際間で天候デリバティブ取引を行うことにより天候リスクの分散効果を享受することが期待できる。

こうしたグローバル規模での天候デリバティブ取引は、すでに、国内の損害保険会社でみられるところである。すなわち、三井住友海上では、2003年、米国の天候デリバティブ専門会社であるギャランティードウェザー・ホールディング社と業務提携して、天候デリバティブ事業のグローバルな展開を実施している。具体的には、三井住友海上が日本およびアジア市場、ギャランティードウェザー社が米州市場、さらにハノーバー再保険会社が欧州市場の天候デリバティブの業務を展開して、この3社が引受けた天候デリバティブ契約をギャランティードウェザー社が管理するグローバル天候リスクプール(Global Weather Risk Pool)に集めて、グローバル規模で分散されたポートフォリオを構築する。そして、3社はこの分散ポートフォリオを再分担するというスキームである。

また、三井住友海上では、2007年にギャランティードウェザー社の事業を買収して、全額出資で米国カンザス州を拠点とするMSIギャランティードウェザー社

(MSI Guaranteed Weather LLC: MSIGW) を設立している。三井住友海上では、これにより、グローバルな天候デリバティブマーケットに本格参入し、国内の天候リスクのみを引受ける場合に比べて顧客に提供する天候デリバティブのプレミアムをより安定的、低廉に設定することが可能になるとしている⁽³⁴⁾(図11)。

さらに、同社では、国際的なリスク引受けキャパシティを集中させることによって、大きなリスクの引受けも可能となり、国内電力・ガス業界等の天候デリバティブ取引ニーズにも応えられること、さらには、海外のノウハウを活用した天候デリバティブ商品を顧客に対して提供することができることも大きなメリットであるとしている。

なお、天候デリバティブのグローバルな展開については、日本政府(財務省)が世界銀行等と協力のうえ、太平洋島嶼国6カ国(サモア、ソロモン諸島、トンガ、バヌアツ、マーシャル諸島、クック諸島)を対象とした太平洋自然災害リスク保険のパイロット・プログラムを開始することとした。これは、2009年の第5回太平洋・島サミットで、その創設の検討を日本から表明したものである⁽³⁵⁾。このプログラムは、2013年初からスタートしており、デリバティブ取引が活用される内容となっている⁽³⁶⁾。すなわち、上述6カ国が世界銀行とデリバティブ契約を締結し、世界銀行は世界銀行信託基金を設立、一定規模以上の自然災害が発生した場合に、当該加入国に対して補償金を支払う。一方、世界銀行は保険会社とデリバティブ契約を締結し、上述6カ国から引受けた自然災害リスクを民間保険会社に移転する、といった枠組みとなっている(図12)。

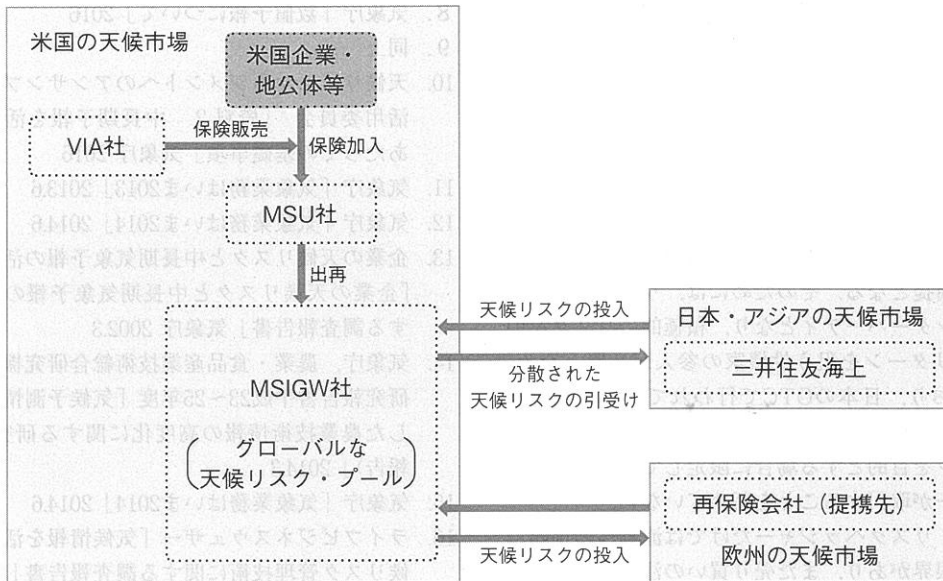
(4) 日本における天候デリバティブ上場成功の要件

上述のとおり、シカゴ商業取引所は、主としてOTCで活発に行われている天候デリバティブ取引において顧客企業のリスクヘッジのカウンターパーティとなり、リスクテイクとなる金融機関、ブローカー等が保有するリスクを移転する場として機能している。

天候デリバティブがOTC取引から取引所取引に展開したこうした米国の経験を踏まえると、日本においても、天候デリバティブ商品の取引所への上場の可能性が考えられる。

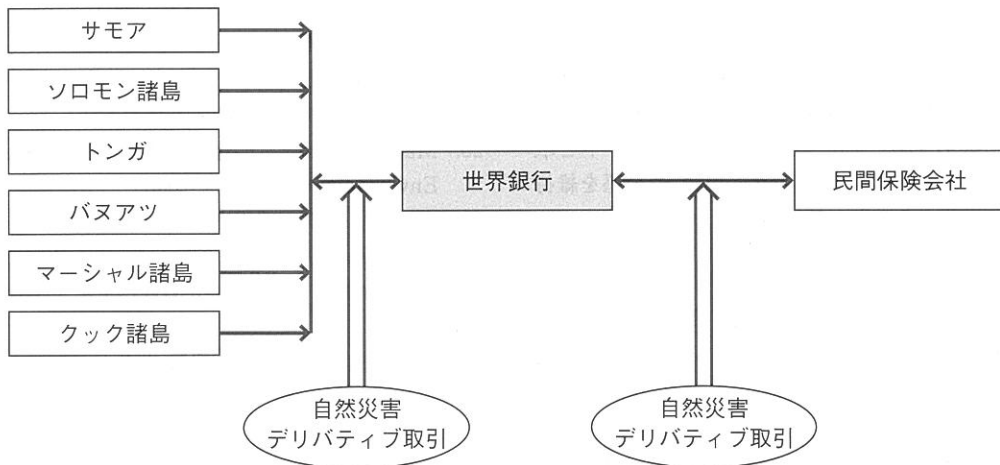
すなわち、日本において標準品であれ特注品であれ、OTCにおける天候デリバティブ取引が活発化するにつれて、リスクテイクとなる保険会社等のリスクエキスポージャーが大きくなり、そのリスクを移転、調整する場が必要となる。そして、シカゴ商業取引所が

図11 MSIGW社のストラクチャー



(出所) 三井住友海上「MSIGW社の概要と事業ストラクチャー」ニュースリリース 2009.17

図12 太平洋自然災害リスク保険のパイロット・プログラムの枠組み



(出所) 三井住友海上、損保ジャパン日本興亜の資料をもとに筆者作成

果たしてきているように、そうした場合は取引所のインフラを活用することが考えられる。

実際のところ、かつて東京金融先物取引所（現、東京金融取引所）が気温を対象とする天候デリバティブの上場を検討したが、結局、必要な市場流動性が見込めない等の理由から上場を見送っている⁽³⁷⁾。

なお、東京金融取引所では、気温先物取引の上場ニーズを喚起することを目的として、金融取気温指標を公表している。この金融取気温指標は、月の1日から算出対象日までの日平均気温（気象庁が公表する毎正時の気温の平均値）と当該日の翌日から月末日までの平年値（気象庁が公表する西暦年の1位が1の位から

数えて連続する30年間について算出した累年平均値)を合計し、この合計値を月の日数にて除した値をいう。そして、金融取気温指標は、東京金融取引所が上場検討する気温先物取引において、最終決済に用いることを目的とし算出する金融指標となる。

さて、日本において天候デリバティブ商品が上場され、活発に取引される条件は何か。

いかなる商品が上場されても、取引所取引が活発に行われるためには、なんといっても厚い市場流動性の存在が大前提となる。そのためには、リスクヘッジャーのカウンターパーティとなり、積極的にリスクを引き受けてリターンを狙う投機家の参入が必要となる。上述のとおり、日本のOTCで行われている天候デリバティブは、保険会社等が取引できる顧客を天候リスクのヘッジを目的とする場合に限定していて、スペキュレーターが取引することを認めていない。

しかし、リスクヘッジャーだけでは流動性の供給に自ずから限界があり、また売り買いの注文が一方に偏る可能性が少なくない。天候デリバティブが上場された場合には、スペキュレーターの参加を認めて、ヘッジャーとスペキュレーターの双方が活発に取引することが、取引所取引が成功する必要条件であると考えられる。

そして、先行き、天候リスクのヘッジャーがリスクテイカーにリスクを移転するインフラとして取引所が機能して、その場で金融機関やユーザー、それにスペキュレーターが市場参加者となって天候デリバティブを活発に取引することにより、OTCマーケットと取引所マーケットが共存共栄(win-win)の関係を維持しながら発展することが期待される。

脚注

1. カタストロフィリスクとそのヘッジツールであるカタストロフィボンド(catastrophe bond; cat bond)については、2013年8月の横浜商科大学学術研究会主催の研究発表会で、研究成果を発表
2. 気象庁「世界の異常気象」2016
3. 気象庁「2016年(平成28年)の日本の天候」報道発表資料 2016.1.4
4. 気象庁「東南アジアの少雨について～エルニーニョ現象に伴う大気の流れの変化が影響～」報道発表資料 2016.5.2
5. 気象庁「ヒートアイランド現象に関する知識」2016
6. 気象庁「気象観測統計指針 第1部」2016等
7. 気象庁「気象業務はいま」2014.6 p.10
8. 気象庁「数値予報について」2016
9. 同上
10. 天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用委員会「資料2 中長期予報を活用するにあたっての基礎事項」気象庁 2016
11. 気象庁「気象業務はいま2013」2013.6
12. 気象庁「気象業務はいま2014」2014.6
13. 企業の天候リスクと中長期気象予報の活用研究会「企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書」気象庁 2002.3
14. 気象庁、農業・食品産業技術総合研究機構「共同研究報告書平成23～25年度「気候予測情報を活用した農業技術情報の高度化に関する研究」(中間報告)」2014.3
15. 気象庁「気象業務はいま2014」2014.6
16. ライフビジネスウエザー「気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書」気象庁委託調査 2014.3
17. International Association of Insurance Supervisors Issues Paper on Insurance Securitization International Association of Insurance Supervisors. p.211 2002
18. 気象庁「気象業務はいま」2002 p.31 原典 興銀(現、みずほ第一フィナンシャルテクノロジー資料)
19. 米国商務省の天候に関する諸資料
20. Mark Nicholls, "Confounding the Forecasts" Environmental Finance 2008.7
21. CME WEATHER PRODUCTS 2009
22. Labuszewski, J. Petersen, P. and Piszczor, C. "Alternative Investment Overview" CME Group 2016
23. 東京海上日動火災保険資料 2016
24. 伊藤晴祥, 小澤昭彦「天候デリバティブによるリスクマネジメントの効率性の検証: Jリーグにおけるケーススタディ」リアルオプション研究Vol.5. No.1. 2012 p.20
25. 気象庁、経済産業省「企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書」2002.3 p.90
26. 三井住友海上火災保険株式会社「中小水力発電総合補償プランの販売開始について」2013.7
27. 同上
28. 高島株式会社、株式会社損害保険ジャパン「業界初!天候デリバティブを活用した太陽光発電システムの日照リスク軽減付加サービス開発～お天

- 気補償』付き太陽光発電システム発売開始〜」2005.6
29. 気象庁, 経済産業省「企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書」2002.3 p.91
30. Jason Wei “Weather Derivatives, A New Class of Financial Instruments” Alternative Investment Conference 2008.12
31. 損害保険ジャパン「7〜8月の夏季限定天候デリバティブ 定型3商品同時発売」2007.4.24
32. 富士火災海上保険「天候デリバティブ」新発売2002.3
33. ISDA “A Retrospective of ISDA’s Activities” ISDA 2016
34. 三井住友海上「MSIGW社の概要と事業ストラクチャー」ニュースリリース 2009.1.7
35. 財務省「太平洋自然災害リスク保険のパイロット・プログラムを開始します」報道発表 2013.1.18
なお、当初は、サモア、ソロモン諸島、トンガ、バヌアツ、マーシャル諸島の5カ国であったが、その後、クック諸島が新規に対象となり6カ国となった。
36. 三井住友海上, 損保ジャパン日本興亜の資料2016
37. 東京金融先物取引所「金融取気温指標の開発・公表について」東京金融先物取引所 プレスリリース2006.4
- Wiley & Sons, Ltd 2004
- ・ Helyette Geman., ed. “Insurance and Weather derivatives” Risk Books 1999
 - ・ Howard C. Kunreuther, Edwonn O. Michel-Kerjan “At War with The Weather” The MIT Press 2011
 - ・ John W. Labuszewski, Paul Petersen, Charles Piszczor “Alternative Investment Overview” CME Group 2008
 - ・ Morton Lane., ed. “Alternative Risk Strategies” Risk Books 2002
 - ・ Patrick Brockett, Linda Golden, Charles Yang, Hong Zou “Addressing Credit and Basis Risk Arising From Hedging Weather-Related Risk with Weather Derivatives” The University of Texas 2008
 - ・ Randy Myers “What every CFO needs to know now about weather risk management” CMEgroup
 - ・ Robert S. Dischel., ed. “Climate Risk and the Weather Market” Risk Books 2002
 - ・ Sona Blessing “Alternative Alternatives” Wiley & Sons 2011
 - ・ Stormexchange. com, CMEgroup. com “What every CFO needs to know now about Weather risk management” 2016

参考文献

- ・ 刈屋武昭編著「天候リスクの戦略的経営」朝倉書店 2005.12
- ・ 気象庁, 経済産業省「気象庁委託調査：企業の天候リスクと中長期気象予報の活用研究会, 企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書」2002.3
- ・ 気象庁「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」気象庁委託調査 2003.6
- ・ 土方薫「総論 天候デリバティブ—天候デリバティブのすべて」シグマベイクピタル 2003.1
- ・ 広瀬尚志監修, 天崎祐介, 岡本均, 椎原浩輔, 新村直弘著「天候デリバティブのすべて」東京電機大学出版局 2003.2
- ・ Christopher L. Culp “The Art of Risk Management” John Wiley & Sons 2002
- ・ CME WEATHER PRODUCTS 2009
- ・ Erik Banks “Alternative Risk Transfer” John