

# 企業の気温リスク分析法とリスクヘッジ法

Analysis and hedging scheme of temperature-related risks  
for business use

—アンサンブル予報の活用について—

- A way of utilizing ensemble predictions -

2007年2月

February 2007

みずほ第一フィナンシャルテクノロジー(株)

Mizuho-DL Financial Technology Co., Ltd., Japan

山本 毅

Tsuyoshi Yamamoto

## 目次 Contents

1. 事業会社のリスクマネジメント手法  
Risk Management Techniques in Business Sector
2. アンサンブル予報を活用した企業のリスクマネジメント  
Risk Management Business Models Utilizing Ensemble Predictions
3. 成長する天候デリバティブ市場  
Growing Market of Weather Derivative
4. まとめと今後の展望  
Conclusion and perspectives

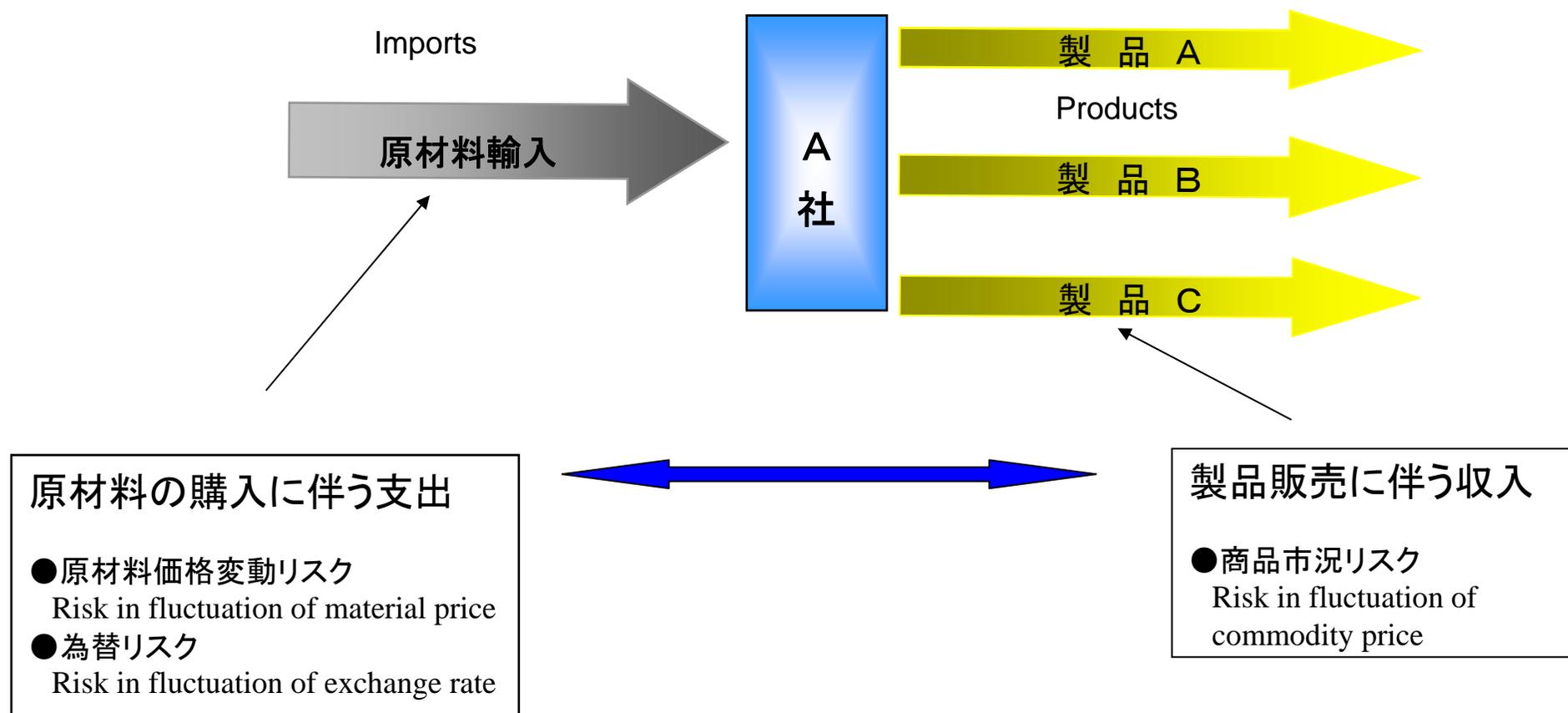
# 1. 事業会社のリスクマネジメント手法

## Risk Management Techniques in Business Sector

# 事業会社のリスクマネジメント手法

## (Earnings-at-Riskコンセプトの紹介: Introduction to EaR concept)

天候リスクを抱える企業のリスク構造を分析する際に必要な手法のご紹介をします。



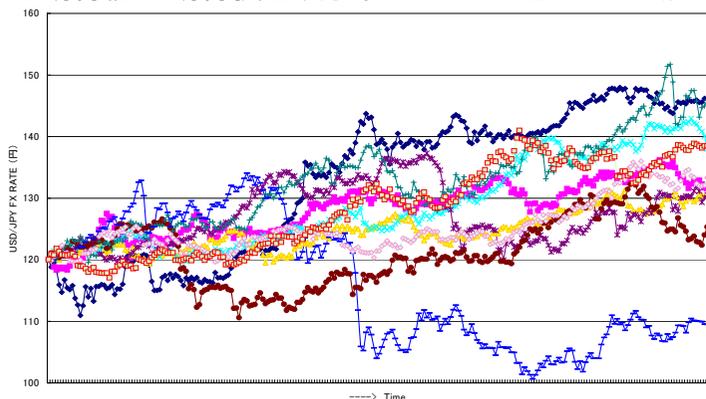
## Earnings-at-Risk (EaR)の定義 Definition of EaR

【Earnings-at-Riskの定義】ある将来期間、例えば、翌年度1年間の期間損益が“最大”でいくら毀損するかを確率的にもとめたものである。

- 例えば、営業計画策定時には、あるシナリオのもとでの翌年度営業利益は×××億円と予想されるが、“最悪”(例えば、1%の確率)で△△億円まで落ち込む可能性があることもあわせて認識することが重要。

### EaR計算までのステップ

- ①収益源(製品売上等)、コスト源(原材料等)をリストアップし、その変動性をもたらす要因を特定
- ②各要因の変動をモデル化し、数式により関係を定義
- ③要因間の連動性を考慮しながら、収益源、コスト源の将来シナリオを複数作成(モンテカルロシミュレーション)
- ④実行予定取引、新規取引、予定残高推移等を計画・策定し、将来シナリオへ反映
- ⑤各モンテカルロシナリオ毎に期間損益が計算され、多数のシナリオを実行することにより期間損益の分布を作成
- ⑥分布の期待値が期待損益、分布の99パーセンタイル点にあたる期間損益額と期待損益との差がEaR(99%)



#### ステップ③のモンテカルロシミュレーションのイメージ図

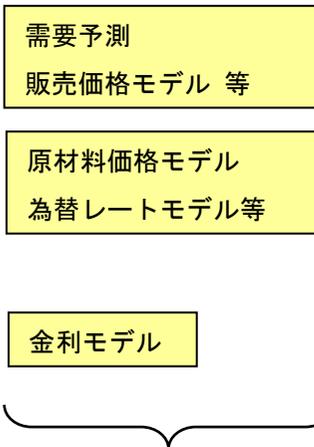
例えば、ドル・円為替レートが損益変動要因であった場合、為替レートモデルに従って乱数を発生し、将来シナリオを複数発生。(左図)

# EaR分析アウトプットイメージ

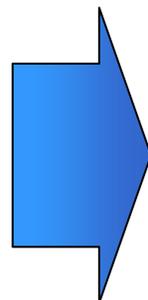
## An example of EaR analysis output

Periodic income statement

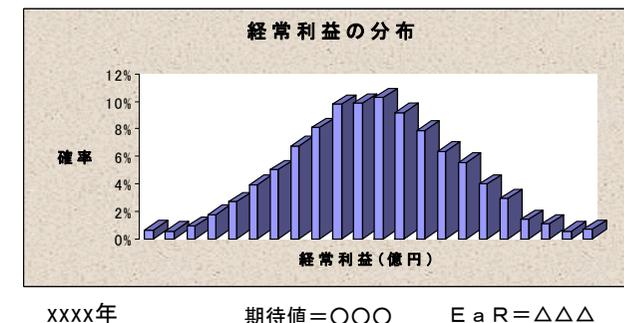
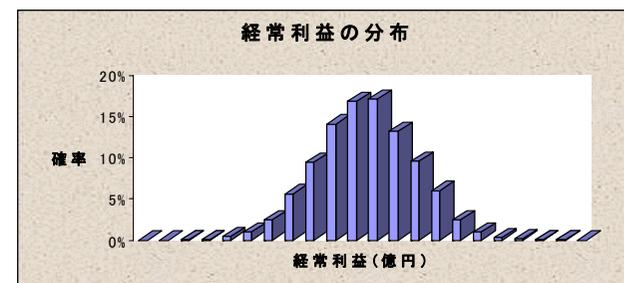
損益計算書	
売上高	XXXX
売上原価	XXXX
販売費・一般管理費	XXXX
営業利益	XXXX
営業外収益	XXXX
受取利息	XXXX
営業外費用	XXXX
支払利息	XXXX
経常利益	XXXX



モンテカルロシミュレーション、あるいはシナリオとその発生確率を特定することにより、各要因の将来における期待値と変動可能性を予測



Probabilistic Distribution of estimated income



各事業のEaR分析を同時にシミュレーションすることにより、事業間の相関関係を推測することも可能。

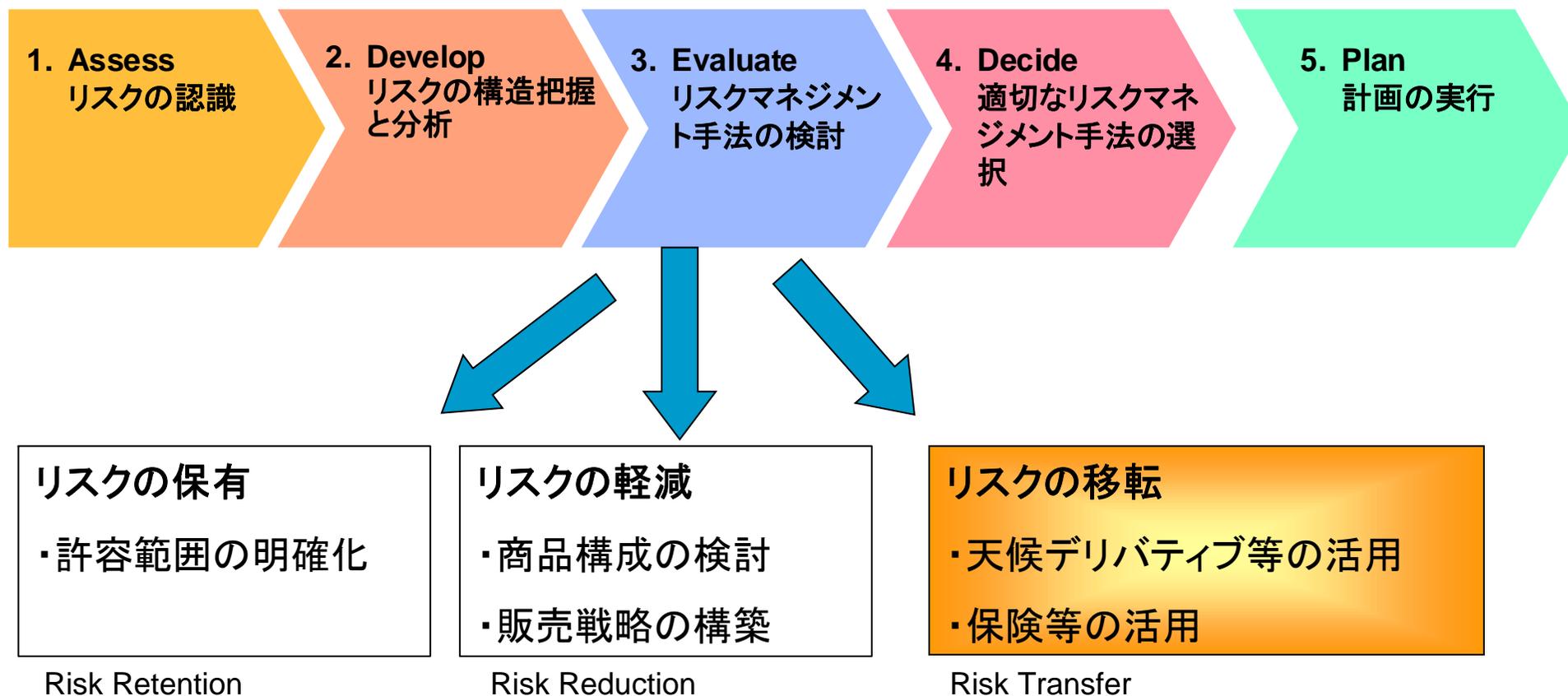
## 2. アンサンブル予報と企業のリスクマネジメント

### Risk Management Business Models Utilizing Ensemble Predictions

# 天候変動・異常気象に対する企業のリスクマネジメント

## Risk Management Business models against weather/climate variability

### リスクマネジメントの基本的な流れ Basic flow of risk management

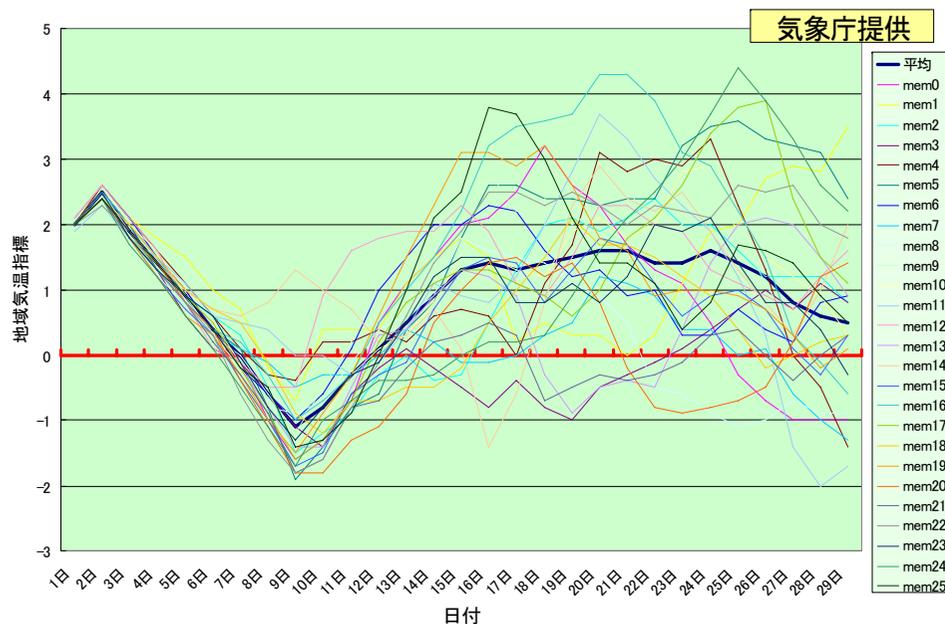


天候リスクと企業ビジネスとの関連性分析 Analysis of association between weather risk and business

気象庁の発表するアンサンブル数値予報は、確率分布で表現する事が可能である事から、気温の変動をリスクファクターと定義した場合に、確率予報をもとに企業の収益構造を分析する事が可能となる。

Probability distribution derived from ensemble prediction could be usable to analyze the profit structure of business

アンサンブル数値予報の実例



アンサンブル数値予報資料の提供

- 現行1か月予報モデルの例
  - 提供間隔 毎週1回(金曜日)
  - 提供内容 1か月予報モデルの予測結果
    - 予測期間と時間間隔: 34日間・1日間隔
    - 格子系(予測データの地図上の配置): 地球全体緯度経度2.5° 毎
    - 気象要素
      - 地上: 気圧、積算降水量
      - 上空(850hPa:約1500m上空) 高度、風、気温、相対湿度
      - 同(500hPa:約5000m上空) 高度、風、気温
      - このほか上空200hPa、100hPa
      - (注)上空の高度は地上の気圧に相当、上空の気温から地上の気温傾向を予測することが可能。
  - メンバー数:26メンバー(26通りの予測結果)
- 1回あたりデータ量 約200MB

Example of ensemble prediction of regional mean temperature (one-month prediction: 26 members)

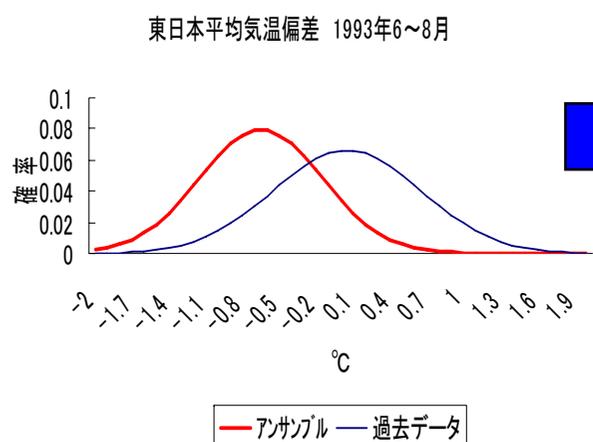
# アンサンブル予報を活用した将来予測:エネルギー会社の事例

## Prediction utilizing ensemble prediction: an example at a energy company

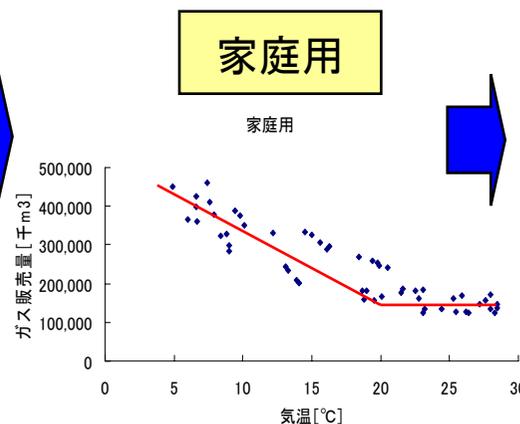
○ 気象要因に影響を受ける部分(例. 販売量)について、アンサンブル予報を活用した将来予測を行う。

- 過去のシミュレーション
- 過去データによる分析との相違

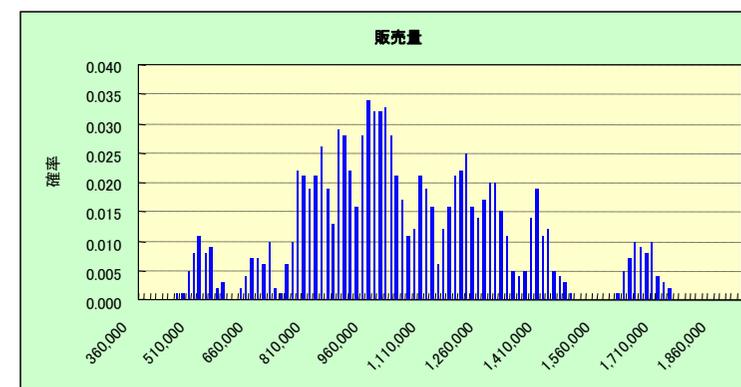
simulation on past samples  
difference with past data analyses



Prediction of regional mean temperature



Association analysis between temperature and household gas consumption



Prediction of household gas consumption

# リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)

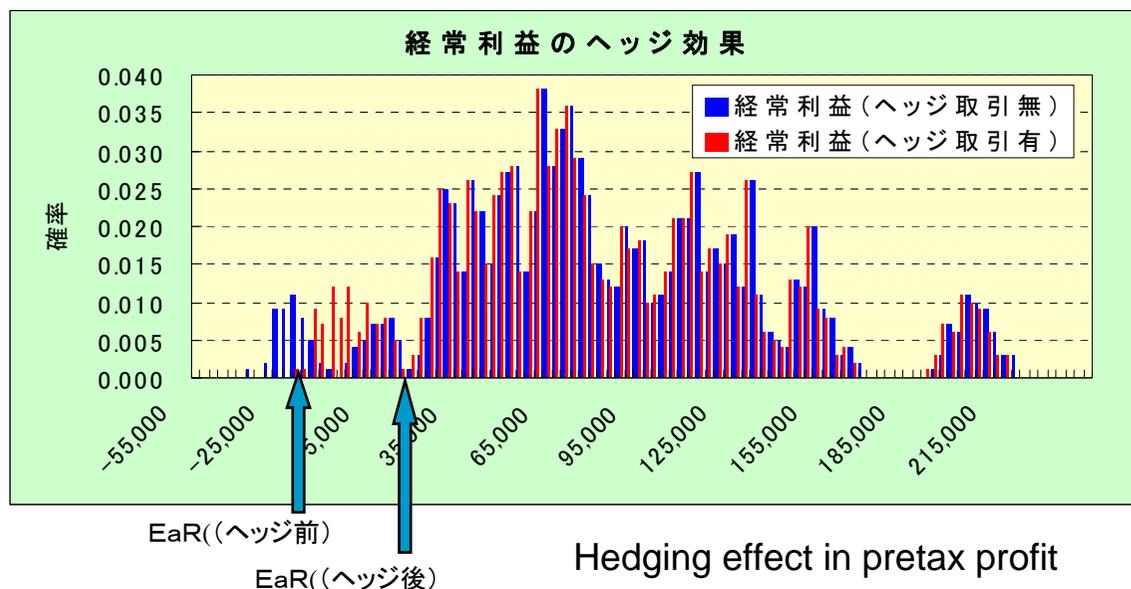
# How to reduce the weather risk (Use of weather derivatives)

OEaRの結果を踏まえ、気象リスクを減少させるために金融商品(デリバティブ)を活用した場合の効果を分析することが可能となる。

- 気温スワップ
- CDD、HDDオプション
- etc

Temperature swap

Cooling (Heating) Degree Day option

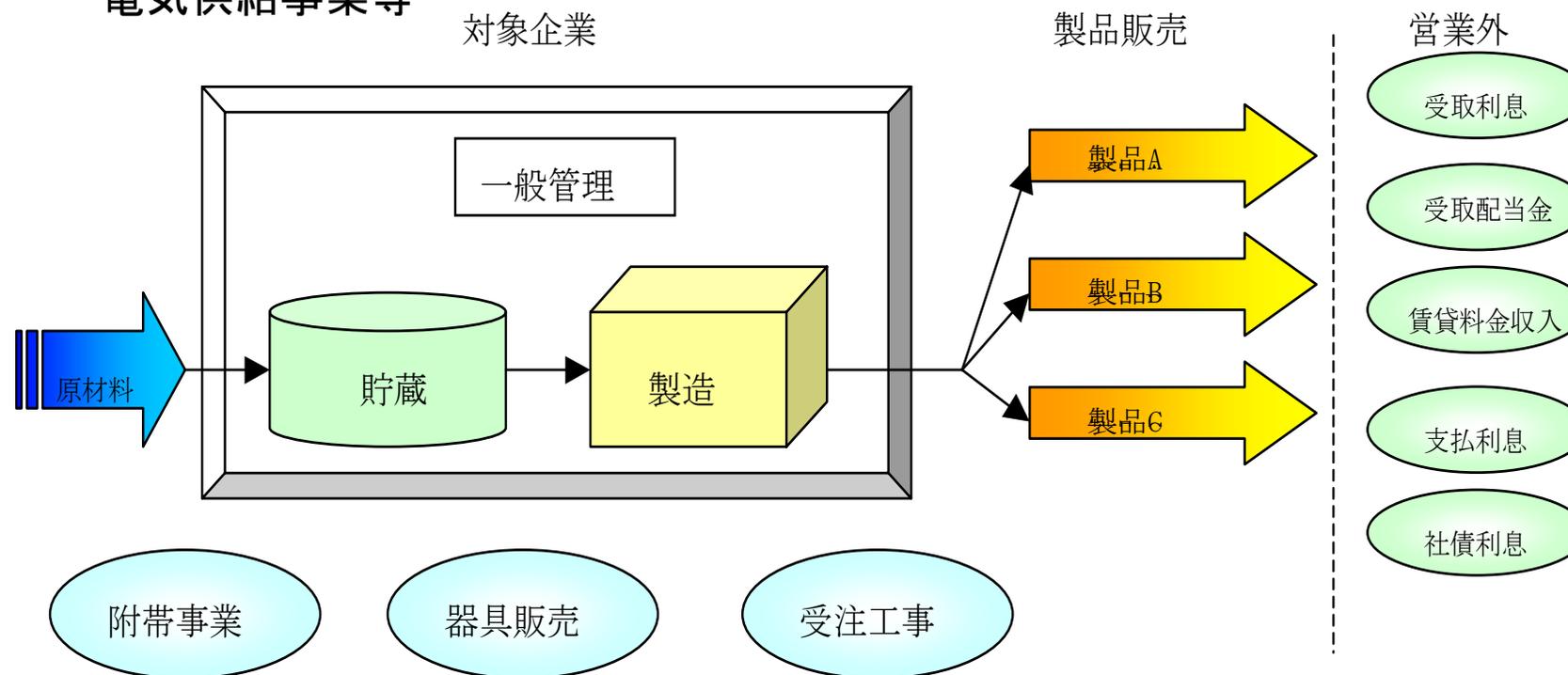


Blue: without hedging , Red: with hedging

# 1) 事例紹介: エネルギー会社の事業構造

Case study: business structure of a energy company

- ガスの製造・供給および販売等を事業内容とするエネルギー会社
  - ガス機器の製作・販売、関連する建設工事、冷温水および蒸気の地域供給、電気供給事業等



## 2) 気象要因の定量的分析

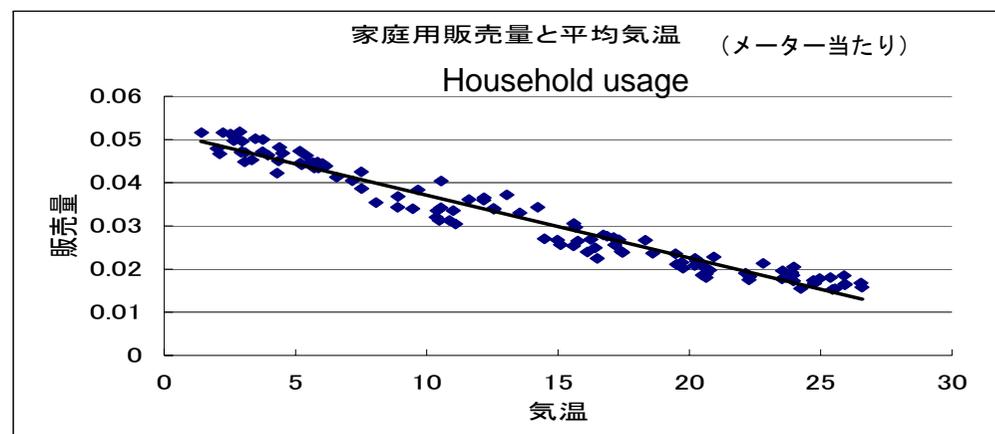
### Quantitative analysis of weather factor

○各部門別気象要素と販売量の関連 ⇒ 気温と販売量の関係式の導出

Relationship between temperature and volume of gas sales

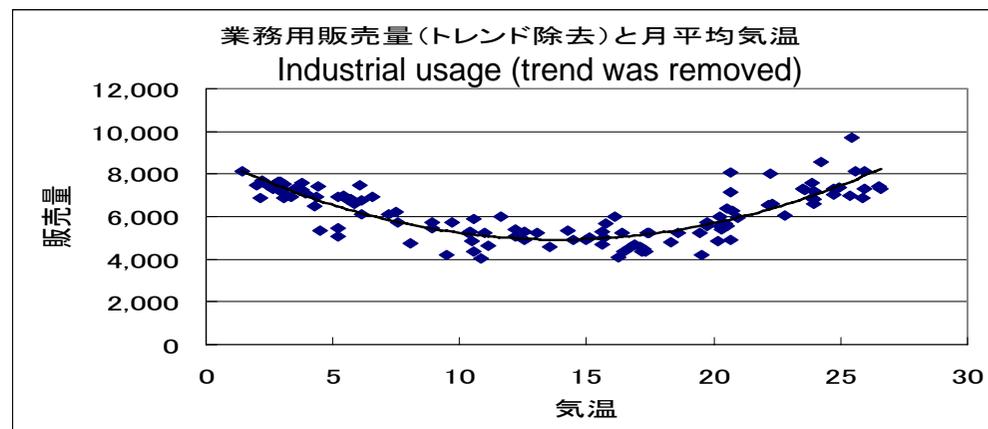
#### ① 家庭用販売量

- 春夏秋は給湯、冬は暖房
- 低い温度で販売量増
- 関係式の決定係数は0.955



#### ② 業務用販売量

- 夏にも増加するのは冷房用
- 月間販売量の変動は家庭用に比べ小
- 地域月平均気温13度から14度で、月間販売量は減少から増加へ
- 2次関係式の決定係数0.705
- 夏においては、業務用の増加と家庭用の減少で相殺され、月間販売量のリスクは中和される。

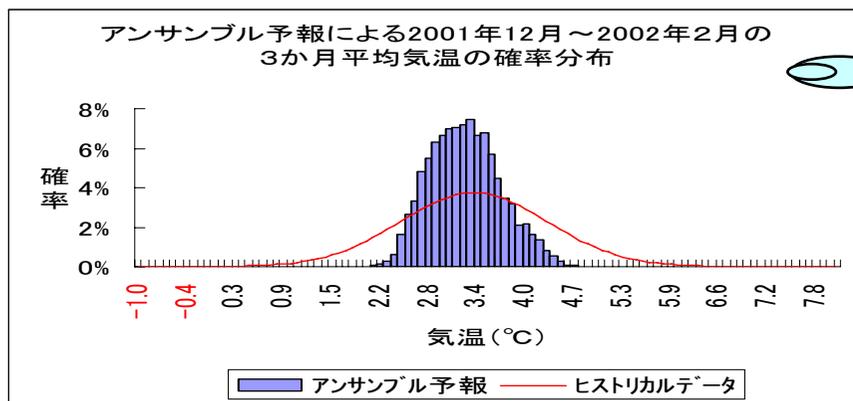


### 3) アンサンブル予報を活用した将来予測

#### Prediction utilizing the ensemble prediction of weather

○ 気象要因に影響を受ける販売量などの企業活動について、アンサンブル予報を活用した将来予測を実施。

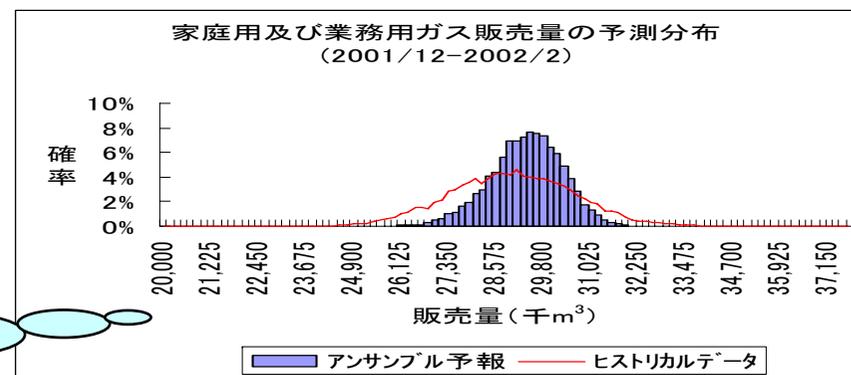
- 2001年11月の時点で、2001年12～翌年2月のアンサンブル予報を使用
- 気温、販売量、経常利益とも3か月平均値を使用
- ヒストリカルデータは、過去30年間の対象期間の気温分布



Probability distribution of winter mean temperature based on ensemble prediction

アンサンブル予報による確率分布とヒストリカルな分布(過去30年における当該期間の気温に基づいた確率分布)の比較。アンサンブル予報はやや寒い冬を予想しています。

Relatively cold winter was predicted

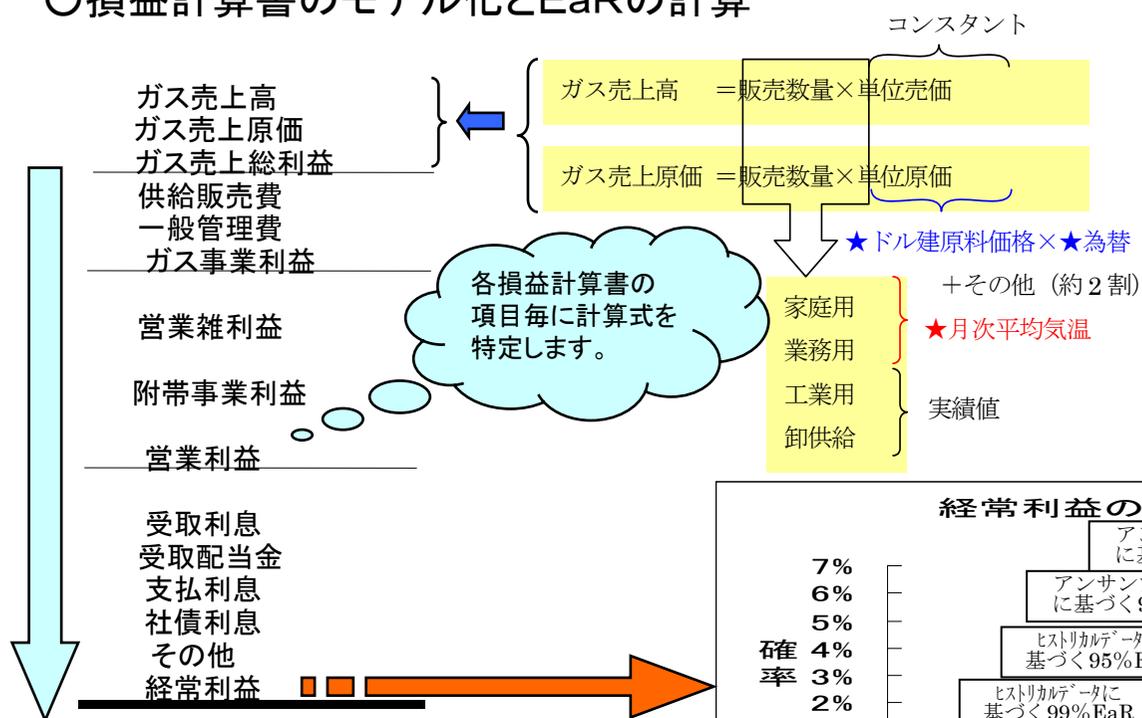


Probability distribution of seasonal gas sales prediction both household and industry

家庭用と業務用のガス販売量は、「2) 気象要因の定量的分析」で求めた関係式を利用しています。

# 4) EaRを用いたリスク評価 Risk assessment based on EaR

## ○損益計算書のモデル化とEaRの計算

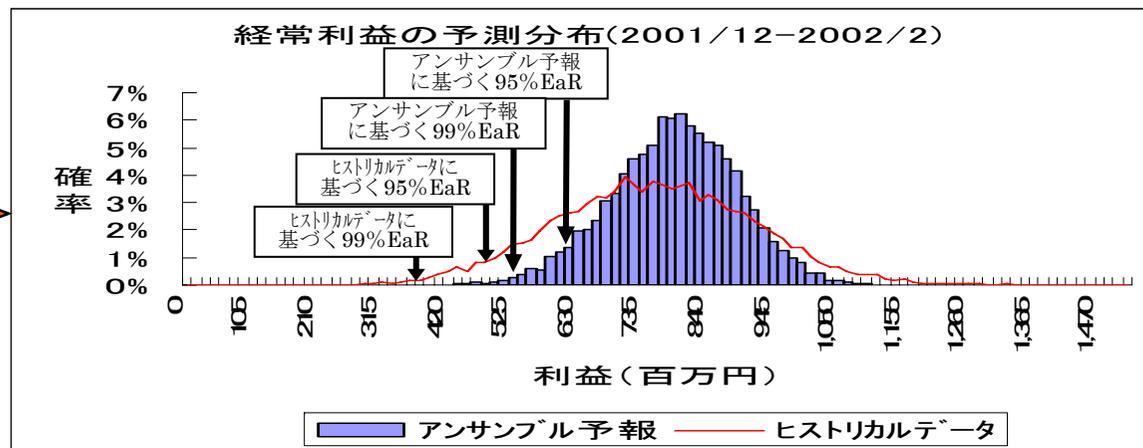


アンサンブル予報によるシミュレーション結果

	99% EaR	95% EaR	平均値
気温[°C]	4.3	4.0	3.2
家庭用販売数量[千 m³]	17,356	17,912	19,189
業務用販売数量[千 m³]	9,395	9,604	10,079
売上総利益[百万円]	2,327	2,395	2,559
経常利益[百万円]	531	606	779

ヒストリカルデータによるシミュレーション結果

	99% EaR	95% EaR	平均値
気温[°C]	5.6	4.9	3.3
家庭用販売数量[千 m³]	16,084	16,888	18,926
業務用販売数量[千 m³]	8,967	9,263	9,958
売上総利益[百万円]	2,167	2,267	2,524
経常利益[百万円]	379	481	744



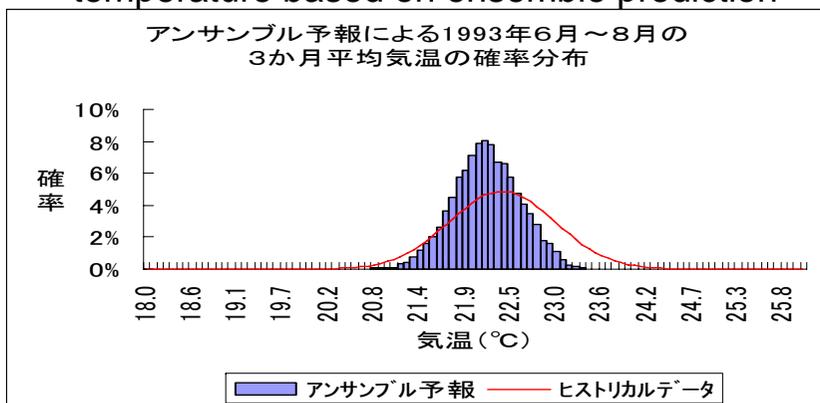
Probability distribution of pretax profit prediction

# 5) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)

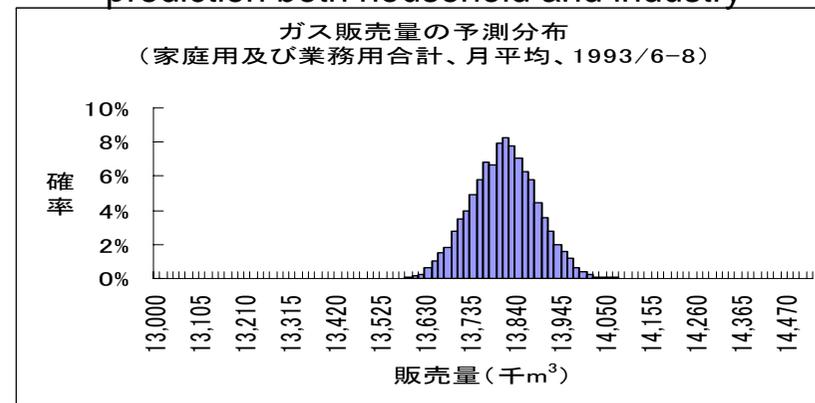
## Choice of risk reduction method (usage of weather derivative)

### ○ アンサンブル予測を活用した将来予測

Probability distribution of summer mean temperature based on ensemble prediction



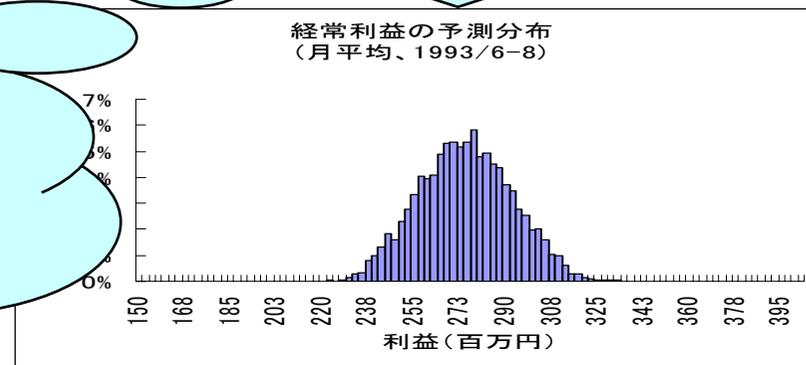
Probability distribution of seasonal gas sales prediction both household and industry



— 1993年夏、アンサンブル予測は30年ヒストリカルに比べ、冷夏を予測

夏場に気温が上昇した場合家庭用販売量は減少。業務用は主に冷房需要から販売量が増加。結果的に家庭用と業務用とで量的には相互にヘッジが効きます。しかしながら、家庭用の販売単価と業務用単価の違いから、経常利益ベースでは、気温上昇に対するリスクを負うことになります。

経常利益の予測分布 (月平均、1993/6-8)



Probability distribution of pretax profit prediction

## 6) リスクを減少させる手法の検討 (金融商品の活用)

Choice of risk reduction method (usage of weather derivative)

### ○天候デリバティブの利用

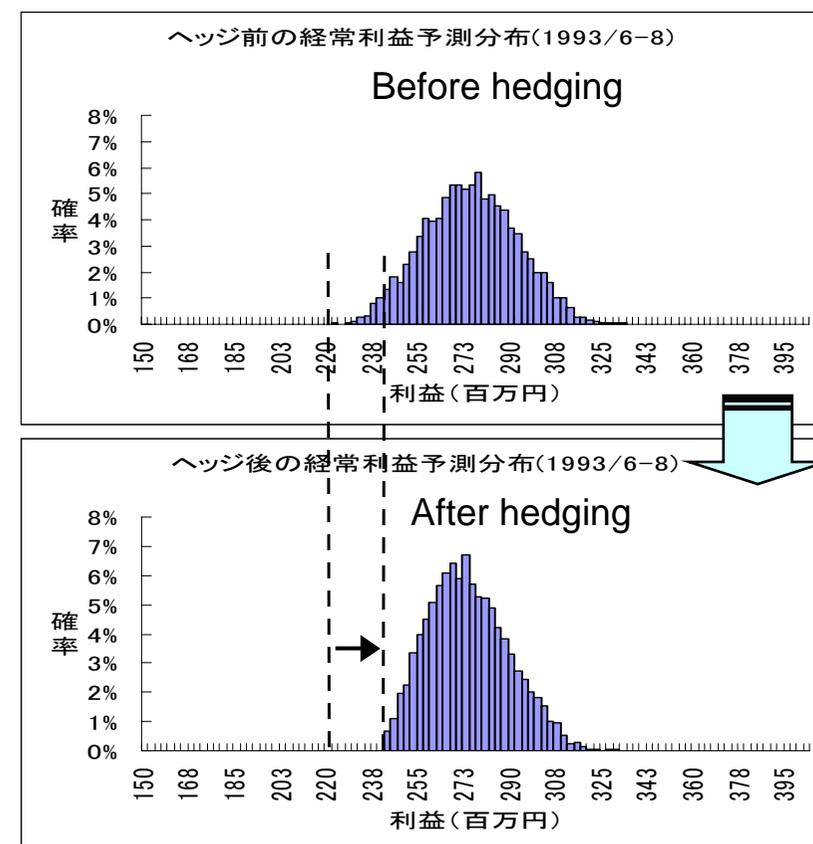
usage of weather derivative

— 夏季における気温上昇に伴い、  
経常利益でのリスクを抱えています

— そこで、下表の天候デリバティブの利用を  
考えます

— 分布の左端の広がりが抑えられています

デリバティブタイプ "call" or "put"	想定元本 (円/°C)	月平均気温 ストライク(°C)	最大受取額 (円)	プレミアム (円)	
1993/06	Call	51,000,000	20.07	63,000,000	2,300,000
1993/07	Call	50,000,000	23.19	72,000,000	5,250,000
1993/08	Call	28,000,000	25.16	38,000,000	2,000,000



### 3. 成長する天候デリバティブ市場 Growing Market of Weather Derivative

## 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

Weather derivative in various industrial sectors other than energy

- 冷夏 ・電力需要の減退(エネルギー市場の自由化進展)
  - ・農産物の不作、ビール、清涼飲料需要の減退
- 暖冬 ・灯油、燃料消費需要の減退
- 降水量の不足
  - ・水力発電量の減少 → 火力発電の燃料費増加



・天候によって左右される収益構造のコントロール

### ○リスクコントロールのための手段

How to control various kinds of risks

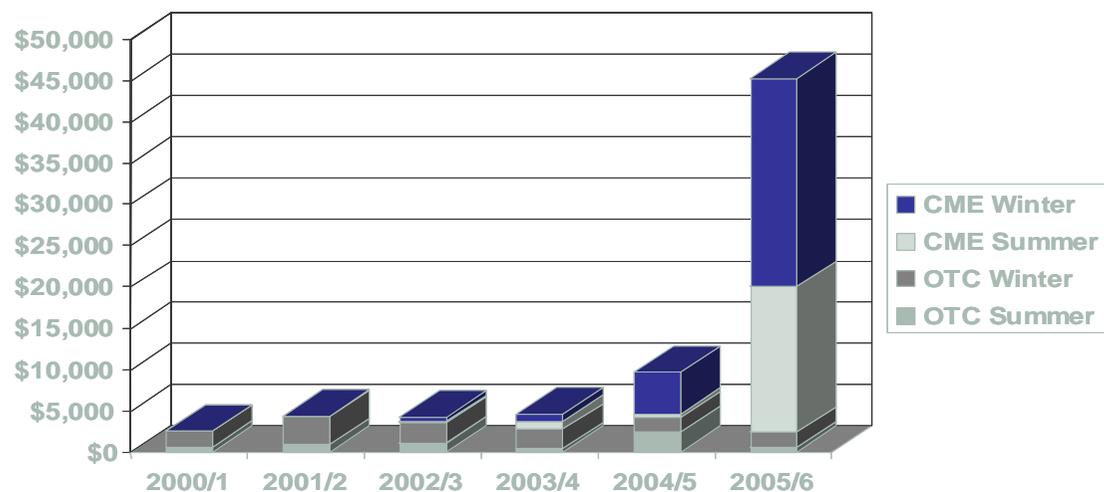
リスク	ツール
I. 金利変動	金利SWAP,CAP,FLOOR等
II. 為替変動	先物予約、通貨OPTION等
III. 有価証券変動	債券先物、株式OPTION等
IV. 商品価格変動	商品価格SWAP,CAP,FLOOR
<b>V. 気温、降水量の変動</b>	<b>Weather Option等</b>

Variation of temperature and precipitation

# 天候デリバティブ市場の広がり

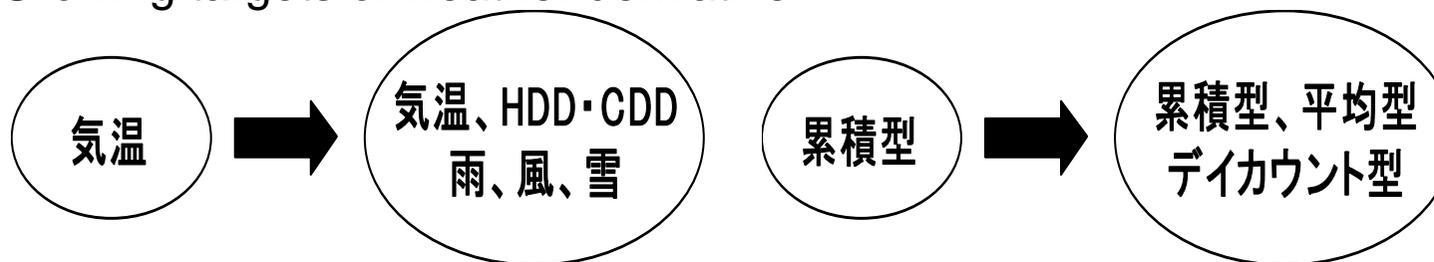
## ■ 天候デリバティブ市場の成長

Growing market of weather derivative



## ■ 対象商品の広がり

Growing targets of weather derivative



# 日本における天候デリバティブ市場

## Weather Derivative Market in Japan

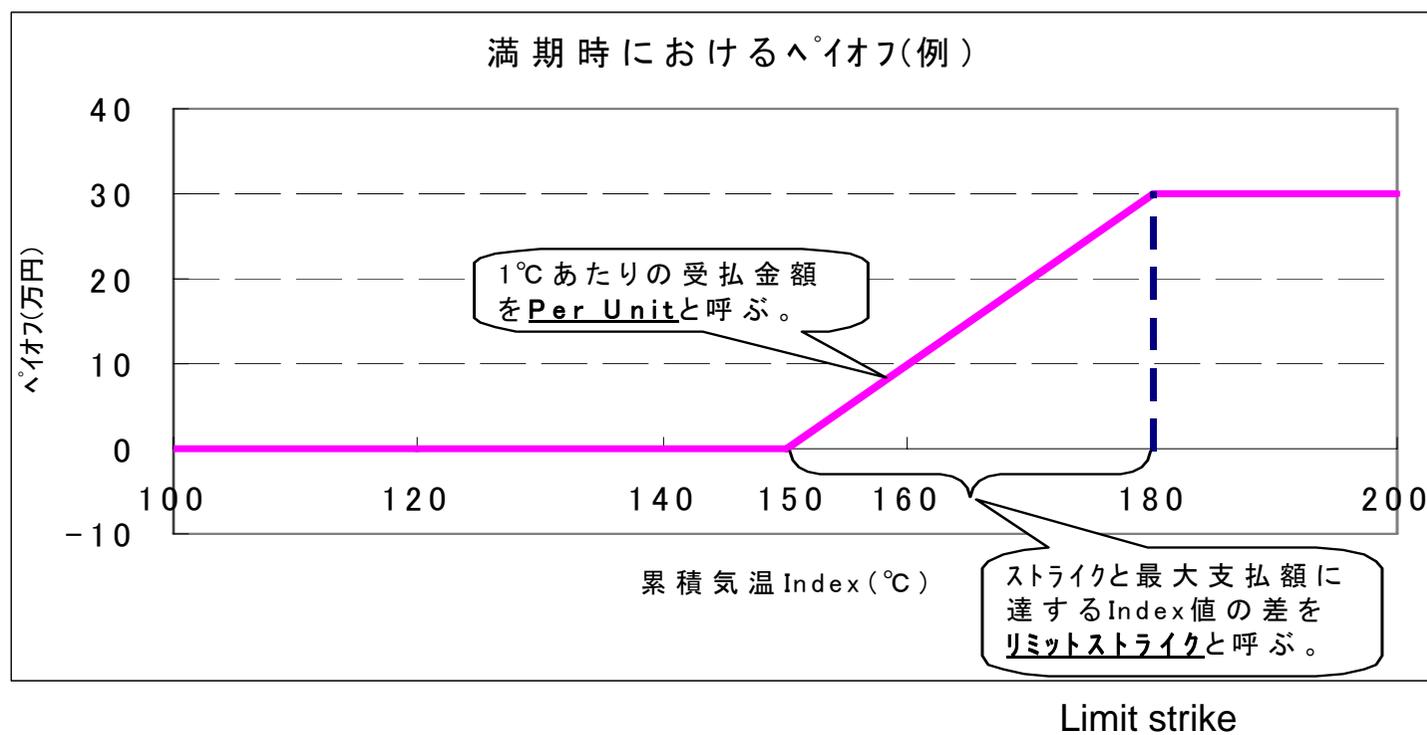
- 1998年12月 「金融システム改革法案」施行  
“financial system reform bill” in force
- 1999年6月 最初の天候デリバティブ成立  
First weather derivative was formed

### 気象データの品質は世界最高峰

Weather data quality is the highest level in the world

SYNOP(地上気象観測)	150地点
AMeDAS(地域気象観測)	1300地点

## 天候デリバティブにおけるペイオフ(オプション取引) Pay-off (Option trade) in weather derivative



ストライク150°C、リミットストライク30°C、Per Unitは10,000円/°Cである

コールオプションを購入したと仮定。購入時に支払ったプレミアムはペイオフに含まず。

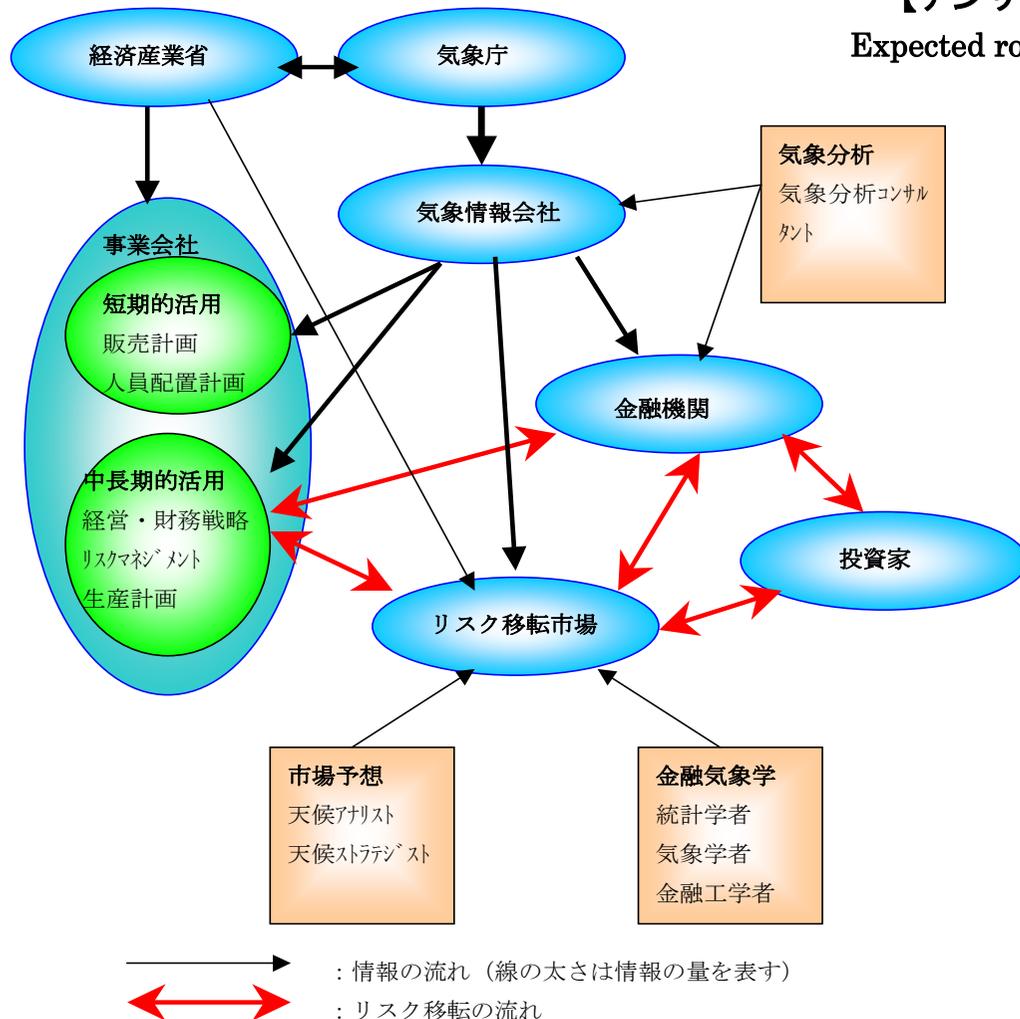
## 4. まとめと今後の展望

Conclusion and perspectives

# V. まとめ

## 【アンサンブル予報が実務で活用されていくための役割や機能】

Expected roles or functions toward an effective use of ensemble prediction



- ☆ **気象庁 (meteorological organization)**  
基本データの作成と運営、民間気象事業者との連携、気象予報士の活用、気象情報についての社会的な啓発
- ☆ **民間気象事業者 (private weather company)**  
より顧客ニーズに合った情報提供（基本データとの線引き）、気象データの加工と整備・データの連続性、HDD等の予測情報の提供、気象に係るリスク分析サービス
- ☆ **金融機関 (financial institutions)**  
競争力ある商品の提供、リスクの変換や吸収機能の提供、気象とリスク管理の理解に基づく企業に対するリスク管理情報の提供
- ☆ **企業 (business enterprises)**  
リスク分析の実施、気象に係るリスクの保有・コントロール・移転を判断、**気象とビジネスを理解する人材の育成**
- ☆ **投資家 (investors)**  
リスクテイク、企業のリスク管理状況の監視・評価、他の金融資産やビジネスに対するリターンと比較した市場参加
- ☆ **新しい参加者 (new participants)**  
**天候アナリスト、天候ストラテジスト、金融気象学者**

参考文献：天候リスクの戦略的経営 刈屋武明編著 朝倉書店

**【本件に関するお問い合わせ先】****みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社****業務推進部 兼 金融工学第三部****山本 毅 (TEL:5219-2352)**

当該資料は、本講演限りのご使用とさせていただきます、直接または間接的に第三者に対して開示なされないようお願い致します。

また、内容の全部或いは一部の加工および再使用は、弊社の事前の承認無しで行わないよう、お願い申し上げます。

**Feb.20.2007*****Mizuho-DL Financial Technology***