

## 日本の電力先物市場における ex-ante リスクプレミアムの分析

周 思寒\*

松本 拓史†

### 1. はじめに

日本の電力先物取引市場は 2019 年 9 月に開始されて以降、取引量の継続的な増加を示しており、2024 年度の取引高は前年度比 3 倍超の成長を記録している<sup>1</sup>。この背景には、近年のスポット価格の急激な変動があり、安定的な電力調達を求める需要家のニーズが先物市場への関心を高めている。このような市場環境において、特に需要家側の企業にとって電力先物は重要なヘッジ手段であり、先物価格の妥当性と透明性が強く求められている。

理論的には、先物価格はスポット価格の期待値にリスクプレミアムを加算したものとして表現される。リスクプレミアムの規模と変動は先物価格の安定性に直接的な影響を与えるため、その分析は学術的・実務的に重要な意義を持つ。リスクプレミアムとは、将来の価格変動リスクを回避するために支払われる追加的な費用と解釈され、先物取引における期待利益(損失)に対応するものである。従って、リスクプレミアムの適切な評価は先物取引戦略の構築において極めて重要である。

日本の電力先物市場に関する既往研究においては、主にリスクプレミアムの符号(正負)や価格動向の観察に焦点が当てられてきた。例えば、松本・遠藤(2021)は東京商品取引所の先物価格を用いて、リスクプレミアムが縮小傾向にあることを報告している。しかし、その後の 2022 年のスポット価格高騰を受けて、先物価格やリスクプレミアムが一時的に上昇する傾向も観察されており、このようなリスクプレミアムが顕著に観測される期間において、満期までの期間や時期による特性を分析することは、学術的・実務的にも有意義である。

本稿では、ex-ante リスクプレミアムの観点から、(1)先物価格とスポット価格の関係性、(2)満期までの期間がリスクプレミアムに与える影響、(3)季節変動の特性について実証分析を行い、日本の電力先物市場におけるリスクプレミアムの構造を明らかにする。

### 2. リスクプレミアムの定義と先行研究

リスクプレミアムの実証分析においては、ex-ante(事前)リスクプレミアムと ex-post(事後)リスクプレミアムの概念的区別が重要である。このうち、本来的なリスクプレミアムは前者の ex-ante リスクプレミアム  $FP_{t,T}^{ex-ante}$  を指し、具体的には以下のように定義される。

$$FP_{t,T}^{ex-ante} = F_{t,T} - E_t[S_T] \quad (1)$$

\* PwC アドバイザリー合同会社 マネージャー

† 東京科学大学 環境・社会理工学院 准教授

<sup>1</sup> <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUB043WS0U5A300C2000000/>

ここで、 $F_{t,T}$  は時点  $t$  における満期  $T$  の先物価格、 $E_t[S_T]$  は時点  $t$  におけるスポット価格  $S_T$  の期待値である。これは、取引時点において市場参加者が認識している真のリスクプレミアムを表している。

他方、ex-post リスクプレミアムは以下のように定義される。

$$FP_{t,T}^{ex-post} = F_{t,T} - S_T \quad (2)$$

これは、実際のスポット価格が実現した後に事後的に計算されるリスクプレミアムである。両者の関係は以下の式で表される。

$$FP_{t,T}^{ex-post} = FP_{t,T}^{ex-ante} + (E_t[S_T] - S_T) \quad (3)$$

この式から明らかなように、ex-post リスクプレミアムには予測誤差項 ( $E_t[S_T] - S_T$ ) が含まれている。スポット価格の予測値と実測値は本質的に乖離するものであり、特に価格高騰期のような市場環境が大きく変動する特定期間を分析対象とする場合、予測誤差の影響をできるだけ軽減した ex-ante リスクプレミアムを用いることが、実態としてのリスクプレミアムを把握する上で有意義である。

Redl and Bunn (2013)が指摘するように、ex-ante リスクプレミアムに関する学術研究は相対的に少ない。これは主に、研究者が客観的で信頼性の高いスポット価格予測値を独自に取得・作成することが技術的・リソース的に困難であることに起因している。本稿では、この限界を克服するため、中立的なコンサルティング会社である PwC アドバイザリー合同会社（第一著者所属）が独自に開発した予測モデルによるスポット価格予測値を活用することで、ex-ante リスクプレミアムによる分析を実施する。これにより、従来研究では十分に検討されてこなかった本来的なリスクプレミアムの動態を明らかにすることが可能となる。

なお、リスクプレミアムは本質的にリスク引き受けの対価として解釈される (Bessembinder and Lemmon, 2002)。電力市場の特性上、一般的に発電設備を持たない買い手（小売電気事業者）は市場リスクに対する柔軟性を欠いているため、売り手（発電事業者）よりも高いリスク回避性向を示す。この非対称性が正のリスクプレミアムの主要な要因となっている。松本・遠藤（2021）では、リスクプレミアムの構成要素として「リスク引き受けの対価」と「市場の非効率性」の 2 つに分類されることが示されているが、市場の成熟化と流動性の向上に伴い、後者の要素は縮小し、前者のリスク引き受け対価に収束していくことが理論的に予想される。このような理論的背景に照らしても、取引量の継続的増加により市場が成熟しつつある現在、ex-ante リスクプレミアムの実証分析を行うことは有意義である。

### 3. 先物価格とスポット価格の関係性分析

前節で述べた通り、先物価格は「スポット価格の期待値 + リスクプレミアム」として表現される。ここでは、スポット価格の期待値の形成過程と、その構成要素であるスポット価格実績と先物価格の関連性について考察する。

長期的なスポット価格予測には一般的にファンダメンタルモデルが用いられる一方、短期

的な予測には過去の実績データや気象情報を基にした機械学習、回帰分析が用いられることが多い。また、予測能力に制約のある市場参加者が過去のスポット価格を代替的に使用している可能性も考えられる。

これらの予測手法を考慮すると、向こう 2 年間のスポット価格期待値は直近 1 年間のスポット実績と強い相関を持つと想定される。この仮説に基づき、直近 1 年間のスポット価格実績と将来の電力先物価格の関連性を実証的に検討した。使用したデータは以下の通りである。

### スポット価格

- 出所：JEPX スポット価格<sup>2</sup>
- 期間：2019 年 9 月～2025 年 3 月
- エリア：東京（東エリア）、関西（西エリア）

### 先物価格

- 出所：東京商品取引所（TOCOM）<sup>3</sup>
- 期間（満期）：2019 年 9 月～2025 年 3 月
- 満期までの月数：1～15 か月（21/3 までのデータは最大 15 か月先まで）
- エリア・ロード：東エリア・ベースロード、西エリア・ベースロード

まず、図 1 より、スポット価格の変動に対し数ヶ月のラグを伴って先物価格が同方向に動く傾向が観察された（2021 年 1 月の異常な価格高騰を除く）。特に、2022 年のスポット価格高騰が 2023 年の先物価格高騰に連動している様子が確認される。

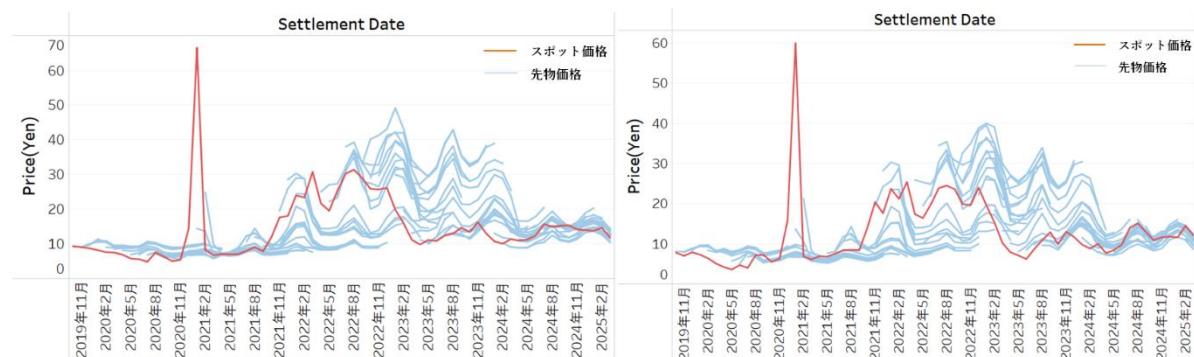


図 1 スポット価格とベースロード先物価格（左：東日本／右：西日本）

さらに明確な傾向を把握するため、満期別の先物価格を平均化して分析した結果（図 2）、先物価格のスポット価格への追随性がより明確に観察される。また、季節性の連動も認められ、例えば 2022 年 2 月のスポット価格高騰は 12 ヶ月後の 2023 年 2 月の先物価格高騰に反

<sup>2</sup> <https://www.jepx.jp/electricpower/market-data/spot/>

<sup>3</sup> <https://www.jpx.co.jp/derivatives/products/energy/electricity-futures/index.html>

映され、2022年4月のスポット価格調整は2023年4月の先物価格にも反映されている。

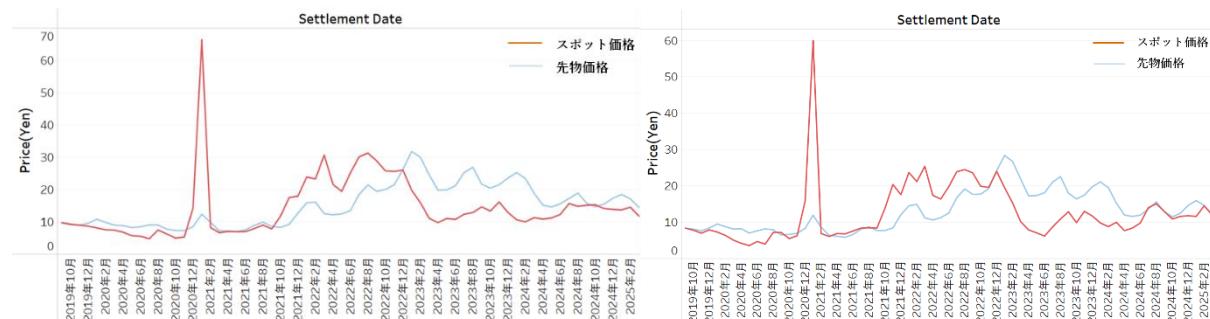


図2 スポット価格とベースロード先物価格平均（左：東日本／右：西日本）

これらの観察結果の統計的有意性を検証するため、受渡月別の先物価格平均と、同月の前年スポット価格を用いた散布図分析および単回帰分析を実施した（図3）。2021年1月の60円/kWh超の異常値を除外した分析の結果、東日本・西日本とともに決定係数は約0.7となり、回帰係数は統計的に有意（ $p < 0.01$ ）な関係が確認された。

すなわち、受渡月基準での前年スポット価格が高いほど先物価格も高くなる傾向があり、逆に前年スポット価格が低いほど先物価格も低くなる傾向が実証的に確認された。これは、需要家がスポット価格期待値や先物価格を予測する際に、リソース制約等を要因として過去のスポット価格を参考にしているという仮説を支持する結果である。

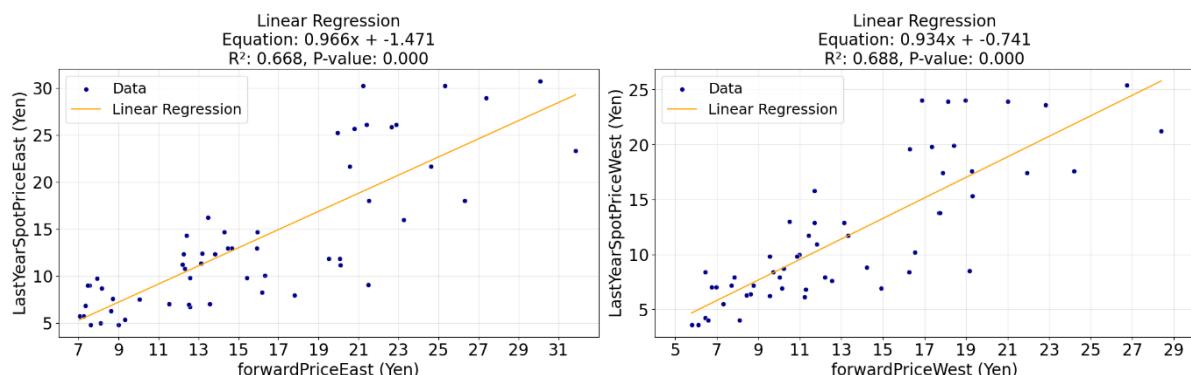


図3 スポット価格とベースロード先物価格（左：東日本／右：西日本）

#### 4. リスクプレミアムの影響要因分析

式(1)で示した「先物価格 = スポット価格期待値 + リスクプレミアム」の関係において、ここではスポット価格期待値に加えて、先物価格形成のもう一つの重要な要素であるリスクプレミアムに影響を与える要因に焦点を当てる。

リスクプレミアムへの影響要因としては、「スポット市場のボラティリティ」、「満期までの期間」、「スポット価格の絶対水準」等が理論的に想定される。将来の価格変動を正確に予測

することは困難であるため、本分析では満期までの期間を説明変数として、「契約期間の長期化に伴う不確実性の増大がリスクプレミアムを増加させる」という仮説を検証する。

また、「スポット価格の絶対水準」については、Redl and Bunn (2013)にならい、リスクプレミアムの相対的指標として、以下のようにリスクプレミアム率 (Relative Premium; RP) を定義する。

$$RP_{t,T} = \frac{F_{t,T}}{E_t[S_T]} - 1 \quad (4)$$

この指標は、先物価格が予測スポット価格に対して何%上振れているか（または下振れているか）を示すものであり、プレミアムの大きさを比較する上で直感的かつ標準化された指標となる。

本分析で使用するデータは以下の通りである。PwC アドバイザリー合同会社の独自モデル（同予測サービスは 2023 年 7 月に終了）による予測スポット価格と TOCOM の先物価格を時点別に対応させ、各時点でのリスクプレミアムを算出した。2023 年 1 月の先物価格がピークであったことを考慮し、価格高騰によるバイアスを回避するため、2023 年 1 月以降の先物価格を使用した。

### 予測スポット価格

- 出所：JEPX スポット価格予測（PwC アドバイザリー合同会社）<sup>4</sup>
- 予測時点：2023 年 1 月～7 月（各時点の 24 か月先までを予測）
- 予測期間：2023 年 1 月～2025 年 6 月
- エリア：東京（東エリア）、関西（西エリア）

### 先物価格

- 出所：東京商品取引所（TOCOM）<sup>5</sup>
- 期間（満期）：2023 年 1 月～2025 年 6 月
- 満期までの月数（Forward Month）：1～24 か月
- エリア・ロード：東エリア・ベースロード、西エリア・ベースロード

リスクプレミアムと満期までの期間をヒートマップで表示した（図 4）。縦軸を取引月、横軸を受渡月として、リスクプレミアムの符号を色分け、その大きさを色の濃度で表現している。この結果、取引月別に左から右への観察により、受渡月が遠くなるほどリスクプレミアムも増大する傾向（濃い青色）が確認される一方、受渡月が近い場合にはリスクプレミアムは負の値または小さな値に集中する傾向が観察される。

<sup>4</sup> 時点ごとの予測スポット価格は、ファンダメンタルモデルと統計学的手法を組み合わせており、長期予測とは異なる手法を用いて短期予測の精度向上を企図している

<sup>5</sup> <https://www.jpx.co.jp/derivatives/products/energy/electricity-futures/index.html>

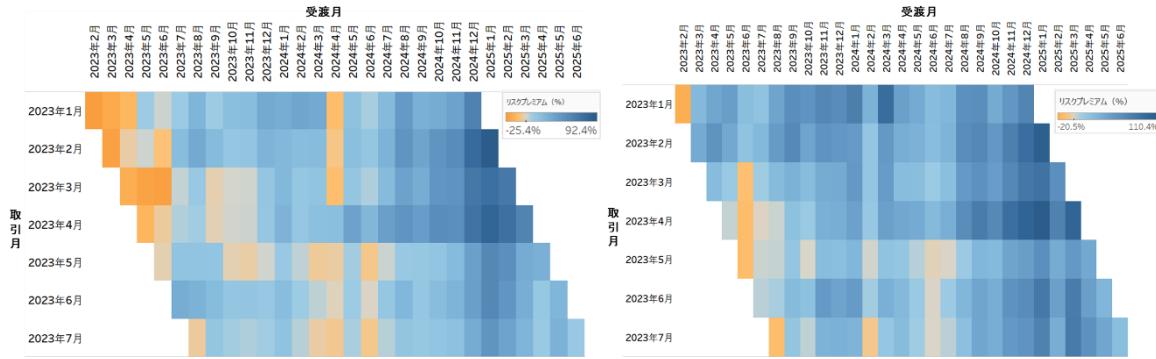


図4 リスクプレミアムとForward Month (ヒートマップ) (左：東日本／右：西日本)

この観察結果を検証するため、リスクプレミアムと満期までの期間の散布図分析および単回帰分析を実施した（図5）。東日本・西日本ともに回帰係数は統計的に有意 ( $p < 0.01$ )、決定係数はそれぞれ約 0.5 および約 0.4 となり、満期までの期間が長期化するほどリスク固定化のコストが増大し、リスクプレミアムが高くなるという仮説が統計的に確認された。

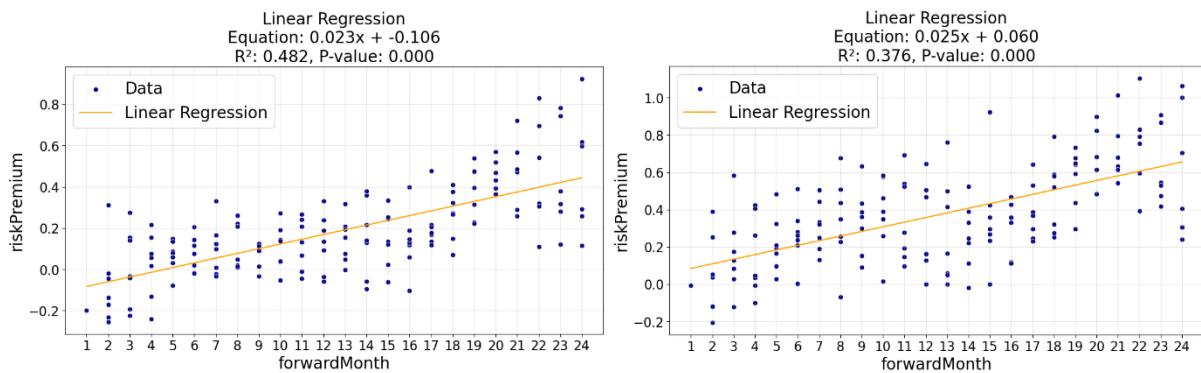


図5 リスクプレミアムとForward Month (散布図) (左：東日本／右：西日本)

さらに、電力需要の季節変動が電力先物価格に与える影響を考察するため、散布図を高需要期（12月～2月、7月～9月）と低需要期（3月～6月、10月～11月）に分類して分析した。満期までの期間の影響を明確にするため、切片を0とした回帰分析を実施した。

結果として、高需要期には低需要期と比較して価格固定化ニーズが強まり、リスクプレミアムが高くなる傾向が確認された。また、満期までの期間長期化に伴うリスクプレミアム増加率も、高需要期の方が高いことが実証された（図6）。

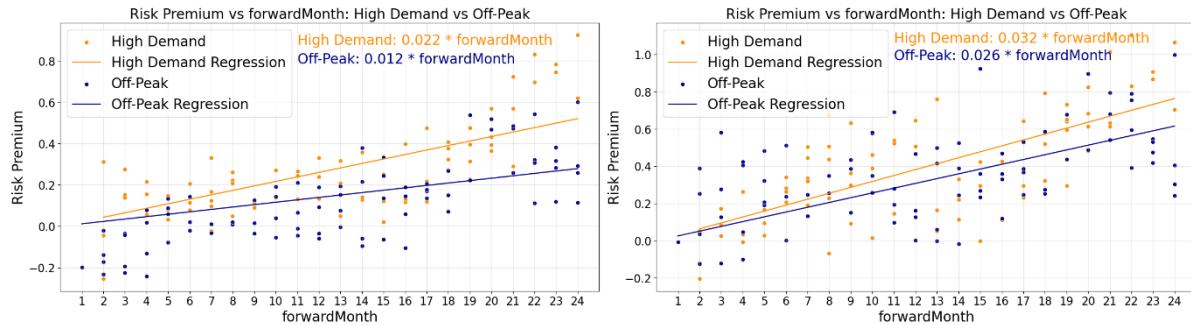


図6 リスクプレミアムと受渡日まで月数 - 季節断面（左：東日本／右：西日本）

## 5. おわりに

本稿では、日本の電力先物市場を対象に、リスクプレミアムの本来的な定義に基づく *ex-ante* リスクプレミアムを用いて、先物価格形成の構造を実証的に分析した。特に、過去のスポット価格と先物価格の関係性、満期までの期間がリスクプレミアムに与える影響、さらには季節変動について詳細に検討した。

本分析により、電力先物価格がスポット価格動向に追随する傾向と、満期までの期間の長期化や季節変動がリスクプレミアム形成に重要な影響を与えることが明らかになった。とりわけ、満期が長期化することで将来の価格不確実性が増大し、それに応じてリスクプレミアムが上昇するという構造は、リスクプレミアムがスポット価格のボラティリティに応じて拡大することを示した Lucia and Torró (2011) および Redl and Bunn (2013) の欧州市場における分析結果と整合的である。さらに、高需要期には特に価格固定化ニーズが強まり、リスクプレミアムが増加する傾向も確認された。これらの知見は、需要家が電力先物市場における価格リスク管理を行う上で重要な実務的含意を持つ。すなわち、第一に、満期までの期間を考慮したヘッジ戦略の構築が重要であること、第二に、季節性を踏まえた取引タイミングの最適化が有効であることが示唆される。

ただし、日本の電力先物市場は歴史が浅く、現時点では厳密な分析に十分なデータ量が蓄積されていない状況にあることには留意が必要である。本稿の実証分析においても、データ量の制約が課題として残る。今後は、より長期間のデータを活用し、スポット価格のボラティリティがリスクプレミアムに与える影響、市場流動性との関係、さらには国際的な電力市場との比較分析等の多角的な検討を継続していく必要がある。また、*ex-ante* リスクプレミアム分析の精度向上のため、予測モデルのさらなる高度化も重要な研究課題である。

## 参考文献

1. 松本拓史, 遠藤操 (2021). わが国の電力先物市場におけるリスクプレミアムの実証分析. 電力中央研究所研究報告, Y20004.
2. Bessembinder, H., & Lemmon, M. L. (2002). Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets. *The Journal of Finance*, 57(3), 1347-1382.
3. Lucia, J. J., & Torró, H. (2011). On the risk premium in Nordic electricity futures prices.

- International Review of Economics & Finance, 20(4), 750-763.
4. Redl, C., & Bunn, D. W. (2013). Determinants of the premium in forward contracts. Journal of Regulatory Economics, 43(1), 90-111.

本資料に関する著作権は、株式会社大阪取引所にあります。

本資料の一部又は全部を無断で転用、複製することはできません。

本資料の内容は、株式会社日本取引所グループおよびグループ各社（株式会社東京証券取引所、株式会社大阪取引所、株式会社東京商品取引所、株式会社 J P X 総研、日本取引所自主規制法人および日本証券クリアリング機構）の意見・見解を示すものではありません。

本資料は、デリバティブ商品の取引の勧誘を目的としたものではありません。

筆者、株式会社日本取引所グループおよび上記グループ各社は、本資料に基づく投資あるいは類似の行為により発生した如何なる損失や損害に対して、一切の責任を負うものではありません。