

福島原発事故の電力会社とガス会社の社債への影響

名古屋市立大学大学院経済学研究科附属経済研究所 程 島 次 郎

1. はじめに

本論文では、2011年3月11日に起きた福島原発事故の日本にある10の電力会社と3つのガス会社の社債への影響を調べることを目的としている。現在新たに原発を作っていたり今後作ることを計画している国が多くあるため、日本はもちろん世界にとっても、福島原発事故の影響を測定することは、重要なことと思われる。本論文は、金融面から福島原発事故の影響を測定しようとする研究の1つである。程島(2013)では、福島原発事故の電力会社とガス会社の株価への影響を調べているが、本研究では、社債への影響を測定しており、先行研究である程島(2013)に続く研究である。福島原発事故の社債への影響を測定する研究は、株価への影響を測定する研究((例えば、Kawashima and Takeda (2012)やSerita and Xu (2012))と比べて、EconLitなどの経済や経営系の検索機能やグーグルなどの検索エンジンを使っても、ほとんど見当たらない(関連する論文として、Three Mile Island 原発事故の社債のリスクプレミアムへの影響を研究したBarrett et al. (1986)がある)。しかし、社債は金融商品の重要な1商品であり、その動向を調べることは、証券投資やファイナンスにとって重要である。特に、福島原発事故のような巨大な自然災害または事故が起きた場合は、株式や債券への影響を研究するのは、一方ではリスク管理の側面から、他方では良い投資機会が出現するため投資という観点からも、重要になるとと思われる。

本研究では、福島原発事故と関連する社債の研究をするわけであるが、通常日本では、社債の情報は、株価のそれと比べて、限られている。例えば、株価が新聞やYahooなどのインターネットなどで、簡単に手に入るのと比べると、社債に関する情報はこれらのメディアの媒体では提供されておらず、絶対的に情報量が少ないと言える。日本の社債に関する重要な情報源として、日本証券業協会が提供する公社債店頭売買参考統計値表があるが、これも知る人ぞ知るという性格の情報と言える。そういう意味で、本研究が示す日本の電力会社とガス会社についてのデータは、データそのものが貴重であると言っても良いであろう¹。

本研究が、日本の10ある電力会社と3つのガス会社の社債を研究対象としているのは、本研究が程島(2013)に続く研究であり、そこで10ある電力会社と3つのガス会社の株価を研究しているのが大きな理由である。もう1つの理由は、日本で株式を上場している企業でも、社債を発行している企業は多くなく、

¹名古屋市立大学経済学部で本研究で使用したデータの源であるBloombergのデータベースの購入を認めていただいた最近4年間の研究科長であった井上先生、森先生に感謝いたします。

エネルギー関連の企業で社債を発行している企業は、ここで取り上げている10の電力会社と3つのガス会社以外には有力な企業は存在しないようである。例えば、日本にはここで取り上げている3つのガス会社以外にもガス会社がいくつかあるが、それらのより小さいガス会社は社債を発行していない。そのため、福島原発事故の社債への影響を調べる場合、10の電力会社と3のガス会社の社債を研究するのは、納得のゆく選択であると思われる。

本研究では、社債のリスクプレミアムを研究対象とする。リスクプレミアムは、債券の利回り (yield) からその債券とデュレーションに近い国債の利回り (yield) を引いたものである。本研究では、程島 (2013) に合わせて、社債のリスクプレミアムの週次データを用いる。

本論文の構成は、以下のとおりである。2節では、分析するデータの説明を行う。3節では、分析するモデルの推定を行う。最後の4節では、結論を述べる。

2. データ

本論文で扱うデータは、程島 (2013) に合わせて、2009年10月23日から2012年7月27日の週次データのリスクプレミアムを使用する。そのため、標本の大きさは、145である (2011年3月11日より前の標本が72個、それ以後の標本が72個、3月11日が1個である)。週次データは、金曜日の終値を用いている。対象となる会社は、10電力会社である東京電力、中部電力、関西電力、中国電力、北陸電力、東北電力、四国電力、九州電力、北海道電力、沖縄電力と3つのガス会社である東京ガス、大阪ガス、東邦ガスである。標本期間に対応する社債データは、各社で複数あり、電力会社は東京が4、中部が26、関西が5、中国が15、北陸が15、東北が18、四国が9、九州が18、北海道が13、沖縄が3ある。ガス会社の社債の数は、東京ガスが5、大阪ガスが6、東邦ガスが3である。

データの特徴をしめすため、最初に代表的な会社の社債のグラフを示す。ここでは、初めに、社債の価格を示し、その後で、社債のリスクプレミアムを示す。図1から図4は、東京電力、中部電力、関西電力、東京ガスの4つの会社から選んだ代表的な社債の価格の週次データのグラフである。これを見ると、東京電力の社債は、東北大震災があった3月11日の翌週の金曜日の3月18日以降急激に価格が下落しており、その影響の大きさをはっきりと見ることができる。しかし、程島 (2013) の図1で示された東京電力の株価のグラフと比較すると、東北大震災そして福島原発事故のショックは、株価が数週間で4分の1以下に下落したのに比べて、社債の方は70パーセント台に下落しているという違いがある。これは、社債が基本的には会社が倒産しなければデフォルトにならず元本と利子が受け取れるので価格の下落には限度があるのに対し、株価の方は業績次第でどこまでも下落してしまうという両者の特性の違いによる。東京電力の社債の価格は、額面100万円に対して50万円台まで下落したのに対して、株価のほうは福島原発事故の前は2000円台していたが福島原発事故の後には100円台まで下落したという違いがある。一方、中部電力、関西電力、東京ガスの社債に対する福島原発事故の影響は数パーセントと限定的である。このことは、福島原発事故が東京電力にとっては存続を危うくする大災害だったのに対し、それ以外の電力会社にとっては存続を危うくする大事故ではなく、また代替エネルギーを供給するガス会社にとっては災害ではなくむしろ好機であるともいえることで説明できると思われる。図4で東京ガスの社債の価格は、全体の傾向と

図1 東京電力の社債の価格

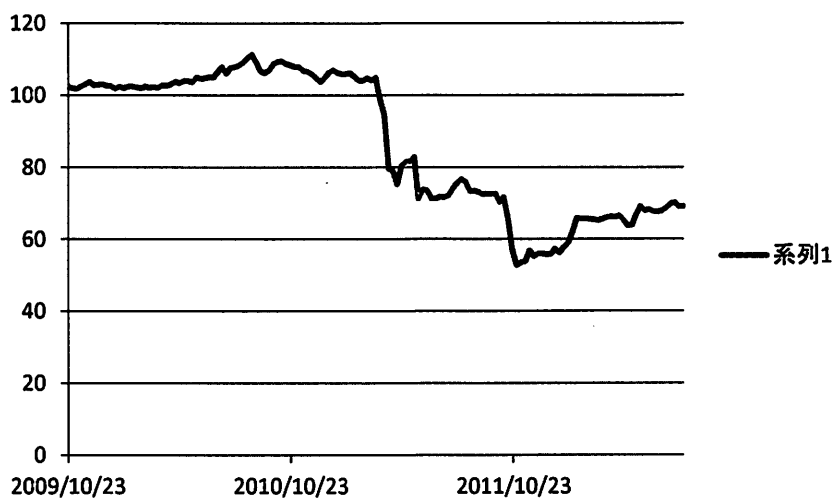


図2 中部電力の社債の価格

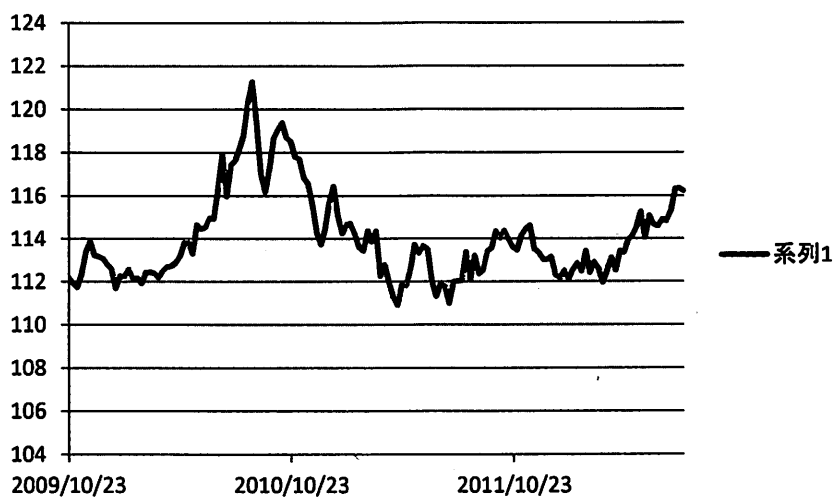


図3 関西電力の社債の価格

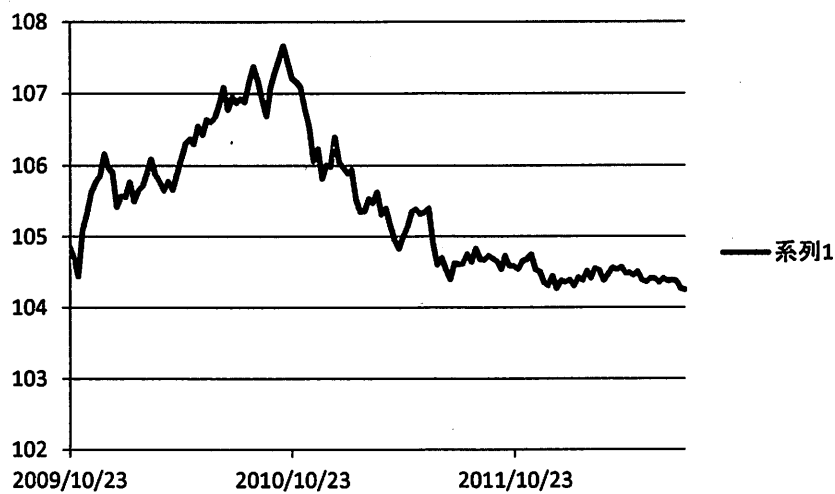


図4 東京ガスの社債の価格

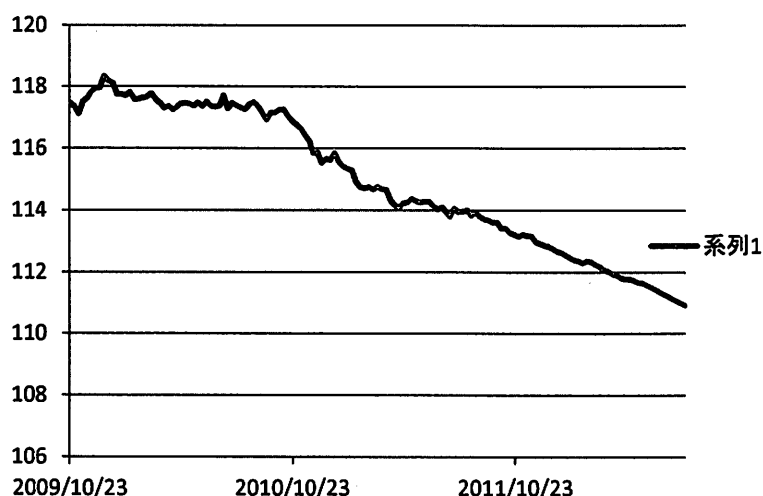
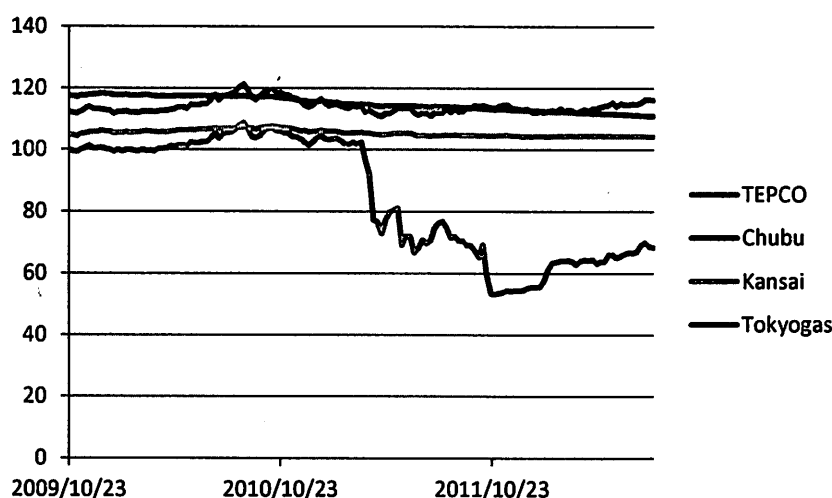


図5 4社の社債の価格



してゆるやかに下落しているが、これは、この社債のクーポンが4.1パーセントで償還日が2015年5月25日であるので、償還日が近づくにつれ債券としての魅力が小さくなり価格が下落するという側面が大きくなっていると思われる。

図5では、4つの会社の社債の価格をまとめて示したものであるが、これを見ると、東京電力の社債だけが福島原発事故の影響がはっきりと現れているが、そうでない3社の社債には全体にほとんど影響がないように思われる。しかし、程島(2013)で見たように、中部電力と関西電力の株価には、東京電力の株価ほどではないが、福島原発事故の悪い影響が価格の下落を起こしていることが、明確に認める事が出来る。これは、やはり株式と社債の性格の違いを反映していると言えよう。

図6～9は、4つの会社の社債のリスクプレミアムを示し、図10は、10年国債の利回りから3カ月国債の利回りを引いた長短金利差を示している。そして、図11はそれらの5つの変量のグラフを1つにまとめたものである。図11にある term とは、長期金利差のことである。リスクプレミアムは、リスクが高い

図6 東京電力の社債のリスクプレミアム

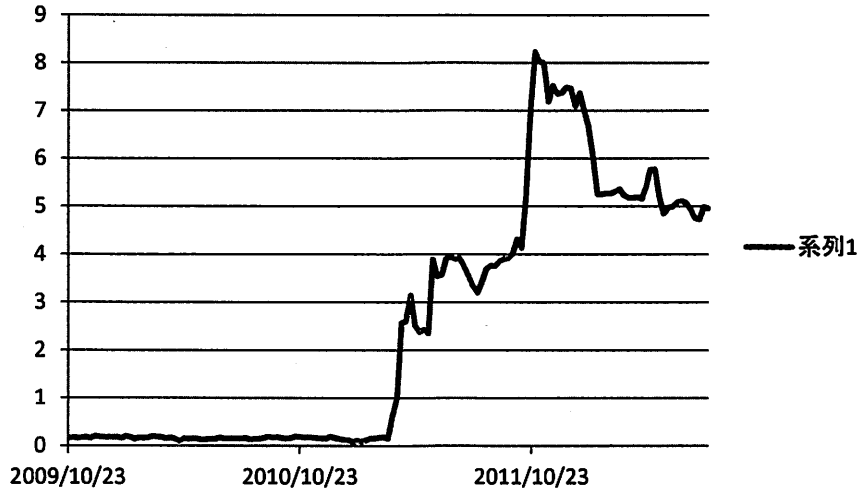


図7 中部電力の社債のリスクプレミアム

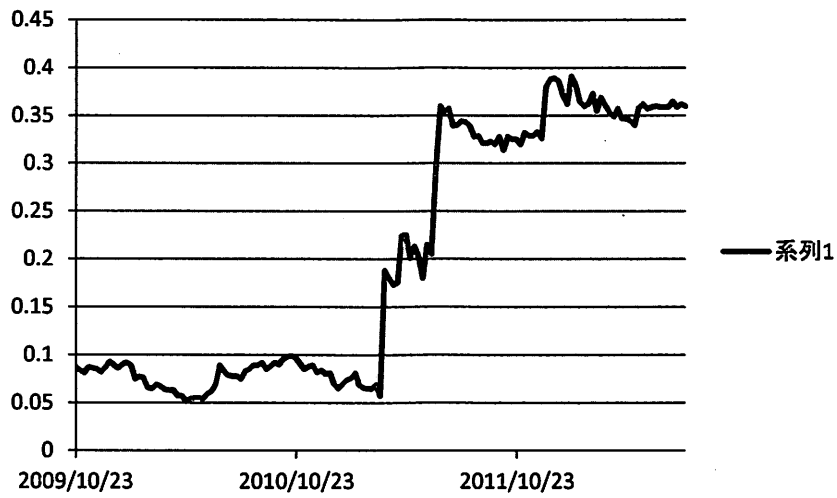


図8 関西電力の社債のリスクプレミアム

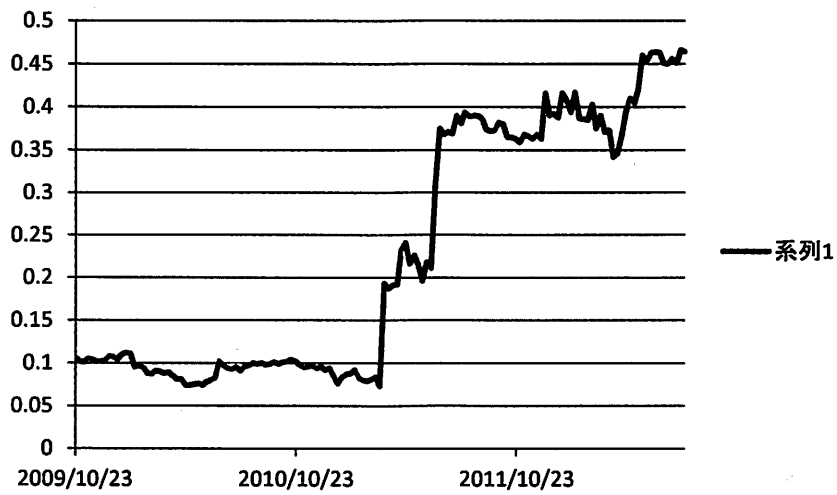


図9 東京ガスの社債のリスクプレミアム

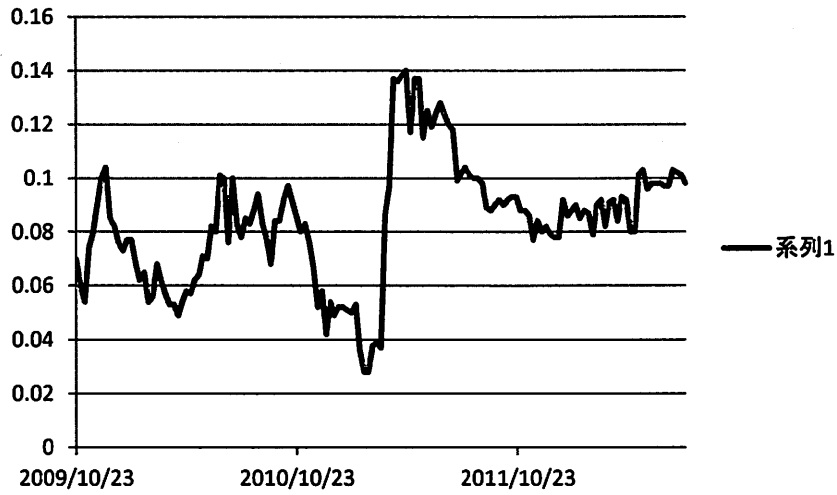


図10 長短金利差 (10年国債の利回り-3か月国債の利回り)

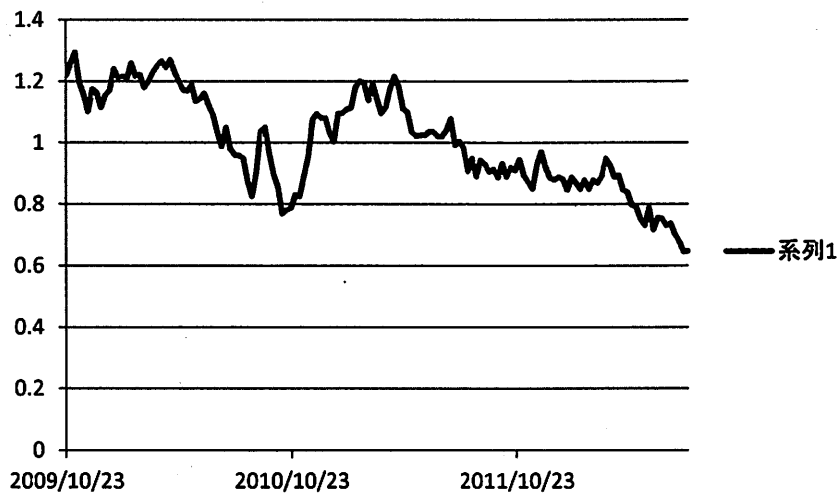
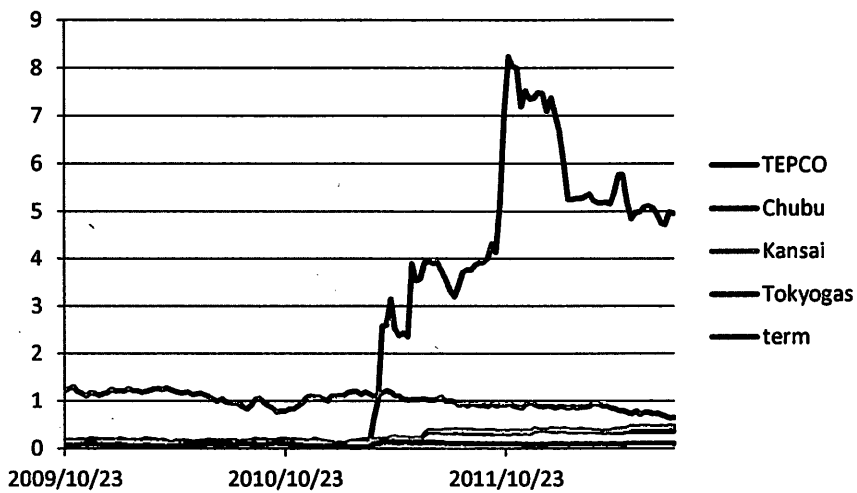


図11 5つのリスクプレミアム



と、大きくなる。東京電力の社債のリスクプレミアムは、福島原発事故以降急に高くなっている。中部電力と関西電力の2つの電力会社のリスクプレミアムも、東京電力と同じように福島原発事故から急に大きくなっているが、東京電力の場合のようにリスクプレミアムが2011年末にさらに増加していることはない。なにより、東京電力の福島原発事故後のリスクプレミアムの大きさは、他の会社のリスクプレミアムの10倍以上大きい。上で述べたように、株価よりも社債のほうが影響が少ないとはいっても、福島原発事故がいかに大災害だったかが、このリスクプレミアムの比較からもわかる。2012年になると、東京電力のリスクプレミアムはだんだんと小さくなっていくが、それでも中部電力や関西電力のそれの10倍以上の大きさである。東京電力のリスクプレミアムは、中部電力や関西電力のそれと比べて、最大で20倍以上の差があった。

一方、東京ガスのリスクプレミアムは、福島原発事故直後急に増加するが、しばらくすると小さい値になって落ち着いてくる。しかしながら、東京ガスのリスクプレミアムが福島原発事故直後ショックで大きくなるといっても、その大きさは中部電力や関西電力のそれと比べても小さいものである。そのため、東京ガスのリスクプレミアムは、福島原発事故の一時的ショックで少し大きくなったと記述できる。

図10の長短金利差は、福島原発事故前は1パーセント前後の値であったが、事故後少し小さくなり、標本期間の後半で0.6パーセントに近くなってゆく。全体に、長短金利差は、福島原発事故の影響は社債のリスクプレミアムと比べて小さいようだ。福島原発以後だんだん小さくなっているのは、日本経済のデフレ現象を反映して長期金利が低くなっていることに対応しているのが原因かもしれない。図11の5つのグラフを1つにまとめたものでは、東京電力のリスクプレミアムの動きだけが劇的で、その他の4つの変数は全体としてあまり大きな変化がないと言える。

上記のグラフで示された状況を記述統計でみるために、2011年3月11日より前と後の社債のリスクプレミアムと長短金利差の記述統計を示してみる。ここでは、東京電力、中部電力、関西電力、福島原発事故の影響が大きかった東京電力と原発を所有していないため福島原発事故の影響が最も少なかった沖縄電力を除いた8電力会社、東京ガス、大阪ガス、東邦ガスからなる3ガス会社、に関するすべての社債のリスクプレミアムについての記述統計である。福島原発事故の前には、電力会社もガス会社も、日本で安定した会社として、リスクプレミアムも同様に低いものであった。そのなかで、東京電力のリスクプレミアムの値が他の電力会社のそれよりも大きな値であるのは、福島原発事故以前の東京電力の日本の優良会社というイメージと整合的でない。その1つの理由として、東京電力の社債には海外で募集された社債が含

表1 3.11より前の社債のリスクプレミアムの記述統計

	東京電力	中部電力	関西電力	8電力会社	3ガス会社	長短金利差
平均	0.336	0.113	0.107	0.105	0.123	1.093
メディアン	0.188	0.105	0.086	0.098	0.080	1.129
最大値	1.070	0.259	0.205	0.259	0.238	1.294
最小値	0.082	0.021	0.011	-0.084	0.028	0.768
標準偏差	0.286	0.046	0.058	0.046	0.047	0.138
歪度	1.227	0.669	0.158	0.346	0.110	-0.761
尖度	2.705	3.034	1.429	2.649	1.929	2.512

表2 3.11より後の社債のリスクプレミアムの記述統計

	東京電力	中部電力	関西電力	8電力会社	3ガス会社	長短金利差
平均	5.722	0.365	0.408	0.379	0.146	0.911
メディアン	5.162	0.373	0.419	0.379	0.141	0.894
最大値	16.718	0.558	0.561	0.646	0.259	1.215
最小値	0.616	0.142	0.141	0.011	0.077	0.644
標準偏差	2.641	0.074	0.105	0.088	0.039	0.124
歪度	1.387	-0.580	-0.410	-0.312	0.421	0.111
尖度	5.839	2.624	2.893	3.466	2.432	2.852

まれていることが考えられる。福島原発事故以後には、東京電力のリスクプレミアムの平均やメディアンなどの代表値と標準偏差の大きさは、ほかの電力会社やガス会社と比べると、突出して大きい。また、中部電力、関西電力、8電力会社のリスクプレミアムも、3ガス会社のそれと比べると、代表値と標準偏差はともに大きい。これは、福島原発事故前は電力会社もガス会社も優良企業としてあまり差がなかったが、事故後電力会社は赤字になったりして、依然優良企業であるガス会社とは大きな差が出てきていることと対応している。

3. 推定結果

この節では、福島原発事故の影響を調べるために、Kawashima and Takeda (2012) や程島 (2013) に従い、初めに以下のモデル1を推定する。

$$RP_{ijt} = \alpha + \beta term_t + \gamma_1 dum1_{ijt} + \gamma_2 dum2_{ijt} + \gamma_3 dum3_{ijt} + \gamma_4 dum4_{ijt} + \gamma_5 dum5_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

ここで、 RP_{ijt} は、 i 企業の j 番目の t 期のリスクプレミアムであり、 $term_t$ は t 期の長短金利差を表し、 $dum1_{ijt}$ は観測値が福島原発事故のあった2011年3月11日以降東京電力なら1になりそうでないと0になる東京電力ダミーである、 $dum2_{ijt}$ は福島原発事故の直接的な被害を受けた東京電力と東北電力なら福島原発事故以降1になりそうでないと0になるダミー変数であり、 $dum3_{ijt}$ は原子力発電を行っていた電力会社は福島原発事故以降1になりそうでない企業は0になる原子力発電に関するダミー変数であり、 $dum4_{ijt}$ は原子力発電の割合が高い（平成22年度第2四半期で原子力発電の割合が20パーセント以上ある場合（ただし、中国電力は平成22年度第2四半期で原子力発電の割合が特に低かったので平成21年度第2四半期での割合で決めた）電力会社は福島原発事故以降1をとりそうでないと0をとるダミー変数であり、 $dum5_{ijt}$ はガス会社だと福島原発事故以降1をとりそうでないと0をとるガス会社を表すダミー変数であり、 ε_{ijt} は誤差項を表す。また、 α 、 β 、 γ_1 、 γ_2 、 γ_3 、 γ_4 、 γ_5 は、モデルのパラメータである。このモデル1の推定結果が、以下ようになった。

表3 モデル1の推定結果 ($R^2=0.809$, $\bar{R}^2=0.809$)

パラメータ	LSE	t	cluster(f) -t	cluster(t) -t	White-t	2 cluster -t
α	0.332	17.485	4.829	6.744	22.060	3.990
B	-0.198	-11.495	-3.457	-4.447	-14.343	-2.780
γ_1	5.242	249.936	1.135E+15	25.267	33.812	38.025
γ_2	0.118	11.601	24.273	40.062	64.235	21.937
γ_3	0.208	28.158	11.794	16.085	71.612	9.596
γ_4	0.002	0.272	0.308	2.355	1.326	0.314
γ_5	-0.007	-0.594	-0.336	-0.851	-2.103	-0.316

表3の推定は、最小2乗法で推定した結果であり、決定係数が0.809で自由度修正済み決定係数が同じく0.809であり、モデル1のデータのあてはまりの良さは悪くない。表3の2列目は、最小2乗推定値(LSE)である。被説明変数のリスクプレミアムの値は、リスクプレミアムを100倍したパーセント表示したものである。東京電力ダミーである γ_1 の最小2乗推定値の5.242は、福島原発事故以降の東京電力のリスクプレミアムの平均やメディアンとほぼ対応している。表3では、長短金利差の係数推定値はマイナスであった。 γ_1 以外の電力会社と関連するダミー変数である、 γ_2 , γ_3 , γ_4 の最小2乗推定値の中では、原子力発電を示すダミー変数である γ_3 の値が最も大きく、原発の割合の高いか否かを示すダミー変数である γ_4 の推定値は一番小さな値であった。一方、ガス会社のダミー変数である γ_5 の推定値はマイナスで小さな値であった。

表3の3列目は、誤差項には、異時点間には相関がないという仮定の下で得られる最小2乗推定量の漸近分散共分散行列の推定値から計算したt値である。このt値の絶対値では、東京電力ダミーの γ_1 についてのものが最大で、原発の割合の高い電力会社のダミー変数である γ_4 とガス会社のダミー変数である γ_5 のt値以外のパラメーターは皆有意である。

4列から7列にあるt値は、Cameron et al. (2011), Petersen (2009), Thompson (2011)などで研究されている、クラスターロバスト (cluster-robust) なt値を導出している。すなわち、4列目のt値は、同じ企業の誤差項には相関があるとして得られるクラスターロバストなt値であり、5列目のt値は、同時点の誤差項には相関があるとして得られるクラスターロバストなt値であり、6列目のt値は、同一の企業でかつ同じ時点の誤差項の分散が不均一である場合の漸近分散共分散行列の推定値であるWhiteのt値であり、7列目のt値は、4~6列目のt値を用いて計算した同じ企業または同一時点の誤差項に相関があるとした場合のクラスターロバストなt (double cluster-robust t) 値である。4列目のt値は、東京電力ダミーの γ_1 のそれが15桁の値になっていて、それは程島 (2013) での東京電力のダミー変数のt値が14桁になっているのと同様な現象である。4列目のt値も、 γ_4 と γ_5 に関しては有意でない。5列目の同時点の誤差項に相関があるとして計算したt値では、 γ_4 が有意になっている。6列目のt値は、7列目の同じ企業または同一時点の誤差項に相関があるとした場合のクラスターロバストなt (double cluster-robust t) 値を計算するために求めたもので、あまり参考にならない。7列目のt値は、標準的な仮定の下で得ら

表4 モデル2の推定結果 ($R^2=0.811$, $\bar{R}^2=0.811$)

パラメータ	LSE	t	cluster (f) -t	cluster (t) -t	White-t	2 cluster -t
α	0.113	4.394	10.857	17.050	18.705	10.503
β	0.001	0.063	0.349	0.217	0.270	0.252
δ_1	0.511	12.445	4.848	6.522	17.874	3.986
δ_2	-0.423	-12.158	-3.432	-5.247	-13.753	-2.937
γ_1	5.242	250.936	2.263E14	25.267	33.883	37.925
γ_2	0.118	11.647	24.273	40.062	63.127	21.982
γ_3	0.120	5.307	25.395	15.502	23.831	15.909
γ_4	0.002	0.273	0.308	2.355	1.388	0.313
γ_5	-0.094	-3.929	-8.671	-49.014	-17.321	-9.814

れた3列目のt値とパラメータの有意性に関しては同じ結論になっている。

次に、モデル1を修正して、2011年3月11日以降では1をとる構造変化ダミー変数を定数項と長短金利差にも導入する以下のモデル2を考える。

$$RP_{i,t} = \alpha + \beta term_t + \delta_1 dum_t + \delta_2 term_t * dum_t + \gamma_1 dum1_{i,t} + \gamma_2 dum2_{i,t} + \gamma_3 dum3_{i,t} + \gamma_4 dum4_{i,t} + \gamma_5 dum5_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

ここで、 dum_t は2011年3月11日以降なら1そうでないなら0をとるダミー変数で、 $term_t * dum_t$ は、 $term_t$ と dum_t の交互作用である。

表4の推定結果では、福島原発事故以降1をとる構造変化ダミー変数がどのt値でも有意になっている、一方長短金利差の推定値はプラスになりどのt値で見ても有意でない、反面長短金利差と構造変化ダミー変数の交互作用である δ_2 は推定値がマイナスでどのt値でも有意である。また、自由度修正済み決定係数で見ても表3の結果よりも表4の結果の方が改善されている。さらに、表4では、ガス会社のダミー変数である γ_5 がどのt値で見ても有意になっているのが表3と大きく異なる点である。また推定値に関しては、 γ_3 の推定値が表3と比べて表4では60パーセント程度に減少していることが特筆すべきことである。しかしながら、原発の割合の高い電力会社のダミー変数である γ_4 は、表3とくらべて表4では推定値もすべてのt値でもほとんど変わっていない。切片の α の推定値については、表4では、構造変化ダミーを導入しているが、表3と比べて、3分の1程度に小さくなっている。

4. 結論

本論文では、電力会社とガス会社について、福島原発事故前後の2009年10月23日から2012年7月27日の週次データを使ってリスクプレミアムを説明するモデルを推定した。その結果、福島原発事故以降、

東京電力を示すダミー変数、原発事故の直接的な被害を受けた東京電力と東北電力を示すダミー変数、原発を使用していた電力会社を示すダミー変数が有意になった。また、福島原発事故のあった2011年3月11日以降に1をとる構造変化ダミーを導入すると、それが無い場合に有意でなかったガス会社を示すダミー変数が有意に変化した。すなわち、福島原発事故以降ガス会社のリスクプレミアムは、電力会社とは反対に、減少した。一方、原発の割合が多いか否かを示すダミー変数は、有意ではなかった。これは、程島(2013)での株式の収益率の結果とは異なる結果である。すなわち、株式の収益率では、原発を使用している電力会社を示すダミー変数の係数推定値よりも原発の割合が多いか否かを示すダミー変数の係数推定値の方が(絶対値)が大きくなっていて(株価の減少が大きかった)。これは、株式と社債の違いである。本論文で示したように、どういう説明変数を用いるかは、推定結果に大きな影響を及ぼす。本論文では、t値を計算するにあたり異なる方法を用いているが、今回は推定方法よりもどういう説明変数を用いるかのほうが重要であった。そのため、福島原発事故との関連で、社債のリスクプレミアムについての適切なモデルを追求していくことは、そのための適切な推定方法を求めていくこと相俟って、今後も残されている課題である。

参考文献

- Barrett, W. B., Heuson, A. J., Kolb, R. W., 1986. The effect of three mile island on utility bond risk premia: a note, *The Journal of Finance*, 41, 255-261.
- Cameron, A. C., Gelbach, J. B., Miller, D. L., 2011. Robust inference with multiway clustering, *Journal of Business and Economic Statistics* 29, 238-249.
- 程島次郎, 2013. 福島原発事故の電力会社とガス会社の株価への影響, 「国際地域経済研究」14, 17-25.
- Kawashima, S., Takeda, F., 2012. The effect of the Fukushima nuclear accident on stock prices of electric power utilities in Japan, *Energy Economics* 34, 2029-2038.
- Petersen, M. A., 2009. Estimating standard errors in financial panel data sets: Comparing approaches, *The Review of Financial Studies* 22, 435-480.
- Serita, T., Xu, P., 2012. Energy stock returns and the Fukushima nuclear accidents, presented at the 20th conference of Nippon Finance Association.
- Thompson, S. B., 2011. Simple formulas for standard errors that cluster by both firm and time, *Journal of Financial Economics* 99, 1-10.