

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25518006

研究課題名(和文)電気事業体制のガバナンス評価と指標構築、我が国電気産業への適用

研究課題名(英文)Evaluation for Governance for electric sectors - lessons for Japan

研究代表者

長山 浩章(nagayama, hiroaki)

京都大学・国際交流推進機構・教授

研究者番号：90446617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：欧米では卸市場の大きな価格変動や、再生可能エネルギーの大量導入による卸市場価格の低下により、重要な需給調整電源の一つである石炭・ガスなどの火力発電の稼働率が下り、採算性の悪化や新規投資の停滞が深刻な問題となっている。一つの解決策として、インバランス価格を高くして、バランシンググループ内の調整度を高める方式があり、もう一つの解決策として、容量確保メカニズムが導入されてきた。本稿では、ドイツ及び英国の電力需給政策、供給力確保政策を分析・比較することで、我が国において2020年の発送電分離に合わせて導入されるリアルタイム市場、今後設立が検討されている容量市場のあり方を検討した。

研究成果の概要(英文)：In the West, a serious problem has arisen regarding the profitability of thermal power plants declining along with the stagnation of new investments. This is caused by the drastic price fluctuation in the wholesale market and the drop of wholesale prices brought on by a mass introduction of renewable energy.

There are two possible solutions for this problem. The first is to raise imbalance charges, thereby enhancing the control within the balancing group. The second solution is to introduce a mechanism to secure a certain capacity, which has been conducted already. We proposed how a real-time market should be introduced in 2020 in Japan when electricity generation and transmission will be separated. We also focus on the ideal state of a capacity market in Japan. We approached these issues by analyzing and comparing the policies in Germany and in the UK for electricity demand and supply, and observed means to securing electricity supply. Conclusions were then drawn based on the results.

研究分野：電力政策

キーワード：電力 ガバナンス

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災とそれに伴う福島第一原子力発電所事故を契機に、これまでの地域割りの垂直統合による一般電気事業者 10 社及び卸電気事業者 2 社(電源開発(株)及び日本原子力発電(株))が中心となった電力供給体制と総括原価方式による電気料金回収といった電気事業制度における限界が明らかになってきた。これを受け、以下の3つを目的に電力システム改革が開始された。1) 原子力発電以外の電源や、分散型発電や再生可能エネルギーなど多様な電源を導入し、安定供給を確保すること、2) 競争を促進し、電力料金を最大限抑制すること、3) 需要家の選択肢や事業者の事業機会を拡大することである。

我が国における電力システム改革は 2013 年 4 月 2 日に「電力システムに関する改革方針」が閣議決定され、11 月 13 日に可決・成立した「電気事業法の一部を改正する法律」において改革の第一段階の広域的運営推進機関の設立が決まった。これに次ぎ、2014 年 6 月 11 日、改革の第 2 段階も参院で可決・成立し、電気の小売業への参入の全面自由化が 2016 年を目途に実施されることになった。今後は、第 3 段階の法的分離方式による送配電部門の中立性の一層の確保が、検討されていくことになる。

本研究ではこうした我が国の現状を受け、世界の主要国を英国とドイツを中心に電力事業のガバナンス体制をレビューし、今後の我が国にとっての課題をとりまとめる。

2. 研究の目的

本研究では我が国を含む主要国における電気事業体制を調査し、ガバナンス指標の構築を行う。さらにガバナンス指標と電気事業のパフォーマンスの因果関係を解明し、我が国の最適な電気事業体制の提案を行うことを目的としている。

3. 研究の方法

ドイツ及び英国の電力需給調整政策、供給力確保政策を文献調査、海外現地調査により分析・比較することで、我が国において 2020 年の発送電分離に合わせて導入されるリアルタイム市場、今後設立が検討されている容量市場のあり方を検討した。

4. 研究成果

(1) 主な研究成果

本研究では、ガバナンス指標として、財政的抑制、長期的供給力確保、需給調整の3つの大項目から整理を行った。(図表 1 参照) 自由化した電力市場の中でどのように、財政的に抑えつつ、需給調整においてコントロール可能なものにするか、またこれにより生ずるデメリットをどのように克服していくかがガバナンス上の課題となっている。このため諸外国では様々な政策をその国独自の重

点をつけて試行している。

< 財政的抑制 > 再生可能エネルギーの導入では FIT(Feed-in-tariff: 固定費買い取り制度)、CFD-FIT(差額精算型固定費買い取り制度)、FIP(市場統合型プレミアム負荷制度)などがある。また発送電分離される送配電事業への規制とインセンティブはどのように付与されるべきかが指標となる。

- ・再生可能エネルギー買い取り政策
- ・送配電事業の規制とインセンティブ

< 長期的供給力確保 > 容量市場(容量市場、キャパシティ・リザーブ等)は我が国の事業体制からみて導入が望ましいか、また卸市場価格に過度な歪みを与えないか? が指標となる。

- ・容量市場
- ・長期電源固定価格買い取り

< 需給調整 > 急増する再生可能エネルギーを送配電グリッドの中でコントロールし、需給を合わせるには、いくつかの方式(指標)の組み合わせで、どの方法に優先順位を置くことが望ましいか?

- ・電源構成と運転における柔軟性
- ・リアルタイム市場
- ・再生可能エネルギーの出力制御の順
- ・連系線を介した周波数調達
- ・送電系統増強方式
- ・送電混雑管理方式
- ・インバランス料金
- ・Demand Response

図表1 再生可能エネルギー政策のセクターのガバナンス比較 (日英独)

		日本	英国	ドイツ
財政的抑制	再生可能エネルギー買い取り政策	FIT (市場に連動させる方向で計画中)、入札制度へ移行を検討	FIT、RO、CFD-FIT (*)CFD-FIT に統合の方向	FITからFIP (*) (ダイレクトマーケティング)さらに2017年に入札制度に移行の方向
	送配電事業の規制とインセンティブ付与	x N/A	RIO	レベニューキャップ
需給調整	電源構成と運転における柔軟性	x 揚水・貯水池付水力発電 ・ コージェネ・CCGT、バイオマス	CCGTで調整を行うが新設が増えない	・ 原子力、揚水・貯水池付水力発電 ・ コージェネ・CCGT・バイオマス
	再給電	x 実需給直前にあるが多くない	あまりなし	2日前、1日前、実需給と大きく3つのフェーズで実施
	リアルタイム市場 (需給調整市場)	x 2020年以降導入予定	NG (送電会社) が運営、上げ代のみ	4大TSOがそれぞれ運営上げ代、下げ代も市場商品としてある。4大TSOが連携し、1次、2次、3次予備力市場を形成、調達、周辺国へも拡大
	再生可能エネルギー(太陽光、風力)の送電系統増強方式)出力抑制の順	最後尾、出力抑制は導体によって補償される。	全電源平等	・ 最後尾 ・ 出力抑制は原則として補償される。
	送電系統増強方式	Deep	Super-Shallow	Shallow
	送電混雑管理	x 明示的には導入していない	Market Coupling のみ Market Split はこれから	Market Coupling のみ Market Split はこれから
	連系線を介した周波数調整	短周期需給変動に対して連系線を介して2次予備力の調整を行う。	N/A	上記
	インバランス料金	x ペナルティ価格から当面は、スポット市場と時間前市場の加重平均を採用	現在、デュアルプライスを採用しているが、2015年11月からシングルプライスに変更。インバランス料金は上げる方向 (Energy Market Priceで投資促進)	現在シングルプライスを採用しているがデュアルプライス採用を検討中 インバランス料金は上げる方向 (Energy Market Priceで投資促進)
	Demand Response	x 実証実験中	容量市場において実施するため、2016年より大規模なデモ入札を行う	予備力市場に既参入
	長期的供給力確保	容量市場	x 本格的な検討はこれから	2014年12月に第一回オークションを実施 (2018/2019運用分) 毎年4年先の運用
長期電源固定価格買い取り		明示的にはなし	CFD-FIT	x なし
現状における課題	・ これから完全自由化を迎えるため、起きうる問題を予想できないことが問題。 ・ リアルタイム市場、容量市場の導入が検討中であるが、広域機間の役割などを含め、検討事項が多い	・ 卸市場価格が設備投資形成のシグナルとなっていない。 ・ 需要調整市場が透明 ・ 容量市場の発展的解消 ・ CFD-FITのStrike priceの設定 ・ スコットランド - イングランド間の送電線の建設	・ 卸市場価格が設備投資形成のシグナルとなっていない ・ 北部・南部の送電線の建設 ・ 需要調整市場の周辺国への拡大	

注1: 最重点政策 重点政策 他国並み x未導入・検討中

注2: RO (英) = Renewable Obligation NG (英) = National Grid TSO (独) = Transmission System Operator FIP (独) = Feed-in-Premium RIO = Revenue set to deliver strong Incentive, Innovation and Output CCGT = Combined Cycle Gas Turbin

注3: Madrigal and Stoff (2012)により送電線の増強に関する費用分担方式を類型化したもの Super-Shallow 方式は電力系統拡張費用 + 増強費用は送配電会社が負担、再生可能エネルギー事業者は発電設備と電源線のみ負担

出所: 京都大学 長山浩章 2015年9月現地調査を受けて作成

(2) 研究成果を受けた我が国電気事業への提案

我が国において、2016年4月から導入されるインバランス精算価格は、2020年以降にリアルタイム市場が創設されるまでは、スポット市場価格と1時間前市場価格の30分ごとの加重平均値に（系統全体の需給状況に応じた調整項）を乗じ、これに（各地域ごとの需給調整コストの水準益を反映する調整項）を加えたもので、当面は開始され、状況によって改変されていく。

我が国の制度設計において、ドイツ及び英国における経験を考慮した我が国における課題は、次の3点である。

① 予備力の商品としての定義づけと予備力市場の形成への発展

我が国においても2020年以降リアルタイム市場が形成されるが、2016年年初時点では安定供給力確保に向けた調整力電源の定義と位置づけ、費用精算のルール作りを検討している段階である。

東京電力は先行して需給調整で用いる電源を確保するために周波数調整機能を具備した既存オンライン電源すべてを同社が活用できるように発電・小売り事業者と契約協議を実施中（平成27年12月：東京電力株式会社：於：調整力等に関する委員会）であるが、こうした動きが、制度化されずとも、コストメリットの観点から送配電会社間で、自発的に形成され広域化していく可能性は高い。小売事業者が契約する契約する電源も送配電会社が調整力として活用するには、商品定義から始める必要がある。

② 広域での協調と再給電:

広域での潮流制御や透明性を持った再給電システムの確立のためには、わが国の政府・広域機関には、欧州における CORESO や TSC のような広域融通のための多様な方策を、関連 TSO と協議する体制をより強化することが望まれる。欧州では再給電を前述の機関が TSO と連携して行っているが、日本では日本全国の連系線を監視している広域機関がその役割を一括して担う方が全体最適が図れるのではないかと。しかしこのためには電気事業法のもう一段の改正が必要になる。現行の電気事業法では、第26条に「電気事業者がその供給する電気の電圧及び周波数の値を維持提供する義務がある」とあるため、例えばある地域で、再生エネが供給過剰となったとしても、エリア外に送電するように広域機関が指示するのは、この条項に反することになる。従い、現行の法制度では、広域機関の主導の全国大での周波数調整はできない。

2016年4月から広域融通の仕組みでは連系線を通るかどうかの可否判定は広域機関が行い、「否」の場合、どうするかが明らかでないが、混雑処理として、広域機関がメリットオーダーリストに基づき、再給電を実施（電源に指令まで実施）するのが理想である。

もしくは広域機関が TSO に再給電量を指示し、それに基づいて、TSO がエリア内の調整電源をメリットオーダーで動かすところから始めるべきではないか。そのためには一般送配電事業者が、調整力電源のコスト構造を把握する仕組みも必要になる。（図表2参照）

③ 英国型集中管理型容量市場オークション方式の我が国へ導入可能性

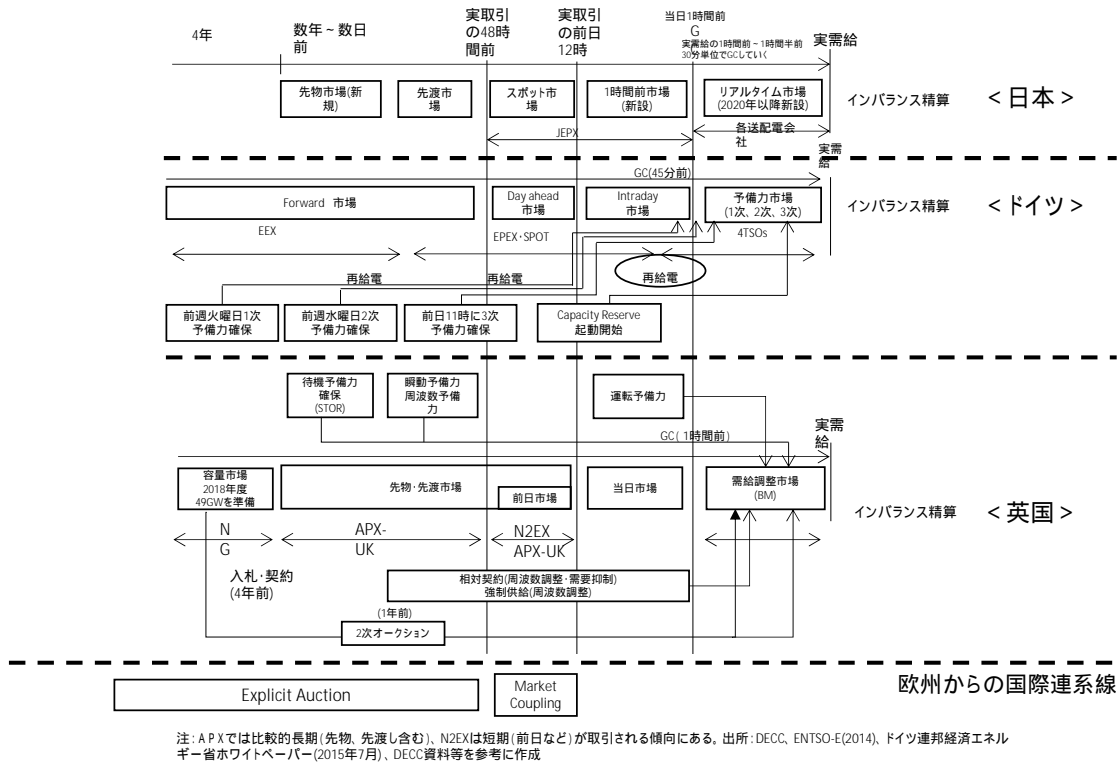
英国では天然ガス火力（CCGT）を調整電源として導入したいことが前提のため、需要曲線の Net Cone の計算には CCGT を使用しているが、我が国の場合、今後導入すべき電源への絞りこみができていないため、容量市場需要曲線を導出するのが困難である。また目標落札量により、事業者の入札行動も変わるため、需要曲線の設定が難しい。これは需要曲線の形状（上に凸か下に凸か）の研究によって、事業者の入札行動もある程度コントロールできる。このほか、相対契約で容量を確保している小売業者も容量コストの支払いをしなければいけないことや、入札時に差別化しても、既存の償却が進んだ電源に対しても新規電源と同じ KW 単価が支払われるなど制度上の問題点も指摘されている。

(3) 今後我が国における環境変化と今後のシナリオと電力事業者の事業戦略

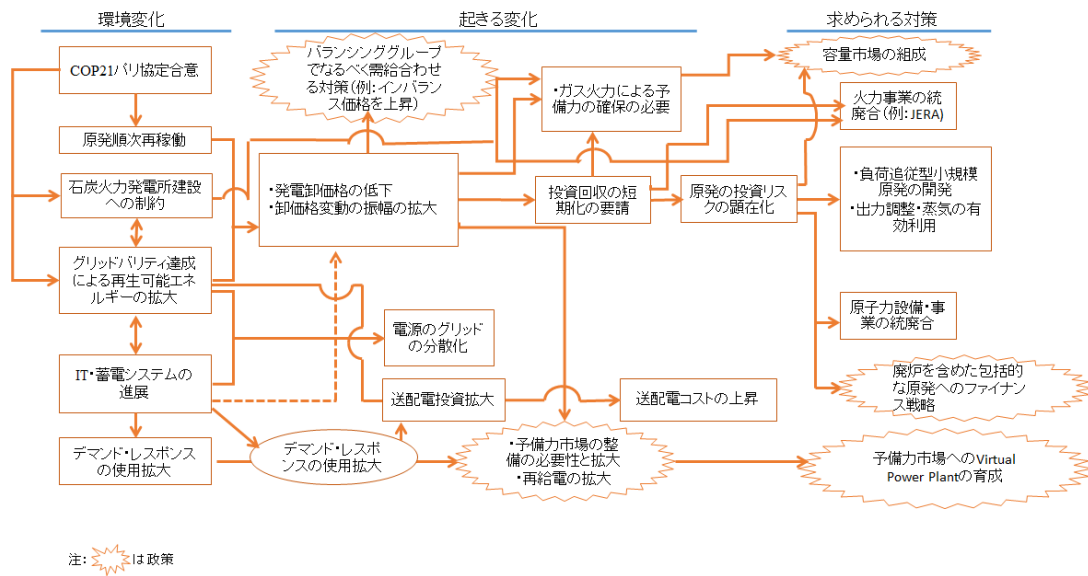
今後我が国における環境変化と今後のシナリオは図表3にある通り、我が国においても再生可能エネルギーではグリッドバリティ達成により、その容量は拡大し、同時同量達成が難しくなってくる。他方、再生可能エネルギーの導入量増加や、原発の順次再稼働により発電卸価格が低下傾向に向うことは否めないであろう。IT・蓄電システムの進展により、デマンド・レスポンスの使用が拡大することは同時同量にとっては好材料である。電源のグリッドの分散化もすすむであろう。再生可能エネルギーの導入量増加による発電卸価格の低下は火力調整電源のバランシンググループでなるべく需給を合わせる対策（例：インバランス価格を上昇）がとられることになる。他方投資回収の短期化の要請から火力による稼働予備力の確保の必要から火力事業の統廃合（例：JERA）がすすみ、原発の投資リスクの顕在化から負荷追従型小規模原発の開発、出力調整・蒸気の有効利用が求められることになる。

容量市場も、こうした自由化された市場のなかで、投資へのシグナルというよりも、既存原発や火力発電に対する選別と残ったものへのファイナンスの支援という点から一定の役割を果たすことになるだろう。

英独においては、上記環境変化の中で、発電事業者の中には、その収入を卸市場、予備力市場、容量市場からバランス良く得ている発電事業者も存在する。我が国においても、卸市場、予備力市場（需給調整市場）、容量市場と市場の厚みが増していく中で、電力市場・政策のこうした動きの中から、事業者収入の多角化をめざすべきである。



図表2 日本とドイツ、英国の市場運営比較



図表3 我が国における電力事業を取り巻く環境変化を求められる政策・対策

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計11件)

すべて単独の研究代表者 長山浩章

「競争的市場における供給力確保と需給調整安定化のための方策」電気評論、査読有、pp25-34 2016年4月号

「英独のインバランス設計から日本は何を学ぶか」エネルギーフォーラム、査読有、pp68-69、2016年4月号

- ③「英国の容量市場設計の経験から日本は何を学ぶか」エネルギーフォーラム、査読有、pp80-81、2016年3月号

「ドイツの経験から日本は何を学ぶか」エネルギーフォーラム、査読有、pp68-69、2016年2月号

「再エネ拡大に対応するドイツの予備力市場」エネルギーフォーラム、査読有、pp72-73、2016年1月号

「英国における原子力発電へのファイナンス」福島大学商学論集 84巻、pp67-90、2016年(査読有)

「英国における信託を使った原子力発電廃炉スキームと我が国への教訓」信託研究奨励金論集 37号 2016年

「英国における電力自由化と原子力 - 我が国への教訓 - 」開発技術 Vol21, pp35-68, 2015(査読有)

「我が国及び韓国電気事業の効率性の分析と送配電事業統合の効果に関する分析」開発技術 Volume 20 2014年, pp1-15 開発技術(査読有)

「電気事業再編 - 国際比較からのアプローチ」産業学会研究年報第29号 2014年3月, pp13-pp33(査読有)

「原発廃炉は政府主導で」経済教室 日本経済新聞社 2014年6月27日

[図書](計1件)

長山浩章、他 「再生可能エネルギー開発・運用にかかわる法規と実務ハンドブック」(2016年) 編集代表: NPO 法人再エネ事業を推進する法律実務の会政策編 3-2、発送電担当、出版(株)エヌ・ティー・エス

[産業財産権]
出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長山 浩章 (Hiroaki Nagayama) 京都大学 国際交流推進機構 教授

研究者番号: 90446617

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: