



RIETI Policy Discussion Paper Series 18-P-002

スウェーデンにおける地点別送電料金

熊谷 礼子
帝塚山大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

スウェーデンにおける地点別送電料金¹

熊谷礼子（帝塚山大学）

要 旨

本稿は 2017 年 3 月にスウェーデンの送電事業者（TSO）である Svenska Kraftnat を訪問して得た知見を基に、スウェーデンにおける送電料金について整理し、我が国の送電料金制度設計への示唆を得ることを目的としている。

スウェーデンでは地点別送電料金を導入している。発電事業者の送電線への電力注入、需要家の送電線からの電力の引き出しによる追加的送電コストは発電事業者や需要家の立地によって異なる。地点別送電料金はこの立地によるコストの違いを反映することによって、発電事業者と需要家の効率的な立地を促すことを目的としている。追加的送電コストのうち長期の限界費用にあたるインフラコストにかかる部分は全体の 7 割を占め、容量ベースで課金される。一方、短期の限界費用にあたる送電ロスにかかる部分は全体の 3 割を占め、従量課金される。地点別料金の係数が負になる地点もある。インフラコストのうち支線にかかる部分は地点によらない基本料金で回収する。また、幹線にかかる費用のうち長期の限界費用で賄いきれない部分も地点によらない基本料金で回収している。結果的に容量ベースの料金は地点によって変動する部分が 16%、地点によらない部分が 84%になっている。

キーワード：地点別送電料金、インフラコスト、送電ロス

JEL classification: L11, L12, L94

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「電力システム改革における市場と政策の研究」の成果の一部である。また、本稿の原案に対して、経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

1. はじめに

本稿は 2017 年 3 月に RIETI の欧州調査団の一員としてスウェーデンの送電事業者 (TSO) である Svenska kraftnat を訪問して得た知見を基に¹、スウェーデンにおける地点別送電料金について整理し、我が国の送電料金制度設計への示唆を得ることを目的としている。調査団は 2017 年 3 月 3 日から 3 月 7 日にかけて、Svenska kraftnat と同時に CORESO (coordination of electricity system operators) ・ベルギーの TSO である Elia ・ENTSO - E (european network of transmission system operators for electricity) ・ドイツの規制機関である連邦ネットワーク庁 BenetzA を訪問した。本稿は其中で、Svenska kraftnat で得られたスウェーデンの送電料金に関してまとめたものである。

1992 年スウェーデンで電気事業の再編が始まり、垂直統合体制で電力を供給していた国家電力庁 (Vattenfall) が 100% 国有企業になるときに、所有権分離し国有送電系統運用会社として設立されたのが Svenska kraftnat である。Svenska kraftnat は、TSO としてスウェーデンの電力系統システムが現在と将来にわたって、安全で、環境にやさしく、効率的なものになるよう責任を担っている。

スウェーデンが送電料金に地点別料金を導入しているのは、効率的系統運用を目指すためである。発電事業者の送電線への電力注入、需要家の送電線からの電力の引き出しによる追加的送電コストは発電事業者や需要家の立地によって異なる。地点別送電料金はこの立地によるコストの違いを送電料金に反映することによって、発電事業者と需要家の効率的な立地を促すことを目的としている。本稿ではスウェーデンにおける地点別送電料金がどのような形で導入されているのか詳細を紹介する。

2. スウェーデンの電力市場概要

¹ RIETI の欧州調査団のメンバーは八田達夫・東愛子・池田真介・熊谷礼子および青柳あさ子である。

スウェーデンの電源構成

スウェーデンは豊かな水力資源を持つ一方、化石燃料資源には乏しい。図1の通り、主要な電源は水力と原子力で、2015年は水力が47%、原子力が34%を占めている。水力は主に北部に立地し、原子力は南部に立地している。需要は南部に集中しているため電力は北から南へ流れている。また、スウェーデンのエネルギー気候変動政策（2009年）では、水力・原子力に続く第3の柱として、コージェネや風力その他の再生可能エネルギーのシェア拡大で電源の多様化による安定供給の確保を目指しており、近年では風力発電が伸びて2015年で11%を占めている。

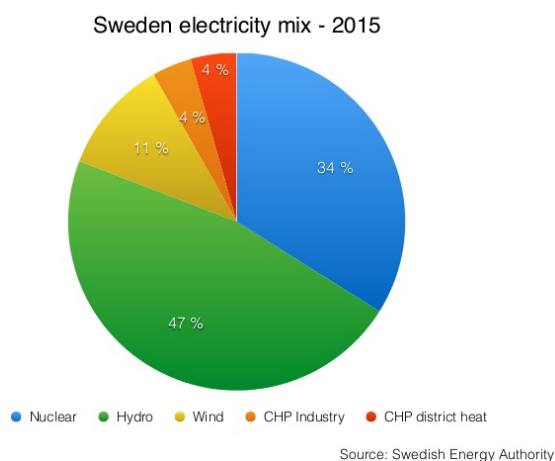


図1：スウェーデンの電源構成（2015年） 出典：Sweden Energy Authority

スウェーデンの電力自由化

スウェーデンでは自由化以前は国家電力庁（Vattenfall）が垂直統合で電力供給を行っていた。1992年にVattenfallは100%国有企業になり、送電系統は所有分離され、国有送電系統運用会社 Svenska kraftnat が設立された。これにより発送電の分離（アンバンドリング）が行われた。続いて1996年に電気法の改正が行われ、送配電系統の第三者の利用が可能になり、小売りの完全自由化が導入された。また同年、ノルウェーとスウェーデンの共同運営の国際電力取引市場であるノルドプールが設立された。現在では、スウェーデン、ノルウェーに加え、フィンランド、デンマークがノルドプールに参加している。

北欧諸国はその地域特性から国によって電源構成に特徴がある。ノルウェー、スウェーデンでは水力、フィンランドでは原子力・火力、デンマークでは火力・風力が主力である。

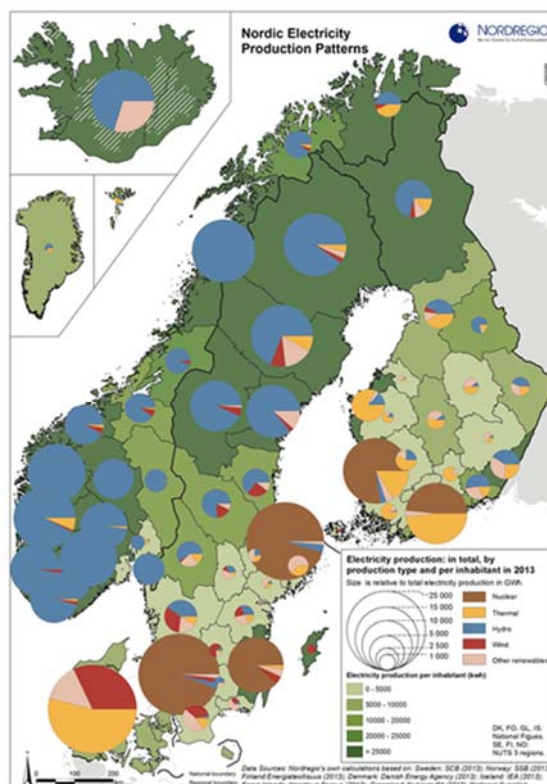


図 2： 北欧諸国の電源構成（2013 年） 出典：Nordregio web site [5]

図 3 は自由化後のスウェーデンの電力市場を表している。発電部門は Vattenfall 社、E.ON スウェーデン社、Fortum 社の三大電力会社とその他発電事業者があり、卸売市場のノルドプールでシステム価格が決まる。送電は TSO である Svenska kraftnat が独占的に行い、配電部門には三大電力会社に加え、その他民間事業者、地方自治体営の小規模な事業者など約 180 の事業者がある。

ノルドプールでは、域内に混雑が生じていないときには、卸売電力価格は域内統一価格（システム価格）になる。実際には連系線に混雑が発生する可能性があり、混雑の発生を想定して各 TSO 管内をゾーン分けしている。混雑が発生した時にはそのゾーンをノルドプールから分離し、分離したゾーンではゾーン内の需給で電力価格が決定される。分離さ

れたゾーンの価格とシステム価格の差は混雑を解消するインセンティブにつながる。分離されたゾーンの需要が大きく混雑が発生したならば、そのゾーン内の電力価格は高くなり、ゾーン内の需要を抑制し発電を促進するからである。

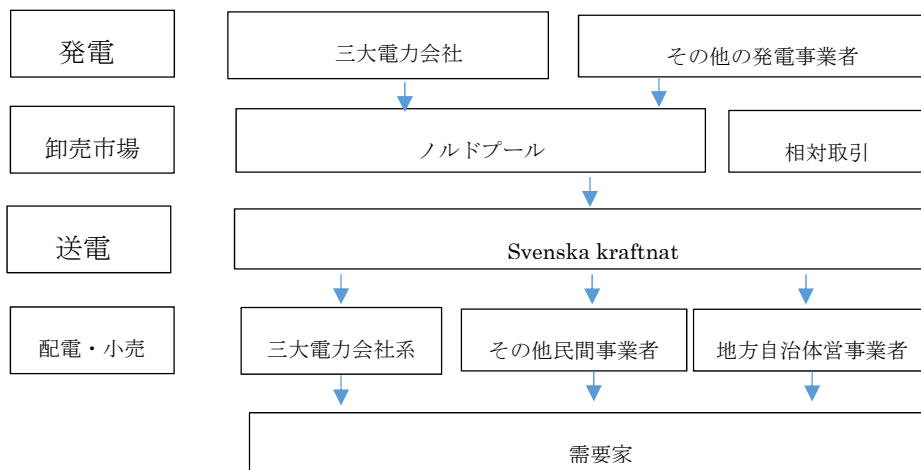


図3：スウェーデンの電力市場

スウェーデンはもともと一つのゾーンであったが、ボトルネックがあったために4つのゾーンに分けられた。北からSE1、SE2、SE3、SE4の4つのゾーンである。ゾーンをまたぐ地域連系線がボトルネックになる。スウェーデンではゾーンの見直しを行っていない。ノルウェーではゾーンのボーダーを変化させているが、ゾーンの変更は発電事業者や需要家にとって将来予測が不可能になるため市場参加者に不利になる可能性がある。

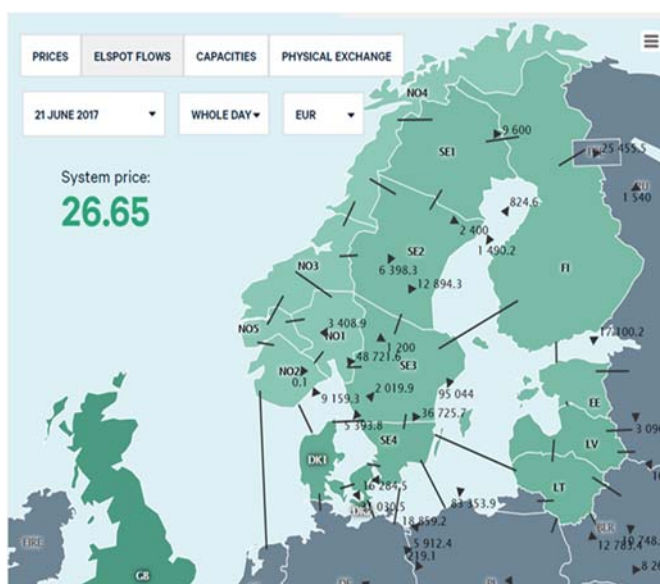


図4：ノルドプールのゾーン (bidding area) 出典：nord pool web site [6]

3. 地点別送電料金

EUにおける地点別料金の採用

Acer (The Agency for the Cooperation of Energy Regulators)はインフラコストを反映した地点別料金を発電の効率的立地を促すために使うことを支持しているが、現状、欧州ではスウェーデンの他に、英国アイルランド、北アイルランド、ノルウェーおよびルーマニアの6か国でのみ地点別送電料金が採用されている。図5からわかるように地点別送電料金の係数は英国、ノルウェー、スウェーデンで傾斜が大きく、ノルウェーとスウェーデンでは負の値も取りうる。

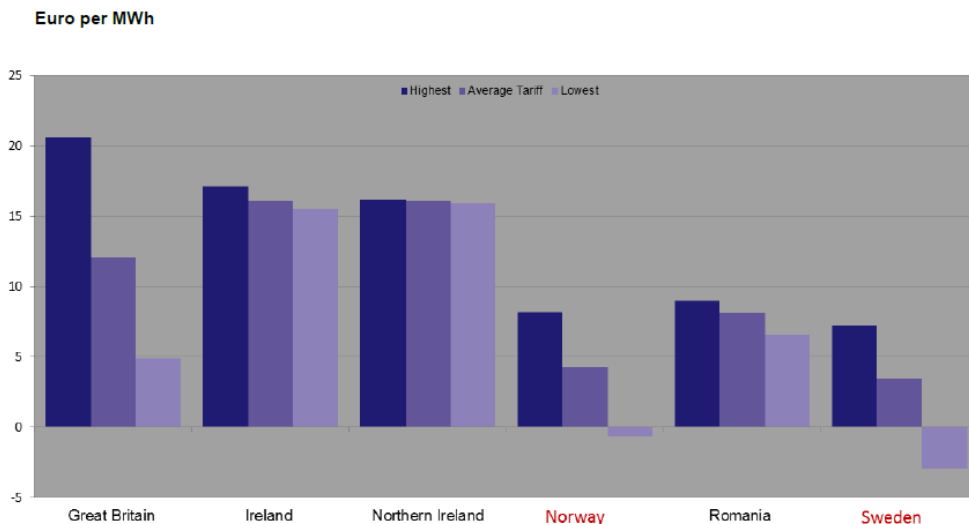


図5：地点別送電料金の傾き（発電側＋需要家側）出典：SvK 提供資料

地点別料金の目的・短期の限界費用と長期の限界費用

地点別送電料金の目的は、立地による送電コストの違いを反映させた送電料金により、発電事業者や需要家に効率的な立地を促すことにある。立地による送電コストには短期の限界費用すなわち送電ロスと長期の限界費用すなわちインフラコスト（資本コスト＋運営費）がある。スウェーデンでは、送電ロスを従量料金のエネルギー料金（energy charge）で、インフラコストの部分を固定料金の容量料金（capacity charge, power

charge) で、発電側、需要家側双方から徴収することによって発電事業者や需要家に価格シグナルを送っている。

ただし、インフラコストの総額は長期の限界費用の総額ではまかないきれないので、まかないきれない部分は地点によらず均一の容量料金で徴収している。

結果、顧客の支払う送電料金には地点別の部分と地点によらない部分の両方がある。送電料金全体の発電側・需要家側の負担割合は 2014 年で 39 : 61 (発電事業者 : 需要家側) であった。

顧客の総支払額のうち地点別料金の支払額の 70%は容量料金すなわちインフラコストにかかる部分で 30%がエネルギー料金すなわち送電ロスにかかる部分である。

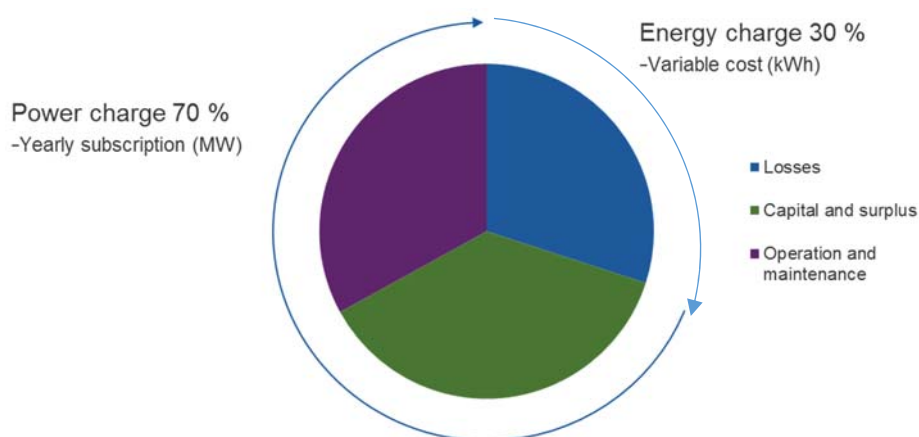


図 5 : 容量料金とエネルギー料金の地点別料金 出典 : SvK 提供資料

地点別料金は電源の種類や、新規建設か既存の電源かにかかわらず、地点ごとに決まっている。

エネルギー料金

系統運用事業者 (TSO) である Svenska kraftnat は、送電ロスに相当する電力をノルドプールから調達し需給バランスの維持をはかっている。

発電事業者（需要家）が追加で1 MWhを接続ポイントに注入（引き出し）したとき、送電網全体の送電ロスにあたる影響をはかって計算されるロス係数に補正係数、送電ロス補償価格と注入（引き出し）電力量を掛け合わせたものがエネルギー料金になる。

送電ロス係数は150か所の接続ポイントごとに決まっており、2017年は-5から7の値である。同一の接続ポイントにおける電力注入と引き出しの送電ロス率の絶対値は等しい。送電ロス係数は毎年見直しを行っている。送電ロス係数が正であるときは、その接続ポイントでの電力注入によって送電網全体の送電ロスが増加している。送電ロス係数がマイナスの時には、その接続ポイントでの電力注入に対して支払いを受けることになる。



図5：エネルギー料金の送電ロス係数 出典：SvK 提供資料

容量料金

容量料金はインフラコストすなわち運用コスト、保守コスト、投資のための資本コストをカバーする。年間容量に応じて設定される年間固定料金である。スウェーデンでは発電事業者や需要家の効率的な立地を促すため、容量料金にもインフラコストの限界費用を反映した地点別料金を取り入れている。

スウェーデンでは主に北部に電源が立地し、消費は南部で行われている。そのため、容量料金は、緯度によって決まる線形の地点別料金をとり入れており、電力を注入（引き出し）するときの容量料金は北部で最も高く（低く）、南に向かって直線的に低下（上昇）する。

地点別の長期限界費用のシグナルとなる容量料金の傾きはシミュレーションに基づいて決められている。



図6：容量料金の傾き（発電側、需要家側） 出典：SvK 提供資料

この傾きは毎年変更を行っているわけではない。より長期のシミュレーションに基づいて傾きを算出している。傾きを見直すにあたっては、①追加的な注入や引き出しが基幹系

統の流れを増加させるか減少させるか②その基幹系統の流れの変化のコストへの影響はどの程度かをシミュレートしている。

スウェーデンには4つのゾーン (bidding area) があり、そのエリア間の連系線を cut と呼んでいるが、ここがボトルネックになっている。そこで、スウェーデン各地の8つの接続ポイントへの電力の追加的注入 (引き出し) がボトルネックとなる3箇所の cut に与える効果をシミュレートしている。シミュレーションの結果、長期の限界費用は緯度に対して完全に線形になるわけではないことがわかる。しかし現実の運用上、緯度による効果が一定になるように線形近似している。

図7は電力注入が基幹系統に与える効果をシミュレーションし、それを線形近似したものである。電力注入については緯度 57 度るときをゼロとして、緯度が高くなるほど係数は高くなっている。緯度が 57 度より低いときには係数は負になり、支払いを受けることになる。線形近似して得られた係数は $0.025\text{MW}/\text{MW} \cdot \text{緯度}$ であるが、ここからさらに混雑収入を調整して、 $0.022\text{MW}/\text{MW} \cdot \text{緯度}$ に調整している。混雑収入はノルドプールのシステム価格と混雑が発生して分離されたゾーンの価格差が TSO の収入になったものであるが、これはインフラコストにあてられるので、顧客から2重にとらないために調整をしている。

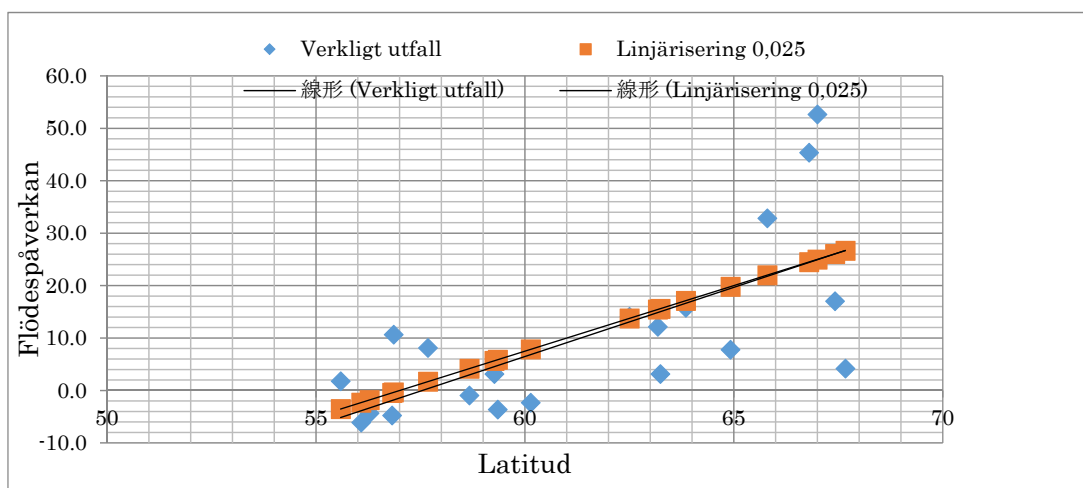


図7：緯度に対する容量料金の傾きのシミュレーション（発電側） 出典：SvK 提供資料

図8は電力引き出しのシミュレーションで、緯度67度をゼロとして緯度が低くなるほど係数は高くなっている。緯度が67度より高ければ係数は負になり支払いを受けることになる。こちらも線形近似して得られた係数は $0.035\text{MW}/\text{MW}\cdot\text{緯度}$ であるが、ここからさらに混雑収入を調整して、 $0.030\text{MW}/\text{MW}\cdot\text{緯度}$ に調整している。

電力価格の決定で、ゾーンが混雑によりノルドプールから切り離されて、電力の価格差が生じるとき、この価格差は混雑を解消するようなインセンティブを発電側、需要側に与えることになる。しかし、この価格差だけでは十分なシグナルにならないため、地点別送電料金が必要になる。というのも、スウェーデンのTSOは混雑を解消するような投資をすることが義務付けられているので、混雑する連系線に投資しなくてはならない。その結果、実際にはゾーンの分離は頻繁にはおこらず、長期の限界費用の十分なシグナルにはならない。そこで地点別送電料金でシグナルを送ることが必要になるのである。

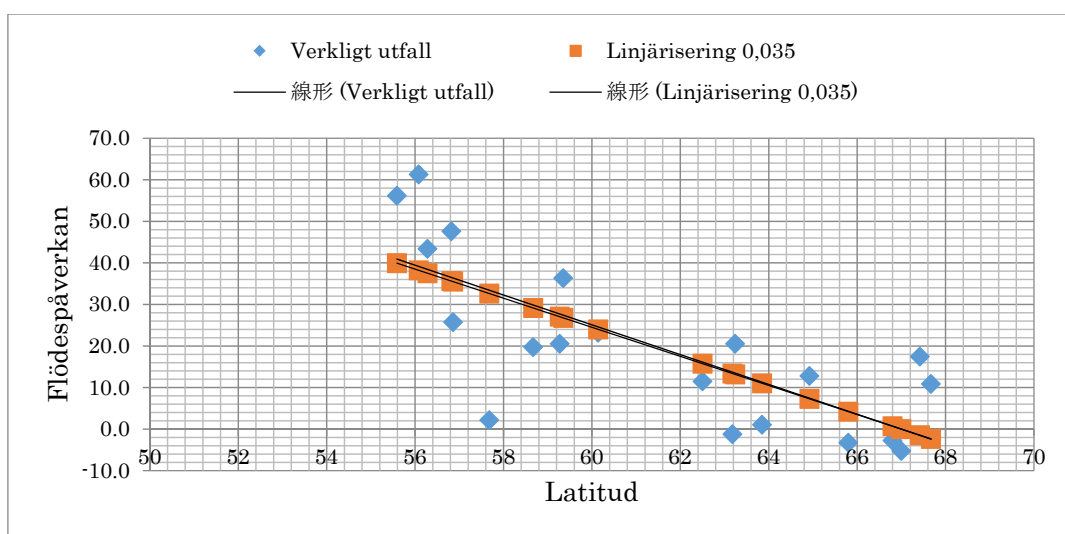


図8：緯度に対する容量料金の傾きのシミュレーション（需要側） 出典：SvK 提供資料

容量料金の地点別料金は、長期の限界費用に相当する。この長期の限界費用を足しあげても幹線のインフラコストのすべてを賄うことはできない。そこで、まかないきれなかった部分は地点に関係なく均一の容量料金で徴収する。さらに立地点に関係ないコストである支線のインフラコストも均一の容量料金で徴収する。その結果、最終的な容量料金は、地点別の部分が負であっても結果的にどの地点でも正になっている。計算によると最終的に容量料金のうち地点による部分は16%、地点によらない部分が84%であった。

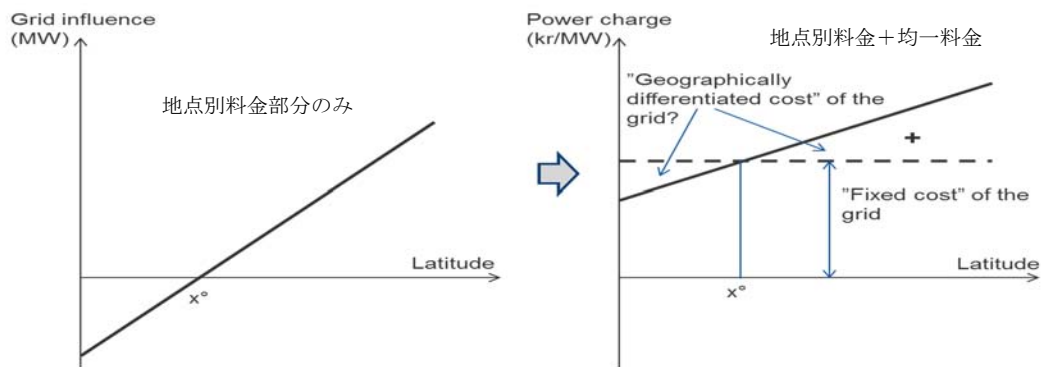


図9：容量料金 出典：SvK 提供資料

4. さいごに

以上、スウェーデンの送電料金でどのように地点別送電料金が入り込んでいるかを見てきた。まとめると、以下ようになる。

- スウェーデンは南北に細長い国で、電源が北部に、消費が南部に集中していることから電力の流れは北から南へ電力が流れている。そこで、効率的な電源、需要家の立地を促すことを目的に、発電事業者、需要家の双方に地点別送電料金が導入されている。
- 送電料金は、年間の最大使用量に対してかかる容量料金と実際の使用量に対してかかるエネルギー料金からなる。
- 容量料金は長期の限界費用すなわち追加の電力注入（引き出し）によって必要となる送電線の増強にかかる費用、エネルギー料金は短期の限界費用すなわち送電ロスについての価格シグナルとなっている。
- エネルギー料金の地点別の係数の絶対値は電力注入、引き出しで等しくなり、地点によっては負になることもあり、このときは支払いを受けることになる。
- 容量料金は地点別の料金に加え、地点別料金でまかないきれなかった幹線のインフラコストと支線のインフラコストが均一の料金として含まれ、最終的には正になる。

本稿ではスウェーデンの地点別送電料金について調査報告をしたが、地点別送電料金を採用している他の国では、スウェーデンと違った方式を導入している国もある。英国では容量料金に地点別料金を採用しているが、エネルギー料金には採用していない。容量料金については発電事業者、小売事業者それぞれにゾーンが設定され、ゾーンごとに料金が設定されている。

ノルウェーでは送電ロスについてエネルギー料金で発電事業者、小売事業者に地点別料金が採用されている。また容量料金についても小売事業者側に発電との近接性を評価する地点別料金が採用されている。

わが国では、現行、発電事業者に対して、近接性評価割引という制度を取り入れているが、これは一定の地域で発電された電気を対象に、送電ロスの低減にかかる部分を評価し、一定の割引を行う制度である。しかし、電源の適切な立地を考えると、送電ロスよりむしろインフラコストを削減するような電源立地を促す地点別送電料金がより重要である。また、発電側課金を導入し地点別料金を採用するにあたっては、スウェーデンのように緯度に線形のものではなく、実際の潮流に与える影響を考慮して、基幹変電所単位のゾーンとして料金設定を行うのが望ましいであろう。

このように、それぞれの国の電源構成や電力の流れの特徴などの要因、技術的な問題などで、地点別料金の採用の仕方が違う。わが国で送電料金に地点別料金を導入する際にも、わが国の実情に合った方式を検討することが必要である。

参考文献

[1] ENTSO-E (2017). *ENTSO-E Overview of Transmission Tariffs in Europe: Synthesis 2016*

https://www.entsoe.eu/Documents/MC%20documents/ENTSO-E_Transmission%20Tariffs%20Overview_Synthesis2016_UPDATED_Final.pdf#search=ENTSO%2DE%E3%80%81Overview%20of%20Transmission%20Tariffs%20in%20Europe

[2] IVA (2016). *Electricity production in Sweden*.

<https://www.iva.se/globalassets/201604-iva-vagvalel-elproduktion-english-c.pdf>

[3] 経済産業省（2016）平成28年度産業経済研究委託事業（託送料金制度を中心とする電力の送配電部門の重要課題に関する調査）－調査報告書－

http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000612.pdf

[4] 経済産業省（2016）平成27年度電源立地推進調整等事業（諸外国の託送制度に関する調査）報告書

http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000289.pdf

[5] Nordregio (2016) *Nordic Electricity Production Patterns*

<http://www.nordregio.se/en/Maps/05-Environment-and-energy/Nordic-Electricity-Production-Patterns1/>

[6] Nord Pool (2017年11月11日アクセス)

<http://www.nordpoolspot.com/TAS/Day-ahead-trading/Price-calculation/>