

2018年5月16日

株式会社インプレスR&D

<https://nextpublishing.jp/>

日本国内では知られていない海外の動向を紹介  
**「世界の再生可能エネルギーと電力システム 電力システム編」発行**  
詳細なデータを用い、日本と欧州・米国との違いと問題点を解説

インプレスグループで電子出版事業を手がける株式会社インプレス R&D は、『世界の再生可能エネルギーと電力システム 電力システム編』(著者:安田 陽)を発刊いたします。

**『世界の再生可能エネルギーと電力システム 電力システム編』**

<https://nextpublishing.jp/isbn/9784844398257>



著者:安田 陽(やすだ よう)

小売希望価格:電子書籍版 900 円(税別)／印刷書籍版 1,400 円(税別)

電子書籍版フォーマット:EPUB3／Kindle Format8

印刷書籍版仕様:A5 判／モノクロ／本文 130 ページ

ISBN:978-4-8443-9825-7

発行:インプレス R&D

**<< 発行主旨・内容紹介 >>**

3.11 以降、日本国内では再生可能エネルギーへの注目が高まり、導入も進んでいます。しかし、その歩みは遅く、導入目標も高くはありません。欧米や他の国々では「脱炭素革命」として、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーの本格的な導入が始まっていることと比較すると日本国内は特殊な状況にあります。

このシリーズでは、再生可能エネルギーと電力システムの状況、将来予測、コスト&便益、社会受容性と電力情報(停電やコスト、将来計画、データ公開と透明性)について、図表を豊富に用いて網羅的に比較分析していきます。再生可能エネルギーと電力システムをめぐる世界と日本国内の状況の違い、その状況の違いを生みだしている誤った認識とあるべき姿について、しっかりと科学的に論じていきます。

シリーズ 2 冊目の本書では、電力システムを紹介します。普段我々が当たり前のようにそのサービスを享受してい

る「電力システム＝電力系統」とは何か？、から始まり、日本は世界で一番停電が少ない国？、日本は国の西と東で周波数が50Hzと60Hzに分かれているが、それは世界で特殊なこと？、日本は小さな島国なのに電力会社がたくさんありすぎる？、海外の電力システムはどうなっている？ これらについて、日本・欧州・北米の世界の3つの地域の電力システムを比較しながら、できるだけ「外からの視点」で日本の電力システムを俯瞰的に紹介していきます。（本書は、次世代出版メソッド「NextPublishing」を使用し、出版されています。）

「第1章 電力システムの国際動向：意外と知らない世界の電力システム」より

**1.1 日本は小さな島国？**

日本は島国です。世界地図で見ると小さな極東の島です。World Data Bankのデータ[1]によると、日本の面積は36.4万km<sup>2</sup>です。

これを欧州や北米と比べてみましょう。欧州連合（EU28ヶ国）の面積423.8万km<sup>2</sup>や北米（アメリカ合衆国（米国）およびカナダ）の1,824万km<sup>2</sup>と比べると[1]、その違いは明らかです。日本を基準に比をとると、日本：欧州：北米の比率は1：12：50になります（図1-1-1参照）。日本は小さな島国です。

では、人口で比べてはどうでしょうか？ 同じくWorld Data Bankのデータ[2]によると、2016年の日本の人口が1.3億人に対して、欧州（EU）は5.1億人、北米（米国およびカナダ）は3.6億人なので、比率としては1：4：3となります。図に表すと、図1-1-2のような形になります。

**図1-1-1 日本、欧州、北米の国土比較**

**図1-1-2 日本、欧州、北米の人口比較**

**電力システムの規模で比較すると？**

さて、本書は電力システムに関してこれから論じていくので、国際比較を行う場合は面積や人口でなく、「電力システムの規模」で比較していきます。「電力の規模」を示す指標はいくつかありますが、例えばその国（地域）が一年間で消費する電力量（年間消費電力量）で比較してみましょう。

国際エネルギー機関（IEA）の統計データ[3]によると、2015年の日本の年間消費電力量は、963 TWh（テラワットアワー＝10億kWh）です。それに対し、欧州（ただしここでは統計データの揃いやすい経済協力開発機構（OECD）に加盟している25ヶ国）は3,136 TWh、北米（米国およびカナダ）は4,428 TWhと記録されています。比率でいうとおおよそ1：3：5となります。視覚的に図示すると、図1-1-3のようなイメージになります。

このように、日本は国土が狭い島国ながらも、他の大国や地域と、そこそこ比肩する電力の規模を持っていることがわかります。地球規模で考えると、日本という小さな島国一國で世界第3位（EUを一つの国と見なすと4番目）の電力量を消費する国なのです。本書では、この日本：欧州：北米＝1：3：5という「規模感」を常に念頭に置いて、話を進めることにします。

8 | 第1章 電力システムの国際動向：意外と知らない世界の電力システム | 9

「第1章 電力システムの国際動向：意外と知らない世界の電力システム」より

**同期エリアで日欧米を比較すると**

この「同期エリアでみる考え方」で世界を改めて眺めると、興味深い情報が浮かび上がってきます。

まず、日本の電力システムですが、11節の図1-1-4で表した日本全体の四角いボックスを、図1-3-1に示すように3つの同期エリアに分割することができます。各同期エリアは、そのエリアのピーク電力（2016年度）の大きさに比例した四角形で描かれています。また、各同期エリア間を結ぶ直流送電系統はその容量に比例した太さで描かれています（送電系統の容量は2016年の年間運用容量最大値を用い、順方向と逆方向で容量が異なる場合は大きい数値を記載しています）。

**図1-3-1 日本の3つの同期エリア**

60Hz地域の中西日本エリアは電力会社が6つもあるので、この同期エリアが日本で一番大きな電力システム、ということが出来ます。一方、50Hz地域の東日本エリアは電力会社がたった2つしかありませんが、そのうちの東京電力が結構大きいので、中西日本エリアとちよっと小さい程度の、ほぼ互角の大きさとなっています。それに比べ、北海道のエリアは単独で小さい同期エリアとなっていることがわかります。

同様に、図1-3-2および図1-3-3に示すように、欧州や北米も同期エリアに分割してみます。欧州は5つ、米国は4つの同期エリアに分かれています。

これらの国のエリアの面積や送電系統の太さの縮尺は、図1-3-1の日本のそれと統一しているので、3つの国を見比べると、それぞれの同期エリアの規模感がわかります。

例えば欧州の大陸エリアと米国の東部エリアは日本には見られない大きな規模を持つエリアで、その地域で突出して最大のエリアという点も似ています。日本の東日本エリアは欧州のグレートブリテン島エリアや北米のテキサスエリアとはほぼ同じ規模であることがわかります。また、北海道エリアと欧州のアイルランド島エリアもほぼ同じ規模です（面白いことに面積や人口、隣接エリアの送電系統容量も似ています）。

**図1-3-2 欧州の5つの同期エリア**

**図1-3-3 米国の4つの同期エリア**

8 | 第1章 電力システムの国際動向：意外と知らない世界の電力システム | 9

## 「第1章 電力システムの国際動向:意外と知らない世界の電力システム」より

### 1.4 日本には狭い国の中でたくさん電力会社がある？

現在の日本では、いわゆる「電力会社」と呼ばれている会社は10社あります。図1-4-1に日本の電力会社の供給区域を示します。  
 「日本は狭い国の中で10社も電力会社がある！」という意見もしばしば耳にしますが、これは実際、多いのでしょうか？少ないのでしょうか？日本だけみててもよくわからないので、やはり海外の状況と比較してみましょう。

32

### 制御エリアで日本を見ると

とはいえ、海外では「電力会社」という言葉は日本でイメージするものとはだいぶ異なるので(2.1節で詳述します)、本節ではいわゆる「電力会社」の管轄エリアではなく、1.2節で一觸だけ登場した**制御エリア**と比較検討することにします。制御エリアとは、ある会社や組織が電力の安定供給の責任を持つエリアのことで、日本では現在の電力会社の管轄エリアに相当します。日本の制御エリアの数は10個(他地域と送電線が繋がっていない小規模孤立系統の沖縄電力を除くと、9個)となります。日本について、前節で紹介した**同期エリア**と本章で解説する制御エリアの関係を図示すると、図1-4-2のようになります。この図では、各エリアの年間消費電力量(2016年度)の大きさに比例する形で正方形の面積が表されているので、各エリアの大きさを直感的に比較できるようになっています。

日本には以下のように同期エリアが3つあります(前節参照)。

1. 北海道エリア
2. 東日本エリア(東北+東京)
3. 中西日本エリア(中部+北陸+関西+中国+四国+九州)

なお、沖縄は本土と送電線が繋がっておらず、それ単体で孤立系統を構成しているため、本節の議論では省略しています。

同期エリア	制御エリア	2016年度消費電力量 (TWh)
北海道	北海道電力	67.7
東日本	東北電力	162.7
東日本	東京電力	627.9
中西日本	中部電力	140.7
中西日本	北陸電力	131.7
中西日本	関西電力	857.9
中西日本	中国電力	67.9
中西日本	四国電力	107.9
中西日本	九州電力	237.9
中西日本	沖縄電力	28.7

第1章 電力システムの国際動向:意外と知らない世界の電力システム | 33

## 「第3章 停電と電力の安定供給:停電は絶対起こってはならない？」より

### 3.1 日本は世界で一番停電が少ない？

日本の電力品質の良さを形容して「日本は世界で一番停電が少ない」あるいは「世界トップ水準を維持している」と言われることがしばしばあります。本節ではそれをデータとエビデンスで検証します。

#### 日本はやっぱり停電時間が短い！

停電が多いか少ないかの指標はいくつかありますが、よく使われているのが**需要家あたりの年間停電時間**です(日本の電力会社の呼び方としては「お客さまあたりの年間停電時間」。例えば日本では電気事業連合会が毎年データを公表しており、本執筆時点で最新の文獻[13]によると、2014年度および2015年度の日本の需要家あたりの年間停電時間はそれぞれ20分、21分でした。図3-1-1に日本の需要家あたりの年間停電時間の推移を示します。

66

この図を見ると、日本も1970年代までは年間停電時間が200分を超えることも多く、80年代後半以降は台風や震災などの自然災害の大きかった年を除き、30分前後の低いレベルを維持していることがわかります。また、電力会社各社も自社ウェブサイトで同様の指標を公表しているところがあり、筆者が調査した限りでは、中国電力と沖縄電力を除く8社でデータが得られます。図3-1-2に2016年度の各電力会社エリアでの需要家あたりの年間停電時間を示します。なお、横軸の数値を大きく取りすぎてグラフに空白が目立ちますが、それは後に示す欧州や米国のデータと比較するためです。

九州電力のみ2016年にたまたま台風の被害が多かったため他のエリアと比較して数値が上昇していますが、それは図3-1-1を見てもわかる通り、単年度のみの特異的なデータと見てよいでしょう。需要家あたりの年間停電時間が一桁台のエリアも多く、例えば年間5分ということは、停電率に直すと年間0.001%の発生率となります。日本の電気がどれだけ高い信頼度で送られてきているかがわかります。

図3-1-2 日本の各電力会社の需要家あたりの年間停電時間(2016年)

電力会社	年間平均年間停電時間 [分]
北海道電力	39
東北電力	24
東京電力	17
中部電力	5
北陸電力	5
関西電力	11.4
中国電力	18
四国電力	129
九州電力	75.4

#### 欧州では停電時間が短い国もあるが...

一方欧州では、欧州エネルギー規制者評議会(CEER)という機関が毎年1度、欧州各国の停電に関する統計データを公表しており、その中には需要家あたりの年間停電時間に相当する**SAIDI**(System Average Interruption Duration Index)という指標が使われています。現時点で

第3章 停電と電力の安定供給:停電は絶対起こってはならない? | 67

# 「第3章 停電と電力の安定供給: 停電は絶対起こってはならない?」より

## 3.2 停電を防ぐためには?

### 停電はなぜ起こる?

そもそも停電はなぜ起こるのでしょうか? どこでどのような原因で発生するのでしょうか? これもデータとエビデンスで見えていきましょう。

例えば、経済産業省が発行する「電気保安統計」[15]では毎年「電気事故」の件数を公表しています。ちなみに電気事故とは、電気事業者などが「電気関係報告規則」などの法令に基づき経済産業大臣もしくは所轄産業保安監督部長宛に報告する義務のある事故のことを指します。電気事故の中で、電気設備に何らかの供給支障がある事故は供給支障事故と呼ばれますが、発生設備別に統計データをまとめると、図3-2-1のようになります。

図3-2-1 設備別供給支障事故 (2016年度)

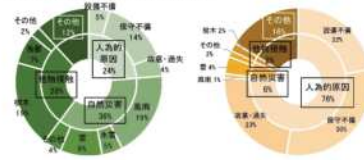


このグラフを一瞥して明らか通り、供給支障事故の実に約9割は配

電線、とりわけ架空配電線で発生していることがわかります。

また、図3-2-2には、需要家に最も近い設備である高圧配電線の事故原因別にデータを分類したグラフを示します。ここから、架空配電線の供給支障事故の主な原因は、雷や風雨、氷雪など自然災害によるものが36%を占め、統計データ上は自然災害にカウントされない樹木接触や鳥獣接触も合わせると、実に全体の3分の2を占めることがわかります。

図3-2-2 高圧配電線の供給支障事故原因 (2016年度)



なおここで注意しなければならないのは、電力システムのある部分に供給支障事故が発生したからといって、直ちに需要家(みなさんの家など)の停電に結びつくわけではない、ということです。一般に電力システムの上流は複数のルートで送電線や配電線が敷かれているため、ひとつの発電所や変電所などで事故があったとしても下流の需要家には影響を及ぼさないことが多いです。

特に都市部など人口密集地では配電線も街中に密に張り巡らされ、ループ化していることが多いため、仮に台風や雷などにより配電線が1ルート切れても、瞬時に別ルートに切り替えて送ることができるケースも多くあります。我々の多くが滅多に停電を経験しないように感じているのは、そのためです。

一方、郊外や山間部などの配電線の場合はループ化していない線路も多いため、ある1点で事故が発生して断線すると、それより下流の需要

## << 目次 >>

### はじめに

## 第1章 電力システムの国際動向: 意外と知らない世界の電力システム

- 1.1 日本は小さな島国?
- 1.2 一つの国の中で周波数が分かれているのは日本だけ?
- 1.3 日本に電力システムはいくつある?
- 1.4 日本には狭い国の中でたくさん電力会社がある?

## 第2章 電力自由化と発送電分離: 「電力会社」を再考する

- 2.1 「電力会社」は2020年になくなる?
- 2.2 海外にも「電力会社」はあるの?

## 第3章 停電と電力の安定供給: 停電は絶対起こってはならない?

- 3.1 日本は世界で一番停電が少ない?
- 3.2 停電を防ぐためには?
- 3.3 大停電(ブラックアウト)を防ぐには?

## 第4章 連系線と協調制御: スマートなグリッドとは?

- 4.1 連系線って何のため?
- 4.2 欧州は「メッシュ型」で日本は「くし型」?
- 4.3 真にスマートな電力システムとは?

おわりに(何のための国際比較か?)

参考資料

著者紹介

## << 著者紹介 >>

安田 陽(やすだ よう)

京都大学大学院 経済学研究科 特任教授

1989年3月、横浜国立大学工学部卒業。1994年3月、同大学大学院博士課程後期課程修了。博士(工学)。同年4月、関西大学工学部(現システム理工学部)助手。専任講師、助教授、准教授を経て、2016年9月よりエネルギー戦略研究所株式会社 取締役研究部長。京都大学大学院 経済学研究科 再生可能エネルギー経済学講座 特任教授。

現在の専門分野は風力発電の耐雷設計および系統連系問題。技術的問題だけでなく経済や政策を含めた学際的なアプローチによる問題解決を目指している。現在、日本風力エネルギー学会理事。IEA Wind Task25(風力発電大量導入)、IEC/TC88/MT24(風車耐雷)などの国際委員会メンバー。

主な著作として「世界の再生可能エネルギーと電力システム 風力発電編」、「送電線は行列のできるガラガラのそば屋さん?」、「再生可能エネルギーのメンテナンスとリスクマネジメント」(インプレス R&D)、「日本の知らない風力発電の実力」(オーム社)、翻訳書(共訳)として「洋上風力発電」(鹿島出版会)、「風力発電導入のための電力系統工学」(オーム社)など。

## <<販売ストア>>

電子書籍:

Amazon Kindle ストア、楽天 kobo イーブックストア、Apple iBookstore、紀伊國屋書店 Kinoppy、Google Play Store、honto 電子書籍ストア、Sony Reader Store、BookLive!、BOOK☆WALKER

印刷書籍:

Amazon.co.jp、三省堂書店オンデマンド、honto ネットストア、楽天ブックス

※ 各ストアでの販売は準備が整いしだい開始されます。

※ 全国の一般書店からもご注文いただけます。

## 【株式会社インプレス R&D】 <https://nextpublishing.jp/>

株式会社インプレスR&D(本社:東京都千代田区、代表取締役社長:井芹昌信)は、デジタルファーストの次世代型電子出版プラットフォーム「NextPublishing」を運営する企業です。また自らも、NextPublishing を使った「インターネット白書」の出版など IT 関連メディア事業を展開しています。

※NextPublishing は、インプレス R&D が開発した電子出版プラットフォーム(またはメソッド)の名称です。電子書籍と印刷書籍の同時制作、プリント・オンデマンド(POD)による品切れ解消などの伝統的出版の課題を解決しています。これにより、伝統的出版では経済的に困難な多品種少部数の出版を可能にし、優秀な個人や組織が持つ多様な知の流通を目指しています。

## 【インプレスグループ】 <https://www.impressholdings.com/>

株式会社インプレスホールディングス(本社:東京都千代田区、代表取締役:唐島夏生、証券コード:東証1部9479)を母体とするメディアグループ。「IT」「音楽」「デザイン」「山岳・自然」「モバイルサービス」を主要テーマに専門性の高いコンテンツ+サービスを提供するメディア事業を展開しています。

## 【お問い合わせ先】

株式会社インプレス R&D NextPublishing センター

TEL 03-6837-4820

電子メール: np-info@impress.co.jp