

# ニコラ⚡テスラ

その生きざまは私たちに問いかける

池田佳和 著

電気学会 社会連携委員会 編



電気学会

## はじめに

本書はニコラ・特斯拉という、電気技術に関心がある人にはある程度知られていますが、その他の人には技術に関心があってもあまり知られていない、素晴らしい人の物語です。特斯拉はトーマス・エジソンより9歳年下で、東ヨーロッパでセルビア人として生まれ、新大陸に移民として渡り国籍を得たアメリカ人です。日本ではエジソンほど有名ではありませんが、エジソンと同時代の偉大な発明家です。

特斯拉というと、電気自動車を思い浮かべる人が多いのではないのでしょうか。確かに特斯拉はアメリカの電気自動車メーカーの名前でもあります。でも、なぜ名前を特斯拉にしたのでしょうか。それは創業者たちがニコラ・特斯拉にあこがれていたからです。彼らはどのような特斯拉にあこがれていたのでしょうか。特斯拉のニックネームはいろいろあります。たとえば電気の魔法使い (Wizard of Electricity)、電気の天才 (Electrical Genius)、ビジョナリー (先見の明のある人; Visionary)、ドリーマー (夢を抱き追及する人; Dreamer)、ショウマン (Showman)、……。これらはみな才能豊かな特斯拉のことをよく表していると思います。皆、あこがれたくなるニックネームですね。

しかし不適切に思えるニックネームもあります。それは気が狂った科学者 (mad scientist)。このニックネームは特斯拉が死んだ後に、特斯拉の一面を不自然に誇張する形で登場してきました。特斯拉を正確に知ること、それは私たちにいろいろなことを教えてくれ、考えさせてくれます。

特斯拉は極めて魅力的な人物です。そして電気に係る多くの偉業を成し遂げました。20世紀を「電気の世紀」と呼ぶことがありますが、特斯拉はまさに電気の世紀を切り開いた人と言っても過言ではないでしょう。19世紀の終わりに特斯拉は実用的なモーター (交流方式の誘導モーター) を発明しました。この革新的なモーターの発明が特斯拉の最も大きな社会貢献と言えます。今日、モーターは家庭や工場などで機械を動かす力として広く使われており、私たちの生活に欠かせないものの多くはモーターで動いています。実は、世界中で使われる電気の約50%はモーターを回すために使われており、その中の多くのものが誘導

はじめに

モーターなのです。誘導モーターは数多いモーターの中でも力が強く、構造がシンプルで、メンテナンスが楽で、安価なモーターです。

19世紀の終わりころは、電気の事業家たちが電気の供給は直流が良いか交流が良いかで大論争をし、事業面でもまさに電流戦争と呼んでよい激しい競争をしていた時代でした。電流戦争は交流派の勝利で決着しますが、ここでもテスラは大きな貢献をします。

でも誘導モーターと交流電力システムは、テスラの前半生でしかありません。テスラの後半生は、ドリーマーでした。世界中の人がいつでもどこでも灯りを点けられ、電気エネルギーを使え、情報通信を思いのままにできる夢を実現しようとする半生でした。それを可能にするシステムを、テスラは「世界システム」と呼び、さまざまな試みをしたのです。

世界システムを追求する過程で、テスラは多くのものを生み出しています。テスラコイル、無線通信、ラジオ放送など、今も使われている技術がたくさんあります。非接触で電気エネルギーを伝える技術、たとえば置くだけでスマホを充電する、走っている自動車にワイヤレスで給電する、人工衛星で太陽光発電をして電気エネルギーをマイクロ波で地表に送る、羽根のない原動機(ブレードレス・タービン)を実現する、これらの実地への適用や研究開発は今盛んにおこなわれていますが、これらはテスラが精魂を込めて実現しようとした技術の延長線上にあると言ってよいと思います。

テスラを知れば知るほど、夢を持ちたくなります。夢の実現に努力したくなります。テスラの「世界システム」実現努力のどこが素晴らしく、どこに無理があったのかを知れば、今に生きるわたくしたちが夢の実現に努力するとき、何を考えなければならないかのヒントをたくさん得ることができます。

本書をお読みいただくうえで、留意いただきたい点をいくつか示します。

## (1) 本書の構成

本書は第1～5章(本文)がテスラ自身の物語です。解説セクションには、テスラの物語をよりよく理解いただくための説明を収録しました。本文ではニコラ・テスラが生まれてから死ぬまでの人となりと業績について詳述しました。それに続く解説セクションには17のトピックスが収録しており、主なテーマ毎にグルー

ブ分けしてあります。

テスラが生きた時代理解のために年表を示し、テスラと関係の深い電気技術の歴史も記述しました。電気には見えないことに伴う分かりにくさ・扱いにくさがあるので、誘導モーターを可能にした回転磁界等の個別事項の説明も加えました。テスラの技術は見方によってはインターネットやスマートフォンにもつながっています。現代社会に生かされている技術についての説明もくわえました。

## (2) 探究チャレンジ

本書には随所で十分記述しきれなかった点があります。それは筆者らの力不足のためもありますが、多くの読者に、たとえば夢をもって勉学にいそしんでいる若い人たちに、自分自身でもっと掘り下げて学んでほしいとの願いもあり、意図的にそのようにした面もあります。特に「解説セクション」のいくつかの節では、読者自身に考えたり調べたりしてほしい点を〈探究チャレンジ〉として明示しました。

また、本書は白黒印刷の書籍ですが、いくつかの図、たとえば三相交流の説明図はカラーの方がより理解しやすいと思います。電気学会社会連携委員会ウェブサイト、それらの図のカラー版電子ファイルを掲載しました。学校教育等で本書をお使いになる際に、ご活用ください。ご関心の向きは以下のURLをご覧ください。

<https://renkei.iee.jp/booklet/ippo#title8 tesla>

## (3) 用語

テスラの偉業の一つは交流電動機の発明です。電動機の英語は‘electric motor’で、電気で動かすことが自明なら単に‘motor’です。電動機は前者の訳語ですが、後者をどのように表記したらよいでしょうか。電をはずして「動機」では異なる意味になってしまいます。モーターもしくはモータと表記することになります。実は新聞記事や家電器具の取り扱い説明書ではモーター、学術論文であればモータなのです。事の当否は別にして、それが現実です。この点について電気学会社会連携委員会ウェブサイトに詳しい説明を掲載してありますので、ご関心の向きはご覧ください。URLは(2)と同一です。

# 目次

日本の読者の皆様へ	3
はじめに	5

## 第1章 光の子、新大陸へ

13

1.1 東ヨーロッパ生まれの天才児	13
テスラ幼少期の発明	16
語学の才能と物理学への興味	17
グラーツ工科大学で学習したグラムの機械	18
勉学の挫折と遊びへの傾倒	20
母の大胆な行動	21
プラハからブダペストへ	21
1.2 仕事を始めたテスラ	21
「ユーレカ」の時	23
ガンツ社での見聞	24
パリのエジソン会社に就職	25
シュトラスブルグでのモーターの試作	26
1.3 新大陸へ	27
エジソンとの出会い	29
エジソンの元から去る	31
理想を追い求めて	32
日雇い労働者になる	33

## 第2章 交流二大事業への貢献

35

2.1 二人のメンター	35
ブラウンとベックと進めた試行錯誤	38
熱磁気効果発電機	38
2.2 特許出願	39
ヨーロッパが先行した電気技術	39
交流モーターの試作と特許出願	41
コロンブスの卵	43
特許出願の対象	45
2.3 AIEE学術会議での講演	48
学術会議発表への根回し	48

講演の結果、モーターの新規性確認 .....	49
<b>2.4 事業家ウェスティングハウスと共に .....</b>	<b>50</b>
特許活用戦略の策定 .....	52
ジョージ・ウェスティングハウス .....	54
特許実施契約交渉 .....	55
ウェスティングハウス社の工場 .....	57
特許契約条項の破棄 .....	59
親友シゲッティとの別れ .....	59
<b>2.5 シカゴ万国博覧会の電気照明と交流技術 .....</b>	<b>60</b>
電流戦争(直流 vs. 交流) .....	60
ウェスティングハウス社の再建と発展 .....	62
シカゴ万国博覧会の開幕 .....	64
<b>2.6 ナイアガラ瀑布発電プロジェクト .....</b>	<b>65</b>
水力の利用計画 .....	66
アダムズをリーダーにして調査開始 .....	68
国際ナイアガラ委員会 .....	69
テスラがアダムズの技術顧問に .....	71
発電所はウェスティングハウス社、送電線はGEに .....	74
ナイアガラ発電所運転開始 .....	75

### 第3章 汲めども尽きない知恵の泉

77

<b>3.1 高周波・高電圧交流の研究へ .....</b>	<b>77</b>
パリ万博でヘルツの無線実験助手と話す .....	78
高電圧・大電流・高周波 .....	79
<b>3.2 テスラコイルの発明 .....</b>	<b>80</b>
ヘルツ実験の追試に成功 .....	80
テスラコイルの完成 .....	81
ネオン管の発明とデモ .....	82
新しい照明ランプの発明 .....	82
テスラコイルを使いスパーク放電のデモ .....	83
アメリカの市民権を得る .....	83
<b>3.3 コロンビア大学講演の大成功 .....</b>	<b>83</b>
テスラのショータイム .....	84
講演内容を一般新聞でも報道 .....	86
無線応用分野の研究開始 .....	86

<b>3.4 ヨーロッパ講演旅行と最愛の母の死</b>	<b>87</b>
ロンドンで歓迎を受ける	88
パリ講演で錦を飾る	90
母が住む故郷へ	91
ハンガリー・セルビア・ドイツを歴訪	92
<b>3.5 ロンドン講演について</b>	<b>92</b>
ロンドン講演の内容	93
高周波・高電圧による放電管実験	95
通信分野への発展	96
<b>3.6 マルコーニに先行した無線通信</b>	<b>97</b>
セントルイス講演会で無線通信実験	97
マルコーニとの無線通信の特許権問題	98
<b>3.7 ニューヨークでの高周波・高電圧研究</b>	<b>99</b>
研究所消失と再建	99
レントゲンに先行したX線撮影	100
リモコンボート	101
ロボット(オートマトン)	102

## 第4章 世界システムの研究

105

<b>4.1 コロラドでの大放電実験と雷観測</b>	<b>105</b>
放電実験と雷の観測	106
雷の観測データから定常波発見	107
屋外での巨大放電実験	108
地球外生物からの電波を受信か？	108
テスラコイルの出力増強	109
灯台船の無線通信装置を海軍と契約	110
ニューヨークに帰還	111
<b>4.2 世界システムの提案</b>	<b>111</b>
「人類エネルギーを増やすための課題」論文	112
1900年論文の反響	114
J.P.モルガン	116
モルガン邸宅に招かれる	117
<b>4.3 ウォーデンクリフ・タワーの建設</b>	<b>118</b>
モルガンの融資獲得	118

マルコーニが大西洋横断の無線通信成功 .....	119
ウォーデンクリフ・タワーの破壊 .....	121
<b>4.4 マルコーニの成功とテスラの失敗 .....</b>	<b>121</b>
事業家のマルコーニ vs. 理想を求めるテスラ .....	121
ビジョナリーであったテスラ .....	122
テスラの夢は現代のインターネットで実現 .....	122
<b>4.5 ブレードのないタービン .....</b>	<b>122</b>
蒸気タービンの改良 .....	123
境界層効果とテスラの革新性 .....	123
<b>4.6 ビジョナリーの発想力 .....</b>	<b>124</b>
レーダー原理の考案 .....	124
自伝『My Inventions』執筆 .....	125
テスラバルブ .....	125
毎年の誕生日パーティで新たなアイデアを発表 .....	125
粒子ビーム兵器の提案 .....	126
<b>4.7 テスラの社交性 .....</b>	<b>127</b>
アン・モルガンとの交際 .....	127
テスラの潔癖症 .....	128
男性の友人たち .....	129

## 第5章 テスラの死、そして評価

131

<b>5.1 最晩年のテスラ .....</b>	<b>131</b>
ユーゴスラビア国王の見舞い .....	131
テスラ逝去 .....	132
FBIが遺品押収 .....	132
<b>5.2 ノーベル賞受賞の誤報 .....</b>	<b>133</b>
テスラとエジソンの受賞報道 .....	133
<b>5.3 AIEE最高のエジソン賞を受賞 .....</b>	<b>133</b>
テスラの受賞演説 .....	134
<b>5.4 国際単位系「テスラ(T)」 .....</b>	<b>135</b>
ファラデー・ボルタ・アンペールに並ぶ科学的貢献の証明 .....	135
<b>5.5 IEEEニコラ・テスラ賞の創設 .....</b>	<b>135</b>
日本の研究者も受賞 .....	135
万国博覧会でのテスラ展示 .....	136



## [テスラが生きた時代を学ぼう] ..... 138

- A.1 ニコラ・テスラを中心とする年表 ..... 138
- A.2 テスラ伝のための電気の歴史 ..... 142
- A.3 三相交流の電力システムはドイツから ..... 153
- A.4 照明の進歩 ..... 158
- A.5 エジソンとテスラ ..... 161
- A.6 シカゴ万国博覧会とアメリカの発展 ..... 166
- A.7 直流送電の復活 ..... 168

## [交流モーターを理解するために学ぼう] ..... 171

- A.8 電気はサインウェーブ? ..... 171
- A.9 波 - 波紋・音波・ばねの単振動・交流 ..... 173
- A.10 回転する磁界 ..... 189
- A.11 理解が深まる! 電気学会 動画コンテンツの紹介 ..... 203
- A.12 理解が深まる!

電気学会「電気の知識を深めようシリーズ」小冊子 ..... 205

## [無線伝送を理解するために学ぼう] ..... 206

- A.13 テスラが考えた全世界への無線送電の仕組み ..... 206
- A.14 無線通信と放送の黎明期 ..... 207
- A.15 無線電力伝送 - 発展と応用 ..... 212

## [国際単位に採用されたテスラ (T) について学ぼう] ..... 215

- A.16 はかることの歴史 ..... 215
- A.17 医療で使われている「テスラ」とは ..... 220

おわりに ..... 224

参考文献 ..... 228

## おわりに

物理学者ジェームズ・マクスウェルは1864年に画期的な電磁方程式を発表しましたが、宇宙からの電波伝搬について真空では波動が伝わらないと考えました。そこで「エーテル」と称する媒体が介在していると想定しました。ニコラ・テスラも同様に理解していました。ハインリッヒ・ヘルツによる電波実験には大きな刺激をうけましたが電磁波実証の点では疑問を抱きました。さらに、より先端的なアルベルト・アインシュタインの特殊相対性理論(1905年)については、理解しようとはしなかったと思われます。

テスラは物理学原理に関する理解において、ある時点からアメリカの学術組織からは疎外され、あるいは自ら離反していたため、理論科学者との学術的交流がほとんどありませんでした。しかし交流モーターの実用的な発明や、ナイアガラ発電所計画への技術貢献、交流送電ネットワークの実証など、発明家としての業績は広く認識されていました。無線通信・放送、ネオン管、蛍光灯、X線実験、無線操縦兵器、テスラコイル、テスラタービンなど、多くのテスラの発明が世界に影響を与えました。

いくつかの大学からは学位を授与され、東ヨーロッパの国々からは勲章を贈られました。1917年にはAIEEからエジソン賞を受賞しました。さらにテスラは専門雑誌や新聞に多くの将来の技術ビジョンを発表しました。たとえば「世界システム」については、もし実現すれば世界中の人々が瞬時に多くの情報を受け取ることができると述べました。このビジョンは現代ではインターネットによるWWWとして実現しています。

晩年、テスラは毎年誕生日にパーティを開くようになり、その席で粒子ビーム兵器の構想を記者たちに話し、各国が国境に備えれば戦争の抑止力になると説きました。公園の鳩に餌をやることを楽しみにすごしていましたが、1943年1月ニューヨークのホテルで一人静かに亡くなりました。86歳でした。

第2次世界大戦後、磁束密度の単位として「テスラ」が国際的に制定されました。またIEEEは彼の業績を記念して「ニコラ・テスラ賞」を創設しました。これらのことを通じてテスラの学術的名誉が回復されたのです。

テスラは東ヨーロッパからアメリカに移住し、急成長する資本主義経済と産業革命の中で波乱万丈の生涯を送りました。その独創的な発明家としての姿勢は、21世紀になってもアメリカを中心に文芸、音楽、ポップカルチャーの人々や新興企業経営者に強い人気があります。2021年にはアメリカで製作された映画「テスラ エジソンが恐れた天才」が日本でも公開されました。

また、電子決済システムで成功を収めたイーロン・マスクは電気自動車メーカーの「テスラモーターズ」を創業しました(現在の社名は「テスラ」)。著名なビジネスマンが電気自動車の会社名に「テスラ」を選んだ理由は、ニコラ・テスラという独創的で異端な天才に対する敬意があったからでしょう。

池田 佳和



本書を閉じるにあたり、あらためてニコラ・テスラという人物の多面性に思いを巡らせたい。彼は単なる発明家ではなく、自然界の深い摂理を探究する哲学者でもあり、その洞察を言葉で表現しようとした詩人でもあった。交流電力システムを確立し、電磁界理論を応用した数々の装置を生み出したその軌跡は、現代社会の電力網や通信、医療機器、さらには再生可能エネルギーシステムにまで脈々と受け継がれている。

巻末には、テスラへの理解をより深めるためにいくつかの小編を収録した。「三相交流の誕生」「シカゴ万博」「無線通信と放送の黎明期」「直流送電の復活」などの諸テーマはいずれも、テスラの思想を起点に電気技術がどのように広がり、いかに社会の仕組みそのものを変えていったかを描くものである。これらを通じて浮かび上がるのは、彼の発明の核心には常に「技術を社会にどう実装するか」という問いがあったことである。

今日、私たちはエネルギー転換やカーボンニュートラルといった、かつてテスラが夢見た「地球規模の電力ネットワーク」に通じる課題に直面している。テス

ラが示した「技術を社会にどのように実装していくか」の思想は、AIやスマートグリッドの時代にも通じる普遍的な問いとして、今なお私たちを刺激し続けている。

電気学会社会連携委員会では、こうした歴史と未来をつなぐ活動として、一般社会に電気の魅力を伝えるさまざまな取り組みを進めている。その一つが「動画WG」による教育・啓発コンテンツの制作である。動画WGでは、【電気の知識シリーズ】で紹介されている交流モーターや電磁誘導といった特斯拉ゆかりの技術、さらにはカーボンニュートラル社会を支える新技術をテーマに、若い世代にも親しみやすい映像を公開している。特斯拉の革新精神を今にどう生かすかを考える契機として、これらの動画を多くの方にご覧いただければ幸いである。

特斯拉が抱いた理想は、決して一人の天才の夢物語ではなく、時代を超えて受け継がれる普遍的な問いである。そして本書が描く電気の系譜は、次代へのバトンでもある。特斯拉を中心とする年表をたどれば、電気の歴史は常に連続と断絶のあいだで進化してきたことがわかる。エジソンとの確執も、突き詰めれば「エネルギーをどう社会に届けるか」という使命の異なる表現にすぎなかった。現代の技術者や研究者にとっても、異なる立場を超えて未来を協働的に創造する姿勢こそが、最も尊い遺産であろう。

最後に、電気学会社会連携委員会が果たすべき役割について一言触れておきたい。学術の知を社会へ、社会の課題を学術へと循環させる「橋渡し」が私たちの使命である。特斯拉の思想には、単なる技術者の枠を超えた「社会への責任感」と「知の共有」の精神があった。彼は自らの発明を特許よりも人類共有の財産と捉え、その実現によって世界がより良くなることを願っていた。電気学会の社会連携活動もまた、こうした「知の公共性」を現代に継承する取り組みである。特斯拉が示した創造性と探究心を次世代へと伝えるべく、今後も電気技術の魅力を社会と共有する活動を続けていきたい。本書が、読者の皆さまにとって、科学と人間の歩みをつなぐ小さな契機となれば幸いである。

本書の執筆に当たっては、日本物理教育学会授業づくりの会(電磁気)の今井章人先生、山本岳先生、北岡和樹先生、柴田樹先生から、中学・高等学校の教育現場を熟知する立場からの多くの貴重なご意見をいただいた。紙面を借りて厚くお礼を申し上げたい。

六戸 敏昭