

電気の知識を深めようシリーズ Vol.2 2刷

# 私たちの身近にある電気



一般社団法人 電気学会

電気の知識を深めようシリーズ Vol.2 2刷

# 私たちの身近にある電気

第2版

一般社団法人 電気学会

## まえがき

現在、私たちは電話、照明、テレビ、電車など、電気を利用して非常に便利で豊かな生活をしています。このように電気に囲まれた快適な生活に慣れてしまった私達には、電気の無い生活を想像するのはかなり大変ですが、100年ちょっと前には、日本でも皆、電気を使わずに生活をしていました。

この小冊子では、今、身近にある電気がどのように使われるようになってきたか、振り返ってみます。そこには、まだ皆さんの知らない電気的一面があるかもしれません。

# 目 次

まえがき	ii
1 私たちの身近にある「電気」～コミュニケーション編～	1
スマートフォンや携帯電話は本当に便利！	1
情報・通信技術の進化で変わる	
コミュニケーション	1
情報・通信技術の発展は電気技術の発展の源	2
コミュニケーションのはじまり	2
言葉の誕生	2
遠く離れた場所に伝える	2
歴史的発見！文字の誕生	3
手紙を送る	3
郵便制度の誕生	4
人が手紙を運ぶ時代から電信の時代へ！	4
電気を通信のために使う	4
モールス符号	4
コラム：SOSはSave Our Shipの略？	5
日本での電信機の活躍はもう少し先	6
福沢諭吉、ネット時代の到来を予知?!	6
電信時代の幕開け	7
タイタニック号の悲劇から無線通信の時代へ	8
電信に頼らない新たな技術開発	8
無線機の登場！しかし・・・	8
必死の「SOS」もむなしく、タイタニック号沈没	9

海の安全のために、なくてはならない無線通信	10
リアルタイムで声を届ける！～電話機の誕生～	10
音声通信のはじまり	10
研究者たちの成果が組み合わせられ、電話機誕生	11
電話機のしくみ	11
電話交換台のオペレータが手動でつなぐ	12
手動から自動に、安定した電話サービスへ	13
携帯電話の登場とつながりやすさを支える技術革新	15
移動式電話の登場	15
無線基地局を細かくつないで快適な携帯通話	16
急速に発展した携帯電話	17
様々な技術革新が携帯電話の普及を支えた	17
携帯電話とインターネット	18
福沢諭吉の夢を超えたデータ通信の世界	18
インターネットでのデータ送受信	18
パケット通信で快適通信	18
インターネット通信高速化の時代へ	19
2 私たちの身近にある「電気」～エネルギー編～	19
電気を使った便利な生活	19
光として使う～照明～	20
電球の発明	21
蛍光灯の普及	23
照明の主役がLED ランプに	23
コラム：エジソンの名言	23
動画鑑賞の液晶テレビ	24

熱として使う	24
電気炊飯器	24
ヒータを使わない IH 調理器	26
電波を使う電子レンジ	26
電子レンジは日向水と同じ？	27
火を使わない台所	27
動力として使う	28
蒸気力で動く蒸気機関車	28
蒸気機関車から電車へ	29
電車も発電する	29
さらなる高速鉄道を目指して	29
消費電力の比較	30
本冊子の企画趣旨について	32
電気の知識を深めようシリーズ	
刊行ワーキンググループメンバー	33

## 電気の知識を深めようシリーズについて

電気の正しい知識を深めていただくために企画された本シリーズには、次の7種類の小冊子があります。いずれも「電気」がもっと身近で、おもしろくなる内容です。是非あわせてお読み下さい。

- Vol. 1 電気とは何だろう
- Vol. 2 私たちの身近にある電気
- Vol. 3 電気の基本を考えてみよう
- Vol. 4 電気をつくる
- Vol. 5 電気を送る・配る
- Vol. 6 電気を貯める
- Vol. 7 スマートに安全・確実に電気を使う

# 1 私たちの身近にある「電気」

## ～コミュニケーション編～

電気にはいろいろな使われ方がありますが、最も使われているのが、電話に代表されるコミュニケーションの道具としてでしょう。ここでは、電気がいかにコミュニケーションに使われているか、みてみることにしましょう。

### **スマートフォンや携帯電話は本当に便利！**

私たちは、スマートフォン（略してスマホ）や携帯電話を毎日当たり前のように使い、メールをしたり、SNS(Social Network Service)でメッセージを送ったり、ゲームをしたりしています。移動中でも電話ができ、インターネットでいろいろな情報を得ることができるスマホや携帯電話は、本当に便利で、使う人によっては、生活する上で無くてはならない道具と言えるでしょう。

### **情報・通信技術の進化で変わるコミュニケーション**

最近では、直接会って話をしたり、電話で会話したりするよりも、メールやメッセージ機能などの文字によるコミュニケーションを大事な場面、例えば、愛の告白とか（?!）で使う人も増えているようです。その善し悪しはひとまず置いておきますが、私たちのコミュニケーション方法やそれを支える情報・通信技術は、人間の進化や生活スタイルの変化とともに長い年月をかけて進化してきました。

## 情報・通信技術の発展は電気技術の発展の源

情報・通信技術の発展は、電信ケーブルを地上にも海底にも張り巡らせるインフラ技術の発展につながり、そのことが、電気エネルギーを作り（発電）、いろいろなところに運搬して（送電）、配る（配電）技術の発展にもつながりました。それでは、そんな電気の発展の源でもある情報・通信技術の、時代による移り変わりや、私たちを取り巻く最新の技術を見ていきましょう。

## コミュニケーションのはじまり

### 言葉の誕生

四足歩行から直立し、二本の足で歩くようになった猿人に続いて、人間の祖先である原人は、およそ 50 万年前に誕生しました。原人は、石斧せきふを作ったり、たき火をしたりするようになるとともに、集団で生活するようになりました。集団生活の中では、仲間に何かを伝える必要があったため、このころから言葉による「コミュニケーション」が始まったと言われています。しかしこのときはまだ、文字は使われていませんでした。

### 遠く離れた場所に伝える

その後、集団生活の規模が大きくなり、いろいろな場所に集落や村ができるようになると、遠く離れた別の場所に合図を送ることが必要になりました。そこで、音による通信（ドラム通信）や、煙やかがり火などを使った目で確認できる通信（のろし通信）が生まれました（図 1）。

さらに、他の村に正確な情報を伝えたり、情報を未来に残し

たりするために登場したのが、「文字」です。



(a) ドラム通信

(b) のろし通信

図1 紀元前の通信方法

## 歴史的発見！文字の誕生

文字として人類最古の役割を果たしたとされる「絵」は、今から約3万年前に生まれ、その後、象形文字やくさびがた楔形文字として進化しました。文字は、コミュニケーションの歴史の中で最も重要な発明で、文字がなければ、私たちの今の生活スタイルもまったく違うものになっていたに違いありません。

## 手紙を送る

文字が登場すると、その文字は手紙として書かれて、遠くにいる人へ伝えられるようになります。最初は手紙を人が走って運んだり、馬や伝書鳩を使って運んだりしていました。手紙を運ぶ人として日本では、江戸時代中期から明治まで活躍していた「飛脚」が有名です。飛脚は、大名や武家の人々だけでなく、町人も利用しており、当時の主要な通信手段の一つでした。

## 郵便制度の誕生

飛脚が文字通り日本中を走り回っていた 1840 年ころ、世界では、重要な制度が動き出しました。イギリスの政治家だったローランド・ヒルが、「郵便改革」を唱え、世界で初めて切手を作り、距離に応じて料金を設定する郵便制度を創設したのです。この制度のおかげで、誰でも手軽に手紙を送ることができる時代がやってきました。しかし、人の力で情報が伝えられることは変わりませんでした。

## 人が手紙を運ぶ時代から電信の時代へ！

### 電気を通信のために使う

1837 年、アメリカの画家であったサミュエル・モールスは、イギリスへの美術留学の帰路、船上で行われた「電磁石」の簡単な実験で、カチカチと音を立てて電磁石に鉄片がつくのを見て、電気を使った通信システムを思いつき、電信機を発明しました。

### モールス符号

モールスが発明した電信機で送信される信号は、「モールス符号(信号)」と呼ばれ、アルファベットや数字の一文字一文字に「・(短点)」と「- (長点)」からなる符号を割り当てたものでした(表 1)。

このモールス符号を信号として使うと、送られてくる信号を紙に印字して文字として記録したり、信号を耳で聴いて言葉として認識したりすることができます。

表1 アルファベットと数字のモールス符号

A · -	H · · · ·	O - - -	V · · · -	3 · · · - -
B - · · ·	I · ·	P · - - ·	W · - -	4 · · · · -
C - · - ·	J · - - -	Q - - · -	X - · · -	5 · · · · ·
D - · ·	K - · -	R · - ·	Y - - · -	6 - · · · ·
E ·	L · - · ·	S · · ·	Z - - · ·	7 - - · · ·
F · · - ·	M - -	T -	1 · - - - -	8 - - - · ·
G - - ·	N - ·	U · · -	2 · · - - -	9 - - - - ·

### コラム：SOSはSave Our Shipの略？

緊急時の救援信号として有名なSOSですが、最初はCQDという符号が用いられていました。しかし、緊急時に間違いなく送れて、聞き誤りにくいということを考え、モールス符号の中でも単純なS(···)O(---)S(···)という組み合わせにしたものです。なお、かつてピンクレディーというデュオが歌った「SOS」という歌には、冒頭にSOS信号が入っていたため、その部分は放送できなかったとのことです。

#### 【調べてみよう】

SOSは本当に“Save Our Ship”の省略形なのでしょうか。ではCQDは何の略？ 氷山に衝突して沈没するタイタニック号(9~10ページの記事参照)は、どのような信号を送ったのでしょうか。調べてみましょう。

## 日本での電信機の活躍はもう少し先

日本に初上陸したモールス符号を送るための電信機（図 2）は、1854 年、あの黒船に乗ったペリーが 2 度目に来航したときにもたらされました。しかしそのときは大きな注目を集めることもなく、日本では普及しませんでした。それでも、日本のいろいろな分野の研究者たちは、西洋で広がっていた電信技術に非常に興味を持ち、日本に導入する機会を伺っていました。

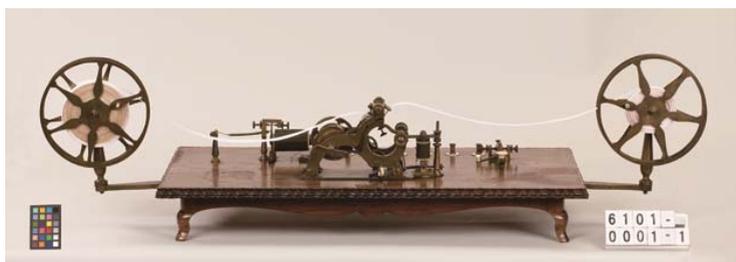
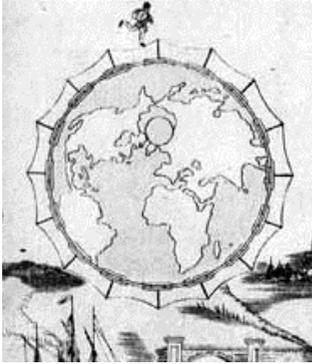


図 2 ペリーから献上されたモールス電信機(写真提供: 郵政博物館)

## 福沢諭吉、ネット時代の到来を予知 ?!

少し話が横道にそれますが、慶應義塾大学の創設者で、啓蒙思想家であり、西洋学者でもあった福沢諭吉は、1866 年に著書「西洋事情」の中で「電信（当時は傳（伝）信と書いた）」について述べ、それを表す特徴的な絵を書籍の扉絵として使っています。図 3(a)が、その扉絵です。そこには地球に張り巡らされる電信線が描かれていて、現在、私たちがインターネットのシンボルマークとしてよく使う地球の絵（図 3(b)）とそっくりです。



(a) 福沢諭吉著「西洋事情」の扉絵(1866年出版)

(b) 現在、インターネットを連想させる絵の例

図3 福沢諭吉の電信と現代のインターネットの表現

## 電信時代の幕開け

「西洋事情」の出版から3年後の1869年(明治2年)、日本で初めての電信が東京―横浜間で開業し、その後、電信は日本全国に広がっていきました。

さらに、海底ケーブルを用いた国際電信も発達し、国内外の電信網整備が進みました。そして、1879年、国際電報を含む、すべての電信事業を担う電信中央局が開局し、日本にも本格的な電信の時代がやってきます。

1900年代初頭までに世界中の海底に設置された電信ケーブルは、約40万海里(約740,800キロメートル(1海里=1,852メートル))で、地球の赤道を19周もできるほどの長さになっていました。

## タイタニック号の悲劇から無線通信の時代へ

### 電信に頼らない新たな技術開発

電信の全盛期は、イギリスのビクトリア朝の全盛期でもあったため、海底に設置された電信ケーブルの半数以上はイギリスの支配下にあります。電信を使った通信情報のほとんどがイギリスに渡ってしまう状況を打開しようと、近隣諸国では新たな通信技術の開発が進められます。

### 無線機の登場！しかし・・・

ここで、新たな通信技術として登場したのが、無線通信つまり、ケーブルを使わない、電波による通信です。1864年にイギリスのマクスウェルが「電磁気の理論」を発表し、1888年には、ドイツのヘルツが、電磁気の理論を実験的に証明しました。そして1901年、イタリアのマルコーニが大西洋横断無線通信（モールス符号の送受信）に成功し、特に、有線（電信ケーブル）では通信が難しい、船舶をターゲットとした無線通信事業を始めます。

しかし、当時は海底ケーブルによる地上での通信が一般的で、高価な無線機を設置しようとする船はほとんどありませんでした。

一方、日本ではマルコーニの無線実験の成功を聞くやいなや、電気試験所の研究者が無線機を開発し、さらに海軍が無線機を採用して全軍艦に無線アンテナを取り付けました。日本とロシアの海戦ではこの無線通信が日本の勝利に大きく貢献したと言われています。

## 必死の「SOS」もむなしく、タイタニック号沈没

そんな中、あの歴史的な海難事故が起こります。1912年に起こった世界最大(当時)の豪華客船、タイタニック号の沈没です。タイタニック号は、氷山が迫っていることに気が付かず、氷山に衝突して沈没してしまいます。

タイタニック号には無線室があり、マルコーニ社製の無線機が設置されていました。氷山に衝突してから沈没するまで、タイタニック号はこの無線機を使って周辺にいる船舶に必死にSOSを送り続けます(図4)。ところが、多くの船舶は無線機を装備していなかったため、無線機で信号をキャッチした船は、100 kmも離れたところにいました。その船は、信号を受けて救助に向かいましたが、到着したときには沈没から2時間半以上経過していて、結局2,200名以上の乗員乗客のうち約1,500名もの命が失われました。ただ当時は、一旦海難事故が起これば生存者数は零なのが普通という時代であり、その意味では無線機により数百名の命は救われたわけですから、人命救助に大きく貢献したとも言えます。



図4 タイタニック号の姉妹船オリムピック号の無線室の様子

## 海の安全のために、なくてはならない無線通信

このタイタニック号の遭難をきっかけに、海上での安全面の強化のため、ある程度の大きさの船には、無線機を設置することが義務づけられるようになりました。また、第1次世界大戦中も、世界各地との交信には無線通信が使われるなど、海底ケーブルによる電信とともに、無線通信も広く使われるようになっていきました。

衛星技術やデジタル技術の発達によって、1999年に、モールス符号を用いた遭難通信の利用は廃止され、現在は、衛星通信機器やデジタル通信機器を利用したシステムが主に使われていますが、一部の船舶や他国との通信手段としてモールス符号を用いた無線通信は現在でも利用されています。

## リアルタイムで声を届ける！～電話機の誕生～

### 音声通信のはじまり

1900年代初頭までに広く普及していた電信では、電報を送りたいときに電信局へ行って送信を依頼し、送り手に最も近い電信局で受信した電報を配達夫が届ける、という仕組みだったため、リアルタイムでのやりとりはできませんでした。

リアルタイムで対話が可能な電話を開発したのは、アメリカ・ボストン大学で音声学の教授をしていたグラハム・ベルで、1876年3月7日に特許が提出されています。モールス符号を開発したモールスは画家、電話を開発したベルは音声学者と、どちらも物理、数学や電気の専門家ではなかったということは非常に興味深いことです。

## 研究者たちの成果が組み合わされ、電話機誕生

電話に関する特許を最初に提出したのはベルですが、実は、ベルと同じ日のおよそ 2 時間後に、多重電信機などの研究をしていたエリシャ・グレイも電話機の特許を提出しています。さらに、白熱電球の発明などで有名なトーマス・エジソンも電話機の発明に成功していて、この三者の成果が組み合わされて、電話の技術は発展していきます。

## 電話機のしくみ

ベルは、音声の振動を電気振動に変えて伝え、伝わってきた電気振動を音声の振動に変えて伝えられることを発見し、離れた場所においてもリアルタイムで会話ができる「電話機」を開発しました。電話機の構造を支える主役となるのは、モールス電信機でも利用された「電磁石」です。

ベルは、振動板が受け取った声の振動から、電磁石を介して電気信号の波を作り、これを同じ構造の受信側で声に変換しました。

図 5 が、ベルが特許申請した電話機の概略図です。糸電話の糸の代わりに電磁石と導線を使った非常にシンプルな構造です。さらに、エジソンによって、振動板と電磁石との間に、炭素（カーボン）でできたボタンを入れた送話器が作られ、エジソンのカーボン送話器とベルの電磁受話器の組み合わせが電話機の原型となり、長きに渡って電話サービスを支えます。

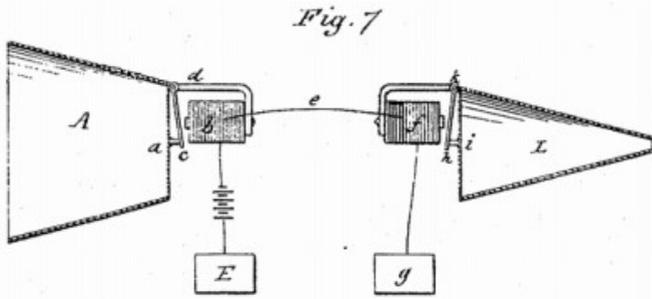


図5 ベルが特許申請した電話機の概略図

### 電話交換台のオペレータが手動でつなぐ

ベルの特許申請から1年後の1877年には、世界で初めての電話局がアメリカ合衆国のコネチカット州に誕生し、翌年には、ロンドン、パリ、ベルリンなどの欧州での利用も始まり電話サービスはみるみる広がっていきました。

日本では、電信の普及率が高かったことや、電話サービスを民営化するか、国営化するかの議論が長引いたことなどから、1890年ようやく電話サービスが開始されました。

現在では、固定電話でも携帯電話でも、話したい時に話したい相手に直接つながりますが、当時は、各家庭やオフィスにある電話機から、電話交換台につなぎ、交換台の交換扱者（オペレータ）が指定された電話機に手動でつないでいました。そのため、電話がつながるまでに1時間以上かかることも少なくありませんでした。

## 手動から自動に、安定した電話サービスへ

そこで次に進められたのが、交換機の自動化です。1896年に自動化のために開発された技術が、回転ダイヤルです。回転ダイヤルとは、ダイヤルが回転する円弧の長さに応じて交換機内の電磁石が動き、自動的に任意の電話番号につなぐことができる仕組みです。回転ダイヤルを採用した自動交換機の登場によって、オペレーターの手を介さず、電話番号に基づいて自動で迅速に、電話をかけたい相手につなげることができるようになりました。

国内で初めて導入された自動交換機に採用されたのが「ステップ・バイ・ステップ」という方式です。「ステップ・バイ・ステップ」とは、各電話機に割り当てられた電話番号に応じたダイヤルの回転の長さによって、接続する回線が段階的に選択され、電話をかけたい相手の電話機に回線がつながる方式です。

その後、交換機やケーブル技術の改良、地域を区別する市外局番の導入などを経て、何万という電話機が同時に通話しても混線したり、つながらなくなったりすることのない、安定した電話サービスへと発展していきました。

図6は、電話機が普及してから現在までの電話機の形状を、年代を追って示したものです。



(a) 1910年



(b) 1933年



(c) 1963年



(d) 1970年



(e) 1985年



(f) 2000年

図6 各年代に日本で利用された電話機(写真提供:NTT技術史料館)

## 携帯電話の登場とつながりやすさを

### 支える技術革新

#### 移動式電話の登場

世界で初めての移動式電話が自動車電話として登場したのは、1949年のことです。ここで移動式電話、と言ったのは、「携帯」するにはまだあまりにも大きいものだったからです。大きさは大きいものの、移動しながら通話できることは本当に画期的なことでした。

自動車電話は、自動車大国であるアメリカで開発が進められ、日本では、1979年に自動車電話サービスが開始されました。これが現在の携帯電話の始まりです。1985年にサービスが開始された「ショルダーホン」は、その名の通り肩にかけて持ち歩くことができる電話機でしたが、重さ3kg、最長通話時間約40分と、今の携帯電話とは比べものにならないものでした(図7)。



図7 ショルダーホン  
(写真提供:NTT 技術史料館)

移動式電話では当然、無線通信が行われますが、当初は、無線通信用の回線が限られていることや、無線基地局(有線の電話線とつなぐ交換基地)の数が少なかったため、つながりにく

く、途中で切れたり、混線したりすることが頻繁にありました。

### 無線基地局を細かくつないで快適な携帯通話

そこで、より効率的でつながりやすさを向上するために生まれた方式が、セル方式です。セル方式では、サービス地域を数百 m から数 km の小さな区画（これをセル(Cell)と呼びます）に分け、各セルにある基地局からの送信出力を弱めることで、離れた基地局との干渉を避け、離れたセルでは同じ周波数での通話ができるように工夫されています（図 8）。

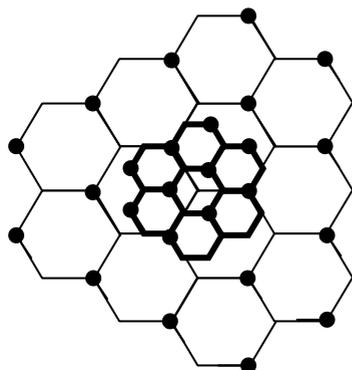


図 8 セル方式移動電話で細分化されたセルのイメージ  
(図中の黒点が無線基地局)

現在の携帯電話でもセル方式が使われており、英語では携帯電話は、Cell-Phone(Cellular phone)と呼ぶのが一般的です。

1987 年に日本で最初に販売された携帯電話は、重さ 900 g と大変重いものでしたが、1991 年には、現在も利用されているガラケー（携帯電話）の原型とも言える超小型携帯電話「ムーバ」が発売されます。この「ムーバ」は重さ 230 g で、一気に小型化されていました（図 9）。



a) 日本最初の携帯電話      b) ムーバ      c) スマートフォン

図9 携帯電話の変遷（写真提供：NTT Docomo）

### 急速に発展した携帯電話

現在主流となっているスマホは、画面の大きさなどの制約もあることから、それほど小型化に対する重要度は増していませんが、スマホの平均的な重さは110g程度で、さらに小型で操作性の高いものになっています。

携帯電話の誕生から2014年現在まで、まだ30年も経過していません。通信や電話の歴史に比べると、急速に成長した技術と言えます。

### 様々な技術革新が携帯電話の普及を支えた

携帯電話が急速に発展し、普及した背景には、長きに渡って、研究、改良が進められてきた、通信技術、電話技術のノウハウがあります。さらに、移動電話通信網の充実、構成部品の電子化、繰り返し充電して利用できる二次電池の高効率化などの技術革新が携帯電話の普及を支えています。

## 携帯電話とインターネット

### 福沢諭吉の夢を超えたデータ通信の世界

現在の携帯電話は、インターネットにつながずに使うことはほとんどありません。携帯電話だけでなく、パーソナルコンピュータ（PC）やタブレット端末で、調べ物や買い物をしたりすることも当たり前になっています。

インターネットは、電信技術、音声通信技術、テレビなどを含む画像動画通信技術など、すべての通信技術を一挙に引き受ける夢のような世界を実現しました。福沢諭吉が西洋事情で示し、全世界がつながることを夢見ていた電信の世界を超え、データ通信という形で、さらに大容量の情報のやりとりを可能としたのです。

### インターネットでのデータ送受信

インターネットでやりとりする情報は、コンピュータが理解できる言葉に翻訳されたデータと呼ばれるものです。

いろいろな場所にいるユーザーから送られるデータが、1本の通信経路を通して送られる時、データになんの印もついていないと、途中で迷子になったり、意図していないところに送られたりする可能性があります。また、一つのデータが大きすぎると、通信経路を止めてしまう可能性もあります。

### パケット通信で快適通信

そこで考えられたのが、パケット通信という方法です。なんらかのデータを送ろうとすると、コンピュータ内で、送信するデータを通信網に負担をかけない程度の小さなブロックに分け、それぞれのブロックに宛先と番号をつけた上で送り出しま

す。このときの小さなブロックが「パケット」です。

これで、送信先を誤る心配はなくなり、受信する側は、来たデータを番号順に並べて送信されたデータを再現することができます。

## **インターネット通信高速化の時代へ**

インターネットの通信手段には、有線と無線があります。有線は無線に比べて通信速度が速いので、自宅や学校、仕事場で使う PC の場合には、有線 LAN (Local Area Network) が一般的に使われています。最近では、スマホや iPad などのタブレット端末の利用が増えているため、無線通信技術がさらに発展し、さらに効率的な技術が生み出されていくことでしょう。

## **2 私たちの身近にある「電気」**

### **～エネルギー編～**

前章では、通信技術を中心に電気がどのように使われるようになったか見てきましたが、それ以外にも、電気は生活のあらゆる面に大きな変化をもたらしました。その様子を見ていきましょう。

#### **電気を使った便利な生活**

電気は、エネルギーをスイッチひとつで使える便利なものです。どんなところで電気が使われているかを見るために、電気を「発光」、「熱」、「動力」として使われている例を、現在と 100 年前と比較して表 2 にまとめました。100 年前の大正時代の

表2 電気製品を使った現在と昔の比較

分類		現在 電気製品	100年前 電気製品に 対応したもの
発光 として使う	照明	蛍光灯、LED	灯油ランプ
	動画鑑賞	液晶テレビ	活動写真（映画）
熱 として使う	炊飯	電気炊飯器	かまど と お釜
	温める	電子レンジ	日向（ひなた）水
	空調	冷暖房機	団扇 炭火
動力 として使う	洗濯	電気洗濯機	たらい と 洗濯板
	のりもの	電車、新幹線	蒸気機関車

人々からは想像もできないほど、現在の私たちは便利な生活をしています。ここで共通していることは、スイッチを ON（オン）にするだけで、テレビを観る、照明が灯る、ご飯が炊ける、コーヒーを温める、洗濯できる、電車も動き出す、と言うことです。昔と比較しながら、現在の電気の利用がどれくらい便利であるかを見てみましょう。

## 光として使う ～照明～

量販店の照明器具売り場に行くと、棚にあるのはLEDランプばかり、でもそのようになったのはごく最近のことです。照明は松明<sup>たいまつ</sup>や行燈<sup>あんどん</sup>のように火を燃やすことから始まりました。明治時代には灯油ランプなども使われましたが、電気による照明の始まりはアーク灯でした。これは、電気溶接などに使うアーク放電による照明で、確かにまばゆい程のものなのですが、かな

り大がかりな装置を必要とするので、一般家庭で使うようなものではありませんでした。大正時代になると、やっと一般家庭でも電気による明かりが使われるようになりました。しかし、当時は天井から電線コードで釣り下がっている電球を、夕食時に食卓の上に移動し、食事がすむと居間に戻すと言った使いまわしをしていました。それでも、夜間の部屋は明るくなり、大変に便利と感じていました。私たちは、よく電気をつけるとか電気を消すとか言いますが、この「電気」というのは電気による照明ということですよ。私たちの生活において、電気と照明がいかに強く結びついているかが分かります。

その後、照明は蛍光灯、LED と大きく変化しました。現在では、各居間はもちろんのこと、学習机にも照明、風呂場、玄関、いたるところでスイッチを押せば照明が灯る、とても便利な生活です。このように、電球の実用化以降、便利さ、明るさ、発熱を抑えた省エネへと、照明技術は大きく進歩してきました。その基本技術を追ってみましょう。

## **電球の発明**

電球を初めて発明したのはイギリスのスワンという人ですが、スワンの作った電球は寿命が短い、太い電線で電気を送らなければならないなどの欠点がありました。電気を使ったさまざまな製品を発明・実用化した米国の発明王エジソン(図 10 左)は、竹ひご(日本の京都の竹)を使った電球(図 10 右)を発明しました。この電球は竹ひごを蒸し焼きして炭素の細い線(フィラメント)を作り、燃え尽きないように真空ガラス球に封じ込めたものでした。これが実用的な電球の最初です。

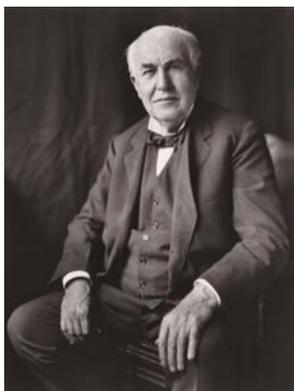


図 10 エジソン(左)、エジソン型電球(右)

(電球写真提供:国立科学博物館)

その光の輝きはまばゆいもので、部屋を明るく照らすことができたので、あるお金持ちから自分の邸宅の部屋に灯してほしいと注文を受けました。しかし当時は電気を供給する電力会社はまだなく、電球を点けるには自宅に発電機を設置する必要がありました。そこで建物を暖房していた蒸気を利用して発電機を回して発電し、炭素フィラメント電球で、客人を招待して舞踏会を催した大広間の照明をしました。

その後、安価で長寿命のタングステンをフィラメントに使った白熱電球が開発され、一般家庭にも電灯照明が広まりました。このような白熱電球は、手を触れたら火傷する<sup>やけど</sup>くらいの温度です。これは、フィラメントを1000度以上の温度に上昇させて、白色光を出しているためですが、実は白熱電球は照明するより熱になるエネルギーが大きく、照明効率はあまり良くありません。

## 蛍光灯の普及

その後、熱くない照明として蛍光灯が発明されました。蛍光灯は低気圧ガスの電気放電を利用しています。ガラス放電管の内面に蛍光塗料を塗布しておき、放電で生じた紫外線が蛍光塗料に照射されたときに生じる発光を利用しているため、熱くなりません。また蛍光灯は直管状や円環状であるので、発光する面積が大きく一様な照明をするのに便利です。

## 照明の主役がLED ランプに

現在は省エネルギー(少量の電気エネルギーで照明効率の良いもの)を実現するために、LED ランプが照明の主役になりつつあります。交通信号機や野外照明にも LED ランプの利用が広がっています。東京スカイツリーもすべて LED ランプでライトアップされています。LED ランプは半導体に電流を流すときに発光する現象を利用しているのですが、同じ明るさであれば、

### コラム：エジソンの名言

エジソンは次の言葉を残しています。

I tried everything. I have not failed.

I have just found 10,000 ways that won't work.

訳)私はあらゆるものを試したが、失敗はしたことがない。  
10,000 通りもの、うまくいかない方法を発見したのだ。

電球のフィラメントの材料の開発にはかなりの苦労があったようですが、いかにも不屈の人エジソンらしい言葉ではありませんか。

消費電力が小さく、寿命が長いという特徴があります。この LED という名前ですが、発光ダイオードという英語の Light Emitting Diode の頭文字をとって LED と呼んでいます。

2014 年のノーベル物理学賞に、この LED 開発に貢献した 3 人の日本人(赤崎勇博士、天野浩博士、中村修二博士)が受賞したことは日本の誇りです。

### **動画鑑賞の液晶テレビ**

映画では、撮影フィルムの背後からランプで光をあてて大画面で動画像を見えるようにしていますが、液晶テレビでは、デジタル電気信号の画像を、裏から一様な明るさで照らして、絵として見えるようにします。このために、小さい LED が数多く使われます。

この他、パソコン、デジタルカメラ、スマートフォンなどの画面を見るためにも小さい LED がたくさん使われています。このような技術により、映画館に行かなくても、家庭や手のひらの上できれいな動画が楽しめるようになりました。

## **熱として使う**

### **電気炊飯器**

電気炊飯器は日本で発明され、世界中で使われている調理器です。電気炊飯器のない時代、お母さんは寒い朝にもかかわらず、皆がまだ寝ている時間に起きてご飯を炊くといった、つらい仕事をしていました。

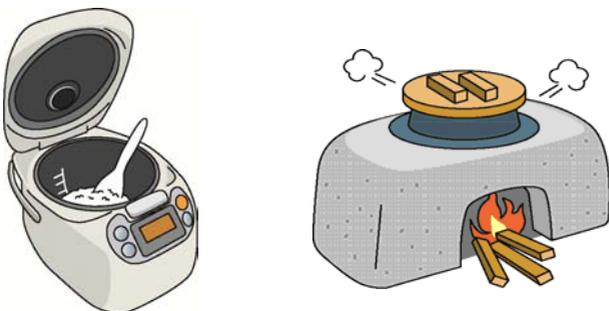


図 11 電気炊飯器（左）と かまど(右)。

お釜をかまどに置き、薪の火力でご飯を炊く。

60年前の一般家庭では、土間に「かまど(竈)」(図 11 右)が設置されていて、そこに水洗いしたお米の入ったお釜を載せて、その下から薪の火力で炊飯していました。この薪は「かまど」の焚き口に置いてあるような、木を切ったものですから、「かまど」からは煙が立ち上り、炊事場の天井は煤で真っ黒になります。薪による火加減を注意深く調節し、「おこげ」にならないようにご飯が炊ければ一人前です。このご飯を炊くためのスペースはたたみ二畳分は必要でした。

そこで、ある電気技術者が、薪の代わりに電気ヒータを使ってご飯を炊く、電気炊飯器を考案しました。この電気炊飯器(図 11 左)を考えてみましょう。そのスペースは 40センチ四方もあれば十分で、棚の上に置くこともでき、スイッチを ON しておけば、そばについていなくても 1 時間程度でご飯が炊けます。煙も出なければ、火の番をする必要もありません。電気炊飯器

は、如何にお母さんを毎朝のきつい仕事から解放させたか、分かりましたか。

### ヒータを使わない IH 調理器

最近、電気ヒータを使わない IH(Induction Heating)調理器も家庭の台所に登場しています。ガスコンロのように排気ガスを出すこともなく、ガスの消し忘れによる中毒や火災事故の恐れもない、IH 調理器が推奨されています。金属鍋を IH 調理器に置くだけで、火をつけなくても料理ができます。その秘密ですが、実は IH 調理器の下に電流コイルが設置されており、時間変化する強力な磁界(数十キロヘルツの交流磁界)を発生しています。この交流磁界の場所に金属鍋を接近させて置くと、電磁誘導により金属鍋の底板に強力な交流電流が流れて熱を発生し鍋が熱くなります。このため、ヒータがなくても料理ができるのです。

### 電波を使う電子レンジ

電子レンジは英語では“microwave oven”(マイクロ波オーブン)と言います。1940年代に、戦闘機の追跡のためにマイクロ波のマグネトロン発信機が開発されました。技術者たちは、

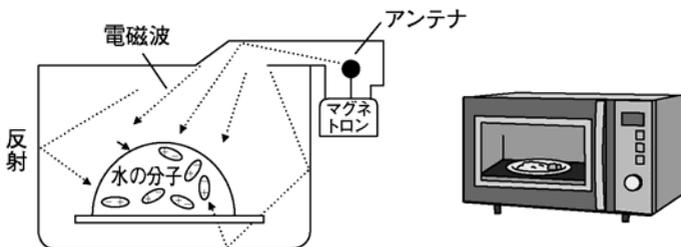


図 12 電子レンジの構造

マグネトロン発信機のアンテナ近くに手のひらをかざすと、大やけどを知っており、またマグネトロンのマイクロ波の電磁波でコーヒーを短時間で温めることを日常的にやっていました。ならば、火を使わなくともマグネトロンで調理器が作れると思ひ立ち、航空機食事の暖かい調理サービス提供に利用が始まりました。つまり、電子レンジにはマグネトロン発信機が内蔵され(図 12)、電磁波の一種であるマイクロ波(波長は 12 センチメートル)を発生し、そのマイクロ波がコーヒーだけでなく、食べ物も温めるのです。

### 電子レンジは日向水と同じ？

意外かもしれませんが、電子レンジが物を温める原理は日向ひなた水みずと同じです。太陽の光も電磁波の一種です。この電磁波のエネルギーが水に吸収されるので、日向に置かれた水は温かくなるのです。同じように、電子レンジもマイクロ波電磁波が食べ物や飲み物に吸収されて、食べ物や飲み物が温められるのです。電子レンジで使われている陽極分割型マグネトロンは日本の科学者、岡部金次郎により 1928 年に発明されました。

### 火を使わない台所

電気炊飯器はヒータで発生する熱でご飯を炊き、IH 調理器は電磁誘導によって金属鍋を加熱して調理し、電子レンジは電磁波が直接食べ物を温める調理器です。それぞれ異なった電気理論を利用した調理器が台所で活躍していることになりますが、いずれも火は使いません。火を全く使わないオール電化の台所の出現です。

## 動力として使う

電車は電気を使って動く車だから電車です。私たちは通学や通勤に電車(図 13)に乗って出かけます。駅のホームで5分も待たないうちに電車が来て私たちを運んでくれます。しかし60年前にはまだまだ蒸気機関車が主流でした。



図 13 電車

架空線とレールの上に1,500ボルトの電圧を供給。10両編成の満員電車が動き始めるとき、パンタグラフを通して1,000アンペアの電流が流れる。すると、1,500,000ワットの電力をモーターに供給して電車は動き出す。この巨大な電力を使って、都会では多数の電車が毎日動き、ここでも便利な生活を支えている。

## 蒸気力で動く蒸気機関車

日本でも明治時代には、鉄のレールを敷き、その上に蒸気機関車を走らせ、人と物を運ぶことが始まりました。蒸気機関車は、自分で燃料となる石炭を積んだ貨車を引っ張って、それを少しずつ釜かまの中で燃やし、その熱でタンクから引き込んだ水を熱して水蒸気をつくり、水蒸気のでピストンを動かして車輪を回して、客車や貨物車を牽引しています。

## 蒸気機関車から電車へ

一方、火力発電所では、石炭や石油を燃やし、水蒸気をつくり、タービンを回転させ、発電機を回し電気をつくりだしています。この電気でモーターを回して電車は動くのです。火力発電所も蒸気機関車も動力を生み出す基本原理は変わらないのです。

電車の好きな鉄道ファンは、先頭車両に乗り、運転席の後ろ窓から前景風景を楽しみながら、運転台のメーターを見ることでしょう。電車の運転手は、発車前に電圧が 1,500 ボルト (V) を指示し、電気が届いていることを確認します。そして「発車！」の掛け声でハンドルを倒す(スイッチ ON)と電車が動き出します。すると電流計の針が振れ、1,000 アンペア (A) を示します。電車のスピードがどんどん増して指定速度に達すると、運転手はハンドルを戻します(スイッチ OFF)。すると電流計の針は零を指しますが、電車は惰性でそのまま走っていきます。

## 電車も発電する

惰性で走って来た電車が停車駅に接近すると、運転手はハンドルを逆に倒し電車を減速させます。これを回生ブレーキと言いますが、この時は惰性で走ってきた電車のエネルギーで発電しているのです。この発電した電気は、他の発車しようとしている電車に送られて有効に使われます。

## さらなる高速鉄道を目指して

人々は、さらなる便利さを求めて、より高速の鉄道を作ろうとしています。日本でも磁気浮上のリニア新幹線の計画(建設)

が進められています。従来の電車は、パンタグラフを通して架空線から電気を供給し、搭載しているモーターを駆動して、車輪を回し走る仕組みです。これに対して、リニア新幹線は駆動モーターを搭載していません。駆動モーターは、リニア新幹線に走る軌道の地面側に出発点から終点まで並べられており、そこからのエネルギーで車体を浮上させて高速走行をします。すでに、2002年から中国の上海で営業走行しています。

## 消費電力の比較

最後に、家庭で使われている電化製品は、どれくらいの電力を消費するか、比較してみましょう。図 14 に家電製品のおおよその消費電力を棒グラフに整理しました。大きな分類は、表 2 と同じに「発光」、「熱」、「動力」としています。

図 14 から、発光としての照明の消費電力は少ないことが分かります。しかし照明は夜間に長時間使うので、消費電力量は多くなります。熱としての電子レンジ、オーブン・トースター、電気ポットは、1,000 ワットもの大きい電力を消費しますが、使用時間は数分と短いので、消費電力量はそれほど多くなりません。電気炊飯器は、1,000 ワットを約 1 時間にわたり使用するので、大きな消費電力量となります。モーターを使う洗濯機、掃除機、エアコンも比較的長い時間使うので、消費電力量が多くなります。

このように、私たちは家庭生活の中で電気エネルギーを多量に消費することによって、快適で便利な生活を営んでいることを理解して下さい。

その時、それぞれの家電製品の消費電力と使用時間を掛け算した値の消費電力量が、電気料金になります。すなわち、この消費電力量に比例した量の化石燃料を私たちは消費しているのです。

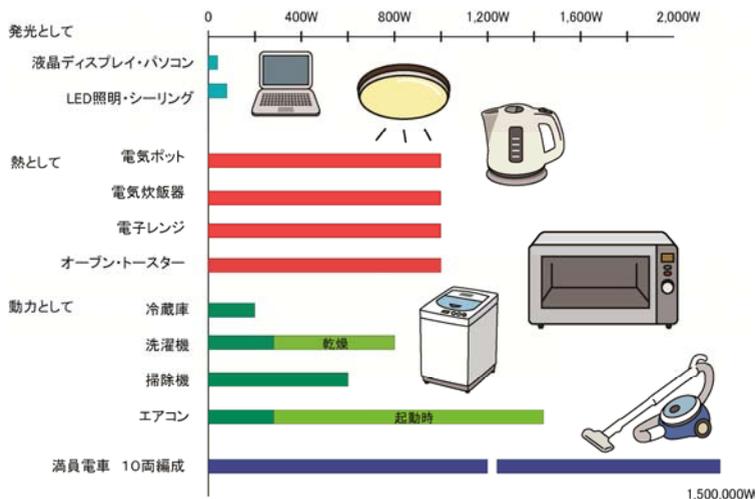


図 14 消費電力の比較

## 本冊子の企画趣旨について

2011年3月11日に発生した東日本大震災で、多くの発電所や変電所の運転が止まり、電気が供給されなくなる事態が発生しました。日本では、電気はスイッチを入れればいつでも、どこでも、欲しいだけ使える状態が当たり前になっていましたので、市民生活にも社会活動にも大きく影響しましたが、その一方で人々の電気に対する関心が高まりました。

電気は便利なものですが、エネルギー資源は有限であるという制約の中で、正しく、賢く使うべきものでもあります。電気学会は、電気に対する理解を広く一般の皆様に深めていただくことが、重要で有用なことと考えます。この「電気の知識を深めようシリーズ」は、電気をやさしく、ただし、正しい内容で説明し、電気に対する知識を深め、親しみをさらに増していただくために発行するものです。

2015年8月

電気の知識を深めようシリーズ刊行ワーキンググループ

## 電気の知識を深めようシリーズ刊行ワーキンググループ

主査 石井 彰三

副主査 大来 雄二

副主査 新藤 孝敏 ※

委員 伊与田 功

委員 臼田 誠次郎

委員 桂井 誠

委員 亀田 秀之

委員 神津 薫

委員 酒井 祐之

委員 塩原 亮一

委員 高田 達雄 ※

委員 高橋 一弘

委員 谷口 元

委員 谷口 治人

委員 長谷川 有貴 ※

委員 福田 務

委員 前島 正裕

(名前の後の※は本冊子担当者を示す)

電気の知識を深めようシリーズ Vol.2

私たちの身近にある電気

2015年9月15日 初版発行

非売品

2016年9月30日 2刷発行

---

編集者	一般社団法人 電気学会 電気の知識を深めようシリーズ 刊行ワーキンググループ
発行者	一般社団法人 電気学会 代表者 酒井祐之 〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2 Tel 03-3221-7312 Fax 03-3221-3704 <a href="http://www.iee.jp">http://www.iee.jp</a>
印刷所	株式会社 太平印刷社

---

落丁・乱丁はお取替いたします。

©2016 Japan by Denki-gakkai

Printed in Japan



一般社団法人 電気学会

