

エレクトロニクス講座シリーズ

見本

# 楽しく学ぶ アナログ基本回路

—— 電子部品のマスターからアプローチ ——

吉本 猛夫 著



CQ出版社

## 第 1 章

# 電気とは何か

電子回路とか電子部品という言葉はなにげなく使われていますが、それらの総元締め的位置に「電気」という言葉があります。そもそも電気とは何だろうと考えたことがありますか。

空気や水と同じように、毎日のように電気の恩恵にあずかりながら、電気とは何かとたずねられたら明解に答えられない人ばかりだと思われます。電気はモノなのでしょう、粒なのでしょう。このような疑問に答えられるには、電気や磁気の発見から研究の歴史をひも解くのが近道です。

この章では、これからさき電子回路を理解するのに必要最低限の基礎知識をおさらいし、「電気を語れる人」になっていただくことを目指します。



電気という言葉から連想される代表格の言葉は何と言ってもカミナリさんでしょう。

電気が何なのかが知られる前からカミナリは神格化されおそれられていたようです。

世界の電気を紹介する前に日本のカミナリ事情をさかのぼると、17世紀の大画家俵屋宗達の「雷神」が有名です。

太鼓を打ち鳴らすチカラコブの入った手足や顔立ちの何とも言えないおそれ多さ！

この金屏風の右側には黒雲に乗った「風神」がいるのです。ご参考まで。

電気の世界では有名なワット、アンペールや起電機「エレキテル」の平賀源内より約200年近く昔の作品です。

## 1-1 電気の歴史を一挙にダイジェスト

静電気、雷、電池や電波など、世の中には、いろいろな姿の電気がありながら、それらの関係を説明できないことがしばしばあります。こまかな説明は後まわしにして、ここでは電気の歴史を追いながら、電気全体を駆け足で総括してみたいと思います。

- ① 何といても始まりは「静電気」と「磁気」の発見です。いずれの発見もギリシャのターレスという哲学者によるものとされています。静電気は物をこすり合わせると性質の異なる二種類の電気を帯びることがわかり、磁気は鉄を引き付ける鉱石の発見から始まっています。なんと紀元前にさかのぼります。
- ② その後電気も磁気も研究され、クーロンさん(Charles Augustin Coulomb 1736-1806 仏)のように法則まで導いた人もいます。
- ③ 摩擦によって起こった電気をなんとか蓄えられないかという研究がなされ、18世紀中ごろには今日のコンデンサに相当する図1-1に示すようなライデン瓶という装置が発明されました。発明者がライデン大学の教授であったことからその名前が付いています。

それ以来、静電気が人間の意志で蓄えることができるようになりました。

- ④ 電気が蓄えられるようになって、電気の研究は加速しました。しかしここまでは、摩擦電気などで電気を発生させ、それを蓄えて研究したものと思われま。

19世紀の終わりごろ、蛙の足の電気反応を調べていたボルタさん(Alessandro Volta 1745-1827 伊)が連続的な電流が得られる「電池」を発明しました。

言いかえると放電しても電気の減らないコンデンサのようなものを発明したわけなので、このあと電流に関する研究が加速的に進んだことでしょう。

- ⑤ 電池によって連続的な電流が作れるようになって、電流の周囲に磁気の変化が認められることになり、さらにその電流を変化させることによって磁気誘導といった研究成果が得られてコイルが誕生しました。「発電」も可能になりました。電流を変化させることは「交流」への展開にもなりました。

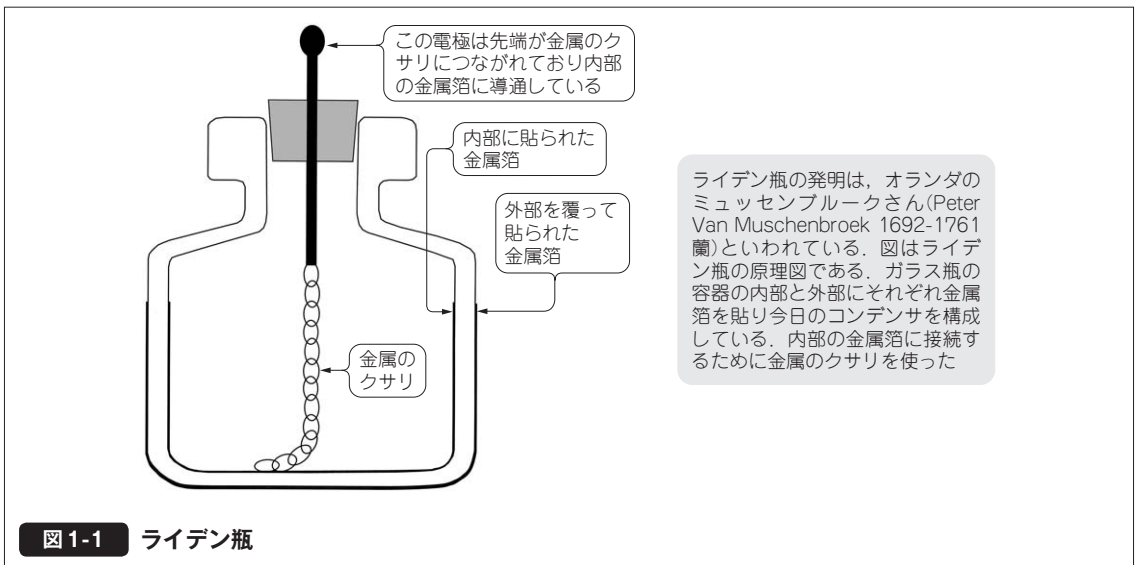


図 1-1 ライデン瓶

⑥ 交流の研究はコンデンサの分野にも及び、いままで静電気を蓄えるだけの器だったコンデンサは、交流に対しては電流を流すものへと変身したのです。

本来直流は流さないコンデンサの空間が、交流を流すことから、たいへんな理論を打ち立てた人がいます。それはマクスウェルさん (James C. Maxwell 1831-1879 英) で、数学的に考えを進め、ついに電磁波の存在を予言するに至ったのです。

この予言はその後いろいろな人から実証され、今日の電波の世界に発展しています。

以上が2000有余年の電気の歴史から、ポイントだけを抽出して走り抜けたダイジェストです。これからいくつか補足します。

## 1-2 摩擦電気はなぜおこるのか

プラスチックの棒を布でこすって頭に近づけると髪の毛が逆立つことを経験したことがあると思います。まさにターレスさんはこの現象をとらえて学説を唱えたわけですが、これは、摩擦された物が電気の性質を帯びる (= 帯電) ことによって起こっているのです。では帯電の正体を考えてみましょう。

世の中の物すべてを顕微鏡でも見るように細かく追及していくと、物理学や化学でいう分子や原子の世界に入り込み、その中に電子が存在するという説明にたどり着きます。このことは科学の世界では常識ですから、すなおに信じることにしましょう。

さて二つの物体をこすり合わせると、一方に含まれる電子が相手のほうに乗り移ったり相手のほうから乗り移ってきたりして、こする前の状態に対して電子が増えたり減ったりします。たとえば、ガラス棒を絹の布でこすると、絹のほうに電子が増え、ガラス棒のほうは電子が減ってきます。電子はマイナスの電気を持っているので、絹はマイナスの電気の性質を帯びて「マイナスに帯電」します。ガラス棒のほうは電子が減るのですが、いちいちマイナスの性質が減るといのはわずらわしいので、「プラスに帯電」したと表現します。

こすり合わせるとそれぞれプラスとマイナスに帯電したものに分かれていますが、はじめは帯電してなかったのですから、プラスの電気とマイナスの電気の量は同じです。

ちなみに何と何をこすり合わせると、どちらがプラスでどちらがマイナスに帯電するのかを表1-1に示します。

余談ですが、ターレスさんが発見したときの材料はコハクと呼ばれる樹脂の化石で、ギリシャ名が「エレクトロン」でした。私たちは電子のことをエレクトロンと呼びますが、ここにルーツがあったようです。

毛皮	水晶	ガラス	雲母	木綿	紙	絹	木材	コハク	樹脂	金属	硫黄
----	----	-----	----	----	---	---	----	-----	----	----	----

(+) ← 相互にこすり合わせた場合の正負の順序 → (-)

- たとえばガラスを紙でこするとガラスが(+)に、紙が(-)に帯電する
  - 序列の差の大きいものほど帯電の度合いは大きくなる
  - この「系列」は研究機関によって若干順序が入れ替わるものもある
- 参考文献：「電磁気学」(電気学会)，「上級ハムになる本」(CQ出版社) など

表 1-1 摩擦電気系列

### 1-3 帯電したものの性質

帯電した物体には独特な性質が現れます。たとえばプラスとプラス、マイナスとマイナスのように同種の電気に帯電した物体には反発して遠ざけ合う力が働き、プラスとマイナスのように異種の電気に帯電した物体には引き合う力が働きます。

異種の電気は、引き合った結果合体すると、それぞれの電気が一体となって中和し電気を失いますが、ただなくなるのではなく、電子が中和を目指して移動することで、電流が流れます。電流は、もちろん電線の中も流れますが、雷を考えればわかるように想像を絶するような大電流が空間でも流れるのです。

### 1-4 電気を蓄える

帯電した物体から電気が消滅してしまわないよう、蓄えようとする研究がなされ、先述のように、ライデン瓶が発明されました。ライデン瓶はコンデンサそのものです。

フランクリンさん (Benjamin Franklin 1706-1790 米) はライデン瓶を用意して凧を上げ、雷の電気を蓄える実験をしました。また避雷針を発明したことでも知られています。

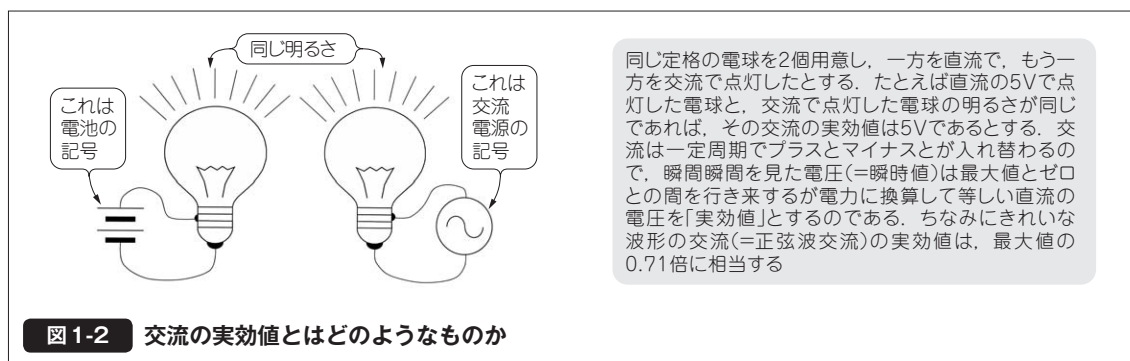
コンデンサは電気を蓄えるので「蓄電器」と呼ばれています。似た言葉に「蓄電池」がありますが蓄電器は電気を一時的に蓄える「器」であるのに対し、蓄電池は電気が湧いて出る「池」です(両者は英語でそれぞれCapacitorとBatteryですから、まるで似ていない言葉)。

### 1-5 電圧

電池をつないで「蓄電」されたコンデンサの端子には、蓄えた証しとして電気が顔をのぞかせています。のぞいている電気の物理量は「電圧」です。もちろん電池の端子には電圧が現れています。物理量という言葉については**Column A**を参照してください。

電圧が存在するところに抵抗をつなげば電流が流れます。電圧はテストの電圧計モードで測定でき、単位はボルト(=V)です。

コンデンサの電圧をテストで測定するとテストの内部抵抗によって放電が進み、最後は空っぽになることは理解できますよね。





電圧は、「滝の落差」のように、その電気がもつ能力(ポテンシャル)を表す物理量です。

交流の場合はちょっと複雑ですが、同じ電力効果が得られるような直流値で電圧値が定められます。これを実効値といいます。わかりやすくいうと、直流の5Vで点灯したランプと同じ明るさが得られる交流の実効電圧を5Vというのです。図1-2を参照してください。

## 1-6 電流

電気が移動することを「電流」といいます。

電流の単位は「アンペア(A)」です。一方、別の機会でも触れますが、コンデンサに蓄えられる電気量の単位は、「クーロン(c)」です。そして両者の間には、

クーロン(c) = アンペア(A) × 秒(s) といったひじょうに密接な関係があります。

たとえば自動車用の鉛蓄電池の容量は24Ahなどと表記されています。

Aはアンペア、hは時(=hour)で、「秒」と「時」との違いはありますが、物理的にはアンペア・秒であるクーロンと同次元であることに気がつくでしょう。

すなわち電池の容量は、コンデンサに蓄えられた電気量と同じ次元なのです。

電池にはいろいろな種類がありますが、次章にゆずります。

電流は「水流」と同じように、流れている電気の勢いを表す物理量です。

通常電流は電線の中を流れると思われています。電線は物質の中を自由に動き回れる「自由電子」のため、電流が流れやすい構造になっているのは事実ですが、雷に代表されるように、電線がなくても、ピカッと光り、ゴロゴロと鳴って電流が空間を流れることもあるのです。常識の中に入れておいてください。

## 1-7 電力

電圧、電流と来たら次は「電力」でしょう。

皆さんはすでに「電圧(V) × 電流(A) = 電力(W)」という公式を知っていると思います。

言うまでもなくVはボルト、AはアンペアでWはワットです。この式の意味は、ある電圧の電源から継続的に電流が流れ続けたら、そのワットで示される値の電力消費が発生するという意味です。

電力とは何でしょうか。前節や前々節で触れたような次元で考えると、「仕事率」というものも同じ次元の物理量であることに行きあたります。仕事率も単位はワットで、単位時間あたりの仕事をいいます。その仕事率に時間をかけると仕事すなわち「成し遂げた成果」が算出されます。電力(ワット)もこれに時間(時)をかけるとその電圧、電流が成し遂げた成果が算出されます。

身近な例でいいますと、私たちが月々電力会社に支払う「電気代」はこの成果(ワット・時)に対して支払っているのです。これを「電力量」と呼んでいます。

もう一つ身近な例をいいますと、どちらも12V用の電球があるとします。一つは50W、もう一つは25Wとし、同時に点灯させると50Wのほうが明るいのは当然ですが、50Wのほうを1時間、25Wのほうを2時間点灯させると電力の使用量(電力量)は同じです。

電力というのはこのような性格のものです。

次の1-8節で交流について触れますが、交流では位相を考慮した特別な電力の呼び方があります。電

圧が12V、電流が5Aであるとき、掛け算の結果、60VAというものです。

しかし、ハムのピギナーの日常生活上あまり気にしなくてもよろしいのではないかと、掘り下げないことにします。この場合60Wでおしましよ。

## 1-8 直流と交流

電気には、流れる方向が変わらない「直流」と、電線の中を右に行ったり左に行ったりする「交流」があります。「交流」はもともと「向きと大きさが周期的に変化し、その平均値がゼロになるような電圧（電流）をいう」と定義されていますが、単純に向きが交互に入れ替わる電圧（電流）も（直流に対して）交流と呼んで差し支えないでしょう。

直流の発生は電池が代表的ですが、交流を整流回路によって整流する方法があります。大規模のものは直流の発電機があります。

交流は、家庭用電源の50Hzや60Hzの場合は大型の発電機で発生させますが、電子機器では通常発振器で発生させます。

交流の毎秒あたりの振動数は周波数と呼ばれ、単位はヘルツ (Hz) です。この単位は電磁波の研究に功績のあったヘルツさん (Heinrich Rudolf Hertz 1857-1894 独) の名前をとったものです。周波数は、呼び名や略称が電波法でも定められているので、表1-2に整理しました。

周波数の呼び方には、Hzの前にキロ (k) とかメガ (M) などという接頭語が付きます。表1-3に整理したので、これも知っておいてください。

この接頭語は周波数だけのものではありません。電力 (W)、長さ (m)、静電容量 (F) 等々あらゆる物理量の単位にかぶせて使われるので重要です。

また、これで接頭語すべてをカバーしているわけでもありません。ふだん使わないものはリストから外してあります。

通称	略称	周波数	波長略称
サブミリ波		300G ~ 3T	デシミリメートル波
ミリ波	EHF	30G ~ 300G	ミリメートル波
マイクロ波	SHF	3G ~ 30G	センチメートル波
極超短波	UHF	300M ~ 3G	デシメートル波
超短波	VHF	30M ~ 300M	メートル波
短波	HF	3M ~ 30M	デカメートル波
中波	MF	300k ~ 3M	ヘクトメートル波
長波	LF	30k ~ 300k	キロメートル波
超長波	VLF	3k ~ 30k	ミリアメートル波

- 主として電波の分類であるが増幅器の周波数帯と密接な関係があるので、覚えるようにしたい
- 周波数の単位であるHzは省略した
- 電波法施行規則第4条の3に記載されている

表1-2 周波数の呼び名

乗じる倍数		読み方	記号
1 000 000 000 000	$10^{12}$	テラ	T
1 000 000 000	$10^9$	ギガ	G
1 000 000	$10^6$	メガ	M
1 000	$10^3$	キロ	k
100	$10^2$	ヘクト	h
10	10	デカ	da
0.1	$10^{-1}$	デシ	d
0.01	$10^{-2}$	センチ	c
0.001	$10^{-3}$	ミリ	m
0.000 001	$10^{-6}$	マイクロ	$\mu$
0.000 000 001	$10^{-9}$	ナノ	n
0.000 000 000 001	$10^{-12}$	ピコ	p

- 周波数の接頭語はキロ以上に限られているが、今後の利用も考えて一般的な接頭語をひととおり用意した
- テラより大きいもの、ピコより小さいものもあるが主要なものに限った

表1-3 接頭語

これらの周波数よりもはるかに低い周波数帯である「音声」も電気信号に変えられて増幅されますが、この信号も、直流ではないので、一種の交流といえます。楽器の「ラ」の音のように、440Hzとか880Hzといった単純な信号もありますが、音声信号の多くはいろいろな周波数が入れ替わり立ち替わり現れる複雑な交流です。しかし、おおよその周波数帯域は特定できるので回路で困るようなことはありません。

## 1-9 デシベル (dB)

物理量にはそれぞれに単位があります (Column Aなどを参照してください)。たとえば長さという物理量にはメートル (m) という単位があります。キロ (k) とかミリ (m) は単位ではなく接頭語です。念のため。

電気の物理量たとえば電流にはアンペア (A) という単位が、またコンデンサの静電容量にはファラッド (F) という単位があります。このような単位については、各章の中で必要に応じて解説していきますが、どの単位も電磁気の研究に功績のあった人の名前が使われています。たとえばアンペアにはアンペール (André Marie Ampère 1775-1836/仏) さんの、ファラッドにはファラデー (Michael Faraday 1791-1867/英) さんの名前がそれぞれ残されています。

ところが数多い電気の単位の中に一つだけ異端児がいます。ベル (Alexander Graham Bell 1847-1922/米) さんの名前を記念したデシベル (dB) です。dBは電流、電圧、電力、増幅度等々ひじょうに多くの場面で顔を出してくるので、この章でまとめて扱っておかなければ解説する機会を失ってしまうのでページを割くことにします。

### Column A 「物理量」と「次元」

長さや重さ、時間といった「はかり」や「測定器」で大きさを測れるものを「物理量」と呼んでいます。体重は体重計で測れる重さという物理量です。時間は時計で計測できる物理量です。物理量には「kg」とか「秒」といったその物理量に適した「単位」があります。

電気の世界にも物理量がたくさんあります。たとえば「電圧」も「電流」も物理量の一つです。電圧は電圧計でボルト [V] という大きさが測れ、電流は電流計でアンペア [A] という大きさが測れます。

2倍とか30個というときの倍とか個は単位とはいえず、物理量とはいえません。

なぜ重さ、時間や電圧という言葉がありながらわざわざ物理量という言葉で考える必要があるのでしょうか。その理由は「物理量」の性質を表す「次元」にあります。

物理量が同じなのに呼び名が異なっていて異種の物理量と思われがちなものがありますが、親戚か他人かを判断するのに、物理量の次元で考えると明解に判断できるからです。次元は物理量のDNAのようなものです。もう少し掘り下げてみましょう。

マラソンで走る距離42.195kmは長さという物理量で単位はメートル、次元は[m]と表現します。0.5mmというシャープペンシルの芯の太さも長さという物理量で単位はメートル、次元はおなじ[m]です。両者はk(キロ)とm(ミリ)のちがいはあってもm(メートル)という単位は同じで、同じDNAすなわち同族(「長さ族」といことができます。

1-6「電流」のところで示したように、コンデンサに蓄えられる電気量(クーロン)と自動車のバッテリーの容量(アンペア・時)とが同じ次元であることには驚かされます。

電気の世界には、電圧、電流、抵抗、インピーダンス、静電容量、等々30個以上の物理量がそろっていますが、それぞれの関係がどのようになっているかを知りたければ、まずその物理量の次元を調べることです。

次元について解説した参考書(CQ出版社、トランジスタ技術SPECIAL No.86「初心者のための電子工学入門」など)もありますので、勉強することをお勧めします。



このデシベル (dB) が異端児とよばれるには理由があります。

その1は、ベル (B) という単位でよさそうなのに必ずデシ (d) という接頭語が付くことです。

1955年発行の参考書に、信号の伝送量を表す単位に、デシベル (dB) とネーパ (Np) があり、10デシベル (dB) はまれに1ベル (B) と呼ばれることがあったという記述を見つけましたが、現在では決まってデシ (d) 付きです。

その2は、電圧、電流、電力の大きさを表す単位であるほか、音の強さ、音圧のレベルなどを表す単位でもあるのです。どの単位を表しているのかがdBmとかdBWのように添え字をつけて区別しています。

その3は、何倍かを表す数値であって単位とは呼べない使い方があることです。

本書の「はじめに」に、ビギナー相手だから数式は極力使わないことにした、と書きましたが、デシベルを説明するときには最低限次に示す式は使ったほうがわかりやすいと思います。高校レベルの知識で理解できるでしょう。

デシベルは電圧や電流に使用する場合と電力に使用する場合とで定義が異なり、それぞれ $20 \log_{10} A$ 、および $10 \log_{10} A$ です。

たとえば $A = 2$ のときは、前者は6dB、後者は3dBです。ややこしいですね。とても複雑なので表1-4にまとめました。この表はメーカーなどの現役技術者にも参考になるので保存版として活用することをお勧めします。

さて「log」の求め方ですが、技術計算用の電卓を使えば即座に計算できます(昔は「対数表」という数表が一冊の本になっていました)。

エクセルでも、例えば「 $= \log_{10} (3)$ 」と入力してENTERキーを押せば3のlog値0.477121が得られます。この例でもわかるように3のlogは約0.5ですから電圧比はその20倍の10dBということになります。

分野	対象	各種デシベル	基準値	備考
電気	増幅度、減衰量の比	電圧、電流の場合	$20 \log (V_2/V_1) (*1)$	物理量の単位ではない
		電力の場合	$10 \log (P_2/P_1) (*1)$	
	電圧、電流、電力の大きさ	dB <sub>m</sub> , dB (mW)	1mW=0dB (mW) 50 Ω系	物理量の単位としてこのように多くのデシベルが存在する
		dB <sub>w</sub> , dB (W)	1W=0dB (W)	
		dB <sub>f</sub> , dB (fW)	1fW=0dB (fW) (*2)	
		dB <sub>v</sub> , dB (V)	1V=0db (V)	
dB <sub>μ</sub> , dB (μV)	1 μV=0dB (μV)			
dB <sub>m</sub> (*3)	0.775V=0dBm 600 Ω系			
音	音の強さのレベル	dB $10 \log (I/I_0)$	$I_0=10^{-12} \text{W/m}^2$	
	音圧のレベル	dB $20 \log (P/P_0)$	$P_0=2 \times 10^{-5} \text{Pa} (*4)$	
	騒音レベル	フォン (*5)		

\*1 「比」であるから基準値はない。備考に述べたようにこのデシベルは物理量の単位ではない

\*2 あまり使われないが「f」はピコよりさらに $10^3$ 小さい接頭語でフェムトと読む。 $10^{-15}$ のこと

\*3 600 Ω、1mWの電圧0.775Vを0dBとする系列で、往時のレベル・メータはこの採用が多い。また音量の測定に使用されるVU計(VU=Volume Unit)は、この+4dB(=1.228V)を加えたとき、指針が全体の70%をさすようにして、これを0VUとしている

\*4 Paは圧力を示す「パスカル」のこと

\*5 1,000Hzの純音の音圧レベルと同じ大きさに聞こえる音をdBと同じ数字で表した単位を「フォン」という

表1-4 いろいろなデシベル

同様に電圧比2のデシベル値は6dBです ( $\log_2 = 0.3010$ )。電圧比が10倍, 100倍, …… , 100,000,000倍であるとき, これをデシベルで表現すれば20dB, 40dB, …… , 160dBとなります。これを見てわかるように, 電圧比では8桁の違いがあるので(デシベルに変換してなかったら)電圧比の軸は半対数のグラフ用紙を用意しなければなりません, デシベル表記にすると圧縮されて, 20から160という直線目盛のグラフ用紙に書き込めることとなります。実はデシベルで表現するメリットがここにあったのです。

ここでデシベルによる簡易計算(暗算)のコツをお教えしましょう。

Aが2, 3のとき  $20 \log A$  の値はそれぞれ6dB, 10dBであることは先述のとおりです。

これは覚えておくことにしましょう。ではAが4, 5, 6, 8, 9のときの  $20 \log A$  は?

2倍が6dBだから4は2の2倍で  $6\text{dB} + 6\text{dB} = 12\text{dB}$ ,

5倍は10倍(20dB)の半分(-6dB)だから  $20\text{dB} - 6\text{dB} = 14\text{dB}$ ,

6倍は2倍(6dB)の3(10dB)倍だから  $6\text{dB} + 10\text{dB} = 16\text{dB}$ ,

8倍は2倍(6dB)の2倍(6dB)の2倍(6dB)だから  $6\text{dB} + 6\text{dB} + 6\text{dB} = 18\text{dB}$ ,

9倍は3倍(10dB)の3倍(10dB)だから  $10\text{dB} + 10\text{dB} = 20\text{dB}$ ,

となります。ただしこの方法は暗算による簡易概略計算として覚えてください。

10倍は  $20 \log 10$  ですから正確に20dBですが, 上記の暗算では9倍も20dBになっています。

7倍は17dBです。これは技術計算用の電卓で計算しました。

最近, 技術計算用の電卓を持っていなくてもパソコンは持っているという人が多いと思われます。

パソコンでdBを計算するときには先述のようにエクセルを使います。たとえばA1を空欄にしておき, B1の欄に「 $= 20 * \log (A1)$ 」と入力しておけば, A1に7と入れることによってB1に17が出力されます。

計算の桁数は, B1の欄を右クリックし「セルの書式設定」を操作して自在に決められます。

## Column B 「交流が使われる理由」と「送電線が高圧な理由」

電線は太さによって流せる電流の大きさ(アンペア)が制限されます。たとえば延長コードには, 電線やプラグに使用可能なアンペア数が表記されています。

「7A 125V」と表記された延長コードで1000Wのアイロンを使用すると熱くなり危険です。1000Wというのは100V × 10Aですから, 7Aの電線では能力に無理があるのです。このように, 電線は太くなければ大電流は流せません。

さて家庭では, 使用する最大アンペア数を電力会社との間で契約していますが, 各家庭に十分な電力を供給するためには, 何戸かまとまったグループごとに, その電流に耐える電線を使用する必要があります。それらのグループが町や市のスケールでまとまると, さらに大きな電流値に耐える電線を使わなければなりません。発電所から電気をどうやって送ればよいのでしょうか。ここで交流の最大の特長が生きてきます。

コイルに電流を流すと隣接した別のコイルに電圧が発生します。もとのコイルを一次コイル, 隣接した別の二次コイルが一次コイルのn倍巻かれていたものとする, 二次コイルに発生する電圧は加えた電圧のn倍になります。その代わり, 一次コイルに流れ込む電流に対して, 二次コイルから取り出せる電流は  $\frac{1}{n}$  倍になるのです。これは変圧器の基本的な性質です。つまり電圧を高くすれば, 少ない電流で同じ電力を送れるのです。

発電所から送られる送電線の電圧には数10万V ~ 100万Vの電圧が使われています。家庭に入る電圧を100Vとすると数千倍~1万倍の電圧ですから, 家庭に入る電流は, 送電線の段階では, 数千分の一~1万分の一あればよいという計算になります。

電圧を高くすると, それを送る設備機材は高度な技術を要する高価なものにはなるのですが, 何よりも少ない電流で送電できるというメリットは大きいものがあります。

家庭用の電源に交流が使われる理由は, 電圧を変圧器で自由に高くしたり低くしたりできることにあり, そして送電線が高圧である理由は, その電圧に見合った少ない電流で送電できることにあるのです。

## Column C

## 生物と電気(両分野のプロになりましょう)

このコラムは単なる昔話と思わないでください。筆者からの提案があります。

さて筆者にとってひじょうに懐かしい書物があります。この書物は中学生時代の筆者に電気への関心をそそらせた記念すべき一冊です。

昭和25年1月発行の「生物の電気はどう研究するか」(コロナ社)という本で、阪本捷房、有元石太郎両先生の共著です。「定価70円」とあります。なぜか定価の「価」の字が「價」であるのに対し「圓」と予想される字が当用漢字の「円」になっています。

それはさておき、この書は発行から60年余を経た今でも生物と電気との関係を適格に問題提起してくれているところに新鮮味があります。

内容は目次を一瞥すればわかるでしょうから、まず目次を紹介します。

1. あなたの体から電気が出るか
2. 電気を出す動物があるか
3. 電気を出す植物があるか
4. 生物の発電はどう研究されてきたか
5. 静的の生物発電とはどんなことか
6. 動的の生物発電とはどんなことか
7. 心臓から電気を出すか
8. 脳から電気を出すか
9. 生物はなぜどのようにして発電するか
10. 人間の体の発電と感電
11. 電気を人体に通したらどうなるか
12. 電気と病気
13. 電気の面白い利用
14. 産業と生物と電気

どうです? いま書店に並んでいても新鮮なテーマばかりではありませんか。

これらのテーマは、本書であつかう電子回路とは異質のものです。それは電気というものを生物の分野で取り上げているからですが、電気を分子や原子のレベルで考えるときには生物の事例を紹介するのがわかりやすいからだと思われまふ。

内容をかいつまんで紹介してみまふ。

「電気を出す動物」としては「電気ウナギ」、「シビレエイ」、「シビレナマズ」などの発電メカニズムや電圧などが紹介されています。

「電気を出す植物」では人参が事例として紹介されています。感度の良い電流計の端子をいろいろなつなぎ方をして観察したものです。切り口のあるヘチマも電位差があるようです。オジギソウなどの事例もあり面白い実験が続きます。

「静的の生物発電」では蛙の腿から発電される様子が紹介されています。

「心臓からの電気」は今日では心電図としてよく知られているものですが、かなり詳細に説明されています。

「脳からの電気」ではウソ発見器が事例に取り上げられています。また安静時の脳電流(脳波)についても言及されています。

「生物はなぜどのようにして発電するか」のところではいろいろな学説を紹介しています。

「電気を人体に通したらどうなるか」のところでは「電気死刑」の方法まで説明してありますが、事実かどうかはわかりません。

「電気と病気」のところでは医者の方の指導の下で、浴槽に電気を流しておき人体に刺激を与える治療が紹介されています。少し怖いですね。ほかにも有名な治療が説明されています。

「電気の面白い利用」では、なんと、電気豚殺器や電気椅子など物騒な装置が紹介され、「感電手袋」と称して他人を感電させるグッズまで紹介されています。あまり面白いとは思いませんが。

目次にしたがってどんなことが書いてあるのかを紹介しましたが、当時の定説を垣間見ることができてとても楽しいものです。しかし、当時このように生物と電気を結び付けて解説した本はひじょうに少なかったことを思い出すとともに、いままた生物と電気を結び付けて解説する本を書いても、内容に格段の進歩が盛り込めるのか心配になります。

もちろん医学的な装置は素晴らしい発展を遂げていると思います。また電気と生体との相互のメカニズムの解明については、限られた学問の世界では研究が進んでいるとは思いますが、「生物+電気」という相互乗り入れ分野では志のある学生も少なく、書店でも関心をひきにくいコーナーにしよばりおかれる運命になるのだらうと寂しい想いです(もともと物理屋は生物が嫌いだし、生物屋は物理が嫌いなんですよ)。

筆者は2004年に「生体と電磁波」という題名の書籍をCQ出版社から発行しました。この書の執筆の動機は急激に広がる携帯電話の電磁波が人体に及ぼす影響に警鐘を鳴らそうとしたもので、電磁気の基礎的な知識とともに電磁気を応用した医用機器の紹介や、機器近傍の電磁波の測り方や心臓ペースメーカーなどへの影響について述べたものです。

執筆にあたっては病院の技師などのアドバイスをいただきましたが、人体(生体)と電気との関係を説くには、生物学と電気物理学の両方に精通していなければうまくいかないことを痛感しました。つまり電気屋が生物の電気を説くには限界があります。

しかし「生物+電気」という複合分野は今後ますます必要とされる分野と思われる。

その本のあとがきにも述べましたが、「生物+電気」という相互乗り入れ分野を志す学生が一人でも多く誕生することを期待するものです。

見本

ISBN978-4-7898-1345-7

C3055 ¥2200E

CQ出版社

定価：本体2,200円（税別）



9784789813457



1923055022003



## C o n t e n t s

- 第1章 電気とは何か
- 第2章 電源を考える
- 第3章 抵抗器を知る
- 第4章 コンデンサをテーマに回路を語る
- 第5章 コイルのある回路
- 第6章 半導体の基本とダイオード
- 第7章 トランジスタの基本
- 第8章 トランジスタ回路
- 第9章 FETの基本と回路
- 第10章 OPアンプの考え方と使い方
- 第11章 帰還, 発振, 非線形のはなし
- 第12章 期待される技術のあれこれ

このPDFは、CQ出版社発売の「楽しく学ぶアナログ基本回路」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai//books/13/13451.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/hanbai/order/order.htm>