

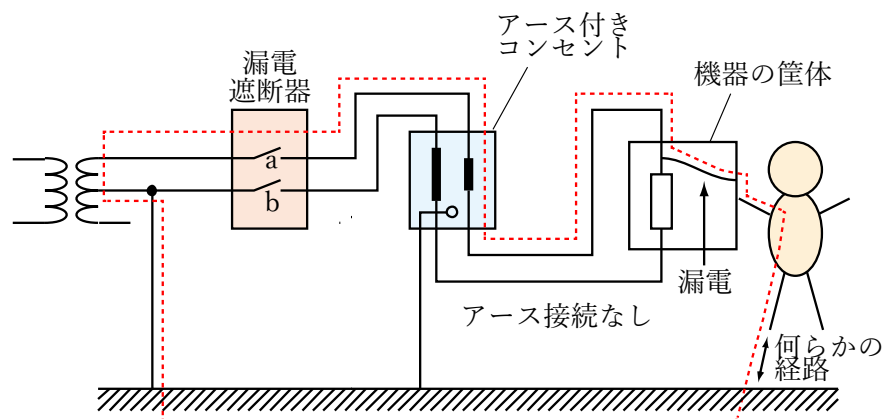
## 電気機器をアースすると感電しない理由

### 注意！

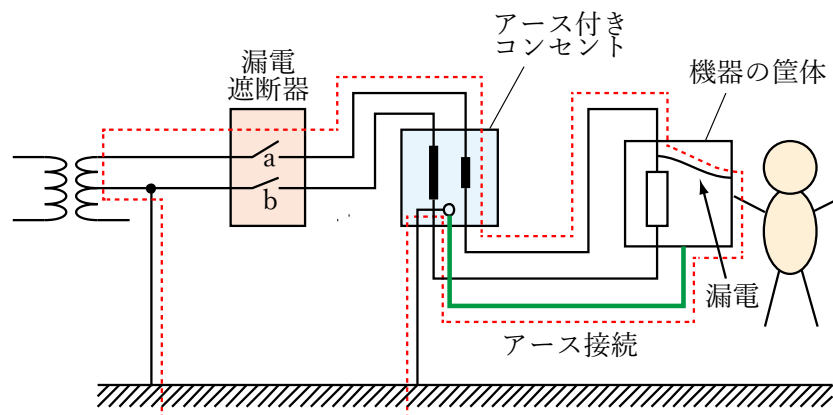
筆者は電気設備の専門家ではないため、この文書には誤りが含まれている可能性があります。随時改訂するので、日付をご確認下さい。誤りの指摘やコメントは、上記のアドレスへ連絡を下さい。

### 1. アースの効果に対する二つの説明

「電気機器をアースしておくとも機器が漏電しても感電しない」という説明が様々な書籍や Web サイトで見られる。図 1 は筆者の教科書における説明図である。



(a) 漏電による感電



(b) 機器をアースした場合

図 1 漏電による感電と機器のアース

機器をアースすると感電しない理由として以下の2つの流儀がある。

- (1) 漏電してもアース線の方が人体よりも抵抗が低いため、アース線を通じて大地に電流が流れ、人体に電流は流れない。
- (2) 漏電した場合にアース線に大きな電流が流れ、漏電遮断器が回路を遮断する。漏電が発生した時点で回路が遮断されるので、感電を未然に防ぐことができる。漏電が発生した瞬間に人間が機器に触れていて感電した場合でも、漏電遮断器が確実に動作するので、感電時間を最小限にすることができる。

(1) はアース線のみで感電を防ぐと説明しており、(2) はアース線と漏電遮断器の2つが連携して感電を防ぐと説明している。

「三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器技術資料集」<sup>1</sup>の p.12-13 に「それまでは『保護接地』で感電保護していたのを、『電源の遮断（漏電遮断器）』という手段を追加した。」と書かれている。論文<sup>2</sup>に「漏電遮断器は欧州において発明され昭和40年代に我が国に導入された」と書かれている。報告書<sup>3</sup>の p.2 によると、漏電遮断器は我が国では2005年に義務化された。漏電遮断器の設置率は2014年の時点で89%（関東では92.9%）である。

以上より、(1) は漏電遮断器が普及する前の説明であり、(2) は漏電遮断器が普及した後の説明であると思われる。以後 (1) を「旧説明」、(2) を「新説明」と呼ぶ。

---

<sup>1</sup> <http://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/fa/document/catalog/lvcb/yn-c-0657/y0657d1502.pdf> アクセス 2023.4.18

<sup>2</sup> 右田理平, 高橋健彦, "戸建住宅における接地設備の課題と対策", 関東学院大学 建築設備工学研究所報 no.34, pp.45-63, 2022.

<sup>3</sup> [https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/denkikasaitaisaku/1/pdf/sankou\\_2.pdf](https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/denkikasaitaisaku/1/pdf/sankou_2.pdf) 産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策ワーキンググループ 中間報告書 (H26.6) より抜粋 アクセス 2023.4.19

⑧ 使用後は、水そうの内外をよくふき、しばらくふたをあけて内部を乾燥させる。

⑨ ケースにろう電していると感電するから、必ずアースをする。

アースのはたらき 電動機からケースにろう電しているときに、ケースにふれると、ケースと床(大地)とが人のからだで接続され、電流は、人間を通過して、床—大地—柱上変圧器へ流れ、感電する。強い電流が流れると死亡することもある。

ところが、完全にアースがされていれば、ろう電の大部分は、抵抗の少ないアース線を通して流れ、人間のからだを流れない。

図 IV-43 アースのはたらき

(a) 学校図書 中学校 技術・家庭 女子 3 昭和 43 年 (1968)

196 電 気

図 48 定格の例

(2) 安全な使い方

(7) 感電事故の防止 185 ページで学んだように、柱上変圧器の 100V 側の線の 1 本は、地面に接続(接地)してあるので、図 49(a)に示す破線のように、電流がからだをとおって流れると感電する。

電気機器を扱うときに感電事故を防ぐには、よくかわいた床の上で仕事をしたり、ビニルやゴムのはき物や手ぶくろなどを身につけたりして、からだを地面とを絶えんするようにするとよい。ぬれたからだで感電したり、湿気の多いところで感電すると死ぬことがある。

また、図(b)の電気機器のように、湿気の多いところで使うものでは、あらかじめ地面に確実に接続しておくと、

5. 電気機器 197

図 49 感電事故とその防止

絶えん不良箇所にふれても危険が少ない。このように、電気機器と地面とを電線で接続することを接地という。

電気せんたく機などの接地端子は、銅板や接地棒を地中にうめたものか、金属管で地中まで配管されている水道のジャロなどにしっかりと接続するようにする。

(イ) 過熱の防止 電動機に電流が流れても回転しないと、ひじょうに大きな電流が流れる。そして、その電流による発熱のために過熱し、電動機が焼けたり、火災をおこしたりする。スイッチを入れても電動機が回転しはじめないときは、点検する。

3. 電気回路

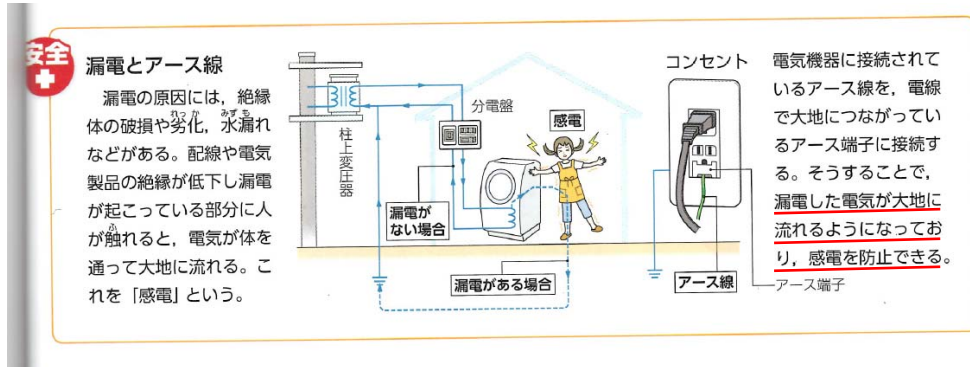
実教出版 技術・家庭 男子 2

(b) 実教出版 技術・家庭 男子 2 昭和 47 年 (1972)

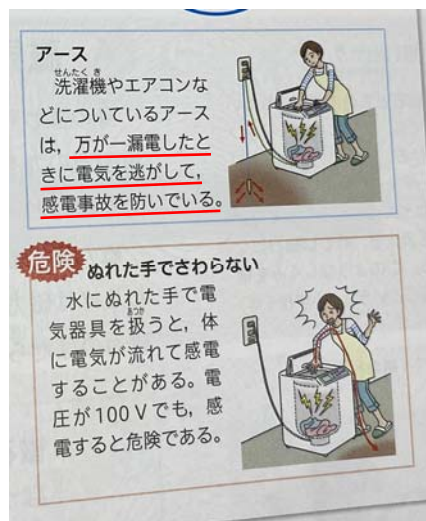
図 2 昭和 40 年代の教科書

図 2 は「旧説明」をしている昭和 40 年代の教科書である。図中に漏電遮断器は描かれていない。図 2 (a) は「アースを付けていると、漏電の大部分は抵抗の少ないアース線の流れ、人間の体を電流は流れない」、図 2 (b) は「機器をアースしておくで感電の危険が少

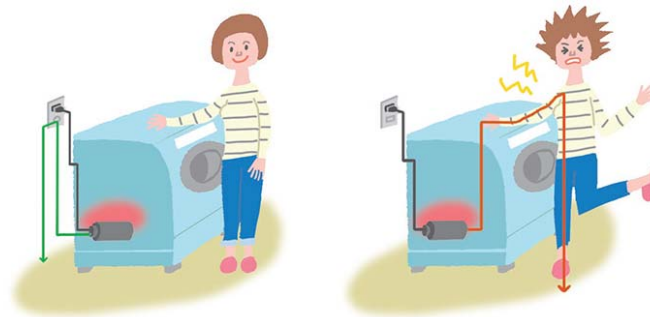
ない」と述べている。



(a) 教育図書 新技術・家庭 技術分野 令和3年(2021)検定(中学生用)

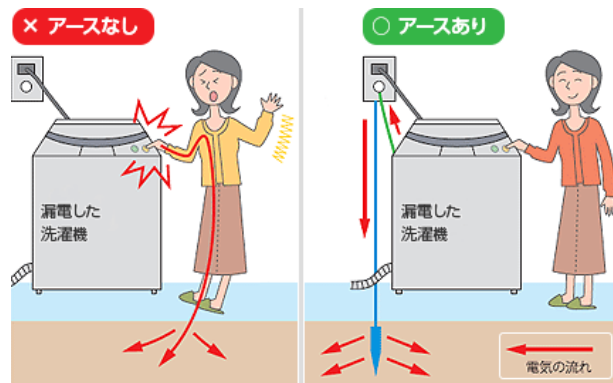


(b) 大日本図書 理科の世界2 令和2年(2020)検定(中学2年用)



(c) 関西電気保安協会のサイト<sup>4</sup>

<sup>4</sup> <https://www.ksdh.or.jp/information/roden.html> アクセス 2023.4.15



(d) 九州電気保安協会のサイト<sup>5</sup>

図3 現在の教科書やWebサイト

図3は2023年における教科書やWebサイトである。「旧説明」が採用されている。

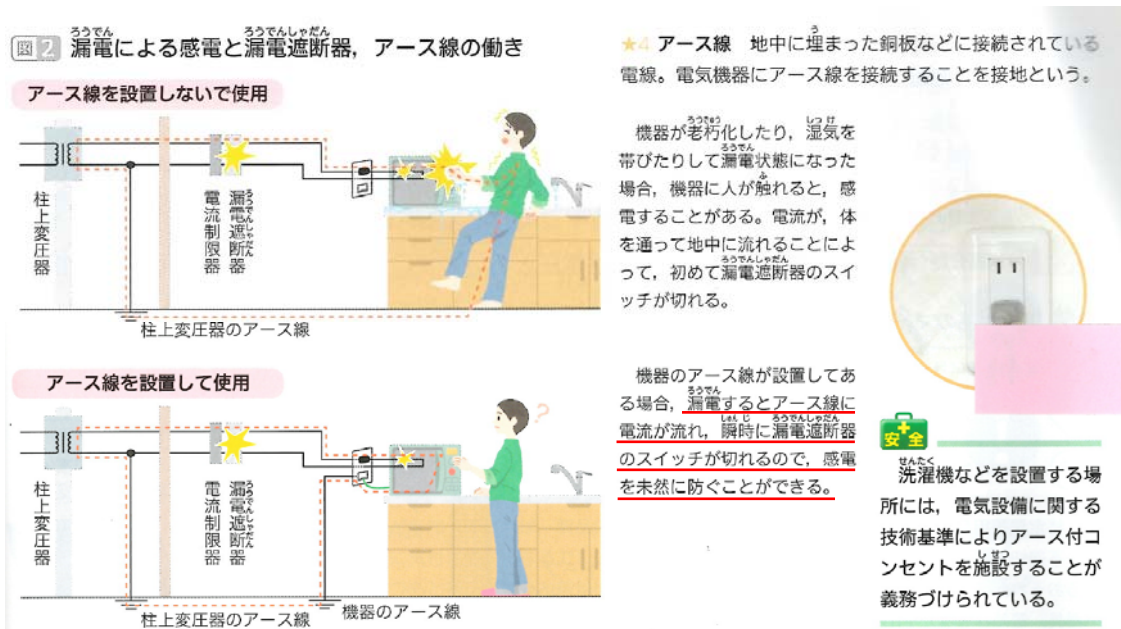


図4 東京書籍 新しい技術・家庭 技術分野 令和3年(2021)検定(中学生用)

図4は2023年における中学校技術の教科書である。「新説明」がなされている。東京技能者協会のサイト内にある文書<sup>6</sup>、日本地工株式会社の接地専門サイト<sup>7</sup>も「新説明」がされている。

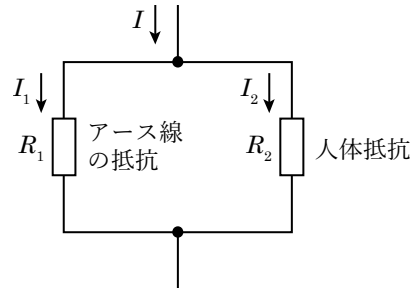
<sup>5</sup> [https://www.kyushu-qdh.jp/public\\_interest/howto\\_electic/earth/](https://www.kyushu-qdh.jp/public_interest/howto_electic/earth/) アクセス 2023.4.15

<sup>6</sup> [https://www.tokyotsa.com/file/64\\_anzen.pdf](https://www.tokyotsa.com/file/64_anzen.pdf) 【安全衛生管理】漏電遮断器と接地(アース)で感電災害を防止しよう アクセス 2023.4.19

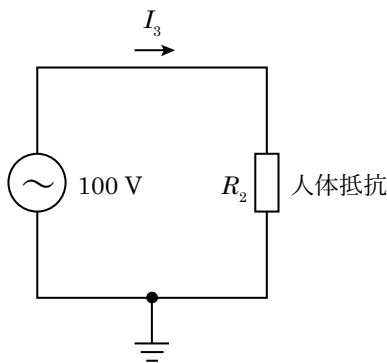
<sup>7</sup> <https://www.chiko.co.jp/setti/faq/001-2.html> アクセス 2023.4.19 「『漏電遮断器』と『接地』の両方があることで初めて安全が保たれる」と書いてある。

## 2. 旧説明に対する疑問

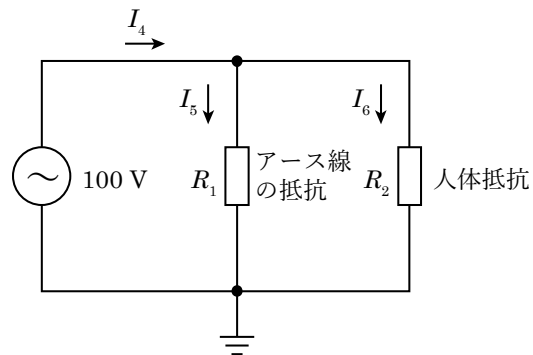
旧説明では「アース線を取り付けておくと、電流はアース線の流れ、人体には流れないため、感電しない。」と説明している。



(a) 抵抗の並列接続



(b) 電源も含む（アース線なし）



(c) 電源も含む（アース線あり）

図5 旧説明の根拠

このことは図5(a)で説明できる。電流  $I$  が分流するとき、以下の関係が成立する。

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} = R_2 : R_1 \quad (1)$$

アース線の抵抗  $R_1$  は人体の抵抗  $R_2$  に比べると圧倒的に小さいので、 $R_1 \ll R_2$  である。ゆえに  $I_1 \gg I_2$  である。人体を流れる電流はアース線を流れる電流より圧倒的に小さい。この理論は正しいが、「人体を流れる電流がアース線を流れるより圧倒的に小さい」ので「人間は感電しない」とは言えない。

図5(b)はアース線を取り付けない状態で感電した場合である。人体を流れる電流は  $I_3 = 100/R_2$  である。図5(c)はアース線を取り付けた状態で感電した場合である。人体を流れる電流は  $I_6 = 100/R_2$  であり、 $I_3 = I_6$  である。アース線を取り付けても人体に流れる電流は不変であり、人間は感電する。

図5(c)は単純化した図であり、実際は複雑な状況となる。本稿では旧説明の妥当性について検討する。

### 3. 考察に必要な知識

#### 3.1 接地抵抗

導体棒（あるいは導体板）（以後、接地極と呼ぶ）を地面に埋め、それと接続することをアースする（接地する）という。大地の抵抗率<sup>8</sup>は地域によって大きく異なり、筆者が住む関西の平地では 30 Ωm～100 Ωm である<sup>9</sup>。サイト<sup>10</sup>に「概算値として 100 Ωm」と書いてあるので、100 Ωm と仮定すると、銅の抵抗率は $1.72 \times 10^{-8}$  Ωm だから、大地の抵抗率は銅より  $10^9$  (10 億) 倍以上大きい。しかし、大地の断面積は無限大と見なせるので、地球は巨大な導体と考えることができる<sup>11</sup>。

ただし、接地極付近の断面積は有限なので、接地極付近に抵抗が発生する。これを接地抵抗と呼ぶ。

柱上変圧器における接地を B 種接地、一般住宅における接地を D 種接地という。以下の値にすることが決められている。

- B 種接地……地絡電流を  $I$  とするとき  $150/I$  Ω以下
- D 種接地……100 Ω以下 (0.5 秒以内に動作する漏電遮断器を取り付けているときは 500 Ω以下)

B 種接地の具体的な値は地絡電流によって異なるため、一概に言えないようであるが、サイト<sup>12</sup>によると、20 Ω～100 Ω程度の値を持つようである。サイト<sup>13</sup>では 50 Ωと仮定した場合の計算が示されている。

---

<sup>8</sup> 断面積 1 m<sup>2</sup> 長さ 1 m のときの抵抗値を抵抗率と呼ぶ。単位は Ωm である。

<sup>9</sup> <https://www.sankosha.co.jp/earthing-systems/earth-resistance/> 株式会社サンコーシャ アクセス 2023.5.11

<sup>10</sup> <https://jeea.or.jp/course/contents/02203/> 日本電気技術者協会 アクセス 2023.5.11

<sup>11</sup> 許容電流 12 A の銅線の断面積は 1.25 mm<sup>2</sup> である。1 mm×1 mm と近似する。断面積が 100 m×100 m の大地の抵抗値を考える。断面が 1 mm×1 mm の銅線と比べると、辺の長さはどちらも  $10^5$  倍だから、面積は  $10^{10}$  倍になり、抵抗値は  $1/10^{10}$  となる。銅の抵抗率は  $1.7 \times 10^{-8}$  Ωm だから、大地の抵抗率を 100 Ωm と仮定すると、「断面が 1 mm×1 mm の銅線」と「断面が 100 m×100 m の大地」は、同じ長さであれば、同程度の抵抗値を持つ。

<sup>12</sup> <https://seko-kanri.com/b-syu-setti/> 「施工管理の窓口」というサイトの中の 1 ページ 20Ω～100Ω と書いてある。 アクセス 2023.5.18

<https://ja9yx.jimdofree.com/%E9%9B%BB%E6%B0%97%E3%81%82%E3%82%8C%E3%81%93%E3%82%8C/no-349-%EF%BC%92%EF%BC%90%EF%BC%92%EF%BC%90%E5%B9%B4%EF%BC%90%EF%BC%91%E6%9C%88%EF%BC%90%EF%BC%93%E6%97%A5-%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E4%BC%9A%E7%A4%BE%E3%81%AB%E3%82%88%E3%82%8B%E7%A8%AE%E6%8E%A5%E5%9C%B0%E6%8A%B5%E6%8A%97%E5%80%A4%E3%81%AE%E8%80%83%E3%81%88%E6%96%B9/> 金沢市の電気屋 井上幸造のホームページ アクセス 2023.5.18

<sup>13</sup> [https://as76.net/asn/earth\\_gb.php](https://as76.net/asn/earth_gb.php) アスナロネット

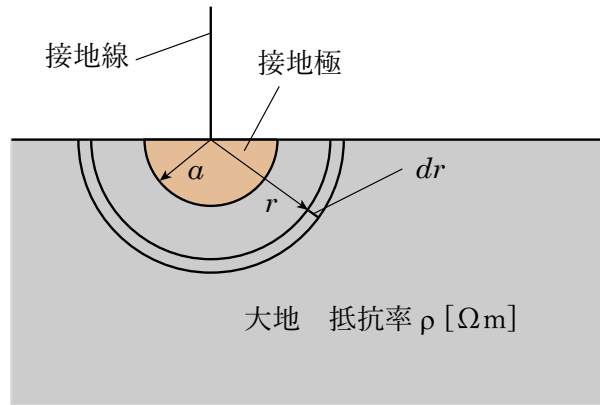


図6 接地抵抗

接地抵抗の分布を見積もるため、図6のように、接地極を半球の導体であると仮定する。接地抵抗を  $R$  [ $\Omega$ ]、大地の抵抗率を  $\rho$  [ $\Omega\text{m}$ ] とする。距離  $r \sim r + dr$  の区間における抵抗値は、表面積が  $4\pi r^2 \div 2$ 、距離が  $dr$  だから、以下の値となる。

$$\frac{\rho}{2\pi r^2} dr$$

接地抵抗は上記の値を  $r = a$  から  $r = \infty$  まで積分すればよいので、次式が得られる。

$$R = \int_a^{\infty} \frac{\rho}{2\pi r^2} dr = \frac{\rho}{2\pi} \int_a^{\infty} r^{-2} dr = \frac{\rho}{2\pi} [-r^{-1}]_a^{\infty} = \frac{\rho}{2\pi} \left[ -\frac{1}{r} \right]_a^{\infty} = \frac{\rho}{2\pi a}$$

接地抵抗  $R$  と大地の抵抗率  $\rho$  を仮定したときの半径の値  $a$  を表1に示す。

表1 接地抵抗と大地の抵抗率を仮定したときの導体の半径

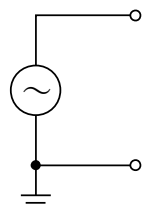
接地抵抗 $R$	大地の抵抗率 $\rho$	導体の半径 $a$
100 $\Omega$	100 $\Omega\text{m}$	16 cm
200 $\Omega$	100 $\Omega\text{m}$	8 cm
100 $\Omega$	200 $\Omega\text{m}$	32 cm

### 3.2 電位の定義方法

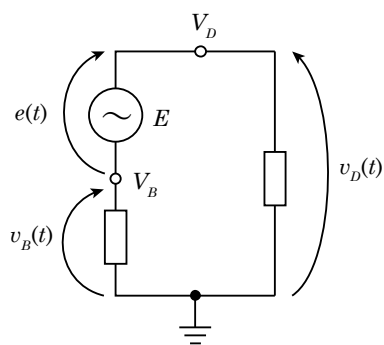
通常の回路は図7(a)に示すように、電源の片端の電位が0Vである。このとき回路中のあらゆる場所の電位（瞬時値ではなく実効値で表した場合）は正の値を持つ。

本稿で扱う回路は図7(b)のような構成を持つ。回路の各場所の電圧波形を同図(b)に示す。大地の電位を0Vとする。場所  $V_D$  の電位を80Vと仮定する。 $v_B(t) + e(t) = v_D(t)$  が成立することを考えると、 $E = 100\text{V}$  なので、場所  $V_B$  の電位は-20Vとなる。負の値を持つ交流電圧は通常は出てこないのが、違和感を持つ読者がいるかも知れないが、波形が上下逆になっている場所の電位を負の値で表す。





(a) 普通の回路



(b) 本稿で取り扱う回路

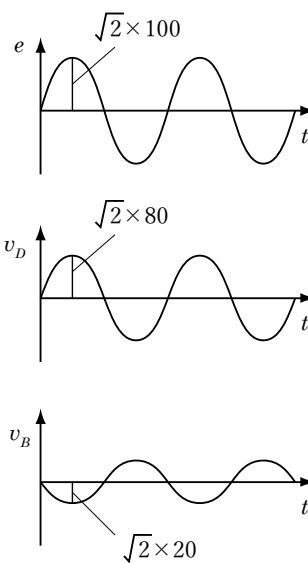
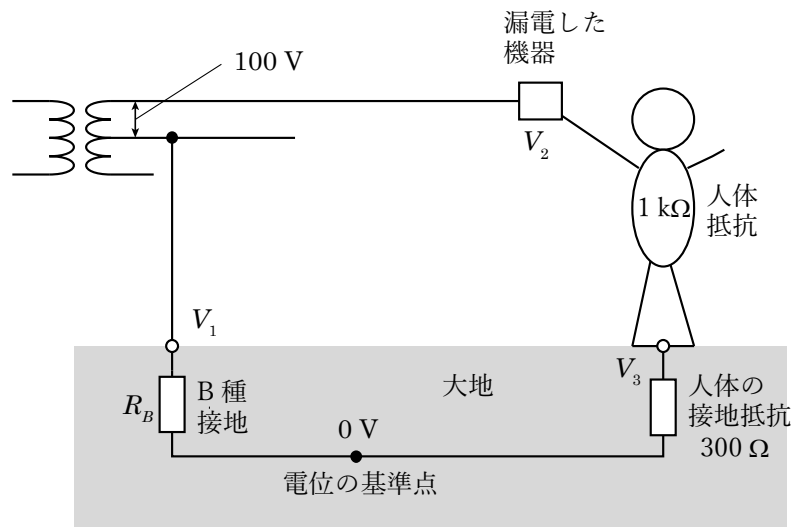


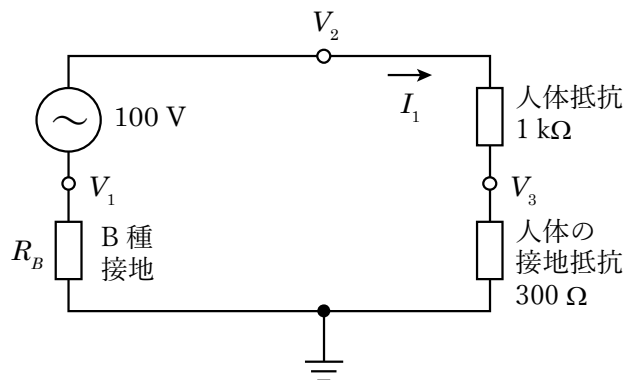
図7 電位の定義

#### 4. 洗濯機で感電する場合

##### 4.1 アースなしで感電した場合



(a) イラスト



(b) 回路図

図8 アースなしで感電したとき

図8にアースなしで感電したときの状況を示す。B種接地を $50\ \Omega$ <sup>14</sup>、人体抵抗を $1\ \text{k}\Omega$ 、人体の接地抵抗を $300\ \Omega$ と仮定する<sup>15</sup>。電流 $I_1$ の値を求めると

<sup>14</sup> B種接地抵抗は地絡電流を $I$ とするととき $150/I$ 以下にすることが定められている。具体的な値はよく分からない。あるサイトには $20\ \Omega\sim 100\ \Omega$ と書いてある。ここで仮定した $50\ \Omega$ は適当に決めた値である。筆者が勤務する大学で2点法による簡易計測を行ったところ、B種接地+D種接地の合計値が $15\ \Omega$ であったので、より小さい値の方が適切かもしれない。

<sup>15</sup> 論文「奥村克夫, 電気災害防止と接地の重要性, 電気設備学会誌, Vol.33, No.4, pp244-248, 2013.4」で人体の抵抗を $1\ \text{k}\Omega$ としていたので、その値を用いた。同論文で人体の接地抵抗を『大地の抵抗率の3倍』としていたので、大地の抵抗率を $100\ \Omega\text{m}$ と仮定して $300\ \Omega$ とした。

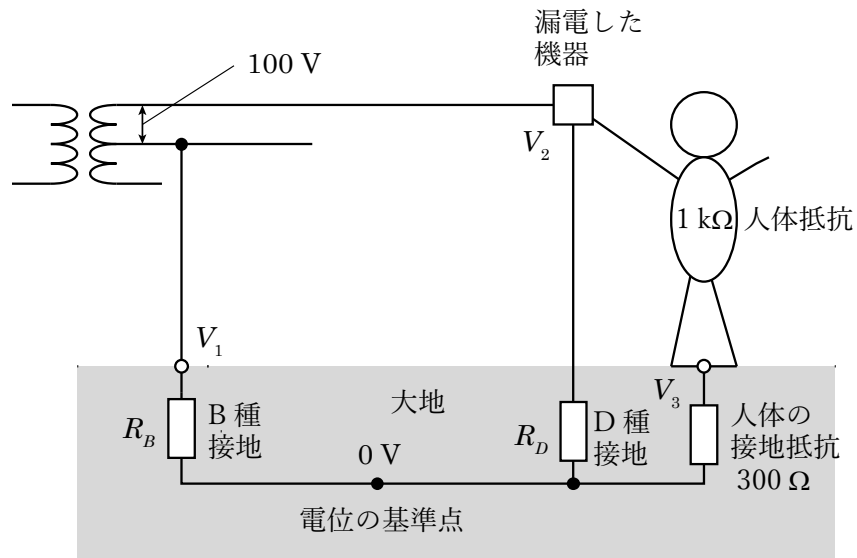
人体の抵抗は、筆者が自分の体で測定したところ、手の平～足裏の抵抗が $5\ \text{k}\Omega$ 程度の値であった。 $1\ \text{k}\Omega$ はかなり低く見積もった値である。筆者は $80\ \text{ms}$ だけ電流を流し、電流の上限を設定する機能を持った感電実験装置を自作して実験を行っている。読者は絶対に真似をしてはいけない。

$$I_1 = \frac{100 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega + 300 \Omega + 50 \Omega} \approx 74 \text{ mA}$$

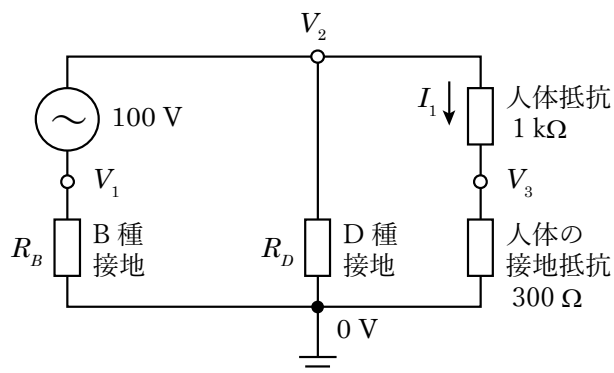
となり、死亡する可能性がある危険な電流値となる。

## 4.2 アースありで感電した場合

### 4.2.1 足の位置と接地極が遠い場合



(a) イラスト



(b) 回路図

図9 アースありで感電したとき（足の位置は接地極より遠い）

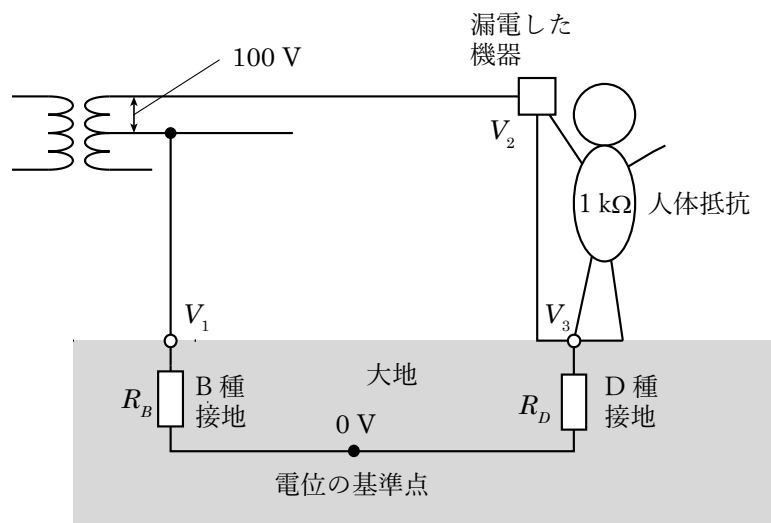
漏電した機器を接地した場合について考える。図9は人体の足の位置とD種接地の接地極が大きく離れている場合である。「人体抵抗+人体の接地抵抗  $\gg$  D種接地抵抗」を仮定すると、回路から人体に関する部分を無視することができる。 $V_2$ の電位は100VをB種接地抵抗とD種接地抵抗で分圧したときに、D種接地抵抗にかかる電圧となる。

人体にかかる電圧  $V_2$  の大きさはB種接地抵抗とD種接地抵抗の値の比によってきまり、

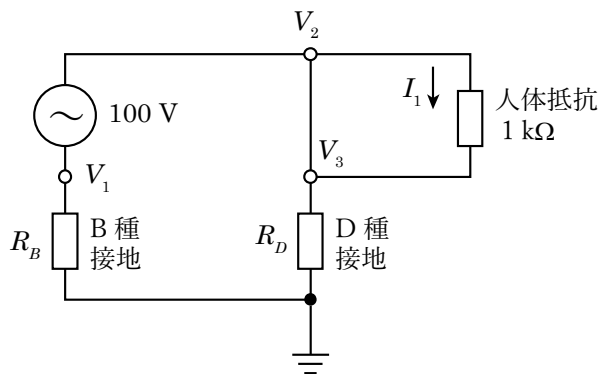
$$V_2 = 100 \times \frac{R_D}{R_B + R_D}$$

である。D種接地抵抗の値が小さいほど、B種接地抵抗の値が大きいほど、人体にかかる電圧は小さくなる。 $R_B = 50 \Omega$ ,  $R_D = 100 \Omega$  の場合は  $100 \text{ V}$  の  $2/3$  が  $R_D$  にかかるので、 $V_2 = 67 \text{ V}$  となる。機器をアースすることにより、人体にかかる電圧は小さくなるが、ゼロにはならない。

#### 4.2.2 足の位置と接地極が非常に近い場合



(a) イラスト



(b) 回路図

図10 アースありで感電したとき（足の位置は接地極と至近距離）

足の位置が接地極に非常に近い場合は図10のようになる。この場合は  $V_2 = V_3$  であり、人体にかかる電圧はほぼゼロであり、人体に電流は流れない。この場合は、図5(a)の説明が成立し、「旧説明」は正しい。

#### 4.3 考察

漏電遮断器が設置されておらず、機器が接地されている場合、漏電した機器と大地間の

電圧は以下の2つの要因によって決まる。

1. 漏電した機器の電位
2. 足の位置の大地の電位

1. は 4.2.1 で述べたように B 種接地抵抗と D 種接地抵抗の比によって決まる。D 種接地抵抗の値が小さいほど、機器の電位は低くなり、人体にかかる電圧は小さくなる。図 11 は関東電気保安協会のサイト内の図である。「接地していても感電する」という記述がある。「B 種接地と D 種接地の分圧になるので、D 種接地抵抗が高いと、人体にかかる電圧が大きくなり感電する」と書いてあり、本稿の説明と同じである。

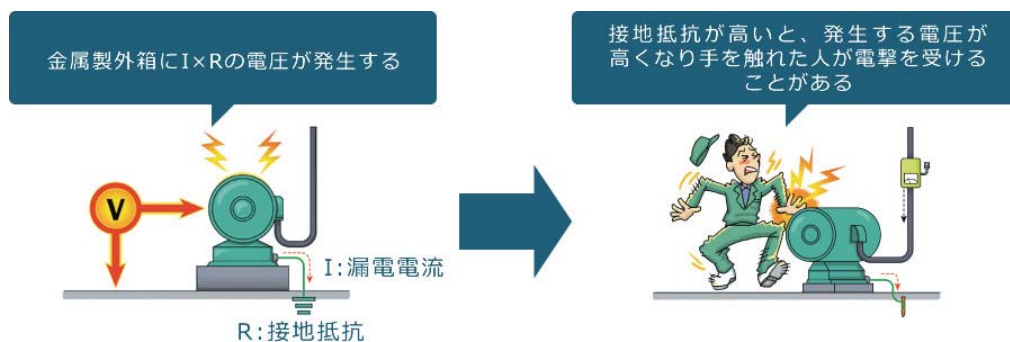


図 11 関東電気保安協会のサイトより引用<sup>16</sup>

2. については、以下のように考えることができる。

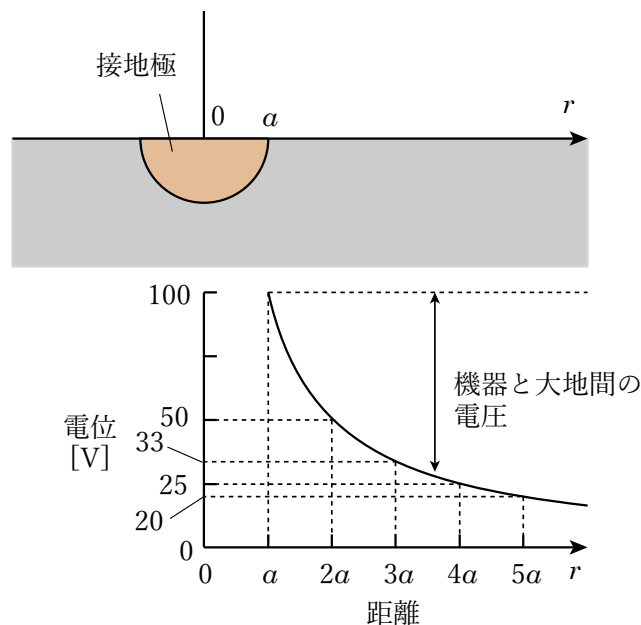


図 12 大地の電位

<sup>16</sup> <https://www.kdh.or.jp/safe/document/knowledge/construction02.html> アクセス 2023.4.15

接地極の形状を半球であると仮定した場合、大地の電位は図 12 のようになる。接地極の半径を  $a$  とし、接地極中心からの距離を横軸にとるとき、大地の電位は図 12 のようになる。最悪の場合を想定して、接地極の電位を 100 V と仮定するとき、距離  $a$  離れた場所の電位は表 2 のようになる。 $a$  を求める式は 3.1 節で導出した。次式で与えられる。

$$a = \frac{\rho}{2\pi R}$$

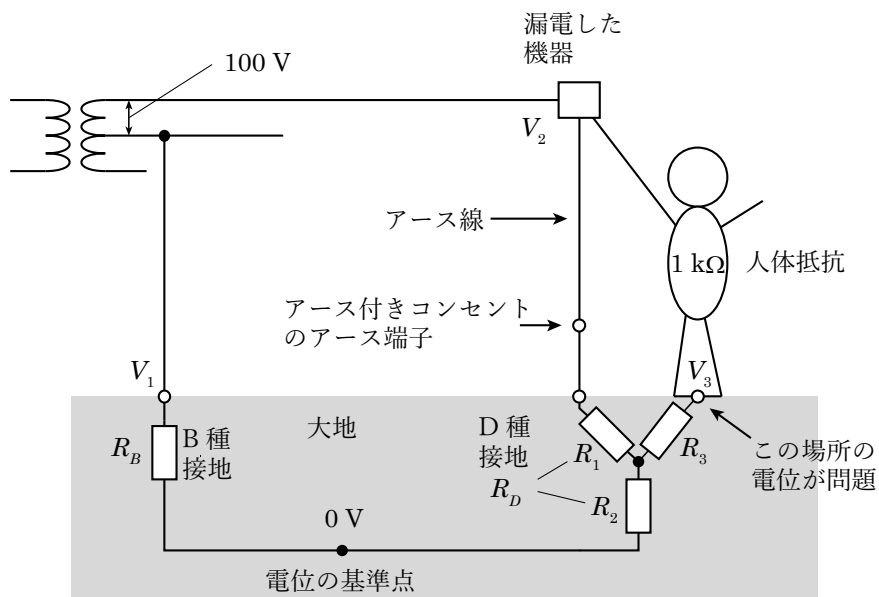
ここで  $\rho$  は大地の抵抗率、 $R$  は接地抵抗である。

表 2 接地極中心からの距離と人体にかかる電圧

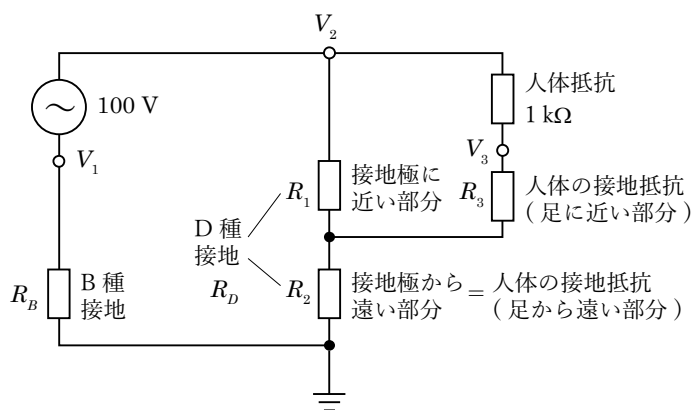
距離	人体にかかる電圧
$a$	0 V
$2a$	50 V
$3a$	67 V
$4a$	75 V
$5a$	80 V
$6a$	84 V
$10a$	90 V

表 2 から分かるように、接地極から離れるほど、機器と大地間の電位差は大きくなり、感電の被害が大きくなる。

人体の手が機器、両足が大地に接触しているとき、回路の状態は図 13 のようになる。 $R_1, R_2, R_3$  の値は「『接地極』と『足の位置』の距離」「接地極の形状」「足と大地の接触状況」「大地の抵抗率」によって決まる。人体にかかる電圧がどの程度になるかは、ケース・バイ・ケースである。



(a) イラスト



(b) 回路図

図 13 アースを付けている漏電機器に触れた場合

昭和 40 年代、洗濯機は図 2 のように屋外に設置されており、洗濯機とアース棒を接続していたようである。この場合、接地極と足の場所の距離が近いため、感電の影響を緩和できていたと考えられる。

その後、アース付きコンセントが設置されるようになったが、その時代の住宅は個別のアース付きコンセントごとにアース棒が接続されていたようである。この場合も接地極と人間の足の位置は近いので、感電の影響を緩和できていたと考えられる。

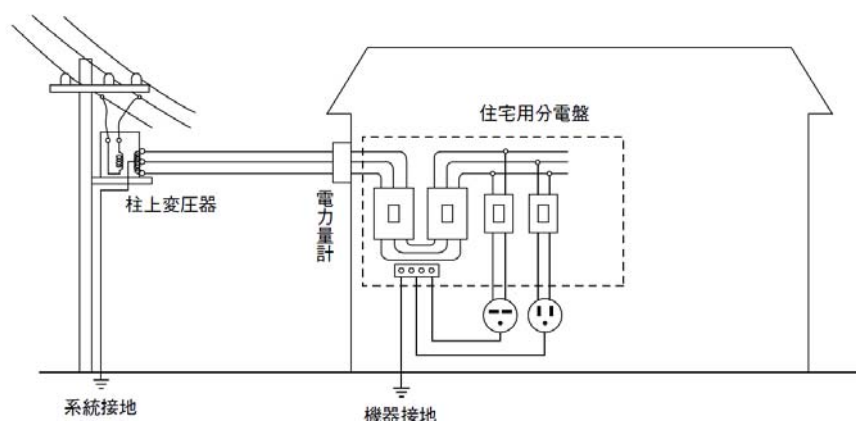


図 14 住宅における一点アース<sup>17</sup>

現代の住宅は図 14 のように、コンセントのアース端子は分電盤に集約され、分電盤に接続されたアース棒に接続されることが多いと思われる。この場合、接地極と足の位置は遠い場合が多いと思われ、アースによる感電防止の効果は小さいと思われる。ただし現在の住宅には漏電遮断器が設置されているので、漏電遮断器が回路を遮断し、感電を防ぐ。

漏電した機器に触れて感電する場合、屋外に設置した洗濯機に触れて感電する図がポピュラーであるが、現在は洗濯機を屋外に置いていることは希であると思われ、図 2 や図 3 の状況はレアケースであると思われる。

<sup>17</sup> 右田理平, 高橋健彦, "戸建住宅における接地設備の課題と対策", 関東学院大学 建築設備工学研究所報, No.3, pp.45-63, 2011.3 より引用



#### 4.4 漏電した洗濯機と水道栓で感電

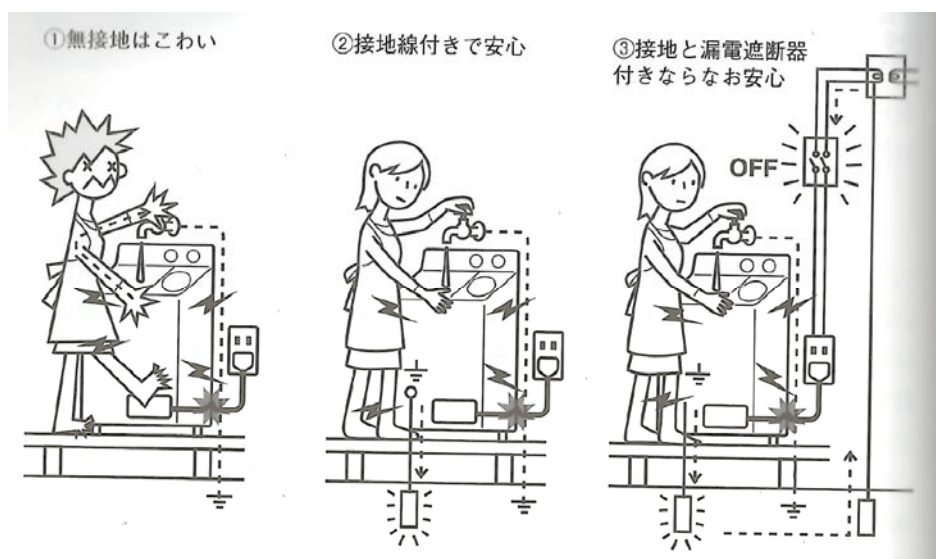


図 15 洗濯機と水道栓で感電するケース（配線器具入門 高橋秀憲 2008 p.126 より引用）

図 15 は配線器具入門（高橋秀憲 2008）に掲載されている図である。洗濯機が屋内に置かれており、洗濯機と水道栓によって感電する図が掲載されている。感電の被害の大きさは「D 種接地抵抗と B 種接地抵抗の比」と「接地極と水道管の位置関係」によって決まる。

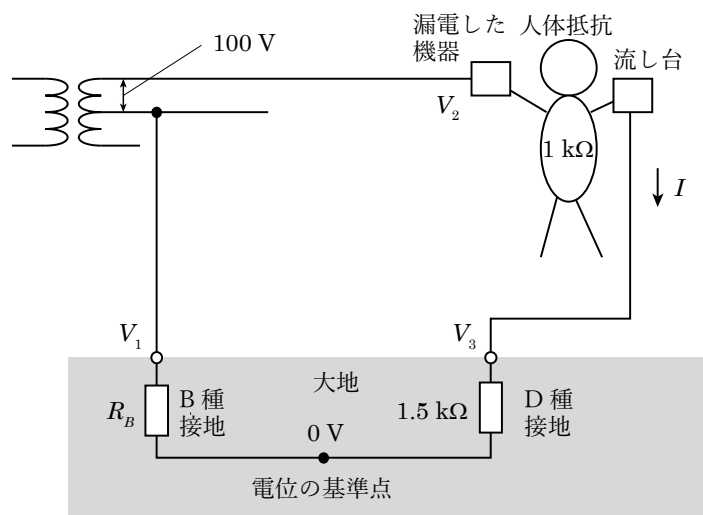
#### 4.5 ステンレスの流し台で感電

筆者の自宅（木造一戸建て）を測定したところ、「台所のステンレスの流し台」と「アース付きコンセントのアース端子」の間の抵抗がほぼゼロであった（アナログテスターの抵抗モードで測定）。従って、筆者の自宅においては、

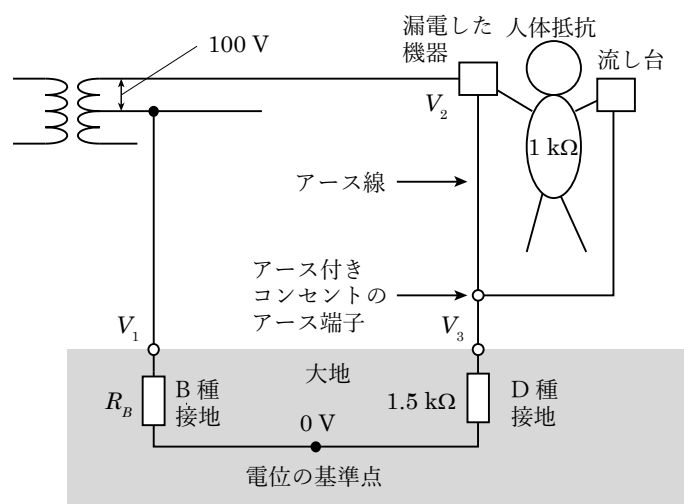
漏電した電子レンジ ～ 人体 ～ ステンレスの流し台 ～ 大地

というパターンが危険なパターンである。機器をアースしない場合は図 16 (a)、アースする場合は同図 (b) の状況となる。この図において D 種接地抵抗が 1.5 k $\Omega$ となっており、規定を満たさないが、筆者の自宅の実測値を用いている（2点法で測定）。

アースありの場合、アース線の抵抗は、ほぼゼロであり、人体より圧倒的に低いため、人体に電流は流れない。筆者の自宅では「台所の流し台」と「アース付きコンセントのアース端子」の間の抵抗はほぼゼロであったが、これは筆者の自宅だけなのか、一般の住宅に対しても当てはまるのかは、不明である。



(a) アースなし



(b) アースあり

図 16 流し台で感電するケース

## 5. 結論

「電気機器をアースすると感電しない理由」をどのように説明するかについて、以下のようにまとめた。

- 「旧説明」は成立しない場合があるので、「新説明」が適切である（旧説明と新説明は p.2 を参照）。

漏電遮断器が設置されていない状態で漏電が発生した場合、感電のリスクは以下の2つの要因によって決まる。

- 電気機器の筐体の電位……………「B種接地抵抗（電柱側の接地抵抗）」と「D種接

地抵抗（住宅側の接地抵抗）」の比で決まる。B種接地抵抗とD種接地抵抗の値は個々の地域や建物によって変わるので、機器の電位がどうなるかは、ケース・バイ・ケースである。マンションや大学の校舎など、鉄筋コンクリート建ての建物の場合、D種接地抵抗は低いと考えられる。

- 「大地と接続された場所」の電位……感電するとき、人体の片方が「漏電した電気機器の筐体」、もう片方が「大地と接続された場所（大地そのものを含む）」に触れる。「大地と接続された場所」の電位が低いほど（0Vに近いほど）感電の被害が大きくなる。「大地と接続された場所＝大地」の場合、大地の電位はD種接地の接地極から離れるほど低くなる。

旧説明に関して以下のことが言える。

- 機器をアースすると感電しない理由として『アース線の抵抗』と『人体の抵抗』を比較して、『人体の抵抗』の方が高いので人体には電流が流れない」は事実であるが、本質ではない。本質は「機器をアースすると人体にかかる電圧が小さくなる」である。

2023年現在、洗濯機が屋外に置かれていることは希であり、図3は現実的とは言えない。屋内に置かれている洗濯機に触れた場合のリスクは、以下のようなと思われる。

- 木造住宅においては、床が木（絶縁体）なので「人間の足～大地」という経路は考えにくい。この場合、人は感電しない。
- マンションのように鉄筋コンクリートの場合、クッションマットが敷かれた床のすぐ下は鉄筋コンクリートであり、大地と低い抵抗で接続されていると考えられる。床が水浸しになり、クッションマットの継ぎ目に入った水を通じて人体とコンクリート床が接続される場合、感電する。

筆者の教科書「やさしい家庭電気・情報・機械」は「旧説明」を使っている。「新説明」に改訂する必要がある。ただし、新説明は漏電遮断器が設置されていない住宅については適用できない。

本稿では接地極を球体であると仮定した。この仮定がどの程度成立しているかについては、詳しく調査していない。文献<sup>18</sup>には等電位面として球ではなく円筒を仮定した式が掲載されている。円筒を仮定すると、電位分布の形状は少し異なると思われるが、本稿の議

---

<sup>18</sup> [https://www.muratadenki-lps.com/tech\\_info/pdf/setti.pdf](https://www.muratadenki-lps.com/tech_info/pdf/setti.pdf) ムラタ避雷針 接地設計と試験測定 p.7  
の棒状電極の接地抵抗計算式 アクセス 2023.5.21

論の本質には影響を及ぼさないと考えられる。

接地極付近の大地の電位分布に関しては以下の参考文献がある（いずれもネットから無料でダウンロード可能。タイトルで検索するとurlが得られる）。難解な数式を含んでおり、筆者は十分に理解できていない。

#### **参考文献**

武藤三郎, 接地極周辺の地表面電位(Ⅰ), 名古屋工業大學學報, vol.13, pp.221-227, 1961.

武藤三郎, 新美吉彦, 接地極周辺の地表面電位(Ⅱ), 名古屋工業大學學報, vol.14, pp.267-271, 1962.

三谷正志, 多層大地に埋設された棒状接地極の電位分布・接地抵抗に関する理論的解析, 電気学会論文誌 B, vol. 121, no.3, pp.319-326, 2001.

以上