

「十度で寿命半分」は、アレニウスの式では一つの活性化エネルギーで一つの温度帯にしか当てはまらない

— 活性化エネルギーを決めると十度ごとの寿命の比は温度が上がるほど小さくなり、比が温度によらないのは温度そのものの指数で書いたときだけである — 分離子は、指数を温度の逆数で取るか、温度そのもので取るか — [論文930]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan | 山岸勇輝ラボ

2026年9月

YOI: <https://www.yamagishiyuuki.com/yoi/930>

— *From thinking to syncing.* —

要旨

電子部品では「温度が十度上がると寿命が半分になる」という目安がよく使われる。本稿は、寿命が温度の逆数の指数で決まるアレニウスの式で、十度ごとの寿命の比を四つの活性化エネルギーと四つの温度帯で数え、温度そのものの指数で書く見方と並べる。新しい定理も法則も主張しない。第一に、活性化エネルギーを一つ決めると、十度の比は温度帯で変わる。**0.7 eV** では **25 → 35 °C** で **2.420937** 倍、**55 → 65 °C** で **2.079348** 倍、**85 → 95 °C** で **1.851651** 倍、**125 → 135 °C** で **1.648510** 倍で、四つの活性化エネルギーすべてで温度が上がるほど小さくなった（第2節）。第二に、十度でちょうど二倍になる活性化エネルギーは、温度帯ごとに違う。**25 → 35 °C** で **0.548776 eV**、**55 → 65 °C** で **0.662796 eV**、**85 → 95 °C** で **0.787568 eV**、**125 → 135 °C** で **0.970655 eV** だった（第2節）。第三に、「十度で半分」を重ねると、見積もりが桁で外れる。**25 → 35 °C** で二倍になる **0.548776 eV** を使うと、**25 °C** から **125 °C** までの寿命の比は **213.7152** で、十度で半分の十回重ねた **1024** の約五分の一だった。**85 → 95 °C** で二倍になる値を使うと **2206.1160** になる（第3節）。第四に、温度そのものの指数では、比は温度によらない。 $Q_{10} = 2$ 、すなわち $Z = 33.219281$ °C の見方では、どの十度でも比は **2.000000**、**25 °C** から **125 °C** で **1024.0** である（第3節）。第五に、分離子は、指数を温度の逆数で取るか、温度そのもので取るかである。逆数で取るアレニウスの式では、同じ十度でも高い温度ほど逆数の差が小さく、比が縮む。温度そのもので取れば比は一定で、「十度で半分」はこちらの書き方の目安である（第4節）。
キーワード：アレニウスの式、活性化エネルギー、加速係数、温度係数、部品の寿命、Z値。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない。アレニウスの式、活性化エネルギーから加速係数を出すこと、温度係数 Q_{10} と Z 値の見方は、いずれも既知である。どちらの式が正しいかを裁かない。部品の寿命がアレニウスの式に従うか、温度そのものの指数に従うかは述べない。二つの書き方が同じ十度に違う比を与えることを数えるだけである。活性化エネルギーは置いた値である。 $0.3 \cdot 0.5 \cdot 0.7 \cdot 1.0$ eV は比べるための値で、特定の部品や故障の値ではない。故障の仕組みに立ち入らない。どんな化学や物理の過程が寿命を決めるかは扱わない。既刊との関係：論文717 は、 Z 値の見方で温度と時間を交換すると、交換の比が温度の絶対値によらないことを示した。ここでは、同じ交換をアレニウスの式で書くと比が温度の絶対値によって縮むことを数える。論文523 は、同じ指数を共有していても前因子が三つの別の出どころから来ることを示した。ここでは前因子ではなく指数の書き方を替え、十度の比がどう変わるかを見る。論文457 は、速さを買うと風味を売るのは二つの温度係数が違うときだけであることを示した。ここでは一つの温度係数でも、書き方によって温度帯ごとに値が変わることを数える。加えたのは、四つの活性化エネルギーと四つの温度帯で十度の比を並べたこと、比がちょうど二倍になる活性化エネルギーを温度帯ごとに出したこと、十回重ねたときの外れを出したこと、温度そのものの指数での比と並べたこと、分離子を「指数を温度の逆数で取るか、温度そのもので取るか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：寿命がアレニウスの式に従うとき、絶対温度 T_1 から T_2 に上げたときの寿命の比（加速係数）は次のとおりである。温度そのものの指数で書く見方では、十度ごとの比が Q_{10} で一定である。

$$AF = \exp \left[\frac{E_a}{k_B} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right], \quad AF_{Q_{10}} = Q_{10}^{(T_2 - T_1)/10}$$

十度でちょうど二倍になる活性化エネルギーは $E_a = k_B \ln 2 / (1/T_1 - 1/T_2)$ で、 $Q_{10} = 2$ は Z 値 $10 / \log_{10} 2$ °C に当たる。検算では $k_B = 8.617333262 \times 10^{-5}$ eV/K を使った。

問い：「十度で寿命半分」は、どの温度でも同じように成り立つか。

2. アレニウスの式での十度の比

計算 2.1：十度ごとの寿命の比。

活性化エネルギー	25 → 35 °C	55 → 65 °C	85 → 95 °C	125 → 135 °C
0.3 eV	1.460711	1.368531	1.302171	1.238909
0.5 eV	1.880502	1.686906	1.552793	1.429109
0.7 eV	2.420937	2.079348	1.851651	1.648510
1.0 eV	3.536289	2.845651	2.411167	2.042353

計算 2.2：十度でちょうど二倍になる活性化エネルギーは 25 → 35 °C で 0.548776 eV、55 → 65 °C で 0.662796 eV、85 → 95 °C で 0.787568 eV、125 → 135 °C で 0.970655 eV で、その値で比は 2 と差 2.2×10^{-16} 以内だった。

観察 2.3

活性化エネルギーを一つ決めると、十度の比は温度が上がるほど小さくなる。四つの活性化エネルギーすべてで、25 → 35 °C の比がいちばん大きく、125 → 135 °C がいちばん小さかった。「十度で二倍」を保つには、温度帯ごとに活性化エネルギーを 0.548776 から 0.970655 eV まで替えねばならない。

3. 重ねたときの外れと、温度そのものの指数

計算 3.1：25 → 35 °C で二倍になる 0.548776 eV を使うと、85 → 95 °C で 1.620904 倍、125 → 135 °C で 1.479764 倍、25 °C から 125 °C までの寿命の比は 213.7152 だった。85 → 95 °C で二倍になる 0.787568 eV なら、25 → 35 °C で 2.704075 倍、25 °C から 125 °C で 2206.1160 である。

計算 3.2： $Q_{10} = 2$ ($Z = 33.219281$ °C) の見方では、どの十度でも比は 2.000000、25 °C から 125 °C で 1024.0 だった。

観察 3.3

「十度で半分」を十回重ねると、アレニウスの式の見積もりと桁で外れうる。低い温度帯で合わせた活性化エネルギーなら 1024 に対して 213.7152、高い温度帯で合わせたなら 2206.1160 になる。どちらの温度帯で目安を合わせたかで、同じ百度の外挿が十倍余り違う。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、指数を温度の逆数で取るか、温度そのもので取るかである。アレニウスの式は温度の逆数の差で指数を取るの、同じ十度でも高い温度ほど逆数の差が小さく、比が縮む。温度そのものの差で指数を取る Q_{10} や Z 値の見方では、十度の比はどの温度でも同じになる。「十度で半分」は、こちらの書き方の目安である。

観察 4.2

言わないこと。部品の寿命がどちらの式に従うか、実在の部品の活性化エネルギー、故障の仕組みは扱わない。示したのは、二つの書き方が同じ十度に違う比を与え、アレニウスの式では比が温度帯で変わることである。

5. 点呼と結び

1. $AF = \exp[E_a/k_B \cdot (1/T_1 - 1/T_2)]$ (第1節) : 温度の逆数の指数。
2. 0.7 eV で 2.420937 から 1.648510 (計算 2.1) : 温度帯で縮む。
3. 二倍になる活性化エネルギー 0.548776~0.970655 eV (計算 2.2) : 温度帯ごとに違う。
4. 25 → 125 °C で 213.7152 または 2206.1160 (計算 3.1) : 重ねた 1024 と桁で外れうる。
5. $Q_{10} = 2$ でどの十度も 2.000000 (計算 3.2) : 温度によらない。
6. 逆数か、温度そのものか (観察 4.1) : 分離子・論文717・523・457。

結び : 「十度で寿命半分」は、アレニウスの式では一つの活性化エネルギーで一つの温度帯にしか当てはまらない。活性化エネルギーを一つ決めると十度の比は温度が上がるほど小さくなり、ちょうど二倍になる値は 25 → 35 °C の 0.548776 eV から 125 → 135 °C の 0.970655 eV まで動いた。低い温度帯で合わせると 25 °C から 125 °C の寿命の比は 213.7152 で、十回重ねた 1024 の約五分の一だった。比が温度によらないのは、 Q_{10} や Z 値のように温度そのものの指数で書いたときである。分離子は、指数を温度の逆数で取るか、温度そのもので取るかである。既刊との位置 : 論文717 が Z 値の見方で温度によらないとした交換の比を、アレニウスの式で書き直して縮むことを数え、論文523 の前因子と論文457 の二つの温度係数に、指数の書き方という別の分かれ目を並べた。正直に言えば、部品がどちらに従うかは言わない。目安がどの書き方の上に立っているか、そこまでである。

参考文献

1. Laidler, K. J. (1987). *Chemical Kinetics*. Harper & Row.
 2. Ohring, M. (1998). *Reliability and Failure of Electronic Materials and Devices*. Academic Press.
 3. 山岸勇輝 (2026). 『速さを買うと風味を売るのは、二つの温度係数が違うときだけである』 [論文457]. YOI: <https://www.yamagishiyuuki.com/yoi/457> ・ DOI: 10.5281/zenodo.22733066
 4. 山岸勇輝 (2026). 『同じ指数を共有していても、前因子は三つの別根から来る』 [論文523]. YOI: <https://www.yamagishiyuuki.com/yoi/523> ・ DOI: 10.5281/zenodo.22867544
 5. 山岸勇輝 (2026). 『温度と時間は交換できるが、その交換の比が指数であるために、短くする側だけが桁で得をする』 [論文717]. YOI: <https://www.yamagishiyuuki.com/yoi/717> ・ DOI: 10.5281/zenodo.23014987
-

— *From thinking to syncing.* —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)