

「化学結合」の分類は、強さの連続体を温度で切っただけである

— ファンデルワールスだけが **RT** より弱い、だから室温で壊れる — **120.27 K** まで冷やせば、それも生き残る — [論文278]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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

2026年8月

— *From thinking to syncing.* —

要旨

イオン結合・共有結合・金属結合・水素結合・ファンデルワールス力は、別々の名前で呼ばれている。本稿が問うのは、何がそれらを分けているのかである——答は、強さの連続体を、室温の **RT** で切っただけである。切る温度を変えれば、分類が変わる。新しい数学定理も新しい法則も主張しない。第一に、室温の **RT** を物差しにする。298.15 K で **$RT = 2.4790$ kJ/mol** である（第2節）。第二に、五つの結合を **RT** で割る。イオン **317.47**、金属 **161.36**、共有 **140.38**、水素結合 **8.07**、ファンデルワールス **0.4034**（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。ファンデルワールスだけが **1** を下回る——室温の熱運動より弱いので、室温では壊れる（第3節）。第四に、冷やせば生き残る。液体窒素温度 **77 K** では **$RT = 0.6402$ kJ/mol** なので、ファンデルワールスは **1.5620** 倍になる（第4節）。第五に、境目の温度は一つの数である。**1.0 kJ/mol** が **RT** と等しくなるのは **$T = 120.27$ K**——ここを境に分類が入れ替わる（第4節）。第六に、強さそのものには切れ目が無い。**1.0** から **787** まで **787** 倍の連続体であり、どこにも跳びが無い（第5節）。

本稿の射程 (scope note) : 新しい数学定理も新しい法則も主張しない——各結合の代表的な強さ、 RT の値、熱運動が結合を壊す描像は、いずれも標準的である。化学を作らない——使うのは一つの割り算だけである。結合の機構を論じない——なぜイオン結合が強く、ファンデルワールス力が弱いのかは一切扱わない。結合エネルギーの値を測定しない——すべて引用の代表値であり、文献によって幅がある。とくにファンデルワールスの 1.0 kJ/mol は桁を示すための値で、対によっては数倍動く。「壊れる」を厳密に定義しない—— RT と比べるのは目安であり、実際の解離には活性化障壁も配置エントロピーも効く。本稿は目安としてのみ使う。結合の分類を改めよと言わない——慣用は有用である。本稿が言うのは、境目が温度に相対的だという一点だけである。金属結合を単一の値で代表させている——実際には金属ごとに大きく違う。鉄の値を一つ置いただけである。既刊との関係：論文275 は半導体と絶縁体のあいだに自然の境目が無いことを示した——本稿は同じ形を化学結合で書く。あちらは E_g と温度、こちらは結合エネルギーと温度である。論文273 は同じ単位が四つの別の量を書いていることを数えた——本稿は五つの名前が一つの連続体を切っていることを書く。論文201 は「完備」が四つの別の主張であることを数えた——本稿は逆で、名前のほうが多い場合である。論文190 は「稀」を対数の目盛りで測った——本稿は 787 倍という比で書く。加えたのは五つの結合を RT で割って一つの表にしたこと、ファンデルワールスだけが 1 を下回ると見たこと、 77 K では 1.5620 倍になって生き残ると計算したこと、境目の温度を 120.27 K と出したことである。

1. 記法と位置づけ

設定：結合の強さと、熱運動の激しさを比べる。熱運動の目安は RT (R は気体定数、 T は絶対温度) である。

目安：結合エネルギーが RT より十分大きければ、その結合は熱運動で簡単には壊れない。 RT より小さければ、熱運動のほうが強い。

問い：五つの結合の名前は、何によって分かれているのか。

答は、強さの連続体を RT で切っただけである。切る温度を変えれば、分類が変わる。

注意： RT との比較は目安である。実際の解離には活性化障壁もエントロピーも効く——本稿は目安としてのみ使う。

2. 五つの結合を RT で割る

検算 2.1 : 298.15 K で $RT = 8.314462618 \times 298.15/1000 = 2.4790 \text{ kJ/mol}$ である。

結合	代表的な強さ [kJ/mol]	RT の何倍か
イオン結合 (NaCl の格子)	787	317.4722
金属結合 (鉄)	400	161.3582
共有結合 (C-C)	348	140.3816
水素結合 (O-H...O)	20	8.0679
ファンデルワールス力	1.0	0.4034

観察 2.2

上から四つは RT の 8 倍から 317 倍で、どれも室温では壊れない。最後の一つだけが 1 を下回る。

観察 2.3

強さそのものは 1.0 から 787 まで、787 倍の連続体である。イオンと金属のあいだ、金属と共有のあいだに跳びが無い——400 と 348 は 1.15 倍しか変わらない。

3. 芯：ファンデルワールスだけが 1 を下回る

観察 3.1

0.4034 という数は、熱運動のほうが 2.5 倍強いという意味である。だから室温では、ファンデルワールスで結ばれたものはたえず壊れては組み直されている。

検算 3.2：1 をまたぐのはどこかを、線を引いて確かめる。

結合	RT の何倍か	1 より
イオン	317.4722	上
金属	161.3582	上
共有	140.3816	上
水素結合	8.0679	上
ファンデルワールス	0.4034	下

観察 3.3

1 をまたぐのは一箇所だけである。そしてその一箇所が、「化学結合」と「分子間力」の慣用的な境目とちょうど一致している——分類の線が、室温の RT の位置に引かれている。

観察 3.4

分離子——何を動かすと分類が変わるか。温度である。結合エネルギーは一つも動かしていない。

4. 冷やせば、生き残る

検算 4.1：温度を下げて RT を計算し直す。

温度	RT [kJ/mol]	ファンデルワールス (1.0) は RT の
298.15 K (室温)	2.4790	0.4034 倍 (壊れる)
120.27 K	1.0000	1.0000 倍 (境目)
77 K (液体窒素)	0.6402	1.5620 倍 (生き残る)

観察 4.2

120.27 K を境に、ファンデルワールス力が熱運動より弱い側から強い側へ移る。

$T = 1000/R = \mathbf{120.27\ K}$ である——結合エネルギーを気体定数で割っただけの、簡単な数である。

観察 4.3

77 K では 1.5620 倍になる。液体窒素の中では、ファンデルワールスで結ばれたものが壊れずに残る——同じ力が、温度によって「結合」にも「揺らぎ」にもなる。

観察 4.4

論文275 は、半導体と絶縁体の境目が温度で動くことを書いた。本稿は同じ形である——あちらは E_g と kT 、こちらは結合エネルギーと RT で、どちらも「エネルギーを温度で割る」という同じ操作が分類を作っている。

5. 強さそのものには、切れ目が無い

検算 5.1：五つの値を、隣どうしの比で並べる。

隣どうし	比	跳びか
イオン 787 / 金属 400	1.97	跳びではない
金属 400 / 共有 348	1.15	跳びではない
共有 348 / 水素結合 20	17.4	大きいが連続
水素結合 20 / ファンデルワールス 1.0	20.0	大きいが連続
全体 787 / 1.0	787	—

観察 5.2

金属結合と共有結合は 1.15 倍しか変わらない。それでも別の名前がついている——名前を分けているのは強さではない（そちらは機構である）。

観察 5.3

一方、水素結合とファンデルワールスは **20 倍** 違うが、どちらも「分子間力」と呼ばれることがある。強さの並びと、名前の並びが一致していない。

観察 5.4

正直に書くべき点——五つの名前は機構で分けられており、強さで分けられているわけではない。本稿が言うのは、「化学結合か分子間力か」という上位の二分だけが、室温の RT で切られているという一点である。

6. 点呼と結び

1. 室温の RT (検算2.1) : **2.4790 kJ/mol**。
2. 五つを RT で割る (検算2.1) : **317.47** から **0.4034** まで。
3. **1** をまたぐのは一箇所 (検算3.2) : ファンデルワールスだけ。
4. 慣用の境目と一致 (観察3.3) : 線が RT の位置に引かれている。
5. 境目の温度は **120.27 K** (検算4.1) : $T = 1000/R$ 。
6. **77 K** で **1.5620 倍** (検算4.1) : 生き残る側へ移る。
7. 金属と共有は **1.15 倍** (検算5.1) : 別の名前がついている。
8. 全体は **787 倍** の連続体 (検算5.1) : 跳びが無い。
9. 名前は機構で分かれている (観察5.4) : 強さで分かれてはいない。

結び：結合の強さは **1.0** から **787 kJ/mol** まで、**787 倍** の連続体であった。金属結合と共有結合は **1.15 倍** しか違わないのに別の名前を持ち、水素結合とファンデルワールスは **20 倍** 違うのにどちらも「分子間力」と呼ばれる——強さの並びと名前の並びは一致していない。ただし一箇所だけ、名前が強さと一致する場所がある。五つを室温の $RT = 2.4790 \text{ kJ/mol}$ で割ると、ファンデルワールスだけが **1** を下回る (**0.4034**) ——そしてそこが「化学結合」と「分子間力」の慣用的な境目である。だがその境目は温度が引いた線であって、物質が持っているものではない——**120.27 K** まで冷やせば線を越え、**77 K** では **1.5620 倍** で生き残る。分けるものは一つ——何度の RT で割ったのかを書き出すこと。書き出せば、機構で分かれている名前と、温度で分かれている名前が分かれる。書き出さなければ、室温で引いた線を、自然が引いた線だと読んでしまう。

参考文献

1. Pauling, L. (1960). *The Nature of the Chemical Bond*, 3rd edition. Ithaca: Cornell University Press.
2. Atkins, P. and de Paula, J. (2010). *Physical Chemistry*, 9th edition. Oxford: Oxford University Press.
3. Israelachvili, J. N. (2011). *Intermolecular and Surface Forces*, 3rd edition. Amsterdam: Academic Press.
4. Jeffrey, G. A. (1997). *An Introduction to Hydrogen Bonding*. Oxford: Oxford University Press.
5. Kittel, C. (2005). *Introduction to Solid State Physics*, 8th edition. New York: Wiley.
6. Stone, A. J. (2013). *The Theory of Intermolecular Forces*, 2nd edition. Oxford: Oxford University Press.
7. 山岸勇輝 (2026). 「稀」は、対数の目盛りで測る [論文190]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22106182
8. 山岸勇輝 (2026). 「完備」は四つの別の主張である [論文201]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22109052
9. 山岸勇輝 (2026). 同じ **J/kg** で書かれた、四つの別の量 [論文273]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22169983
10. 山岸勇輝 (2026). 半導体と絶縁体のあいだに、自然の境目は無い [論文275]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22170039

— *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)