

7. 日常生活に影響する右と左

人間社会の右と左

「それでも地球は動く」を意味する *E pur si muove* は 1633 年に宗教裁判で Galileo Galilei が呟いたと伝えられている言葉ですが、この逸話からも分かるように人間の感覚や思考は自己の五感を基にした主観的な視点で形成されますから、客観的な視点で地球が動くとは考え難く多くの人々は太陽が動くと考えてしまいます。頭では客観的な見方を基にした地動説をよく理解できますが、著者は自分の五感を基にした主観的な見方から生まれる感覚で天動説が正しいと感じてしまいます。

客観的には地球上の万物の持つ多様な形態は直交座標あるいは上下と東西南北の 3 つの次元で規定されますが、主観的には上下、左右、前後の 3 つの次元で規定されます。人間は通常地に足を着けて暮らしていますから、これらの 3 つの次元のうちで上下の次元は共通認識として地球の重力の方向を下にすることが多いようです。また、人間にとって五感の中で視覚が最も主要となる感覚ですから、顔の向いている面を前にして感覚や思考を整理します。小学校ではお箸を持つ方を右、茶碗を持つ方を左と教えていますが左利きの子供は混乱しますし、北半球では太陽に向かって太陽の沈む方向を右と教えることもできますが、南半球では太陽が北の空を運行しますから右と左が反対になってしまい必ずしも共通認識になりません。向かい合う自分と相手の間にある物質を説明するとき、自分には右に見えても相手には左に見えますから、互いに右と左が逆の説明になり頭が混乱してしまいます。同じものも視点の違いにより右と左が変化してしまいますから、著者にとっては左右の概念が極めてあやふやに感じられ、子供のときから右と左をしばしば間違えて行動してきました。現在でも自動車の運転中に道案内の人から突然に右曲がりやを指示されますと、考え直す余裕がないままに反対の左の方向に交差点を曲がってしまうことが多々あります。

左右と前後は互いに相関性があり、見る人の視点の違いにより前後が変化しますから、釣られて左右も変化し逆転してしまいます。街の洗濯屋さんの店先で風にはためくクリーニングと染め抜いた幟は表に面した時にはクリーニングと読み取れますが、風向きが変わり裏面が出てくると透けて見えますから左右が逆転しますが、同じように物質を鏡に反射させて見るときにも左右の逆転が起こります。本来の像に対して裏返し透かして見える像や鏡に写して見える像のように上下と前後が同じで左右だけが逆転した関係を鏡像関係、あるいは「反対の」という意味を持つギリシャ語の *enantio* からエナンチオマー (*enantiomer*) の関係と呼んでいます。

手の甲が手前になるようにしますと、左手は腕から時計が回る方向に小指、薬指、中指、人差し指、親指の順に並びますし、右手は反対に親指、人差し指、中指、薬指、小指の順に並びますから左手と右手は左右が逆転したエナンチオマーの関係にあります。また、滝廉太郎作曲の童謡の一節「お正月には凧あげて、コマを回して遊びましょう」と歌われて

いるように、コマは一点を中心に木や金属の塊を回転させる玩具で古くから子供達に楽しまれてきましたが、手前に紐を引くように回しますから右利きの子供のコマは右から左へ左利きの子供のコマは左から右へ回転します。エナンチオマーの関係は実像に対する鏡像や透過像のような虚像ばかりでなく、左右の手や足のように 2 種の物質の間にも多く認められます。さらに、コマの回転方向のように物質同士の相対的な位置関係や動的变化にもエナンチオマーの関係が認められます。

文明の発祥とほぼ同時期に発明されたサイコロは立方体（正 6 面体）の各表面に 1 から 6 までの数字あるいは目が刻印されていますが、上面と前面がそれぞれ 1 と 2 の場合には背面と下面がそれぞれ 6 と 5 に対応し、残りの左右 2 面が 3 と 4 になり上下、前後、左右の表面がそれぞれ合計 7 になるように決められています。左面が 3 で右面が 4 のものと左面が 4 で右面が 3 のものはサイコロの刻印法に則っていますが、これらの 2 種のサイコロはエナンチオマーの関係にあると考えられます。これらの 2 種のサイコロは異なる形態を持っていますが、サイコロの転がり方が重力だけに依存しますから、重心と中心の位置が完全に一致したサイコロは正しく 1~6 の乱数を発生します。エナンチオマーの関係にあるこれら 2 種のサイコロが完全に同じように乱数を発生させる性質を持っていますから、偶然性を基本にした麻雀や双六やバックギャモンなどの遊具や占いばかりでなく丁半博打などの賭博にも 2 種のサイコロがその差異を留意することなく用いられてきました。同じようにコマは回転における角運動量が回転方向に関わらず保存されますから、コマの回転の持続には回転方向による差異が全く認められません。サイコロやコマの例からわかるようにエナンチオマーの関係にある 2 種の物質や組織や運動は独立した環境においては互いに全く同じ性質を示します。

街の洗濯屋さんの店先の幟の表と裏はエナンチオマーの関係にありますから、クリーニングと染め抜いた幟を透かしても同じように見えると期待できますが、エナンチオマーの関係にあるカタカナの中で左右対称なニの字だけが正しいカタカナで、他の文字はカタカナとして読み解けません。カタカナに限らず、ひらがなも漢字もアルファベットも上下と前後が常に規定され、右と左の違いから文字が区別されています。左右の対称性を持たない文字では、当然対応するエナンチオマーが存在しますがその持つ意味は異なります。

両手を広げて手を結び輪を作るとき、全ての幼稚園の子供が内側を向けば互いに右手で隣の子供の左手と手を結べますが、一人でも外側を向いていれば右手と右手、左手と左手で手を結ばなければならず、右手同士や左手同士の手の結び方は右手と左手の結び方とは大いに違った感じを持ちますから問題が起こります。

エナンチオマーの関係の 2 種の物質や組織は互いに同じ性質や能力を示しますが、そのようなエナンチオマーが別のエナンチオマーの関係にある 2 種の物質や組織と互いに影響し合うときには、右-右と左-左と右-左の 3 種の異なる相互作用が生まれます。影響し合っている全体の系を考えれば右-右と左-左は相互作用が同じで互いにエナンチオマーの関係がありますが、右-左の相互作用とは明らかに異なります。このような 2 種のエナ

ンチオマーの関係が互いに影響し合うときに、その全体の系をジステレオマーの関係と呼んでいます。

人間の身体は右手と左手、右足と左足のように目も耳もそれぞれ対になった2つずつの器官がエナンチオマーの関係を持っていますが、非常に繊細にしかも機能的に進化発達してきましたから、その機能や役割を十分に発揮させるために、多くの作業を分業するように左右の手や足が異なる性質や能力を示します。両手と両足の一方は力を要する動作や繊細な動作を得意とし、他方が持続的な動作を得意として全体を支えるように釣合いを保っていますから、右手は比較的攻撃的で行動的に動き、左手は守備的で静的に働きます。著者は左目を瞑ってウィンクをしますし、右利きですからサッカーボールは左足を軸に右足でしか蹴ることができませんし、右手にラケットを持ってテニスをし、右手で箸や鉛筆や鋏を動かして使います。先天的か後天的か定かではありませんが、著者と同じように多くの人は右利きで茶碗を左手に持ち、右手で箸を使って食事をします。人間の身体に対となっている器官は右手と左手のように形態としてはエナンチオマーの関係を保っていますが、性質や能力の点では完全なエナンチオマーの関係にはありません。右利きの人と左利きの人は明らかにエナンチオマーの関係ですから、エナンチオマーの一方の形をした道具や組織や変化に対してジステレオマーの関係による異なる相互作用が生じます。人間社会では右利きの人が多数を占めていますから、右利きの人により好ましい相互作用をするように多くの道具や組織が作られています。

右利きの武士はすぐに抜刀できるように左の腰に刀を差していましたから、左に大きく刀の鑑(こじり)が出張ってしまいます。武士は互いに左側通行をしなければすれ違うときに出張った鑑がぶつかってしまいますから、自然発生的に左側通行が慣わしになってきました。この慣わしを踏襲した左側通行の道路では自動車を運転し易くするために右に運転席を用意しています。さらに、道路に設置された信号は運転席からよりよく認識できるように右側が赤信号と道路交通法で定められています。ヨーロッパ全土の全権を掌握した **Napoléon Bonaparte** が偶然にも左利きであったために、多くのヨーロッパ諸国の社会秩序が左利きの人に有利な右側通行と定められたという説があります。現代では日本やイギリスやオーストラリアなど左側通行を採用している国と、ヨーロッパ大陸の国やアメリカやカナダなど右側通行を採用している国がありますが、エナンチオマーの関係にある左側通行と右側通行をどちらか一方に世界的に統一することはもはや現実的に不可能です。

このように物質や道具や組織や変化がエナンチオマーの関係にある2種の間であるときには、そのジステレオマーの関係から好ましい相互作用が他のすべての物質や道具や組織や変化に影響します。エナンチオマーの関係にある左側通行と右側通行の国々のなかでは、エナンチオマーの関係にある右利きの人と左利きの人に対してジステレオマーの関係が生まれますから、人々はそれぞれ異なる相互作用や影響を受けると考えられます。しかも、右利きの人が社会の大多数を占めていますから、人々が受ける相互作用や影響は左側通行の国と右側の国ではかなり異なり、機能的にも社会的にも経済的にも国全体とし

て優劣があると思われます。刀を差している武士と短銃を腰に下げた開拓者ではその優劣は逆転しますから、時代とともにその優劣は変化しますし、生活様式や生活習慣や物に対する価値観の違いで優劣は変化します。交通機関の進歩により多くの人や物資が早く移動する現代社会において、左側通行の国々が有利か右側通行の国々が有利か興味深い問題と思います。ナポレオン (Napoléon Bonaparte) は偉大なる功労者か悪名高い暴君か未だ評価が分かれます。

分子の右と左

現代の自然科学は地球を構成している万物が非常に多くの分子やイオンの集合によりできているという考えを基礎にしています。原子の結び付きの違いにより異なる形状や性質や機能を示す 5000 万種類以上の分子やイオンが現在までに調べられていますが、同じ分子が集合した物質でも集合する仕方が異なれば水と氷のように非常に異なる性質を示します。さらに物質の集合の仕方により万物は複雑な性質や機能をかもし出しています。

このように万物の根源となる原子は水素とヘリウムを除いてすべての原子の最外殻電子の軌道は 4 個ですから、原子は 0~4 個の原子と結合することが出来ます。炭素原子やけい素原子などの原子では互いに 3 次元的に等間隔になるような方向の 4 個の原子とそれぞれ結合します。そのような 3 次元的に等間隔な 4 方向は正 3 角形で 4 面をなす正 4 面体の重心から各頂点の方向ですから、中心原子を正 4 面体の重心に置くときに各頂点に他の 4 個の原子が結合した構造と考えることができ、その結合角は 109.5° となります。例えば、炭素原子を中心に 4 個の水素原子が結合したメタン (CH_4) は正四面体の重心に炭素原子、各頂点に水素原子が結合した正四面体構造ですが、各原子核の周囲を取り囲んでいる電子で肉付けしますと海岸の防波堤で波止めに使われているテトラポットに似た形になります。

このような正四面体構造をとる原子に結合する 4 つの原子や原子団がすべて異なるときには、分子の前後と上下を同じような位置においても左右が異なってしまいますからエナンチオマーの関係が生じてしまい、原子や原子団の相対的位置が異なる 2 種類の分子が存在します。例えば s-プロモブタンは中心となる炭素原子に水素原子とメチル基 (CH_3) とエチル基 (C_2H_5) と臭素原子の異なる 4 種の原子と原子団が結合していますから、3 次元的に前後と上下と左右が異なる 2 種の構造が考えられます。これらの s-プロモブタンの 2 種類の分子は右手と左手のように対をなす実像と鏡像の関係にありますから互いにエナンチオマーと考えられ、それぞれ R-s-プロモブタンと S-s-プロモブタンに区別して取り扱っています。

サイコロの転がり方は重力だけに依存しますから、エナンチオマーの関係にある S-型と R-型の 2 種のサイコロは異なる形態を持っているにもかかわらず常に正しく 1~6 の乱数を発生します。このサイコロの例が示すように、エナンチオマーの関係にある 2 種の物質や組織は独立した環境において互いに全く同じ挙動や性質を示しますが、エナンチオマーの関係にある分子においても、融点や沸点や屈折率などの性質には違いがなく互いに区別で

きません。しかし、幼稚園の子供たちが手をつないで輪になって遊ぶときに、一人でも外側を向いていると手を結ぶ感じが異なり問題が起こるように、2種のエナンチオマーの関係が相互に作用し影響し合うときにはジアステレオマーの関係が生じますから分子も異なる性質や挙動を示します。

光は重量を持たないフォトンが1秒間に地球を7周半する速さで走る現象と考えられ、磁場と電場が同期しつつ進行方向に対して直交する振動面を持って振動する波状の変化をしながらエネルギーを伝播してゆきます。進行方向が等しく電場の振動面が揃った偏光では電場と同期して右と左にそれぞれ磁場が振動しますから、その光束はエナンチオマーの関係を持つ2種の電磁波が混ざり合っています。この偏光をエナンチオマーの関係にあるR-体とS-体のs-ブロモブタンにそれぞれ照射しますと、光との間にジアステレオマーの関係にある相互作用が起こり異なる屈折率を示すために、R-体とS-体の両エナンチオマーは絶対値が等しく符号の異なる旋光度を示します。このようにエナンチオマーの関係にある2種の物質は多くの物理的あるいは化学的性質が等しく互いに区別することができませんが、偏光を照射したときに表れる旋光能が異なるために、旋光度の測定がこれら2種を区別する簡便な方法でした。そのためにこれらのエナンチオマーの関係にある物質を光学活性物質と呼び慣わしています。

2,3-ジブロモブタン ($C_4H_8Br_2$) は臭素原子と水素原子とメチル基とブromoエチル基 (C_2H_4Br) の4種の異なる原子や原子団が結合した炭素原子が分子内に2つ存在しますから、互いに隣接した炭素に関してそれぞれ1対ずつのエナンチオマーが存在します。それらのエナンチオマーの組み合わせによりR,R-体とR,S-体とS,R-体とS,S-体の4つの異性体が考えられますが、R,S-体とS,R-体は位置を変えるだけで同じ構造になりますから、R,R-体とR,S-体(メソ体)とS,S-体の3つの異性体が存在し、R,R-体とS,S-体は互いにエナンチオマーの関係にあります。非常に嵩高い臭素原子の影響を受けて、これらの2,3-ジブロモブタンは臭素原子が互いに遠い位置の構造(アンチ型)をとっており、他の原子団との相互作用の影響もR,S-体(メソ体)では均等に働きますから、臭素原子同士が炭素-炭素結合に対して 180° の回転角を示しますが、S,S-体とR,R-体では異なる相互作用の影響を受けてそれぞれ回転角が 165° と 195° になるよう左右に捻じれています。この2,3-ジブロモブタンの例からも明らかのように、ジアステレオマーの関係にある物質では、一方のエナンチオマーの関係にある部分は他方のエナンチオマーの関係にある部分に対して異なる相互作用をしますから、エナンチオマーの関係にある部分の組み合わせによりそれぞれのジアステレオマーの安定な3次元的な構造が異なりますので種々の性質にも影響を与えます。

エナンチオマーの一方だけで形作られた物質をシリカゲルやプラスチックのようなクロマトグラフィーの担体に結合させますと、エナンチオマーの一方だけを持つ光学活性担体を調製できます。この光学活性担体を狭い通路に充填しますと、通路の内面を覆っている部分が不斉中心を持つエナンチオマーの一方になりますから、エナンチオマーの関係にある分子Aと分子Bが通過するときにジアステレオマーの関係による異なった相互作用

が働き、分子 A は容易に先行して通路を通り抜けますが、分子 B は通り難くなり通過に時間がかかります。結果としてエナンチオマーの関係にある 2 種の異性体がジアステレオマーの関係にある異なる相互作用をして移動速度に差異が生じますから、エナンチオマーの 2 種の異性体を分離するクロマトグラフィーとなります。この光学活性クロマトグラフィーを用いますと、エナンチオマーの関係にある *R*-型と *S*-型の 2 種類の割合を正確に測定することができます。

生物界の右と左

蛋白質と糖質と脂質の 3 種類はあらゆる生物の生命維持のためのエネルギー源になるばかりでなく、細胞などの組織を作る材料にもなる最も大切な物質です。中でも高い成分比を占める蛋白質は構成単位の α -アミノ酸がペプチド結合で結ばれた大きな分子量の一群の化合物ですから、長時間にわたり水中で煮ていますと次第に分解して種々の α -アミノ酸に分解してゆきます。牛肉や豚肉などの筋肉を形作る蛋白質と卵や牛乳に含まれる蛋白質と豆類などの植物性の蛋白質では分解して生成する α -アミノ酸の種類と割合が違いますが、その α -アミノ酸は主に 22 種類に限られており、生物の進化や生体物質の生合成されてくる過程に関係したものと思われま

す。これらの α -アミノ酸のなかで最も簡単な構造のグリシンは中心となる炭素原子に 2 つの水素原子とカルボキシル基(-CO₂H)とアミノ基(-NH₂)の結合した構造を持っていますが、そのほかの 21 種類の α -アミノ酸はグリシンの水素原子の 1 つがメチル基(CH₃)などの種々の原子団で置き換わった構造を持っています。グリシンを除くこれらの α -アミノ酸は中心となる炭素原子に異なる 4 つの原子や原子団が結合角 109.5° で結合していますから、s-プロモブタンのように分子をどのような位置においても 3 次元的に前後と上下と左右が異なるエナンチオマーの関係が生じてしまいそれぞれ 2 種類のアミノ酸分子が存在します。蛋白質に関する永年の化学的な研究の結果、グリシンを除いて生体の蛋白質を構成する α -アミノ酸が全て *S*-型の構造を持っていると分かっていますが、何故そのように蛋白質から分解してくる α -アミノ酸が全て *S*-型になっているか未だに原因が明らかになっておりません。この謎を明らかにすることが出来れば、多分ノーベル賞を受賞することができるでしょう。

植物は動き回ることができませんから、ブドウ糖の分解の過程で生じる反応中間物質と地中から取り込まれるアンモニウムイオンからピリドキサーールが補酵素として結合したアミノ基転移酵素の働きで α -アミノ酸へ変換し、プロテアーゼなどの酵素により必要とする蛋白質を自給自足しています。動物は植物を食べて蛋白質を摂取し、アミノ基転移酵素の働きで必要とする α -アミノ酸に変換しています。このように生体内で α -アミノ酸を生合成している種々の酵素や補酵素は非常に大きな分子量の複雑な蛋白質を主体とし、*S*-型の構造を持つ α -アミノ酸のみを生成するように特化した性質を持っています。このため棲息する生物の体内では *S*-型のアミノ酸しか生合成されていませんし、*S*-型の α -アミノ酸のみを

素材として生体内の蛋白質は構成されています。さらに、生体内で消化分解することのできる蛋白質も *S*-型の構造を持った α -アミノ酸が結合したものに限定されています。

日本の国内では自動車の運行が左側通行を採用しているために、右に運転席を持つ自動車を使い、道路の左側に信号機や道路標識を設置し、「右見て左見て横断歩道を渡りましょう」と小学生に教育しています。エナンチオマーの片方に相当する左側通行を規定したために生じるジアステレオマーの関係の物質や組織や変化が、利便性を持って最も効率的に機能するように日本の社会の組織がすべて左側通行に適するように決められています。同じような合理性に基づき α -アミノ酸が *S*-型に統一されているために、DNA の 2 重らせん構造も一方に傾れ、多くの哺乳類の心臓が身体の左側で働き、右利きの人が多くなり、*S*-型の α -アミノ酸しか消化吸収などの生命の維持活動に適していません。

このように神の創造した全ての生物の組織内では必要とするエナンチオマーの一方の異性体のみをいとも簡単に生合成し利用していますが、人間の未熟な知識と技術を基にした試験管の中の反応では、エナンチオマーの同量で混合したラセミ体混合物しか合成できません。つくづく神業に畏敬の念を抱きます。この神業に挑戦するように、1950 年代の初めに Cram と Prelog がエナンチオマーの一方を選択的に合成することを試みました。この Cram と Prelog の試みは神業に近付こうとする道筋を暗示する画期的な概念でしたが、神業からは遠く及ばない幼稚なものでした。その後、Cram と Prelog の概念を基に種々の工夫や改良がなされて、Evans は精密合成化学の分野で実用性を持った不斉誘導反応を開発しました。さらに Evans の成功に触発されて多くの改良の研究がなされ、高い不斉収率と不斉選択性を得ることができるようになり、野依教授の成功により一般性と汎用性を持つ技術と手法に至りましたが、反応条件などの点では未だ神業に及ばないように思います。さらに坂本教授が研究を展開している異性化鏡像体晶出法は基因になる不斉中心を用いないエナンチオマーの一方の異性体の合成法で神業の神髄に迫る道とも考えられます。

本書では人間の生活の中で深く関わっている右と左に関して化学の知識を織り交ぜながら独善的に見てきましたが、基本的な概念や物質の性質への影響などを少しでも深く知ることにより、何か一つでも化学の研究や教育に役立つものが見つけ出せば良いと思っております。また、逆に右と左に関する多くの化学的な技術や知識が快適な日常生活を生み出す助けになれば、本書はさらなる意義を持つことになると思われます。本書が右と左に関する基礎知識を深める上で貢献できればよいと思っております。

索引

- あ**
- R*-型 54, 57, 58, 79
 アスパラギン酸 50
 アミド結合 64, 65, 67, 68
 アミノ基転移反応 53
 アミノ酸 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
 57, 58, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 73, 79, 80
 アミン 46, 48, 51
 アルデヒド 41, 42, 61, 66, 67
 Arrhenius 29
 アンチ 32
 アンチ型 32, 37, 45, 71
 アンモニウムイオン 52, 53
- い**
- 硫黄-硫黄結合 49, 50
 イオン 3, 27, 30, 40, 41, 46, 49, 50, 53, 68, 77,
 79
 異性化鏡像体晶出法 72, 73, 80
 異性化反応 37, 38, 52, 57, 58, 59, 72
 異性体 33, 34, 37
 イミダゾール 50
- う**
- ウレタン結合 65, 66, 67, 68
- え**
- エクリップス 31, 32
 Sn1 反応 40
 Sn2 反応 40
S-型 54, 57, 58, 79
 エスカレーター 26
 エステル結合 64, 65
 X線 15, 43, 49
 エナンチオマー ... 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14,
 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
 26, 28, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
 44, 45, 46, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62,
 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 74, 75, 76,
 77, 78, 79, 80
 エナンチオマー過剰率 36
 Evans 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 80
 塩基性 49
 塩基性側鎖部分 49, 50
- お**
- オキサゾリジノン 65, 66, 67, 68, 69
- か**
- 外殻電子 30, 77
 回転異性 31, 33, 39
 回転角 31, 32, 37, 38, 45, 62, 63, 78
 回転障壁 71
 回転方向 19, 75
 解糖反応 52, 53
 化学時計 58
 化学反応 27, 39, 54
 鍵穴 28, 51, 54
 書き順 22
 角運動量 18, 19, 75
 可視光線 15, 16
 加水分解 49, 50, 51
 加水分解酵素 50, 51
 刀 76, 77
 片刃 21, 22
 活性化エネルギー 29, 37, 38, 71, 72
 活性化自由エネルギー 57
 Galileo 3, 74
 カルボン酸 46, 48, 51
 鱈 9, 10

環化付加	66, 69
干渉	40, 42, 43
γ線	15

き

気体定数	29
北半球	12, 13, 14, 16, 74
軌道	7, 30, 68, 77
キモトリプシン	50, 51
逆ねじ	11
客観的	3, 4, 6, 7, 8, 16, 74
吸収	51
吸着	56
吸熱変化	28
球棒モデル	62, 66
鏡像 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 19, 37, 74, 75, 77	
共有結合	30, 31, 33, 36

く

靴	20, 44
Cram	60, 62, 63, 64, 65, 67, 70, 71, 80
グリセルアルデヒド	41, 43
Grignard	60, 61, 62
クロマトグラフィー	55, 56
軍手	20

け

結合エネルギー	31
結合角	30, 33, 77
結合距離	30, 43, 68
ケトカルボン酸	52, 53, 54
喧嘩別れ過程	40, 41, 60
原子	3
原子核	30
原子間距離	31, 42
原子番号	34

こ

航海術	14
光学活性	35, 57, 58, 78
光学純度	36
酵素	49, 51, 52, 53, 54, 55, 67, 70, 79
交通信号	25
ゴーシュ	32, 37, 45
ゴーシュ型	32, 37, 45, 71
Copernicus	3, 14
コマ	17, 18, 19, 74, 75
コラーゲン	47
Columbus	14

さ

催奇性	55
サイコロ	17, 18, 19, 35, 75, 77
歳差運動	18
催眠作用	54, 55
逆巻き貝	11
坂本	71, 72, 80
サマトリ	8
サリドマイド	54, 55
酸性	49, 50
酸性側鎖部分	49, 50
サンダル	20

し

ジアステレオマー . 17, 21, 22, 24, 26, 35, 36, 44, 46, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 64, 76, 78, 80	
紫外線	15
ジグザグの形	33
脂質	46, 79
質量	56
自動改札	26
磁場	15, 16, 35, 78
ジブロモブタン	44, 45, 78

ジメチルビフェニル	38, 39, 72
自由エネルギー	28, 32, 37, 38
自由回転	62, 64
集合	3, 15, 16, 27, 28, 36, 39, 77
重心	9, 17, 18, 30, 33, 35, 75, 77
主観的	3, 4, 7, 8, 74
酒石酸	41, 43
消化酵素	49, 50, 51
乗車用 I C カード	26
食事の作法	21, 23
触媒反応	67
書式	23
心臓	9, 10, 28, 80
新陳代謝	57, 58, 59
振動数	15
振動面	15, 78
振幅	15

す

水晶体	58, 59
水素結合	48, 50
スタッガード	31, 32
スピン量子数	15

せ

正 4 面体	30, 33, 77
正四面体型	68
静電引力	31
精度	56
正八面体型	68
正方形型	68
赤外線	15
接触水素化	70
絶対温度	29
セリン	50
旋光度	35, 36, 78
選択性 ..	63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 80

そ

相互作用	56
速度定数	29

た

対称 ..	5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 33, 34, 35, 37, 39, 60, 61, 68, 69, 75
対面通行	25, 26, 39
太陽の軌跡	12, 13, 16
縦書き	22
足袋	20, 44
単結合	38, 62, 64, 72
短銃	24, 77
炭水化物	46
蛋白質 ..	44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 64, 71, 79

ち

地動説	3, 4, 8, 14, 74
中性子	30
直交座標	74

つ

通過時間	56
つむじ	10, 12, 17, 37

て

テトラポット	27, 30, 77
手の甲	6, 9, 20, 74
手の平	20
出刃包丁	21
手袋	7, 20, 44
電子	30
電磁波	15, 16, 35, 42, 43, 78
天動説	3, 4, 8, 14, 74
電場	15, 16, 35, 78

でんぷん	46
と	
投影法	31
刀剣	24
糖質	46, 79
等量反応	67
道路標識	25, 80
時計回り	10, 11, 14, 19, 23, 34, 37, 45
な	
Napoléon	24, 76, 77
に	
二面角	31
Newman	31
ね	
ネジ釘	11, 12, 14, 37, 38, 72
の	
野依	70, 71, 80
は	
配位結合	66, 67, 68
配位子	68, 69, 70
BINAP	70
白内障	57, 58, 59
鋏	21, 22, 23, 76
橋掛け	49, 50, 64, 65, 69
Pasteur	43, 71, 72
発熱変化	28
反転	39, 40, 41, 60
反時計回り	10, 11, 14, 19, 23, 34, 37, 45
反応座標	29
ひ	
比重	35, 36
ヒスチジン	50

左側通行	7, 24, 25, 26, 39, 51, 54, 55, 56, 60, 76, 80
左利き	19, 21, 22, 23, 24, 26, 74, 75, 76
左富士	4
左方向	4, 14, 60, 61
左巻き	10, 11, 17
必須アミノ酸	48, 51
ひったくり	26
日時計	13, 14
鯡	9, 10
ピリドキサル	52, 53, 79
ピリドキサミン	53
ピリミジノン	72
頻度因子	29, 31, 33, 37
ふ	
van der Waals 力	31, 44
Fischer	41, 42, 43
Philolaos	3
フォトン	15, 78
不斉収率	67, 68, 69, 70, 71, 80
不斉触媒	68
不斉炭素	41, 42, 43, 45, 61, 63, 64, 65
不斉炭素原子	35
不斉中心	34, 37, 55, 56, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 78
不斉誘導	62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 80
ブタノール	34, 36, 37, 40, 41, 61
ブタン	32, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 45, 71, 77, 78
沸点	35, 36, 56
ブドウ糖	52, 53, 55, 56, 79
Pfleiderer	20
Prelog	60, 63, 64, 67, 70, 71, 80
ブロモブタン	33, 34, 35, 36, 37, 40, 44, 45, 46, 77, 78, 79

分子3, 27, 77

へ

平衡状態57

平衡定数29

バイゴマ19

Bijvoet43

ペプチド結合48, 50, 51

偏光16

偏光フィルター16

ほ

包丁13, 14, 21, 22

歩行者25, 26, 39, 60

ポリペプチド48

ボルト11, 12, 37

ま

マイクロ波15

巻き貝11, 12, 14, 37, 38, 72

巻貝10

巻貝37

み

右側通行 24, 25, 26, 39, 56, 60, 76

右利き . 11, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 75, 76,

80

右方向14, 60, 61

右巻き10, 11, 17

南半球14, 16, 74

め

メソ体 35

メタン 30, 33, 77

も

網膜 58

や

野球 23

ゆ

融点 27, 35, 36

よ

陽子 30

横書き 22

横恋慕過程 40, 41, 60

ら

Laue 43

ラセミ . 35, 36, 37, 39, 40, 41, 55, 57, 58, 60,
61, 64, 66, 67, 68, 72, 80

ラセミ混合物 57

螺旋 11, 49

り

両刃 21

わ

Walden 41, 60