

5. 化学的に考えられる平均寿命

増殖・成長・物質代謝・刺激反応性・調節性などの生活現象を表すものの総称を生物と呼んでいますが、哺乳類や鳥類や昆虫類などの動物 175 万種や草花や広葉樹や針葉樹などの植物 27 万種などが既知の生物として認識されており、未知の動植物を含めると全ての生物は 3000 万種にも及ぶと報告されています。これらの多種多様な生物は互いに共存共栄したり生存競争をしたりして、進化したり繁栄したり滅亡したりして自然淘汰されてきました。種々の方法や特性によりそれら全ての生物はそれぞれ種の保存に努めてきましたが、氷河期や火山の大噴火や巨大隕石の落下などによる気候の変動や大気中の酸素濃度の増加などの生活環境の変化の影響を受けて生物の種類により栄枯盛衰が起こってきました。

稲や豆類や菜の花を咲かせるアブラナなど多くの植物は数日間の開花の間に交配して結実し、種子を残して世代交代し 1 年で一生を終わりますが、翌年またその種子が発芽して新しい一生を展開して種の保存をしています。広葉樹や針葉樹は成長が遅いため短期間での世代交代によっては大きく繁茂することができませんから、非常に長い寿命で種を保存しています。このように生活環境に応じて植物の寿命が種類により大きく異なり、1 年にも満たない短期間で世代交代を続ける草から、4000 年以上も生き続けてゆっくりと世代交代する植物まであります。

植物と同じように動物も種類によって種の保存の仕方が異なり、非常に短期間に世代交代する虫から 100 年以上も生き続ける大きな動物まで地球上に生息しています。小さな体格の動物は繁殖力が高く平均寿命が短い傾向にあり、大きな体格の動物は小さな繁殖力しか持っていませんが平均寿命の長い傾向を示しています。毒物や悪臭を用いたり素早く逃げ回ったり大群で圧倒したり、その動物が持つ特性を遺憾なく発揮して温暖な地で生息する比較的小型の動物は種の保存に努めています。牛や馬や麒麟や河馬や象などの大型の動物は大人の体格になるためには時間が掛かりますし、多くの食べ物を食べなければならず沢山の子供を産むと食べ物の供給が追い付かなくなりますから長生きしなければ種を保存できません。

このように体格の小さな生物は比較的短期間に世代交代しながら多くの子孫を繁殖させてゆく方法で、体格の大きな生物はわずかな子孫と世代交代しながら長生きしてゆく方法で種の保存をしています。これらのことから生物の繁殖力の高さとその生物の平均寿命の間には大まかに反比例の関係があるように思われます。人間は生後 1 年では身体を自由に動かすこともほとんどできませんし、3 年間ほどは食べ物も自分で摂ることができません。知恵を使う能力は自分の身を守る最も優れた特性であり才能ですが、その能力を十分に備えるためには 10 年以上の歳月を必要とします。麒麟や象ほどではありませんが人間も大きな体格をした動物ですから、このように人間はゆっくりと成長しており、小さな繁殖力しか持たず比較的寿命の長い素質を持った生物と考えられます。

細胞には必ず 1 個の DNA が含まれていて、その中には生物の誕生以来の進化の過程や

歴史や経験や生命活動に必要なすべての情報が記録されています。DNA に記録されているこの膨大な量の情報から、それぞれ必要な性質や活動や変化に関する情報だけ RNA を介して取り出して細胞の生命活動を維持しています。進化した生物では非常に多くの細胞が集合して1つの生物個体を形成していますが、それらの細胞は全て同じ配列を持つ DNA を持っていますから、本来全ての細胞は全く同じ性質や機能を示すと考えられます。しかし、実際の生物の1つの個体を形成する多くの細胞は生命活動の維持に必要な役割に応じて、胃腸や肺や心臓や脳や神経や皮膚や筋肉など多くの器官に分業化が進んでいます。この各器官の役割の分業化に連れて、それぞれの DNA の長い配列の中でグアノシンに隣り合って並んで結合しているシチジンの部分のメチル化により性質や機能の異なる細胞に改造されます。しかも DNA のシチジン上のメチル化と脱メチル化は役割の必要性の有無により適宜なされます。

例えば、人間は少年期になると DNA のシチジンがメチル化して成長を促す甲状腺ホルモンを分泌する組織や筋肉や骨の細胞が盛んに細胞分裂し増殖してゆきますが、20歳を過ぎて成人の体格になりますと細胞分裂をあまり必要としなくなりますから、成長に関与する細胞が不活性になるように徐々に DNA の脱メチル化が進行します。この変化に取って替わるように、20~35歳の成人は生殖細胞の減数分裂が活発になるように DNA のシチジンのメチル化が進行しますが、老化とともに減数分裂に関与する DNA の部分の脱メチル化が徐々に進行します。このように幼児から青年や壮年や熟年を経て老年に老化してゆく過程で、同じように各器官の細胞が持つ生命活動の維持に必要な役割が変化しますから、それぞれの段階で DNA のシチジン上へのメチル化も変化し、その割合が徐々に減少します。

オーストラリア連邦科学産業研究機構の生物学者 Mayne はこの点に着目して、現存種か絶滅種かを問わず種々の野生の脊椎動物における DNA 中のメチル化されたシチジンの割合と平均寿命の相関性から、野生の生活環境におけるそれらの種々の脊椎動物の平均寿命を推定しています。実際に観察される死体の数が限られており、自然環境の変化などにより大きく影響されますので、野生動物の平均寿命を推定することは比較的困難ですが、この方法では納得し得る平均寿命が容易に推定できます。インドやアフリカに生息している象の平均寿命が50~70歳ですから、既に絶滅したマンモスの平均寿命を60歳と推定したことも頷けます。現代人はすでに高い文化を持っていますから本来の野生生活における平均寿命を求めることができませんが、この方法によれば野生生活における現代人の平均寿命を38歳と推定でき、他の野生動物と比較することができます。また、原始人類のネアンデルタール人の平均寿命が37.8歳と推定されましたから、人間の先祖とも思われる原始人類であることを強く支持しています。

一般的に生物の繁殖力は生活環境など平均寿命に影響を与える要因によっても変化し、平均寿命との間の反比例の関係が保たれるようです。生活環境が厳しくなると繁殖力を高め、逆に生活が豊かになると繁殖力の小さくなる傾向が種を保存する本能として植物に見られます。例えば、デンドロビウムやシンビジウムなどの蘭は良い生活環境では繁殖力

が小さくなって花を咲かさなくなりますから、上手に栽培するためには故意に水遣りを抑え肥料を与えずにわずかに気温の低い環境に置くよう推奨されています。同じように野生の生活と動物園などで飼育されている生活のような生活環境の違いによる平均寿命の比較から、動物も生活環境が厳しくなると種を保存する本能が繁殖力を高める傾向にあり、逆に生活が豊かになりますと繁殖力の小さくなる傾向があります。同時に生活環境が豊かになると約 1.5 倍平均寿命が長くなる傾向にあります。

この傾向は人間にも当てはまるようで、繁殖力を良く反映する出生率が 20 世紀初頭の日本では 1000 人当たり 30 人(3%)を超していましたが、1990 年以降の出生率は 10 人(1%)以下を低迷しています。他方、DNA 中のメチル化の割合と平均寿命の相関性による推定値 38 歳に対して、17 世紀~19 世紀前半までの江戸時代の日本人の平均寿命は約 40 歳と考えられますが、1950 年以降は日本人の平均寿命は男女ともに徐々に延長して、2019 年には日本人の男女の平均寿命がそれぞれ 81.41 歳、87.45 歳と報告されています。身体を守るために衣服を纏い、風雪を遮るような家屋の中に住まい、ほぼ十分な食物を摂取する 20 世紀初頭までの日本人の生活環境は野生の生活環境と比較して大いに異なっています。しかし、これらの生活環境の違いによって日本人はわずか 7 歳ほどしか長寿になっていません。第 2 次世界大戦終了後もほとんど同じ衣食住の環境に生活していますが、日本人は長期にわたり戦争とは無縁の平和な時代を迎え、医療技術の向上や抗生物質などの有効な医薬品の普及により平均寿命は驚異的に延長されました。これらの比較から、衛生環境や医療技術の向上と抗生物質などの有効な医薬品の普及が日本人の平均寿命の延長に大きく貢献していると考えられます。

種々の癌や伝染病、循環器や消化器や呼吸器などの疾患、栄養疾患や新生児疾患、糖尿病や高血圧などの成人病、不慮の怪我などの治療可能と考えられている 32 種の疾患について、治療の成否の情報を国別に集積して、世界の医療環境を評価できる HAQ 指数が作られました。この指数はこれら 32 種の疾患の患者のうち完治した患者の割合をパーセントで表して集計されていますから、集計の母体となる集団における衛生環境と医療機器と医療技術と有効な医薬品の備えなどの医療環境の状態を良く表しています。この HAQ 指数に対して、国連世界人口推計による世界 188 ヶ国の男女の平均寿命をグラフにしますと、男女の平均寿命に対してよく似た傾向の近似直線を相関係数が約 0.79 で引くことができますから、HAQ 指数と平均寿命の間に線形関数の相関性が視えます。

交通事故や天災等による不慮の怪我はこの HAQ 指数の基礎になっている 32 種の疾患に含まれていますが、同じ事故や天災でも即死した時にはいくら医療水準が高くても治療できませんから HAQ 指数に表れません。例えば、人間の平均寿命には大きな影響を与えた東日本大震災で死者と行方不明者が 18430 人と集計されていますし、木曾の御嶽山の噴火では一瞬にして 63 人が犠牲になりましたが、このような天災では医療行為がかなり無力なものと思われまますから、この近似曲線が現代人の平均寿命の外挿を不確かになります。さらに、殺人事件やテロ事件や戦争により命を落とす場合にも、多くの場合に治療が十分に施

せませんから HAQ 指数には表れ難くなります。国同士あるいは国内で起こる戦争の数や戦死者数や戦闘の程度やその国の市民の不信感や難民の割合など、政治の不安定さやテロの可能性やその程度など、暴力犯罪や殺人事件の数やその犯罪者数など、警察や軍隊などの治安を預かる人数やその精練度や軍事費の割合や大量破壊兵器の数量などが平和度指数として集計されています。この平和度指数は殺人も紛争もなく完全に軍備放棄した状態が 0 になるように設定されていますから、指数が多くなるほど殺伐として殺人や紛争が頻発する状態と考えることができます。

HAQ 指数に表れ難い殺人事件やテロ事件や戦争による死亡者数を平和度指数で加味することにより実情に近い平均寿命の値を推定することができると思われます。殺人も紛争もなく完全な軍備放棄した状態の平和度指数が 0 に設定されていますから、この平和度指数 (G) を c の割合で加味しますと平均寿命 (J) と HAQ 指数 (H) との関係が式 3-10 のように表されます。HAQ 指数と平和度指数と平均寿命の値が報告されている世界の 163 ヶ国について、平和度指数を加味する割合 c を 1 としたときの近似直線の相関係数が最も高い約 0.83 となり、通常の衣食住の環境は整っていますが疾患の治療が全くなされない環境における男女の平均寿命がそれぞれ 40.3 歳と 41.2 歳と求められました。医療環境の整っていなかった 17 世紀~19 世紀までの江戸時代や明治時代の日本人の平均寿命は約 40~44 歳でしたが、疾患の治療を全く受けられない現代人の寿命がここで外挿された値にかなり近い年齢と思われます。この関係式から完備した医療環境で平和に生活することは寿命を延ばすことにつながると考えられ、平和な状態のもとで現在の医療水準では男女の平均寿命はそれぞれ 84.9 歳と 92.1 歳まで延長されると期待でき、将来、革新的な医薬品や医療機器や医療技術の新しい発明により平均寿命がさらに延長されることも期待されます。

人間の眼は角膜と水晶体と硝子体で構成される光学系により対象物の光学像を網膜上に結び、光エネルギーにより網膜上で起こるロドプシンの変化を視神経が知覚し、その情報を視覚中枢で整理する機構を持っています。ロドプシンは酵素により再生されていますが、わずかずつ消耗するロドプシンは適宜ビタミン A から新陳代謝により補給されています。眼のレンズの働きをする水晶体はクリスタリンと呼ばれる高い水溶性を示すタンパク質で、その水溶性により多くの水を含む形で光の透過率を高く維持しています。消化器官や酵素やロドプシンなどのタンパク質と異なり、この高い透過率を安定して維持するために、クリスタリンは新陳代謝による補強や更新が全くなされず同一の特殊なタンパク質が一生涯にわたって使用されています。

京都大学大学院藤井紀子教授は (R)-型と (S)-型の 2 種類の α -アミノ酸の異性体比を精密に測定することにより、 α -アミノ酸の生成から経過してきた年月を算出する化学時計について永年にわたり研究してきました。藤井教授はこのクリスタリンを構成するアスパラギン酸の部分が時間の経過とともに異性化反応して水晶体中のクリスタリンの構造変化を生じ、整然とした配列が乱され透過率が低下することを見出しました。鎖状に結合したクリスタリンの中に 1 個でも異性化した α -アミノ酸が混ざり込みますとその分子の形が変化し

ますから、精巧な構造を持って非常に特化した働きをするクリスタリンの性能が劣化します。クリスタリンが全く新陳代謝せず更新されないタンパク質ですから、必然的に加齢とともに水晶体は次第に劣化して黄白色の濁りを帯び、入射した光が散乱してレンズとしての性能が低下してしまい、白内障と呼ばれる視覚障害を発症します。

タンパク質を構成する多くの種類の α -アミノ酸の異性化反応はゆっくりと進行し、平衡状態に達するためには約 60000 年を要すると歴史的経過の明らかな生物の遺体の例などから見積もることができますが、構造的な要因によりアスパラギン酸だけは比較的早い速度で異性化反応が進行します。藤井教授はクリスタリンのアスパラギン酸の異性化反応の速度定数を精密に測定し、生後約 150 年で 45%のアスパラギン酸が異性化して構造変化すると報告しています。全ての物質はそれぞれ固有の波長の光を吸収しますが、この吸収の前後の光の強度変化と物質の濃度の間には指数関数の関係の有ることが知られています。水晶体の透過率が最も高い幼少期の時から 150 年経過しますと、透過率の高いクリスタリンが約 45%構造変化して 55%まで減少しますから、その透過率は 22%まで落ちて物を認識できないほどに重度の白内障になります。

人間の身体は非常に複雑な多くの器官が総合して働くように極めて精巧に良く組織されていますから、生命活動に必要な器官ばかりで不要の働きをする器官は無いと思われず。すべての器官が過不足なく機能している間だけ人間は生命活動を維持することができ、ある器官が機能を失えば他の器官が長い耐用年限を持って機能していても人間は生命活動を維持できません。当然、すべての個々の器官は同じ程度の耐用年限を本来持っていると思われずから、水晶体の耐用年限として見積もられた 130~175 年は理想的な生活環境における人間の平均寿命で、たとえすべての器官が新陳代謝を繰り返して正常に機能しても、130~175 年の寿命を超えて生命活動を維持することはできないと考えられます。言い換えれば平均寿命の極限は 130~175 年で、この極限を超えて生存することは不可能と考えられます。

しかし、時として極めて長期間にわたり休眠して種が保存される場合があります。砂漠化した原野に永年にわたり休眠していたポピーが一斉に開花したり、-196°Cで急冷し凍結した金魚が再び泳ぎ出したり、乾燥した酵母（イースト）が小麦粉とともに水で練ると元気に発酵を始めます。1951 年に縄文時代の遺跡から発掘された蓮の実が大賀蓮と呼ばれる桃色の大輪の花を咲かせましたが、この大賀蓮の実は 3500~3000 年前に結実したものですから、この蓮の実に限り寿命が 3000 歳以上と考えることもできます。偶然の事故で休眠状態に陥った人が 20 日以上 of 長期間の経過後に生還した例も報告されています。鼠やリスやコウモリや熊や蛇などのように、これらの例は人間も条件次第では冬眠ができることを示しています。このような凍結や乾燥による休眠や冬眠により寿命の延長が可能ではないかと研究もなされており、時代を超えて生き続ける方法として将来利用できるようになるかもしれません。しかし、そのような長期間の休眠や冬眠の間に、社会情勢や文化程度や対人関係など種々の生活環境は変化しますから、映画「Back to the Future」に登場する少年の

ように幸せを感じるかもしれませんが、社会の中に生きる人間の精神状態を考えると多くの場合、竜宮城から帰還した後の浦島太郎のように淋しい一生の終わりになるように思います。秦の始皇帝が夢見たような幸せな不老不死はあり得ないのではないのでしょうか。

本書では野生動物としての人間の持つ寿命、発達した文明を持つ人間の寿命、そして完璧な状態の人間が持つ寿命の限界を化学的な知識や手法を基に考えてきました。これらの考えが何か一つでも化学の研究や教育の上で参考になれば良いと思っております。また、人間の寿命の持つ現実が幸せな人生を考える上で助けになり、多くの化学的な技術や知識の発展の助けにまでなれば、本書はさらなる意義を持つことになると思われまふ。本書が幸せな人生を考えるための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	
RNA.....	35, 71
(<i>R</i>)-型.....	84, 86, 87, 88, 89, 97
青かび.....	66, 67
アジド.....	72
アスパラギン酸.....	25, 28, 85
アスピリン.....	47, 56, 59, 60, 61, 73, 75
アセチル化.....	36
アセチル補酵素.....	37, 38
アセトアニリド.....	60, 61
アセトアミノフェン.....	60, 61
圧力.....	19
アデニン.....	25, 26, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 40, 70, 71, 72
アデノシルメチオニン.....	40
アデノシン.....	26, 27, 35, 37, 70
アドレナリン.....	55
アニリン.....	25, 29
亜ヒ酸.....	47, 48
アボガドロ数.....	19
甘い.....	45
アミド.....	81, 82
アミド結合.....	81, 82, 90
アミノ安息香酸.....	62, 64, 81, 82
アミノ基.....	25, 55, 64, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88
アミノ基転移酵素.....	85, 86
アミノ基転移反応.....	85
アミノサリチル酸.....	65
アミノ酸.....	25, 27, 33, 36, 38, 47, 62, 66, 67, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 97, 98
アミノセファロスポラン酸.....	67
アミノペニシラン酸.....	66
アミノベンゼンスルホンアミド.....	62, 64

アミン.....	81
アラニン.....	85
アルコール.....	83, 84
Arrhenius.....	56
アンフェタミン.....	55
アンモニア.....	11, 23, 25, 81
アンモニウムイオン.....	82, 85, 86

い

ED ₅₀	46, 51
イオン.....	9, 56, 85
イオン結合.....	16, 17, 18, 22
衣食住の環境.....	45, 73, 74, 75, 96, 97
異性化.....	37
異性化反応.....	10, 87
異性体.....	11, 79, 80
一日摂取許容量.....	49
一卵性双生児.....	34, 41
一酸化炭素.....	23, 25
イノシン酸.....	26
イミダゾール.....	24
イミド体.....	90
医療環境.....	73, 75, 96, 97
医療技術.....	44, 45, 62, 73, 75, 96, 97
医療水準.....	74, 75, 96, 97
陰イオン.....	16

う

Wilkins.....	30
烏頭.....	51
渦巻銀河.....	23
宇宙線.....	22
ウラシル.....	25, 26, 27, 35, 70, 71, 72
Oró.....	25
運動エネルギー.....	19

え	
衛生環境	44, 45, 73, 96
AZT	72
HAQ 指数	74, 75
HAQ 指数	73
ADI	49
ATP	27, 37
ADP	37, 38
栄養素	88, 89
エクリップス	68
(S)-型	84, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 97
エステル	25, 27, 30, 31, 34, 35, 47, 59, 60, 70
エタノール	16, 46, 47, 48, 50, 51, 65
エタン	11, 12, 68
X 線	15
HAQ 指数	74, 75, 96, 97
エナンチオマー	77, 78, 79, 80, 84, 87
NADPH	37, 62
NADP 陽イオン	28, 37, 38
エネルギー障壁	10
エノール	28, 86
FADH ₂	37, 38
エフェドリン	52, 54, 55, 59, 61
LD ₅₀	46, 47, 48, 49, 50, 51, 59, 60, 61
塩基性	24, 56
エンタルピー	18, 69
エントロピー	19
延命効果	74
お	
オキザロ酢酸	85
か	
回転異性	11
解糖反応	84, 85
界面活性剤	47, 83
解離	56

解離定数	21, 57, 58
化学時計	89, 97
化学療法	55, 72
可逆反応	85
可逆平衡反応	81
核酸塩基	25, 38, 39, 41, 72
覚醒	55
覚醒剤	55
核融合	22, 23
風邪	53, 54, 56, 59, 61, 73
カゼイン	83
葛根湯	52, 53, 59, 61
活性化エネルギー	57
活性化自由エネルギー	56, 57, 87
カフェイン	47
カプサイシン	47
カルボン酸	81, 82, 83, 84
カルボン酸陰イオン	82
還元	37
還元反応	85, 86
癌細胞	71, 72
感染症	61, 64, 67
感度	45, 55
漢方医学	53

き	
幾何異性体	11
絹	82
ギネスブック	45, 47, 48
キモトリプシン	85
吸収	11, 37
急性毒性	46, 47, 48, 49, 51
吸熱反応	57, 81
休眠	2, 4, 5, 98
鏡像	78
共鳴	12, 13
共鳴安定	13, 14, 58

共鳴安定化.....	13, 14, 59
共鳴エネルギー	13, 24
共役	12
共役塩基	56
共役酸.....	56
共有結合	14, 15, 16, 17, 18, 22, 79
近似曲線	74, 96
金属結合	18

く

グアニン.....	25, 26, 28, 29, 30, 34, 35, 40, 62, 70
グアノシン.....	27, 35, 70
くの字型	18, 21
グリコシド結合	25, 27, 35, 37, 70
グリシン	25
クリスタリン	89, 90, 92, 97, 98
グリセリン.....	84
Crick.....	30
グルタミン.....	25, 27
グルタミン酸.....	27, 85
燻煙成分	47, 50
燻製	50
軍手	79

け

Gates.....	73
結核	61, 65, 67
結合エネルギー	9, 11, 12, 13, 18, 22
結合角.....	69, 79
結合距離	12, 17, 18
結合モーメント	17, 18
ケトカルボン酸	85, 86
ケトン.....	28, 86
解熱	59, 60
解熱作用	59
原子核.....	14, 15, 22
原子間距離.....	68

原始地球.....	25
原子番号.....	80
減数分裂.....	39, 41, 42, 95
検体動物.....	46, 49
ゲンノショウコ.....	53

こ

抗炎症	59, 60
抗癌剤	72
光合成	2, 84
麹菌.....	65
甲状腺ホルモン.....	42, 95
抗生物質.....	44, 45, 67, 70, 71, 73, 75, 96
酵素.....	25, 84, 85, 86, 89, 97
構造活性相関	73
高分子化合物	82
酵母.....	65
五感.....	7
黒鉛.....	14
国連世界人口推計	74, 96
5-FU	72
5-メチルシトシン	40, 62
Kolbe	59
コレラ	32, 61

さ

サイコロ.....	77, 78, 80
細胞分裂.....	3, 32, 39, 42, 70, 95
酢酸.....	11, 21, 46, 47, 57, 58, 59, 66
鎖状.....	27, 31, 34, 35, 38, 40, 70
殺人事件.....	74, 75, 96, 97
サリチルアミド.....	60
サリチル酸.....	58, 59, 60, 61
サリチル酸メチル.....	60
サルファー剤	65
酸化.....	16, 17, 37
酸化反応.....	37

酸性	21, 56, 57
酸素	29, 37, 86
酸素原子	17, 21, 22
3 態	19
し	
ジアステレオマー	79
シアン化水素	23, 25
四塩化炭素	16, 17
塩辛い	45
視覚障害	90, 91, 92, 98
σ 結合	10, 11, 12, 13, 24
シクロブタン	69
シクロヘキサン	68, 69
始皇帝	53, 99
脂質	9, 45
cis	11
シトシン	25, 29, 72
ジヒドロプテリジン	62, 64
脂肪	83
脂肪酸	20, 22, 84
Chargaff	30, 70
自由エネルギー	57, 58, 69
自由エネルギー変化	57, 58, 59, 87, 88
臭化ブチル	79, 80
重心	77, 79
縮合反応	86
主溝	32
受精細胞	39, 41
出生率	6, 7, 96
種の保存	2, 3, 4, 5, 7, 38, 39, 42, 68, 84, 94
種を保存	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 94, 95
消化	7, 84, 86, 88, 89
消化器官	88, 89
消化酵素	83
衝突の確率	56
衝突の機会	81

情報伝達	71
Jones	18
触媒	11
食用着色料	49
神経伝達物質	55
人工甘味料	49
人口動態統計	6
親水性	81, 83, 84
身長の成長率	42
新陳代謝	32, 41, 70, 81, 88, 89, 90, 92, 93, 97, 98

す

水銀	49, 50
水酸イオン	21
水酸基	25, 27, 29, 35, 40, 70, 86
水晶体	89, 90, 92, 93, 97, 98
水素	22
水素化熱	11, 12, 13
水素結合	15, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 35, 38, 59, 60, 71, 81, 82
水素原子	11, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 28, 59, 60, 68, 71, 72, 79, 80, 81, 84, 86, 88
水素陽イオン	16, 21, 56, 57
水素陽イオン濃度	57, 58
スタッガード	68
スチルベン	11
酸っぱい	45

せ

正 4 面体	79
正 4 面体構造	17
生殖細胞	42, 95
静電的な引力	14, 15, 18, 21, 22
生物学的等価性基	72
生理活性	45, 50, 71
世界大戦	6, 43, 45, 65, 73, 96

世代交代2, 3, 4, 5, 94
 セファロスポリン67, 69
 セリン28
 染色体33, 34, 36, 38, 39, 41
 戦争 44, 45, 49, 65, 73, 74, 75, 96, 97

そ

相関係数20, 74, 75, 96, 97
 相関性 19, 42, 73, 74, 91, 95, 96
 双極子モーメント15, 16, 17, 18

た

ダイオキシン47, 48, 49
 対称77, 79, 80
 耐性菌68
 体積19
 耐用年限93, 98
 高峰譲吉55
 多重結合24
 脱水反応85
 脱メチル化42, 95
 脱離反応82
 炭化69
 炭化水素20, 22, 82
 単結合10, 12, 13
 炭水化物9, 45
 炭素＝炭素 2 重結合10, 11, 13
 炭素原子24
 炭素－炭素単結合10
 タンパク質 .. 9, 33, 36, 38, 45, 66, 67, 80, 82,
 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 97,
 98

ち

Chain66
 致死量46, 49
 窒素原子24

チミン 25, 29, 35, 64, 71
 中枢神経 55
 中性子 22, 23, 24
 治療係数 51, 59, 61
 鎮痛 59

て

出会いの反応 56, 81
 DNA.. 4, 9, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35,
 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 61, 62, 70,
 71, 73, 86, 87, 94, 95, 96
 DNA のメチル化 40, 41, 43, 45, 73
 DNA メチル基転移酵素 40, 41, 62
 デオキシリボース 25, 26, 34, 38, 70
 デオキシリボ核酸 9, 26, 70
 デオキシリボヌクレオシド 27, 35, 70
 テトラヒドロ葉酸 62
 テトロドトキシシン 47, 48
 手の甲 78, 79
 手のひら 46, 78, 79
 手袋 78, 79
 テロ事件 74, 75, 96, 97
 転移反応 85
 電荷 14, 15, 16, 17, 18, 22
 電荷の偏り 14, 15, 16, 17, 20
 電気陰性度 17
 天災 29, 33, 74, 96
 電子 .9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23,
 24, 26, 29, 33, 58, 72, 73, 76
 電子計算機 9, 26, 29
 電子対 24
 電子の偏り 14, 15, 16, 17
 電磁波 22, 23
 電導性 14
 電波望遠鏡 23

と	
投影法	68
透過率	89, 91, 92, 97, 98
瞳孔	55
Domagk	62, 64
毒性	46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 61, 71, 72
毒矯み	53
ドパミン	55
trans	11
トリカブト	47, 51

な

長井長義	54
難溶性	82

に

匂い	7
にがり	47
二酸化炭素	17, 18, 27, 37, 45, 65, 81, 84
2重結合	9, 11, 12, 13, 21, 25, 28, 29, 35, 81, 86
2重螺旋	30, 31, 32, 33, 34, 36, 70, 71
2進法	9
日本酒	65, 66
二面角	68
乳化剤	83
乳酸	47
乳酸菌	66
Newman	68
2量化	82

ぬ

ヌクレオシド	25, 27, 34
ヌクレオチド	25, 27

ね

ネオシネジン	55
--------	----

燃焼熱	25, 69
-----	--------

は

配位結合	21, 22
π結合	10, 11, 13, 24
π電子	10, 12, 13, 14, 58, 59
バクテリア	61, 64, 67, 71
白内障	90, 92, 98
波長	11
発酵	65
発熱反応	81
繁殖力	3, 4, 5, 6, 46, 94, 95, 96
反応温度	7, 81
反応速度定数	56
反応熱	11, 37, 45, 84

ひ

pH	57
pKa	21, 57, 58, 59, 60, 61, 64
光化学合成法	70
ヒストン	33, 36
歪み	68, 69
ビタミン	62
ビタミンA	89, 97
ビタミンB ₆	85, 86
ビタミンB ₉	62
左手	78, 79
左手用の手袋	78
ピリジン	24
ピリダジンジオン	82
ピリドキサール	85, 86
ピリドキサミン	85, 86
ピリミジン	24, 29, 30, 33, 86
ピルビン酸	37, 85
ピロール	24, 90
頻度因子	56, 58

ふ	
van der Waals 力	18, 20, 22, 68
van der Waals.....	68
封筒型.....	69
フェナセチン	60, 61
フェノール.....	16, 25, 29, 47, 58, 59, 86
付加反応	11
副溝	32
不斉中心	80
ブタノール.....	80
沸点	11, 19, 20
ぶどう酒	65
ブドウ糖	37, 45, 47, 54, 56, 84
フランース.....	28, 32
プリン.....	22, 24, 25, 26, 29, 30, 33, 35
プリン環	24, 25, 29
フルフラール	47
フレッシュチーズ.....	66
Fleming.....	66
Brønsted	56
不老不死	53, 99
Florey	66
プロテアーゼ	85
フロロウラシル	72
プロントジル	62, 64
分業化.....	39, 40, 41, 42, 62, 95
分子間距離.....	19
分子間力	18, 19, 20, 22
分子吸光係数	91
分子双極子モーメント	17, 18
分子の数	15, 17, 19
分子の質量.....	19
分子量.....	19, 20, 22, 89
へ	
平衡状態	57, 87, 89, 90, 98

平衡定数.....	57
平衡反応.....	25, 28, 29, 86, 87, 88
平面構造.....	24
平和度指数	74, 75, 97
β -ラクタム.....	67
Beer	91
ペスト	32, 61, 67
ペニシリン	65
ヘミアセタール結合	28
ヘリウム.....	22, 25
ベンゼン 9, 11, 12, 13, 25, 47, 55, 58, 59, 60, 61, 81, 82	
ベンゼン環	13, 14, 24, 55, 58, 59, 64

ほ

芳香族	24, 25, 29, 86
芳香族性.....	14, 25, 26, 29, 30
芳香族複素環	24, 25, 29, 86
補酵素	27, 38, 84, 85, 86
ボツリヌス菌	47, 48
Hoffmann	59
ホルムアルデヒド.....	25

ま

マイクロ波	23
麻黄.....	53, 54, 55
慢性毒性.....	49

み

味覚.....	48, 56
味覚物質.....	45
右手.....	78, 79
右手用の手袋	78, 79
右時計回り	31, 32

む

村岡和幸.....	23
-----------	----

め	
Mayne	42, 95
メタノール.....	23, 58
メタン.....	16, 17, 23, 58, 79
メタンフェタミン.....	55
メチオニン.....	40, 62, 64

も	
網膜	89, 97
モルヒネ	51

や	
野生の環境.....	6, 43, 45, 61, 73
薬効.....	46, 48, 51, 53, 54, 55, 59, 60, 61, 62, 64, 67

ゆ	
融点	11

よ	
陽イオン	15, 16, 21, 22, 56, 57
溶液	45, 46, 50, 91
溶解度.....	81
葉酸	62, 64
陽子	14, 22, 23, 24, 72
溶媒.....	80, 82
葉緑素.....	37
4員環化合物.....	69, 70

ら	
ラクタム.....	82
ラクタム環.....	67, 68, 69, 73
ラセミ化.....	84, 86, 87, 88, 90
乱数.....	77, 78
Lambert.....	91

り	
リジン	24, 35, 70
理想気体定数	19
理想気体の状態方程式.....	19
リタリン.....	55
リボース.....	25, 27, 28, 30, 37, 38, 70
リボ核酸.....	35, 71
リボヌクレオシド.....	27, 34, 40, 70
硫酸.....	49
両性イオン.....	82
リン酸エステル.....	25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 70, 71

れ	
Lenard.....	18
連鎖反応.....	22, 23

ろ	
ロドプシン	89, 97

わ	
別れの反応	56, 88
Watson	30