

7. 食べ物の味覚にまつわる何故を化学する

何故、美味しい食べ物は良薬に優る？

人間は身体を維持するための非常に多種多様な物質と生命活動を維持するために多岐にわたり必要なエネルギーを水を溶媒とする化学反応で調達しなければなりません。これらの物質の原料とエネルギー源として利用できる物質を取り込む組織は人間の身体には口と鼻から通じている肺と消化器官しかありませんから、人間は生命活動を維持するためには空気を吸い、食べ物を食べ、溶媒の水を飲まなければなりません。「何故、人間は味覚を感じる？」の節で**なるほど**と納得したように、人間は生命活動の維持に必要な物質を飲み物や食べ物として口から取り込んでいますが、口の中で身体に有用なタンパク質と DNA と RNA と脂質とミネラルと炭水化物を含む有用な食べ物は好ましい味に感じ、有害な食べ物は好ましくない味に感じます。

従来、西欧では人間の感じる基本的な味覚は甘い、塩辛い、酸っぱい、苦いの4味と考えられてきましたが、日本では甘い、塩辛い、酸っぱい、苦いのほかに旨味を加わっています。これらの5味は味覚物質が水溶液となって口の中に入り、舌の味覚を感知する部分に接触したときに味覚として感じられます。水に溶け込んでいる味覚物質の濃度が高いほど、舌の上の味覚を感じる部分と接触する機会が多くなりますから、味を強く感じるようになります。しかし、舌の上の味覚を感じる部分の数と感度には限界がありますから、味覚物質の濃度がある値よりも高くなっても、より強い味覚を感じなくなって飽和してしまいますし、時には不快な刺激と感じられます。

世界中どこでも普遍的に酸素を含む空気で覆われており、生命活動に必要な酸素を容易に肺から吸収できますから、人間は空気を無色無味無臭と感じ、通常その存在すら忘れてしまうほどです。しかし、非常に激しい運動などで急激にエネルギーを消耗しますと、体内の酸素が不足して息苦しくなり呼吸が早くなります。また、海拔 3000m 以上の高地では気圧が低いために生命活動の維持に必要な酸素を吸収し難くなり、体内の多くの器官が機能の低下を起こし、息苦しくなり、頭痛や吐き気や眩暈などの症状が現れる高山病になります。

水は地球上にかなり偏在しており、人間の生活できない地域もありますが、幸い日本中どこでも雨が多く、人間が通常生活するうえで十分な水が天から供給されています。ほとんど降水量のない地域では、生活用水を得るためにいろいろと知恵を絞り、また争いをしなければならなかったと思われます。人間は水を本質的に無色無味無臭と感じますが、水が体内に不足したり、体液中のミネラルの濃度が高くなると、生命活動の維持が困難になりますから、渇きを感じて本能的に水を飲むように行動します。夏の暑い季節に体内の水が極端に不足しますと、沢を流れる冷たい水を甘くあるいは美味しく感じたりします。

人間にとって塩化ナトリウム（食塩）は必須のものであり、体液中のミネラルの濃度が低下しますと、口から摂取しなければなりません。そのため、人間は塩化ナトリウム（食

塩) を口の中で感知したときに好ましい味覚の塩辛いと感じます。しかしナメクジばかりでなく、高い濃度の塩化ナトリウムに対しては強過ぎる塩っぱさになり、好ましくない不愉快な味覚となります。体内のミネラルの濃度の平衡を壊すために過剰の摂取は危険を伴いますから、実際、約 200g の塩化ナトリウムを一度に食べると約半数の成人が命を落とすと報告されています。

ブドウ糖から二酸化炭素への酸化により発生するエネルギーを生命の維持のための活力にしている人間にとって、でんぷんや糖類は非常に大切な物質ですから、好んで食べたがるようにブドウ糖が最も好ましい甘い味に感じられるように味覚は調えられています。容易にブドウ糖に変換する砂糖や果糖は人間をはじめ多くの動物にとって最も即効性のある活力の源として働きますから、最も甘い味のする物質としてすべての動物に非常に好まれています。

油の性質を持つ物質の中で、生物の体内に摂取されて重要な栄養となる脂肪は種々の脂肪酸のグリセリンエステルで細胞膜などの原料となりますし、テルペン類やステロイド類などの精油成分はそれぞれホルモンなどの固有の生理活性を示し、生存競争に打ち勝ち、種の保存をする上で固有の働きを示しています。「なぜ、油は水と仲が悪い？」の節で、性格の相容れない仲の悪い人の間柄を**水と油の関係**と例えて納得したように、油は水の中に入っても水素結合を切って不安定になってしまい、馴染むことが出来ず溶けることが出来ませんから、水の網目状の水素結合の切断が最小になるように水から遊離して、接触面積が最小になるような最も表面積の小さな塊となるかあるいは 2 層に分離してしまいます。この水に対する油の性質と 5 味を感じる味覚を感知する部分の性質から、人間は油で覆われた食べ物の味をあまり感じられません。他方、嗅覚は匂いの情報を得ることに特化した触覚の一つで、呼吸をする時に外気が通り過ぎる鼻の中にありますから、空気中に含まれる気体物質が接触して匂いの情報をもたらします。沸点が低く揮発性の高い物質は空気中に気体として拡散し易いので強い匂いの情報を与えますが、水に溶け易い物質は気体になり難いのであまり臭いを与えません。このような揮発性の物質の水に対する性質から、人間は油に覆われた食べ物の匂いをつよく感じる傾向にあります。

2015 年に「美味しいものは油と糖でできている」というキャッチコピーが日本全国で活躍するコピーライターや広告業者の団体の東京コピーライターズクラブ (TCC) から TCC 賞に選ばれました。人間にとって油脂は最も重要な栄養の一つであり、このコピーからも分かるように近年では風味を加えて好んで食べたい 6 味と考えるようになってきました。味覚部分では主に水に溶け易い成分に味を感じ、油に溶け易い成分は舌触りや色や風味で感じます。

レタスやトマトなどの野菜に塩辛い味や酸っぱい味が加わって初めて美味しく感じられますが、さらにオリーブ油の香りが加わった時に一段と美味しく感じられます。醤油と砂糖と酢の味付けにごま油の風味が加わった時に、冷やし中華そばは夏の代表的な食べ物になると思われます。水と油の関係からこのように味覚で感じる 5 味と嗅覚で感じる風味

を同時に食べ物に付けることはかなりの工夫を必要とします。18 世紀の半ばごろにレモン汁とオリーブ油と卵黄をよく混ぜたドロツとしたソースがパリに伝わりマヨネーズと呼ばれるようになりました。室温に温めた 1 個分の卵黄、5mL のお酢、塩、砂糖、胡椒を泡立て器でよく掻き混ぜますと、卵黄は水を溶媒とする溶液状になっていますから、お酢や塩や砂糖が均一に溶けた溶液になります。しかし、第 5 章の「何故、卵の成分は卵黄に集約している？」の節で納得したように界面活性剤の性質を持つレシチンが 1 重膜を作って水溶液を包み込み乳化しますから、脂肪酸部分の炭化水素鎖が外側に並びます。サラダ油を数滴加えてちょっともったりするまでよくかき混ぜますと、レシチンの膜に包まれた小さな酢の溶液が油の中に浮かぶように混ざります。さらに、よく掻き混ぜながら少しずつサラダ油を加えてゆき、1 個の卵黄の約 5 倍に相当する大量の 150mL のサラダ油を加え終わる頃には、かなり硬いクリーム状に固まってきます。最後に砂糖や塩で味を調えて、約 160 g の手作りマヨネーズが完成します。卵黄なしではお酢や食塩や砂糖はサラダ油に溶けずに分離しますが、卵黄を仲立ちにしますと含まれるレシチンの界面活性剤の働きにより、サラダ油の中にお酢の細かい水滴ができてきますから、巨視的に見ると均一な状態に乳化して、油にお酢や塩や砂糖の味付けをし、お酢に胡椒やオリーブの匂い付けをすることができます。主に水に溶け易い成分に味を感じ、油に溶け易い成分に色や風味を感じますが、水と油は性格の相容れない仲の悪い間柄ですから、この相容れない成分を同時に食べ物に付けることは難しいことです。フランス人が工夫したマヨネーズは、この難題を鮮やかに解決した、豊かな味と匂いを持つ食べ物ですから当然美味しく感じられます。

身の周りには空気が充満していますが、空気には反応性の低い窒素のほかに反応活性の高い酸素が含まれています。炭素＝炭素 2 重結合にはハロゲンや水ばかりでなく種々の物質の付加反応が進行しますが、地球上のあらゆる物質と反応する反応活性の高い酸素も炭素＝炭素 2 重結合に付加して酸化反応します。炭素＝炭素 2 重結合と酸素の反応は図 7-1 に示すように反応条件により主に 2 種類の反応機構で進行します。光に照らされている条件では図の赤色で示すように過酸化物が生成し、この過酸化物が分解するときに重合や結

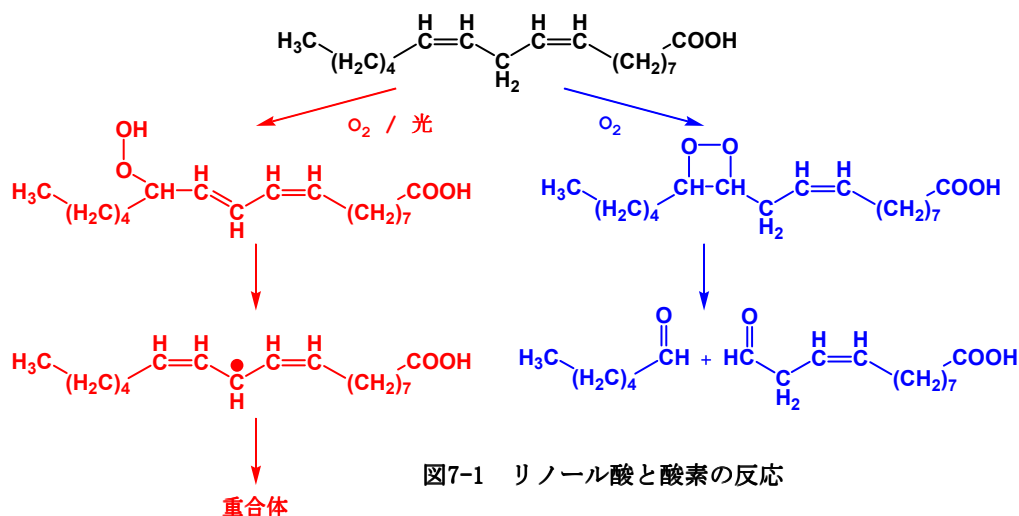


図7-1 リノール酸と酸素の反応

合の開裂を起こします。特に CH_2 の隣接した炭素＝炭素 2 重結合の部分構造を持つ化合物では、過酸化物が分解して生成するラジカルが比較的安定なため、寿命が長く近くに存在する炭素＝炭素 2 重結合を重合させる触媒になります。リノール酸やリノレイン酸や EPA や DHA は何れもこの部分構造を持っていますから、太陽の光の下で酸素と反応して重合してゆきます。また、光の影響を受けない条件では図の青色で示すように酸素分子が炭素＝炭素 2 重結合に付加反応して、2 つの酸素を含む 4 員環の化合物になりますが、不安定で容易にアルデヒドあるいはカルボン酸に分解してゆきます。この 2 種類の反応は不飽和脂肪酸においても比較的容易に進行して、酸素を含む酸化物に変化します。結果として不飽和脂肪酸の性質は失われてしまい赤黒く変色して粘性が高い膜状物質になりますし、分解して生成するアルデヒド類は独特の悪臭を持っていますから、古くからこの現象を油焼けと呼んでいます。

料理をする人間によって旨味に関して色々な工夫がなされ、旨味成分の水溶液は出し汁と呼ばれて料理の要とも考えられてきました。近代化学の進歩と共に、旨味成分の研究がなされるようになり、池田菊苗博士が昆布の出し汁の旨味成分がグルタミン酸ナトリウムであることを見出しました。さらに、種々の出し汁や醤油などについても研究された結果、旨味成分は水に良く溶ける図 7-2 に示す種々のアミノ酸類であることが分かってきました。アミノ酸は親水性のカルボン酸の部分とアミノ基の部分をも分子の中に併せ持っていますので水に良く溶けますが、タンパク質はアミノ酸の親水性の部分の結合した長い鎖状の高分子物質ですから分子内の親水性の部分の割合が極端に減少しますのでほとんど水に溶けません。そのため舌

の上の味覚部分と直接接触することがありませんから、タンパク質はほとんど旨味として味覚に感じません。

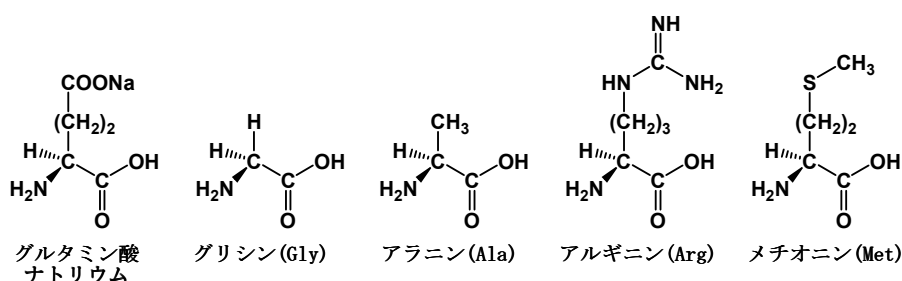


図7-2 アミノ酸系の旨味

第4章の「何故、動物はアミノ酸を使い回している？」の節で納得したように、牛肉や豚肉や鶏肉などの食用肉となる筋肉の中にはペプチダーゼなどの酵素がまだ残っていますから、時間の経過と共に肉の中ではタンパク質の加水分解が続きます。牛肉は屠殺したての新鮮なものよりも、長時間熟成させて、多少色が赤黒く変色しかけたときが食べごろとされています。これは牛肉のタンパク質が酵素によりアミノ酸に一部分解し、旨味成分が増しているためと考えられます。栃木畜産試験所では鶏肉も熟成させてから市場に出荷するように指導しています。また、大阪教育大学食物学研究室の中田忍教授らは、4℃で牛肉を8～10日、豚肉を3日、鶏肉を6～12日熟成させたときに、旨味成分のアミノ酸が最も肉の中に増加すると報告しています。特に、図7-2に示した代表的な旨味成分のメチオニ

ンは豚肉を6日間熟成させたときに約3倍まで増加すると報告しています。このように熟成することによりタンパク質中に水溶性のアミノ酸が増加し、舌の上の味覚部分を刺激しますから、強く旨味を感じられるようになります。

この熟成の期間中に油脂も酸化酵素や酸素の影響を受けますが、食肉中の油脂は比較的酸化され難い飽和脂肪酸を多く含んでいますから、油焼けの変性や重合はあまり味覚に影響を与えません。魚の肉の中にもペプチダーゼなどの酵素が含まれていますから、時間の経過と共に肉の中ではタンパク質の加水分解が始まります。長時間熟成させると旨味成分のアミノ酸が魚肉の中に増加してゆきますが、この熟成期間中に当然魚に含まれている油脂も酸化酵素や酸素の影響を受けます。食肉中の油脂と比較して、魚に含まれる油脂は不飽和脂肪酸の割合が高いため、酸素との反応が格段に起こり易くなり、油焼けが短時間に進行して不愉快な匂いのアルデヒド類が生成してきます。魚も長時間熟成すれば味覚成分が増加して美味しくなりますが、同時に油脂成分も変化してしまいますから臭みが増して不味くなります。特に鰯や鰺などの青い魚は不飽和脂肪酸の割合が高く酸化され易いため、鮮度が落ちると極端に味が変わってしまいます。

鮪も青い魚ですから当然不飽和脂肪酸を多く含む油脂を持っていますが、大きな肉の部分では酸化され難いため、魚体をできるだけ空気に触れないようにして7日程度熟成したときに最も味が良くなります。鰹や鯖も不飽和脂肪酸の割合の高い油脂を持っていますから、熟成すれば味が変わってしまいます。出汁のもとになる鰹節や鯖節を作るときには、始めに鰹や鯖を蒸してその変性し易い油脂を取り除き、その後に微生物を働かせて熟成します。

魚の油は不飽和脂肪酸を多く含んでいますから、日光の下で空気に曝しますと、不飽和脂肪酸の重合した膜が出来上がります。鰯や鰺などの不飽和脂肪酸の割合の高い油脂を持つ魚を開いて表面積を大きくして、日光の下で空気に曝しますと濃い褐色に油焼けして、魚の表面に油脂が固化して膜を作ります。この膜が内部の油脂と空気中の酸素の接触を阻害するために、それ以上の酸化反応を抑え内部を保護するため、熟成による旨味成分の増加を可能にします。鰯の干物や鰺の目刺しは魚の旨味を増す古くからの知恵と思われます。現在、市場に出回っている魚の干物が日光の下で作られていないと聞いて、鰯の干物を愛する著者は化学的観点からは臭みが混ざるのではないかと若干気になります。不飽和脂肪酸の性質を考えると、その酸化反応を抑える特別の処理をする場合を除き、魚は熟成せずに新鮮なうちに食べたほうが良いことになります。

小玉新太郎博士と国中明博士はそれぞれ鰹節と干シイタケの出し汁に含まれるイノシン酸やAMPやGMPが旨味成分であることを見出しました。イノシン酸やAMPやGMPなどのヌクレオチド類はアセチル補酵素AやATPやDNAやRNAなどの人間にとって生命活動を維持する上で欠くことのできない極めて重要な物質ですから人間にとっては必須の栄養素です。人間にとって重要な栄養素を好んで食べて体内に摂取したがるように、タンパク質やDNAやRNAの基になるそれぞれアミノ酸やプリン塩基のヌクレオチド類が好

ましい味に感じられるように旨味の味覚ができています。

このように人間は身体を維持するための非常に多種多様な物質と生命活動を維持するために多岐にわたり必要なエネルギーを水を溶媒とする化学反応で調達していますが、人間は口で食べ物を食べ、水を飲んでこれらの物質を取り込んでいます。水や炭水化物や油脂やアミノ酸やプリン塩基のヌクレオチド類などの必要な物質が美味しく感じられ、好んで食べて体内に取り込むことを督促するように味覚と嗅覚が調えられています。なるほど、美味しい食べ物は人間の身体を維持し生命の維持に必要なものですから、栄養にもならない苦い良薬よりはるかに優れています。

本書では食べ物に関する基本的な**何故**を考えて**なるほど**と納得する例を取り上げましたので、これらの例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、逆に日常生活で未だ納得されていない食べ物に関する**何故**を**なるほど**と納得することで日常生活を豊かにする助けになり、多くの化学的な技術や知識の中の**何故**を少しでも**なるほど**と納得する助けになれば、本書はさらなる意義を持つことになると思います。本書が食べ物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います。

あ

RNA... 5, 9, 10, 11, 100, 101, 104, 105, 107, 111

(*R*)-型.....68, 69, 70, 71, 72

Einstein37

亜鉛41, 91, 92

アジピン酸.....4

アスパラギン酸... ..6, 62, 65, 70, 71, 72, 89, 96, 102

アセタール.....28, 30, 50, 51

アセチル補酵素53, 54, 55, 79, 80, 83, 94, 111

アセトアルデヒド.....49, 54

圧力13, 14, 32

アデニン 95, 96, 101, 102, 103, 104

アデノシン.....53, 94, 95, 103, 104

アニリン101, 102

油滴87

油の別世界.....87, 92

油焼け110, 111

甘い9, 10, 11, 107, 108

甘い香り80

アミド... 4, 26, 29, 30, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63

アミノ安息香酸58, 61

アミノ基... 29, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 89, 90, 101, 102, 110

アミノ基転移酵素.....64, 65, 68, 69, 70

アミノ基転移反応.....65, 68

アミノ酸... .. 3, 10, 11, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 89, 90, 96, 97, 102, 105, 110, 111, 112

アミン...11, 16, 25, 26, 28, 29, 30, 57, 58, 60, 61, 67

索引

アラニン..... 3, 5, 26, 65, 68, 69

アルギニン 105

アルコール.....25, 28, 29, 30, 49, 60, 64, 67, 74, 75, 77, 80, 81, 89

アルコキシ基 49

アルデヒド..... 47

アルデヒド..... 16, 25, 26, 28, 29, 30, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 80, 81, 110, 111

アルドール反応..... 49, 79

Arrhenius 22

アレルギー症状..... 11

アンドロステロン 85

アンモニア 14, 16, 25, 28, 29, 32, 58, 93, 95, 97

アンモニウムイオン 64, 65

い

EPA 110

硫黄..... 14, 15, 25, 32, 85

イオン 27, 64

イオン化ポテンシャル..... 35, 36, 40

イオン結合 17, 18, 25, 27, 76

イオン性..... 28, 50

池田菊苗..... 110

異性化 53, 94

異性化反応..... 69, 70, 71, 72, 73, 79

1 重膜..... 87, 88, 109

一酸化炭素 16, 93, 94, 95

遺伝情報..... 10, 105

イノシン酸..... 95, 97, 101, 111

イミダゾール 62, 101

陰イオン..... 25, 27, 32, 33, 37

う

ウコン 76, 81, 82

渦巻銀河	94
宇宙線	42
旨い	9, 11
旨味成分	92, 110, 111
ウラシル	95, 102, 104
Oró	95
運動エネルギー	13, 14, 19, 87

え

AMP	95, 97, 101, 111
ATP	10, 53, 54, 55, 56, 94, 101, 102, 111
ADP ...	10, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 79, 80, 94
栄養素	10, 71, 89, 111
液化熱	19
(S)-型	68, 69, 70, 71, 72
エステル ...	19, 29, 30, 53, 54, 74, 77, 78, 79, 80, 83, 90, 91, 95, 103, 104, 105, 108
エステル結合	54, 77, 78, 91
エタノール	16, 22, 25, 26, 29, 47, 49
X 線結晶構造解析	62
エナンチオマー ...	65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73
NADPH ...	44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 79, 80, 94
NADP 陽イオン ...	45, 46, 47, 51, 54, 55, 56, 79, 94, 102
エネルギー不滅	8, 23
エノレート中間体	69
FADH ₂	94
塩化ナトリウム	10, 107
塩化物	33
塩基性	10, 49, 61, 79, 100, 101, 105
炎色反応	40
エンタルピー	23, 24, 74, 76
エンタルピー変化	69
エントロピー	19, 23, 24, 25, 75, 76

エントロピー変化	69
----------------	----

お

オキザロ酢酸	54, 65
--------------	--------

か

外殻電子	36
蚕 ...	3
回転角	98
解糖	63, 65, 68, 79, 80, 83
界面活性剤	59, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 109
解離	10, 48, 49
解離定数	17
Gauß	15
化学エネルギー	56
化学時計	71
鍵と鍵穴	63, 68
可逆反応	33, 64
可逆平衡	27, 29, 32, 48
可逆平衡反応	27, 29, 57
角砂糖	52
核酸塩基	95, 102, 103, 104, 105
核融合	93, 94
過酸化物	109
可視光線	39, 40, 43
加水分解	62, 79, 88, 110, 111
加水分解酵素	62, 63
火星	13, 14, 15, 16, 31, 33, 35
火成岩	31, 33, 35
カゼイン	59, 89, 90
化石燃料	34
活性化エネルギー	22, 23, 69, 72, 73
活性化自由エネルギー	70
褐藻類	45
ガラス状態	60
ガラス転移点	60
カリウム ...	6, 10, 26, 31, 32, 33, 39, 40, 89,

90, 91	
カリオフィレン	80, 81, 84
Galileo Galilei.....	3
カルシウム.....	5, 9, 10, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 40, 46, 89, 90, 91, 92
カルボン酸.....	10, 11, 19, 25, 28, 29, 30, 49, 51, 57, 58, 60, 61, 64, 67, 68, 70, 77, 79, 80, 88, 89, 90, 110
カルボン酸陰イオン	49, 59, 88
カレー粉	82
Carothers	4
カロチン	85, 86
渴求	9, 107
還元	46, 49, 51, 54, 94
還元型ビタミン B ₂	54
還元状態	40, 43, 45, 55
還元電位	40, 44, 45, 46, 47, 48, 55
還元反応	37, 40, 41, 44, 45, 55, 56, 64, 65
環状	103
カンファー.....	83, 84

き

記憶容量	106
気化熱.....	19
輝線スペクトル	38
気体定数	22
絹.....	3, 4, 59, 60
揮発性.....	11, 80, 84, 108
忌避効果	84
Gibbs	23
キモトリプシン	5, 62, 63, 64, 68, 71
Cameron	15
嗅覚	6, 108, 112
吸光係数	42
吸収	41, 43, 44, 45, 46, 51, 55, 94
吸収波長	38
吸熱反応	37, 57

鏡像.....	66
共鳴.....	45, 49, 98, 99
共鳴安定化.....	45, 46, 99, 101
共鳴エネルギー.....	98, 99, 100
共役.....	44, 98
共有結合	17, 18, 27, 28, 30, 37, 42, 43, 47, 67
極大吸収波長	42
金星.....	13, 14, 15, 16, 31, 33, 35

く

グアニン.....	95, 101, 102, 103, 104
グアノシン	95, 103, 104
偶数の炭素数	79, 80
Coulomb	35
クーロンエネルギー	35
クーロン力.....	35
クエン酸.....	10, 11, 54
クエン酸サイクル.....	54
楔形の実線.....	68
楔形の点線.....	68
楔形を用いる表現法	68
国中明	111
くの字型.....	17, 18, 24, 28, 74, 75, 76
クミン	76, 81, 82
グリコシド結合.....	94, 95
グリシン.....	3, 5, 69, 96
クリスタリン	6, 71
グリセリン	63, 74, 77, 78, 80, 88, 91
グリセリンエステル	74, 77, 80, 88
グリセルアルデヒド	49
グルコピラノース	50, 51
グルコフラノース	51
グルタミン	26, 65, 70, 89, 96, 102
グルタミン酸	26, 65, 70, 89, 102, 110
クロロフィル	44, 45
軍手.....	66, 67

け

経過時間	72
蛍光灯	40
蛍光物質	40
Keküle	99
結合エネルギー	23, 28, 98, 99
結合角	67
結合距離	17, 98
ケトカルボン酸	64, 65, 68
ケラニオール	81, 84
ケラニルピロリン酸	83, 84, 86
原子核	8, 17, 27, 35, 36, 38, 40, 93
元素記号	32
元素組成	15, 32, 35, 40
堅牢性	4

こ

光学活性	71
膠原病	85
抗酸化剤	97
香辛料	84
合成香料	82
合成ゴム	85
酵素	5, 54, 56, 63, 64, 65, 68, 96, 101
香草	80, 81, 82, 84, 86
高尿酸血症	97
高分子化合物	25, 26, 59, 60, 61, 85
五感	5, 6, 9
胡椒	80, 81, 84
小玉新太郎	111
ゴムの木	85
コラーゲン	5
コリン	91
コルチゾン	85
コレステロール	74, 75, 85, 90, 91, 92

さ

サイコロ	52, 65
再生繊維	4, 60
細胞	9
細胞膜	6, 10, 92, 108
酢酸	10, 11, 25, 26, 28, 29, 47, 48, 49, 54, 77, 79, 80, 81
鎖状	103, 104, 105
砂糖	109
酸化	14, 31, 46, 51, 56, 94
酸化剤	56
酸化状態	37, 40, 44, 45, 55
酸化数	37
酸化電位	55
酸化・還元反応	37, 40, 41
酸化反応	10, 36, 37, 40, 41, 43, 50, 53, 54, 55, 79, 92, 94, 97, 109, 111
酸化分解	53
3重結合	24, 74
酸性	11, 17, 32, 49, 61, 62, 79, 88, 100
酸性度	48
酸素	7, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 21, 29, 32, 35, 37, 41, 42, 45, 46, 47, 50, 52, 55, 56, 62, 91, 94, 100, 102, 107, 109, 111
酸素原子	17, 24, 25, 27, 28, 32, 37, 41, 42, 94, 100, 102
酸素発生複合体	44

し

シアン化水素	16, 94, 95
GMP	95, 101, 111
塩辛い	9, 10, 11, 107, 108
紫外線	39, 40, 43
視覚障害	72
シキミ酸	81
σ 結合	98, 99, 100

示差走査熱量計 19
 脂質 5, 9, 10, 11, 90, 91, 92, 107
 ジテルペン 84
 シトクロム 45
 シトシン 95, 102, 103, 104
 脂肪... 55, 59, 63, 74, 77, 78, 80, 83, 86, 87,
 88, 89, 90, 91, 92, 108
 脂肪酸..... 74, 77, 78, 79, 80, 83, 87, 88, 91,
 108, 109, 111
 ジメチルアシルピロリン酸 83, 84, 85, 86
 ジメトキシメタン 29
 自由エネルギー 23, 28
 自由エネルギー変化 48, 49, 56
 周期表 37
 重心 65, 66, 67
 柔軟性 61
 縮合反応 49, 54, 65, 79, 80
 熟成 110, 111
 主量子数 36, 38, 39, 40, 41
 消化... 5, 6, 7, 8, 53, 56, 59, 62, 63, 71, 81, 88
 生姜 81, 82
 消化器官 5, 6, 56, 71, 107
 消化酵素 59, 62, 63, 68
 硝酸塩 33
 衝突の機会 21, 29, 48, 57
 鍾乳洞 34
 樟脳 84
 Jones 18
 食塩 10, 107, 108
 触媒 54
 女性ホルモン 85, 91
 触覚 108
 人絹 4
 親水性... 25, 57, 60, 61, 67, 75, 86, 87, 88, 89,
 90, 110
 新陳代謝 5, 27, 57, 69, 71, 72, 73, 91, 92

浸透圧 92
 振動数 37
 親油性 75, 77, 80, 84, 86, 87, 88, 89, 92

す

水酸イオン 17, 61
 水酸化ナトリウム 87
 水酸基... 25, 26, 29, 48, 50, 51, 74, 77, 78, 79,
 80, 90, 91, 101, 102, 103, 104
 水晶体 5, 71, 72
 水素..... 14, 15, 16, 17, 19, 24, 26, 30, 35, 37,
 38, 41, 46, 47, 52, 92, 93, 109
 水素イオン 33, 46, 62
 水素結合... 18, 19, 20, 24, 25, 27, 28, 42, 57,
 58, 74, 75, 76, 100, 101, 102, 104, 105,
 108
 水素原子... 17, 24, 25, 27, 37, 38, 42, 58, 67,
 68, 74, 101
 水素放電管 38, 39
 水素陽イオン ... 17, 24, 32, 41, 44, 45, 49, 61
 水滴 75, 91, 109
 スクワレン 84, 86
 酸っぱい 9, 10, 11, 107, 108
 ステアリン酸 77
 ステロイド 80, 86, 91, 108
 スペクトル 38, 39, 43, 45

せ

正 4 面体 67, 98
 正規分布 15
 正電荷 35
 静電的な引力 17, 18, 24, 27, 35
 生物化学的酸素要求量 88
 精油成分 74, 80, 108
 生理活性 80, 108
 石油 8, 22, 34, 74, 75, 85
 セスキテルペン 82, 83, 84, 86

石灰石.....9, 33, 34, 46
 石鹼.....87
 接触面積.....74, 75, 76, 86, 108
 セリン..... 3, 26, 62, 74, 88, 90, 102
 セルロース.....52, 53, 56

そ

双極子モーメント.....17, 32
 速度..... 6, 13, 14, 15, 16, 21, 34, 35, 69, 92
 速度定数.....22, 69, 70
 塑性.....60

た

ターピネオール.....84
 対称.....65, 66, 67
 堆積岩.....31, 32, 33
 大腸菌.....5
 太陽系.....13, 15, 35
 耐用年限.....72
 多重結合.....100
 脱アミノ化酵素.....97
 脱出速度.....13, 14, 15, 16
 脱出分子量.....15, 31
 脱水反応.....54, 64, 79, 80
 脱炭酸反応.....54, 83
 脱離反応..... 27, 28, 29, 30, 50, 57, 58
 炭化水素19, 24, 58, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 84,
 88, 91
 単結合.....28, 50, 79, 80, 98, 99
 炭酸.....32
 炭酸イオン.....32, 33, 46, 48
 炭酸塩.....33, 34
 炭酸カルシウム.....33, 35, 46
 炭酸水素イオン.....32, 33, 46
 炭酸水素塩.....33
 炭酸水素カルシウム.....33, 34
 炭酸同化反応.....51

胆汁酸..... 85
 炭水化物...5, 9, 10, 11, 31, 50, 51, 52, 53, 90,
 107, 112
 弾性..... 60, 85
 男性ホルモン..... 85, 91
 炭素..... 52, 54
 炭素鎖..... 26, 60, 61
 炭素原子..... 28, 32, 37, 47, 48, 50, 51, 68,
 74, 75, 99, 100, 101
 タンパク質...3, 4, 5, 6, 9, 11, 55, 56, 57, 59,
 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71,
 72, 73, 86, 89, 90, 91, 97, 105, 107, 110,
 111
 短波長..... 41, 42

ち

窒素原子..... 24, 27, 44, 100, 101, 102
 地動説..... 3
 チミン..... 95, 102, 103, 104
 中性子..... 35, 93, 94

つ

ツタンカーメン..... 7, 73

て

出合いの反応...20, 21, 22, 23, 27, 48, 57, 91,
 92
 DHA..... 110
 DNA... 5, 9, 10, 11, 100, 101, 103, 104, 105,
 106, 107, 111
 呈色反応..... 33
 デオキシリボース..... 95, 103, 105
 デオキシリボ核酸..... 103
 デオキシリボヌクレオシド..... 103, 105
 鉄... 8, 10, 15, 26, 31, 37, 55, 91, 92
 手の甲..... 66
 手の平..... 66

手袋66, 67
 テルペン 75, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 108
 電位差.....40, 41
 転移反応64
 点火52
 電荷17, 18, 24, 25, 75
 電解質.....41
 電荷の偏り.....17, 24, 75, 76
 電気陰性度.....17
 電気分解41
 電子... 17, 18, 24, 27, 35, 36, 37, 38, 39, 40,
 41, 43, 44, 45, 46, 47, 93, 98, 99, 100
 電子計算機.....99, 104, 105, 106
 電子親和力.....36
 電子対.....49, 100
 電子の遣り取り37, 41
 電磁波..... 37, 38, 39, 40, 41, 42, 93
 電導性.....41
 天然ゴム85
 天然繊維3, 4
 電波望遠鏡.....93
 でんぷん10, 11, 53, 55, 56, 108

と

糖類11, 53, 79, 80, 108
 トリステアリン酸グリセリル.....77
 トリテルペン84, 86

な

ナイロン4, 60
 中田忍.....110
 ナトリウム... 6, 10, 25, 26, 31, 32, 33, 37,
 39, 40, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 110
 ナトリウムランプ.....39
 軟化点.....60

に

匂い..... 4, 6, 9, 84, 108, 109, 111
 苦い..... 9, 11, 107, 112
 二酸化炭素...7, 10, 11, 16, 17, 25, 31, 32, 33,
 34, 35, 37, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54,
 56, 58, 63, 77, 79, 80, 83, 94, 102, 108
 2 重結合... 24, 28, 29, 30, 32, 43, 44, 45, 47,
 48, 49, 50, 51, 55, 58, 65, 74, 77, 79, 80,
 98, 99, 102, 109
 2 重膜..... 87, 91, 92
 2 進法..... 105
 2 層に分離..... 24, 74, 75, 76, 86, 108
 乳化..... 59, 87, 88, 89, 90, 91, 109
 乳化剤 59
 乳酸..... 11, 55, 89
 Newton 3, 13
 尿酸..... 96, 97
 2 量化..... 49, 58, 60, 79, 80

ぬ

ヌクレオシド 95, 102, 103, 104, 105
 ヌクレオチド...10, 95, 96, 97, 101, 102, 104,
 111, 112

ね

ネオンサイン 39
 熱力学の 3 法則 8, 23
 燃焼..... 52, 53, 56
 燃焼熱 47, 48, 56, 95

の

濃度..... 21, 97

は

灰... 52
 配位結合..... 17, 18, 27, 28, 30, 42, 44
 π 結合 98, 99, 100

白内障.....	72
波長.....	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45
発光.....	38, 39, 40
発酵.....	90
発光分光分析法.....	40
発熱反応.....	29, 37, 44, 48, 57, 61
反対回りの方向.....	66
反応温度.....	6, 22, 27, 30, 57, 72, 73
反応活性.....	79, 80, 109
反応座標.....	22
反応速度定数.....	21, 22, 23, 72
万有引力.....	3, 4, 13, 16
万有引力定数.....	13

ひ

pKa.....	17, 49, 101
光エネルギー.....	51
ヒスタミン.....	11
ヒスチジン.....	11, 62
ビタミン A.....	5, 84
ビタミン C.....	97
ビタミン B ₁₂	44
ビタミン B ₆	64, 65
ビタミン B ₂	54, 55
左手同士の握手.....	67
左手と右手の握手.....	67
引っ張り強さ.....	4, 60
ヒドロキシプロリン.....	5
ピネン.....	75, 80, 81
ピリジン.....	100, 101
ピリダジンジオン.....	58, 60
ピリドキサール.....	64, 65, 68
ピリドキサミン.....	64, 65
ピリミジン.....	101
ピルビン酸.....	53, 54, 55, 65, 68, 79, 80, 83,
	94
ピロール.....	100, 101

頻度因子.....	22
-----------	----

ふ

ファルネシルピロリン酸.....	84, 86
van der Waals 力.....	18, 24, 100
フェニルアラニン.....	11
フェノール.....	101, 102
フェレドキシン.....	45
フォスファチジルコリン.....	91
フォトン.....	37
付加反応.....	27, 28, 29, 32, 49, 50, 54, 57, 110
輻射.....	14, 15, 16
ブタジエン.....	85, 98, 99
ブタン酸.....	29, 47, 77, 79, 80
物質不滅.....	8, 23
沸点.....	19
負電荷.....	35
ブドウ糖.....	10, 26, 29, 46, 47, 48, 49, 50, 51,
	52, 53, 54, 55, 56, 63, 64, 65, 68, 77, 79,
	80, 83, 94, 108
腐敗.....	80
不飽和脂肪酸.....	77, 80, 89, 110, 111
Pfleiderer.....	67
フラスコ.....	87, 91
プラスチック.....	8, 25, 60, 76
プラストキノン.....	45
プラストシアニン.....	45
Planck の定数.....	36, 37
プリン塩基.....	95, 96, 97, 111, 112
プリン環.....	101, 102
Brønsted.....	48
Prentice.....	89
プロゲステロン.....	85
プロテアーゼ.....	64, 68
プロリン.....	5, 89
分液ロート.....	76
分子.....	54

分子間力... 18, 19, 20, 21, 23, 24, 27, 75, 87,
100
分子吸光係数.....42
分子双極子モーメント17
分子量... 4, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 25,
80, 84, 89

へ

平衡状態 28, 33, 34, 50, 51, 69, 70
平衡定数23, 69
平衡反応23, 29, 32, 49, 102
平面構造100
Beer.....42
ヘキサメチレンジアミン4
ペプチダーゼ62, 63, 110, 111
ペプチド結合57, 62
ヘム44
ヘモグロビン55
ヘリウム 14, 15, 16, 35, 39, 93, 95
変性111
ベンゼン... .. 24, 45, 46, 58, 74, 98, 99, 100,
101

ほ

芳香族..... 45, 46, 82, 100, 101, 102, 105
芳香族複素環100, 101, 102, 105
法隆寺金堂.....73
飽和脂肪酸.....110
補酵素54
補色42, 43, 45, 46
母乳11, 86, 88, 89, 90, 91
炎.....52
炎光分析法.....40
ポリビニルアルコール26
ボルネオール81
ポルフィリン環44
ホルムアルデヒド...29, 37, 47, 48, 50, 51, 79,

95

ホルモン..... 85, 91, 92, 108

ま

マイクロ波..... 93
磨耗..... 4
マヨネーズ 109
マンモス..... 72

み

味覚..... 8, 9, 10, 11, 107, 108, 110, 111, 112
味覚物質..... 9, 11, 107
右手と左手..... 66
水の別世界..... 87, 88, 91
水の惑星..... 16, 35
ミネラル..... 7, 9, 10, 11, 90, 91, 107

む

村岡和幸..... 94

め

メタン 14, 16, 26, 37, 47, 93
メチオニン 111
メチル基..... 67, 68, 80, 83, 84, 86
メバロン酸..... 83

も

網膜..... 5, 71
モノテルペン 80, 82, 83, 84, 86

や

薬草..... 80, 81, 82, 86

ゆ

誘引効果..... 84
融解熱 20
融点..... 19
誘電率 35
油脂..... 24

油滴	75, 76
ユビキノール	55
ユビキノン	55

よ

陽イオン	17, 24, 25, 32, 33, 36, 37, 88
溶液.....	4, 9, 11, 20, 22, 23, 27, 33, 42, 61, 75, 76, 86, 89, 90, 91, 92, 109, 110
溶解度.....	23, 24, 26, 29, 30, 33, 57, 97
陽子	27, 35, 93, 94
溶質	22, 23, 24, 25, 27, 28, 74, 75, 76, 92
ヨウ素	91, 92
溶媒... ..	7, 8, 9, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 57, 58, 60, 76, 89, 90, 91, 92, 107, 109, 112
葉緑素	43, 44, 45, 46, 94
4 進法.....	105

ら

ラクタム	58, 60
ラセミ	69, 70
ラノステロール	85, 86
卵黄	90, 91, 92, 109
卵白	90, 91, 92
Lambert	42

り

Lyman	38
-------------	----

リジン	70, 89, 100, 104, 105
理想気体定数	14
理想気体の状態方程式.....	14
リノール酸.....	110
リボース.....	94, 95, 102, 103, 104, 105
リボ核酸.....	104
リボヌクレオシド.....	103, 104, 105
リモネン.....	75, 80, 81
Rydberg	38
量子力学.....	35
リン酸	91
リン酸エステル.....	103, 104, 105
リン脂質.....	6, 91, 92

れ

励起状態.....	43
霊長類	4, 6
レシチン.....	90, 91, 92, 109
Lenard	18
連鎖反応.....	93, 94

ろ

ロイシン	11
ロドプシン	5, 71

わ

別れの反応	21
-------------	----