

7. 万物の変化はまさに諸行無常

中性子と陽子と電子の3種の粒子の集合の仕方が変化すれば原子やイオンが変り、原子やイオンの集合の仕方が変化すれば分子の性質や機能が変化します。分子やイオンの集合の仕方が変化すれば物質が変化しますし、物質が変化すれば万物の組織や性質や機能も変化します。このように3種の粒子が集合して地球上の万物が作り出されていますが、その3種の粒子の集合の仕方により万物の性質や機能が発現していると考えることができます。

A子さんが恋人としてB君との付き合いを決心したり、結ばれていたA子さんとB君が別れを決心したりするためには、将来の生活の精神的あるいは経済的な安定性を考えなければなりませんし、気持ちの整理をし、家族や周囲のことも考え合わせて種々の障害を乗り越えなければなりません。同じようにこの3種の粒子の集合の仕方が変化する反応も、反応の前後の系Aと系Bのそれぞれのエネルギー的な安定性の違いや、系Aから系Bへの反応の途中で乗り越えなければならないエネルギー的に不安定な障害が反応の経過を大きく左右します。A子さんとB君の恋愛において大きな障害があるときには決心するのに大きな努力と時間を要するように、系Aからの反応は越えて行かなければならない峠が高ければ大きな活性化自由エネルギーを要しますから、反応がほとんど進行しないほどに極端に遅くなります。逆に、この峠が低ければ活性化自由エネルギーが小さくなり、反応は速やかに進行します。このように遷移状態の峠の高さにより反応の速度が指数関数的に変化しますから、反応の進行は活性化自由エネルギーの大きさに依存します。

また、系Aから系Bの反応の自由エネルギー変化が大きな負の値となる場合には、余ったエネルギーを放出しながら系Aから完全に系Bに変化してしまいます。逆に、系Aから系Bへの自由エネルギー変化が正の場合には、エネルギーを供給してやらなければ系Aから系Bへ変化しません。A子さんとB君が将来幸せになれると思えば、たとえ障害が大きくて時間がかかろうとも最終的には二人が結ばれるように、系Aから系Bの反応の活性化自由エネルギーが大きな場合には、反応が極端に遅くなりますから反応の完了するまでに長時間を要するようになりますが、反応前の系Aよりも反応後の系Bがエネルギー的に安定で自由エネルギー変化が負の値を持つときには、系Bへの反応は必ず進行して行きます。

物理学の基礎となる**熱力学の3法則**のなかには、外界から独立し遮断された閉鎖系では、エネルギーも物質も形態は変化してもその総量を不変とする**エネルギー不滅と物質不滅の法則**が含まれています。また閉鎖系の中では、エネルギーを発散しながら秩序の失われる方向に変化が起こり、逆に秩序高く組織し集合させるためにはエネルギーを必要とすることが、**エントロピーの増大**するように変化が起こるという法則として認められています。全ての系においてエネルギー不滅の法則が成り立ちますから、自由エネルギー変化が負の値を持つ反応は進行と共に余ったエネルギーを放出しますが、ここで放出されたエネルギーを受け取って自由エネルギー変化が正の値を持つ吸熱反応が進行するばかりでなく、熱エネルギーや電気エネルギーなど種々のエネルギーの形態に変化します。物質の持つ自由エ

エネルギーは分子や原子などの構成単位が個々に持つエンタルピーと呼ばれるエネルギーと、その構成する単位が秩序を持って集合し組織するためのエネルギーを加え合わせたエネルギーの総量ですから、構成単位の変化によるエンタルピー変化によってより安定な物質に変化して行きます。また、全ての物質は熱力学の 3 法則に支配されていますから、何らかのエネルギーの供給を受けて初めて秩序を持った物質が形成されます。このエネルギーの供給が得られなければ、エントロピー変化が増大する方向に変化が進行し、物質の持つすべての秩序が崩壊してゆき安定な状態に戻ります。

石器時代には土器や石器が、そして青銅器時代には青銅器が権力の象徴でしたが、鉄器時代になりますと鉄器が権力の象徴として権力者と共に埋葬されました。地球上に満遍なく存在する水や酸素によって石器や土器はほとんど変化しませんし、青銅器も表面が錆びるだけですが、金属の鉄から酸化鉄への変化は自由エネルギー変化が負の値を持っていますし、その変化の活性化自由エネルギーは大きくありませんから、鉄器はかなり短時間に酸化されてしまいます。そのため、数千年を経た現在でも青銅器時代の古墳からは使用や鑑賞に堪える武器や道具が出土しますが、5 世紀頃に作られた古墳から出土する鉄器は単なる酸化鉄の固まりに過ぎません。因みに、福岡市の志賀島で出土した漢委奴国王印は金でできていますから、現在でも黄金色に輝いています。同じような権力を誇示する象徴でも時代により大きく違いがあり、鉄製の象徴は果敢ないものです。

7~8 世紀に建立された法隆寺や東大寺や興福寺は存在を誇示するように、緑青と辰砂を混ぜ込んだ青色と丹色(朱色)の漆の塗料で色鮮やかに塗り上げられていました。また、多くの建物の屋根は表面が緑青により着色した銅板で葺いてありましたから、奈良の都は青や赤に彩られて美しいという意味で「青丹良し」と形容されました。しかし、青丹良しと形容された奈良の都も 1300 年の風雪に晒されてしまいましたから、法隆寺も東大寺も太陽光に晒されていた部分では堅牢な漆の塗料も次第に分解してプラスチックの性質を失い、青緑色の緑青も朱色の辰砂もエントロピー変化が増大する方向に剥げ落ちてしまいました。そのため現在ではこれらの文化財は軒や柱などの木材の生地が露出して、建立当時の色鮮やかな青丹良しの威容は残っていませんが、長年の歴史を感じさせる風格を備えています。長年の時間の経過と共に文化財も熱力学の 3 法則に従って諸行無常の変化をしています。

地球は太陽から膨大なエネルギーを供給されていますが、全く同量のエネルギーを周囲に発散していますから、地球は外界から遮断され独立した閉鎖系と考えることができます。当然、地球は熱力学の 3 法則に支配され、地球全体としてはエネルギー不滅の法則が成り立っています。地球の中では海の水が温められて蒸発し、雲となって移動し雨となって山に降り注ぐエネルギー変化を伴った循環が起こっています。植物は太陽からのエネルギーを吸収して二酸化炭素と水からブドウ糖を生合成して化学エネルギーとして蓄積します。ブドウ糖の形で蓄積されたこの化学エネルギーは全ての生物の組織や秩序を形成するために利用されるばかりでなく、それらの生物の組織を維持するための活力として利用されています。しかし、この生物の組織に支障が起これば組織を維持することができませんから、

エントロピー変化の増大する方向に変化が進行して生物の遺骸は自然に帰ってゆきます。

人間も生物の一種に過ぎませんから、ブドウ糖の形で蓄積された化学エネルギーを吸収して子孫という新たな組織を作り、命を全うしますが、組織が支障をきたせば健康を害することになり死に至ります。死と共にエントロピーの増大の法則に従い、人間の遺体も最も安定な二酸化炭素と水の状態に変化して自然に帰ってゆきます。往時の支配者が権力を誇示するために作った古墳や神社仏閣などの文化財も、人為的にエネルギーを加えて作り上げたガラスやプラスチックなどの物質も熱力学の 3 法則に従い最も安定な状態の物質に次第に変化して行きます。このように熱力学の 3 法則に従って、万物を構成する全ての物質は自然にあるいは人為的にエネルギーの供給を受けて形作られ、また他の組織を持つ物質に変化して行きます。これぞまさに**諸行無常の変化**です。

索引

- あ**
- R-型 71, 72
 Einstein 35
 アクチニド金属元素 35
 アセタール結合 45
 アセチル補酵素 65
 アデニン 73, 74
 アミド 45
 アミド結合 45
 アミノ酸 45, 63, 64, 82
 アルコール 45
 壊変 25, 31
 Arrhenius 18
- い**
- イオン結合 35, 37, 39, 47
 異性化 65
 イノシン酸 74, 76
 陰イオン 35, 37
 インク 43
- う**
- 宇宙線 23, 29, 39
 漆 47, 48, 49, 50, 86
 運動エネルギー 51, 52, 54, 56
- え**
- AMP 74, 76
 ATP 65, 67
 エーテル結合 45
 液体 51, 52, 53, 54
 S-型 71, 72
 エステル 45, 78
 エステル結合 65
 NADP⁺ 61, 66
- NADPH 61, 62, 65, 67, 80
 エネルギー不滅 16, 85
 塩基性 63
 エンタルピー 16, 17, 18, 20, 51
 エントロピー 16, 17, 18, 20, 26, 51, 52, 53,
 54, 59, 85, 86, 87
- お**
- オプシン 68, 69
 織物 43
- か**
- 蚕 45
 回転異性化 69, 70
 解糖 67
 壊変反応 26
 界面活性剤 64
 化学時計 30, 31, 72
 可逆反応 12, 20, 21
 核酸塩基 73
 核分裂 25, 29, 31, 32, 33
 核分裂反応系 29
 可視光線 61, 69
 加水分解 63, 64, 68, 82
 加水分解酵素 64, 82
 活性化エネルギー 19, 20, 60
 活性化エンタルピー 18, 19, 20
 活性化エントロピー 18
 活性化自由エネルギー .. 18, 19, 20, 21, 24,
 25, 26, 40, 41, 42, 59, 60, 61, 72, 80, 81,
 85, 86
 ガラス 56, 57
 ガラス状 57
 ガラス状態 54
 ガラス転移温度 56

カリ明礬	43
還元	61, 62, 65, 67, 80
壊変	25

き

気化	52, 53
幾何異性体	69
希ガス元素	35
気化熱	53
気体	18, 39, 40, 41, 51, 52, 54, 83
気体定数	18
Gibbs	17
キモトリプシン	64
吸収	69, 83
吸着	43
吸熱反応	17, 18
凝縮	53
競争反応	9, 10, 16, 17, 20, 22
共役	69
共有結合	35, 37, 38, 39, 47, 51, 58

く

グアニン	73, 74
Coulomb	35
クーロン力	37
クエン酸サイクル	66, 67
グルタミン酸	76

け

珪砂	58
結合エネルギー	37, 51
結合角	55, 56
結合距離	51, 55, 56
原子核	24, 25, 26, 27, 29, 31, 33, 34, 35, 37
原子間距離	51
原子爆弾	31
原子崩壊	5

元素記号	35, 36
------------	--------

こ

光合成反応	61
抗酸化剤	76, 77
酵素	48, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83
高尿酸血症	77
高分子化合物	45, 57
固体	51, 52, 53, 54
コルチゾン	78
コレステロール	60, 63, 77, 78, 79
こんがらかる	56, 57

さ

最外殻	35, 37
最外殻電子	35
錯塩	43
酸化	65
酸化反応	39, 40, 41, 42, 44, 48, 63, 65, 66, 73, 78
酸化分解	61, 62, 65, 74, 80
3重結合	37
酸性	63, 64
酸素	45
酸素原子	34
3態	51, 54

し

GMP	74, 76
結合	37, 38
脂質	63, 68, 70
cis	69
質量数	24, 25, 26, 27, 29, 31, 32
シトシン	73, 74
示差走査熱量計	53, 54, 55
ジメチルアリルピロりん酸	78

自由エネルギー	17, 18, 20, 60
周期表	35, 36
重合	46, 48, 55, 78, 80
重合度	55
重水素	29
縮合	62, 64, 66, 67, 82
Schrodinger	35
消化酵素	64
諸行無常	0, 4, 5, 8, 16, 22, 23, 33, 42, 45, 47, 50, 57, 59, 70, 72, 81, 83, 85, 86, 87
触媒	10, 11, 16, 17, 20, 22, 64, 67, 81, 82
触媒反応	10, 11, 16, 17, 20, 22
女性ホルモン	78
新陳代謝	30, 70, 71, 72

す

水酸イオン	64
水酸基	42, 43
水蒸気	53
水素原子	24
ステロイド	78

せ

静電引力	51
静電的な引力	34
セルロース	45
遷移金属元素	35
遷移状態	18, 20, 59, 85
染色	43

そ

塑性	45, 57
----	--------

た

褪色	43
太陽系	34
多段階反応	12, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 26
脱水	66

脱炭酸	66
炭化水素	63
炭化反応	80, 81
単結合	37, 38, 69
炭酸	67
胆汁酸	78
男性ホルモン	78
炭素 = 炭素 2 重結合	38, 46
炭素鎖	56
炭素 - 炭素単結合	38, 46, 47, 55
蛋白質	45, 60, 63, 64, 65, 82

ち

逐次反応	14, 15
チミン	73, 74
中性子	4, 5, 16, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 85

て

出会いの反応	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 32, 39, 40, 42, 44, 46, 61
DNA	73
デオキシリボース	73
鉄タンニン錯塩	43
テルペン類	78
転移温度	54, 55, 56, 57
電荷	24, 34
典型金属	35
電子	4, 5, 16, 24, 25, 26, 29, 34, 35, 36, 37, 47, 51, 85
電磁波	25, 29, 39, 58, 59, 61

と

同位元素	24
糖質	63, 68, 70, 80, 81, 83
trans	69
トリテルペン類	78

に	
2重結合	37, 38, 66, 69
乳化	64
Newton	34
尿酸	76, 77

ね	
熱エネルギー	54, 55
熱力学	57
熱力学の3法則	16, 20, 22, 85, 86
燃焼熱	40, 41, 42, 68, 81
粘性	45, 52, 54, 56, 57
年代測定	30

の	
濃度	6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 22, 39, 42, 46, 77

は	
結合	37, 38
媒染	43
白内障	72, 73
波長	25
発熱反応	17
半減期	26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 60
反応座標	18, 20
反応速度定数	6, 18, 20
万有引力	34

ひ	
光異性化反応	69
非金属元素	35
ビタミンA	68, 70, 72
ピルビン酸	66
ピルピン酸	65, 67
頻度因子	18, 20

ふ	
van der Waals力	51
付加	66
沸点	45, 52, 53, 57
ブドウ糖	45, 60, 61, 62, 65, 67, 68, 80
プラスチック	45, 57
プリン塩基	74, 76, 77
分子	4, 16, 24, 29, 34, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 61, 65, 67, 68, 69, 73, 78, 79, 80, 83, 85, 86
分子間力	51, 52, 53, 54, 57, 59
分子式	55, 61
分子量	55, 56

へ	
平衡状態	12, 13, 20, 21, 30, 72
平衡定数	13, 20, 21
平衡反応	12, 13, 15, 17, 20, 22, 46, 60, 64, 71, 82
壊変	25, 31
-カロチン	70
ペプチダーゼ	82
ベンゼン	42
ベンゼン環	46, 47

ほ	
Bohr	34
放射壊変	27
放射能	5, 25, 26, 27, 28, 30, 33
補酵素	65, 66, 67
補色	61
ポリエチレン	46
ポリスチレン	55, 56, 57

ま	
摩擦力	57

み
水の状態図..... 53

め
メチオニン..... 82
メバロン酸..... 78
..... 35

も
網膜..... 68, 69, 72
木綿..... 43
モル..... 62, 66, 67, 68

や
夜盲症..... 68, 70

ゆ
融点..... 45, 52, 53, 54, 55, 57
誘電率..... 35
誘導期..... 11, 15, 42
油脂..... 63

よ
陽イオン..... 35, 37
溶液..... 60, 63
溶解度..... 77
陽子 4, 5, 16, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 34, 35,

36, 85
溶媒..... 60
葉緑素..... 61

ら
ランタニド金属元素..... 35

り
律速段階..... 15, 26
流動性..... 54
臨界点..... 11
りん酸..... 78

れ
励起状態..... 69
レチナール..... 68, 69
連鎖反応..... 11, 16, 17, 20, 22, 29, 31, 42

ろ
緑青..... 49, 50, 86
ロドプシン..... 68, 69

わ
別れの反応 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 39, 60,
72