

## 11. 宇宙生物の進化の情報伝達の仕組み

### 記憶情報の読み出しは水素結合で

生物は増殖・成長・物質代謝・刺激反応性・調節性などの生活現象のために、高い再現性と発展性を持ち、極めて複雑で、繊細で、効率の良い組織と考えられています。このような特徴を具現するためには過去の経歴や性格の情報を記憶し伝達することが大切と思われます。このための情報の記憶と伝達の組織は、情報の記憶容量が多いこと、情報の伝達が早くて正確なこと、記憶情報が外界の刺激や変化に対して安定で影響されにくいこと、必要に応じて記憶情報が容易に更新できること、記憶情報が度々伝達できること、宇宙生物がすべて化学反応で生命活動を維持しているため化学反応で情報が記憶伝達されることなどの特徴を持っていると思われます。

高い再現性と発展性を持って過去の経歴や性格の情報を記憶し伝達するためには、何回でも記憶情報の読み出しと伝達を可能にし、情報の伝達において記憶媒体が化学変化を起こさないで安定でなければなりません。記憶媒体が化学変化を起こさない程度の温和な反応条件下でのこのような情報の伝達は、その前後で自由エネルギーの差の小さな化学反応でなければならないでしょう。その上、記憶媒体を温存したままで短時間に情報の伝達を可能にするためには、その情報伝達の化学反応は結合の切断や再結合のような反応ではなく、活性化エネルギーの小さな平衡反応であろうと思われます。

Brønsted は水素陽イオンを供給するものを酸、水素陽イオンを受け取るものを塩基と定義しています。この定義によると酸と塩基の反応は水素陽イオンの遣り取りと考えることが出来ます。ほとんどの酸は多かれ少なかれ水素陽イオンと対応する陰イオンに解離しますから、水素陽イオンはもっとも小さな化学物質としてあらゆる酸の系において安定に存在しています。近くに水素陽イオンを受け取る塩基が存在すれば、水素陽イオンの遣り取りの活性化エネルギーは極めて小さく、速やかに水素陽イオンは移動して酸 塩基の平衡反応が進行します。しかし、単なる酸 塩基の反応ではある種の酸が記憶素子の場合に、塩基性さえ充分であれば対応する塩基の種類を選びません。当然、1つの記憶情報に対して多くの異なった情報として伝達される可能性が生じてしまい、正確な情報伝達や読み出しが出来ません。

水素結合が本質的に水素陽イオンの酸からの解離による供給と受け取る塩基との間の水素陽イオンの遣り取りにより、酸の水素原子が塩基分子に結合を瞬時に変更してゆく交換反応であるため、水素結合の形成も極めて小さな活性化エネルギーの反応と思われます。水素結合が本来的に酸と塩基の間の水素陽イオンの遣り取りに由来するものであり、あたかも水素原子が酸と塩基の両者に結合しているような性質を示す結合ですから、あまり解離度の大きくない弱い酸と塩基の間には強い水素結合が期待できます。特に、1つの水素原子を介して酸素と窒素あるいは2つの酸素の間の距離が3Å程度に固定されるときに強い水素結合による安定化が起こります。例えば、カルボン酸は弱い酸としての酸素 水素結合と結合していない電子対を持つ酸素を持っているため、2分子のカルボン酸が図 11 - 1 のように2つの水素結合で結ばれて安定化します。この

時、水素を介して2つの酸素の間の距離は3Åと観測されています。

記憶素子となる分子が堅牢な骨格の上に水素結合に適した複数の酸あるいは塩基の部分を持つ構造であれば、その酸あるいは塩基の種類と空間的な原子間距離が規定されます。当然その記憶素子の分子と複数の水素結合を同時にすることの出来る物質はある1種類に一義的に規定され、その素子が持つ記憶情報を正確に読み出し伝達することが出来ます。

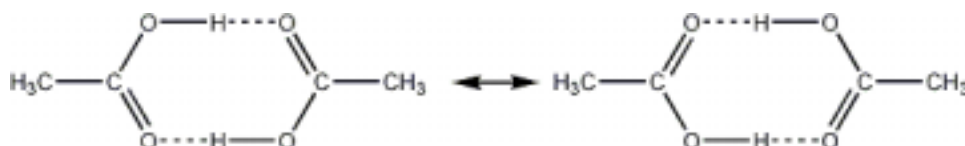


図11-1 2分子の酢酸を結ぶ水素結合

### 進化の情報の記憶媒体は芳香族化合物

化学反応で情報が記憶伝達されるためには、記憶媒体は化学物質でなければなりません。その上、記憶媒体が外界の刺激や変化に対して安定で、記憶情報が外界の影響を受け難く保存されるためには、媒体となる物質の分子構造が3次的に堅牢で変化し難くなければなりません。

ベンゼンは19世紀に石炭から取り出された物質で6個の炭素と水素から成る分子式を持っているため、その分子の中には少なくとも3本の多重結合を持っていることが考えられました。炭素6個からなる環状の化合物の燃焼熱を表11-1にまとめましたが、シクロヘキサンとシクロヘキセンを比較すると約45kcal/molほど発熱量の減少がシクロヘキセンに見られます。これは炭素炭素間が単結合から2重結合に変わり、炭素水素結合が2本減ったことによるものと思われる。同じようにシクロヘキセンとシクロヘキサジエンを比較してもシクロヘキサジエンに約

表 11 - 1 6員環炭化水素化合物の燃焼熱(kcal/mol)

物質名	シクロヘキサン	シクロヘキセン	シクロヘキサジエン	ベンゼン
構造式				
分子式	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
2重結合数	0	1	2	3
炭素-水素結合数	12	10	8	6
燃焼熱	937.8	891.9	847.8	782.3
燃焼熱の差		45.9	44.1	65.5

45kcal/mol の発熱量の減少が見られます。これに対し、シクロヘキサジエンとベンゼンではその発熱量の減少は 65kcal/mol となり、20kcal/mol ほどの違いが見られます。このことはベンゼンが特異的に安定化していることを意味しています。一般に、多重結合を持つ物質は水やアンモニアや臭素などの反応資材と容易に付加反応することが知られていますが、ベンゼンはこの非常に大きな安定化により反応資材とほとんど付加反応しません。その後、ベンゼンの分子構造は炭素と炭素の間の結合距離が多重結合の結合距離より長い平面正六角形をしていることが明らかになってきました。このような極めて安定で堅牢な構造を持つベンゼンの特異的な性質を芳香族性といい、ナフタレン、アントラセンなどの同じ仲間の物質も堅牢な平面構造を持つ安定な芳香族の物質です。これらの芳香族化合物に共通の構造的特徴は元素が同じ平面の上に位置し、隣り合った $(2n+1)$ 本の2重結合で結ばれた環の構造を持っていることです。元素が鎖のように長く繋がった分子はグニャグニャとしなやかで、構造が変化し易いのに対して、芳香族の化合物は自由度の少ない堅牢な平面構造を維持します。

宇宙生物が増殖・成長・物質代謝・刺激反応性・調節性などの生活現象のために、安定で堅牢な平面構造を持つ芳香族の化学物質は過去の経歴や性格の情報を記憶し伝達する記憶素子として最も適当であろうと思われます。

#### 記憶媒体は芳香族複素環化合物

記憶素子として、安定で堅牢な平面構造を持つ芳香族の化学物質が最も適当であろうと思われましたが、代表的な芳香族化合物のベンゼンやナフタレンには酸性の部分も塩基性の部分も無く、水素結合をすることが出来ません。複数の水素結合を同時にすることの出来る記憶素子は堅牢な骨格の上に水素結合に適した複数の酸あるいは塩基の部分を持つ構造でなければならないと思われまます。ベンゼン環に水酸基の付いたフェノールは pKa が約 10 を示す弱い酸性の物質で、水素結合のための酸の部分として適当と思われまます。また、ベンゼン環にアミノ基の付いたアニリンは弱い塩基性の物質で、水素結合のための塩基の部分として適当と思われまます。

ベンゼンの正六角形の環を構成している1つの炭素が1つの窒素で置き換えられたピリジンという化合物は図 11 - 2 に示すように環の中に 3 本の多重結合が隣り合った構造を持っています。そのため、ベンゼンと同じように安定で堅牢な平面構造を持ち芳香族性を示します。しかも、窒素原子の非結合性の電子対は環平面上で外側を向いて出ていますから、水素結合に適した塩基の部分となることが出来ます。このように炭素が窒素で置き換わった化合物は芳香族複素環化合物



図11-2 ピリジンの構造

と呼ばれています。ベンゼンの2つの炭素が2つの窒素で置き換わった芳香族複素環化合物は図11-3に示すように3種類存在しますが、2つの窒素の間に1つの炭素が挟まった構造のピリミジンは比較的安定で水素結合に適した塩基の部分を持つ2つを持っています。

ベンゼンの隣り合った2つの炭素が1つの窒素で置き換わった5角形の構造を持つピロールは図11-4に示すように窒素の非結合性の電子対と2本の多重結合が環の中で相互作用をして、ベンゼンやピリジンと同じように安定で堅牢な平面構造を持つ芳香族の性質を示します。このピロールの窒素の電子対は芳香族の安定化に寄与しているためほとんど塩基性を示しませんが、炭素などと結合出来る1本の結合を環の外に持っています。同様に、ベンゼンの隣り合った2つの炭素が1つの酸素および硫黄で置き換わった5角形の構造を持つフランおよびチオフェンも芳香族の性質を示します。さらに、ピロールの炭素がピリジンのように窒素で置き換わったピラゾールおよびイミダゾールも図11-5に示すように安定で堅牢な平面構造を持つ芳香族の性質を示

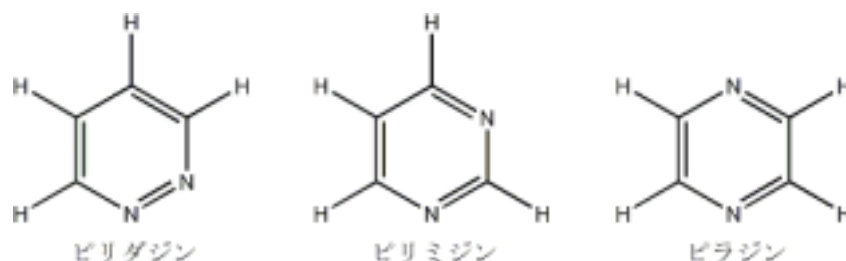


図11-3 3種のジアジン類の構造

します。これらの2つの窒素を含む化合物は水素結合に適した塩基の部分を持っています。これらの5角形の構造を持つ一連の化合物も芳香族複素環化合物と呼ばれています。

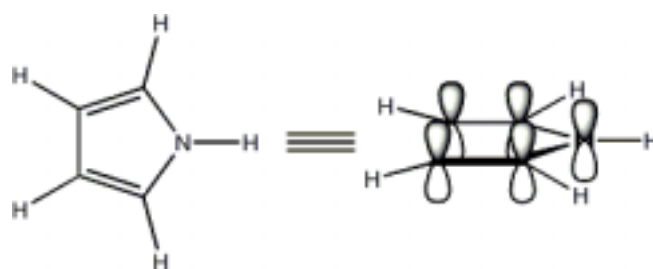


図11-4 ピロールの構造

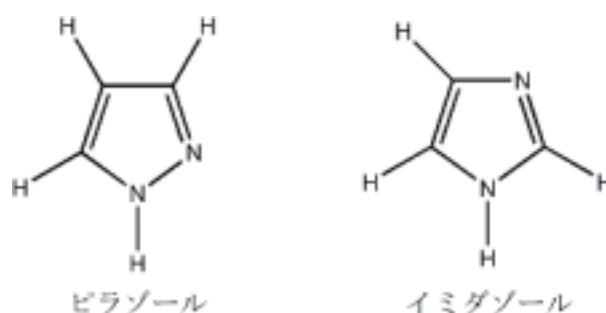


図11-5 2種のジアゾール類の構造

このような芳香族複素環化合物にフェノール性の水酸基あるいはアニリン性のアミノ基が付いた物質は堅牢な骨格の上に水素結合に適した複数の酸あるいは塩基の部分を持つ構造で、複数の水素結合を同時にすることの出来る記憶素子として適していると思われます。

### 主な記憶素子はアデニン

宇宙において種々の分子量の小さな化学物質の存在が確認されていますが、中でも炭素と窒素と水素から成るシアン化水素が高い存在比を示すことが確認されています。このシアン化水素 5 分子はある種の触媒で容易に縮合してアデニンに変化します。図 11 - 6 に示すようにアデニンはピリミジン環とイミダゾール環が繋がった芳香族複素環にアニリン性のアミノ基が付いた構造をしており、水素結合に適した 2 つないし 3 つの塩基部分を持っています。このように宇宙において非常に生成し易く、如何なる天体においてもその存在が期待できるアデニンが記憶素子として極めて優れた物質であり、宇宙生物も過去の経歴や性格の情報を記憶し伝達する記憶素子として採用するに違いありません。

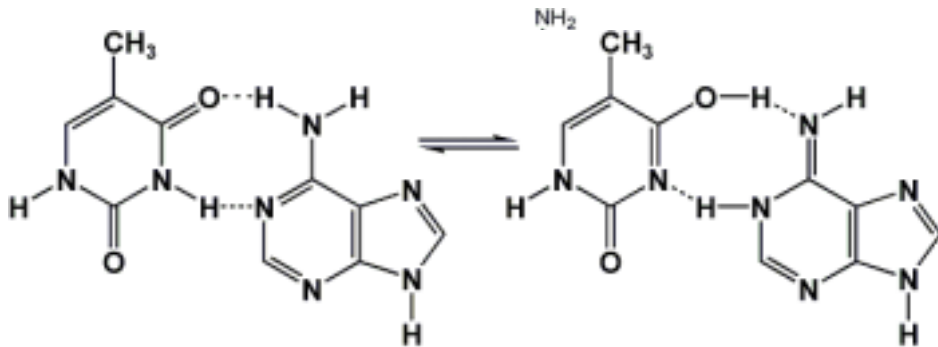


図11-8 チミン-アデニン間の水素結合

近年飛躍的に進歩してきたPCやコンピューターは記憶素子上の+と-の2種類の組み合わせで情報の記憶を行っています。記憶素子がアデニンだけでは記憶素子になり得ませんから、アデニンと最も相性のよいチミンあるいはウラシルを記憶素子として宇宙生物も利用するに違いありません。図 11 - 7 に示すようにチミンおよびウラシルはいずれもピリミジン環に 2 つのフェノール性水酸基が付いた構造の芳香族複素環化合物ですから、図 11 - 8 のようにアデニンと一義的に 2 本の水素結合で容易に結ばれ情報伝達をすることが出来ます。さらにアデニンとチミンのほかに、記憶素子となりうる物質の種類が多くなれば、記憶容量は飛躍的に増大します。

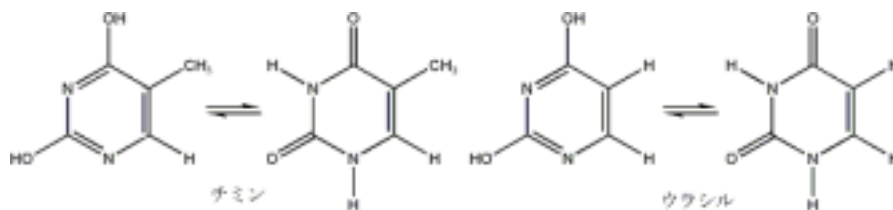


図11-7 チミンとウラシルの平衡

記憶媒体の基盤となる高分子物質の鎖に、これらの記憶素子が数多く結びついた物質が宇宙生物の記憶媒体として宇宙生物も過去の経歴や性格の情報を記憶し伝達してゆくものと思われます。

この記憶素子を入れ替えることにより記憶情報の書き換えや更新も可能と思われます。

ちなみに地球上の生物が持つ遺伝子などの記憶媒体の主要構成物質はアデニンとチミンです。他にグアニンとシトシンを加えて4種の記憶素子をりん酸のデオキシリボースエステルの長い鎖の基盤に結合した記憶媒体により、地球上の生物は過去の経歴や性格の情報を記憶し伝達しています。