

8. 宇宙生物はフラスコの中で形作られる

宇宙生物を形作る反応は可逆平衡反応

宇宙生物を育む海は地球上と同じように水の海が最も適していると思われました。化学反応には、反応の前後の自由エネルギーの大小が反応の成り行きを決めている可逆平衡反応と、反応の途中の活性化エネルギーの大小が反応の成り行きを決めている非可逆反応があります。化学的に安定な物質の非可逆反応では、一般にかなり高い活性化エネルギーを乗り越えるため、反応条件が過激になります。その上、溶媒となる水がかなり反応性をもっているため、望ましい反応のみが進行するように制御することが難しく思われます。これに対して、可逆平衡反応では、反応の前後で自由エネルギーの差が 1kcal/mol のときは反応が 75%で止まりますが、2kcal/mol のときは反応が 95%まで進行します。さらに 3kcal/mol 以上では反応はほとんど完結してしまいます。通常の化学反応では、この数 kcal/mol の差は全体の自由エネルギーの 1%にも満たないほんの僅かの値に相当するものです。可逆平衡反応は平衡に達するまで長い反応時間を要することもあります。反応条件にかかわらず生成物にはあまり影響を与えません。平衡に達するまでの反応時間の短縮には酸や塩基の触媒による反応の加速や、反応する素材の濃度の高くなるのが効果的です。総合的に考えてみると、宇宙生物を形作る反応は水の中で非常に温和な条件で進行する可逆平衡反応であろうと思われます。

宇宙生物を形作る反応は水の中のフラスコで

宇宙生物が増殖・成長のために高い再現性と発展性を持ち、高い機能と高い効率を示すためには微妙な条件の違いで反応の成り行きが変化したり、反応が繰り返し起こる必要があるでしょう。さらに、効率よく反応が起こるためには多種多様な物質を再生利用することも必要と思われます。多種多様であり容易に可逆的に進行する化学反応が生命活動を維持するものと考えてよいでしょう。その反応の場が一樣で温度や素材の濃度が一定でなければ、このように緻密で繊細な反応が再現性よく進行しないと思われます。海のように大きな水の世界では深度の違いからでも大きな温度や濃度の差が生じてしまいます。その上、攪拌も容易では無くなり濃度が一定しなくなってしまう。

反応の種類や素材により反応の速さにはかなり違いがあります。表 8 - 1 にかなり濃い濃度の条件での代表的な反応の速さを半減期の形で纏めたデータを挙げておきます。一般にコレステロールはブドウ糖と結合していますが、その結合の半分が分解するのに約 1 千万年掛かります。これに対して、蛋白質は 3 分ほどで完全に変性してしまいます。近年 NASA (アメリカ航空宇宙局) が中心となって進めている WMAP 衛星プロジェクトチームは、宇宙年齢が 137 億歳と非常に精度よく決めることができたと発表しました。宇宙の誕生が 137 億年前であり、反応の速さが素材の濃度に比例することを考えるときに、宇宙生物を形作る素材の濃度はかなり高く無ければなりません。素材が海に溶けてそのような高い濃度になるためには、海に溶ける素材の量は膨大な

ものになってしまいます。このように高い濃度で素材が溶けた溶液の元素組成と、太陽系あるいは地球の元素組成とを考え合わせると、このように海の中で一元的に反応が進行すると単純に考えることには矛盾があるように思われます。

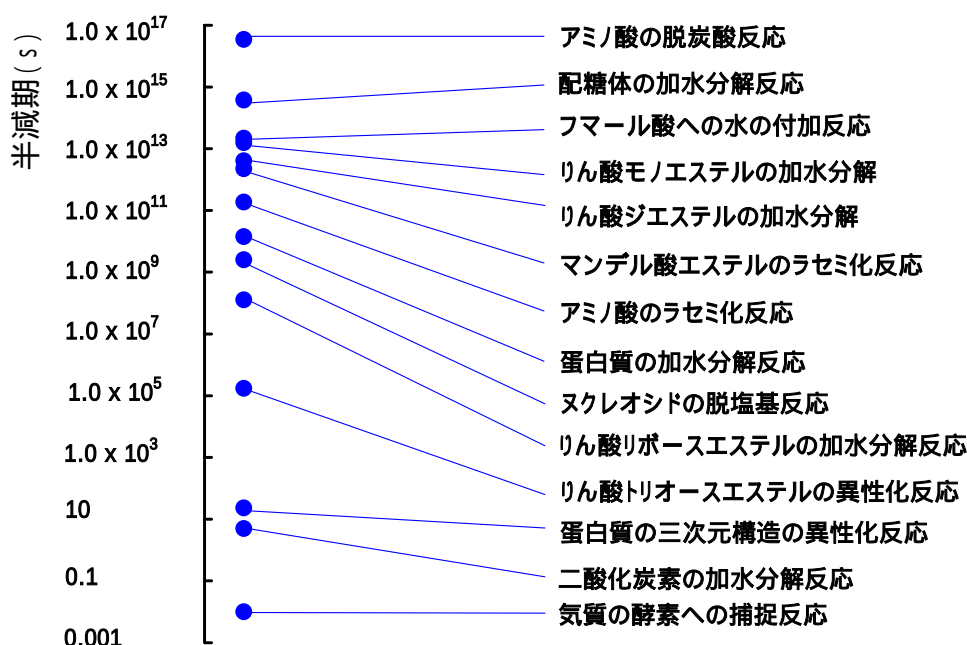


表 8 - 1 代表的な反応の速さ (半減期、s)

海の中に水の入った小さなフラスコを考え、そのフラスコの中で素材の濃度が高くなると考えればこの矛盾が解決できるものと思われる。しかし、化学の実験で使うようなガラスのフラスコが海の中に浮いていると考えることは出来ませんから、このフラスコの素材を考えなければこの仮説は成り立ちません。前章で、アルコールやカルボン酸のように水によく溶ける部分構造と炭化水素のような水に溶け難い部分構造を同一の分子の中に持つ界面活性剤の水に対する挙動を考えました。

水の中にこのような物質を混ぜ込むとき図 8 - 1 に示すように、一重の膜の別世界(II)を作るか背中合わせの 2 重膜(I)を作るかはこのような物質の水の中の濃度とそのときの温度によります。多量の水の中にこのような物質を混ぜ込むと、水に溶け易い部分が外側に並んで膜が作られ、内側が油と馴染み深く、外側が水と馴染み深い膜となります。このような 1 重膜の風船が大きな水の塊の中に出来ると、あたかもフラスコのような小さな油の別世界が生まれることになります。水に溶け難い物質は水の中では居心地が悪くこのような油の世界に逃げ込む性質がありますから、この油のフラスコは水に溶け難い物質の格好の反応の場になると思われます。ちなみに地球上の生物は酵素の一部に油のフラスコを造りフラスコの口を水の世界に開けていますから、物質が酵素に容易に取り込まれます。その取り込まれる反応は 100 分の 1 秒程しか掛かりません。

また、多量の水の中に界面活性の性質を持つ物質を混ぜ込むと、水に溶け難い部分が背中合わせに並んで2重膜が作られ、両面とも水と馴染み深い膜になります。このような背中合わせの膜の風船が大きな水の塊の中に出来ると、あたかもフラスコのような小さな水の別世界が生まれることになります。水はこの2重膜をゆっくりと通過しますが、分子の大きさがある程度大きな物質は通過することが出来ません。この2重膜の内側と外側の水に溶けた溶質の濃度が違う場合には、2つの水溶液の濃

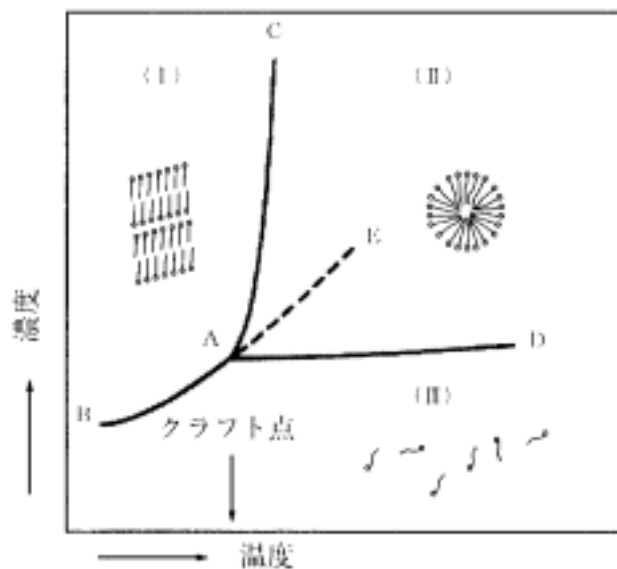


図8-1 界面活性剤の濃度と膜の性状

度が等しくなるように水が膜を通過して移動します。しかも水に溶けた溶質は1種類とは限らず、溶質の濃度の合計により、水の移動の方向は決まります。2重膜で出来たフラスコ内の溶質の濃度はフラスコの外側の海に溶けている溶質の濃度により調節されることになり、この現象を浸透圧と呼んでいます。この2重膜で出来た小さなフラスコの中では、素材の量がさほど大量でなくとも素材の濃度が高くなり、短時間で生物の誕生から進化まで生命活動を維持する化学反応が進行すると思われます。新鮮な梅の実を塩漬けにして梅の中の水を外部にしみ出させて、梅干しを作りますが、この操作はこの浸透圧の現象を利用したもので、結果として梅の実は皺だらけに萎んでしまいます。

地球の生物はりん酸エステルの2重膜で細胞と呼ばれるフラスコを作り生命の活動を行っています。宇宙生物はりん酸エステルのほかに、スルホン酸、アルコール、カルボン酸などを水によく溶ける部分として持つ物質の膜が生命活動を維持する化学反応のフラスコを作っているかもしれません。特に、長い炭化水素の鎖を持つアルコール類あるいはそのりん酸エステルは中性の水の中でこのような膜を作ることから宇宙生物の利用できるフラスコに適していると思われます。