

水中の膜近傍の分子間相互作用により合成される最初の表在性タンパク質

唐澤信司(宮城高専・名誉教授)

E-mail: shinji-karasawa@biglobe.jp

URL: <http://www7b.biglobe.ne.jp/~shinji-k/index.htm>

[初期の地球の海水の水素イオン濃度]

原始地球の海(H₂O)は海底に鉄分(Fe)があり、海面上には炭酸ガス(CO₂)や窒素ガス(N₂)がありました。

CO₂は水によく溶けますがその電離度は0.017であり、溶けたCO₂の98.3%は分子です。図1.にCO₂が水に吸収される様子を推測するために水の酸性度の変化を測定した結果を示します。

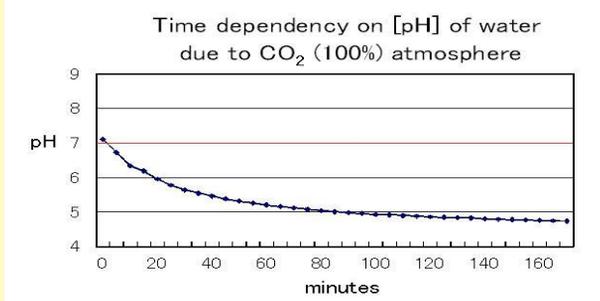


図1.大気圧のCO₂の環境に置いた100ccの水の酸性度の変化

図2.に、鉄粉が炭酸水と反応する様子を示しますが、その速度は非常に遅いです。

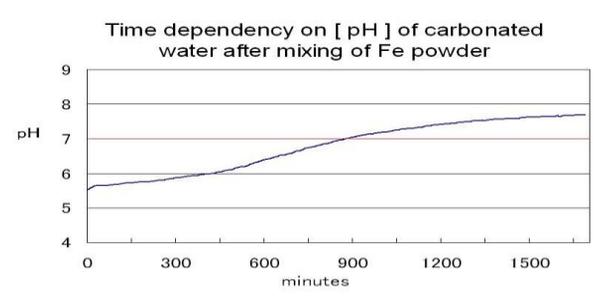


図2. 鉄粉5gを100ccの炭酸水に混ぜて放置した場合の酸性度の変化

[水中の分子の熱運動が有機分子の結合に及ぼす作用]

水中では熱運動により隣接原子が入り換えられます。その隣接原子により原子の電子軌道が変化します。反応は条件を満たした場合のみ選択的に起こり、合成された分子は分解するまでの期間だけ存在します。結合すれば熱運動が小さくなり結合が促進されて、分解すれば熱運動が大きくなり分解が促進されます。分子の結合に正帰還増幅作用があります。

[アミノ酸分子のペプチド結合を促進する膜の存在]

アミノ酸は水に溶けますが油には不溶です。アミノ酸の塩基性のアミノ基(-NH₂)と隣接するアミノ酸の酸性のカルボキシル基(-COOH)が、ほぼ中性(pH=7)の水中で鎖状に結合します。この結合はアミノ酸の側鎖であるR基(アルキル基等)が有機分子の膜に吸着されることにより、熱運動が抑えられるので、分解が抑制されて、合成が進行します。

[タンパク質が膜と結合して共進化するしくみ]

膜に付着したアミノ酸がペプチド結合すると、膜の強度が増して、その寿命が長くなります。膜は非常に多くの分子を揃えた構造をしており、その膜に付着して合成される表在性タンパク質は膜の構造に合わせて巨大な分子となることができます。こうして、膜と表在性タンパク質は寿命を長くすることで共に進化しました。

[アミノ酸が結合する条件を探索した実験]

CO₂とFeを含む水にアミノ酸を添加すると、図3.に示すように、ほぼ中性の時にだけ、中間層に固形物質が生成されます。なお、アミノ酸物質の成分はグルタミン143mg,バリン36mg,ロイシン71mg,イソロイシン36mg,オルニチン36mg,シトルリン36mg,グルコサミン14mg,クエン酸71mgです。



(a) アルカリ性の状態 [Fe⁺⁺が過剰]

(b) CO₂ガスによる中和



(c) 中性(pH=7)の状態

(d) 酸性の状態 [CO₂が過剰]

図3.アミノ酸を少し添加した膜を形成するCO₂とFeを含む水の状態変化

[リポソームが生成されるメカニズム]

ミセルは内部が気体であるので、水面の浮上します。水面の膜は外からストレスを受けるので壊れます。

気泡が水面で破裂する際に水面の膜と水とを吸い込む場合にリポソームが生成されます。リポソームの2層膜は膜の生成のメカニズムで気泡膜の破壊の直後に生成されます。大きなリポソームが小さなリポソームを含むことも起こります。

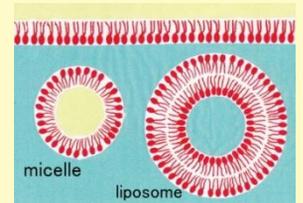


図4. 3種類の膜の組織

[タンパク質が合成された根拠]

- (1) Feを含む炭酸水にできる膜はアミノ酸を多く添加した水に溶けます。
- (2) アミノ酸を加えた時だけ中間層に停留する物質が生成されます。
- (3) 酸性からアルカリ性、およびアルカリ性から酸性に変化した時、ほぼ中性の状態でも中間層に停留する物質が生成されます。

[結論]

鉄(Fe)を含む炭酸水から膜が作られて[1]、その膜にアミノ酸が付着し、膜の表面にタンパク質が作られて、膜とタンパク質が共進化したとする生命誕生の初期のメカニズムに関する説を考え、実験で検証しました。

[参考文献]

- [1] S. Karasawa, "Inorganic production of membranes together with iron carbide via oxidation of iron in the water that includes carbon dioxide plentifully", AbSciCon2010, Pre-biotic Evolution: From Chemistry to Life II, League City, Texas, Apr.27, 2010.