

初期地球環境において原始的なリポソームを生成したメカニズム

唐澤信司(宮城高専・名誉教授)

E-mail: shinji-karasawa@biglobe.jp

URL: <http://www.7b.biglobe.ne.jp/~shinji-k/index.htm>

鉄の微粉末を炭酸水に混ぜると水面で固形物や膜を生じます。水が介在して水面に浮遊する分子組織が生成される際の分子間の結合には遊離水素および遊離炭素が関与していると推測される実験を報告します。水底に沈んだドライアイス(CO₂)に鉄(Fe)の微粒子が付き集められるように付着し、FeがCO₂及びH₂Oと時間をかけて気泡の膜を頑強にする反応を起し、水中に小胞が生成されました。

【分子を組織する環境としての水素イオン濃度】

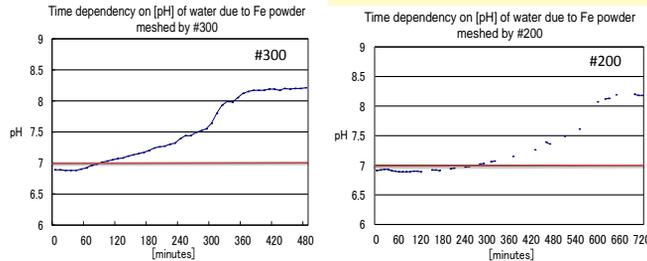


図1. 鉄粉が水に溶けることによる水の酸性度(pH)の変化する様子

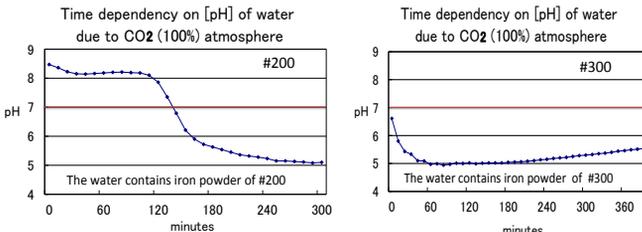
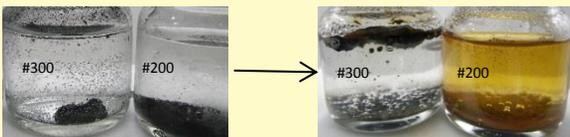


図2. 鉄が溶け込んだ水が気圧のCO₂の環境で水面からCO₂を吸収して酸性度が変化する場合の様子

溶けたCO₂によりpHの値は減少します。右の図ではCO₂の気泡がメッシュ#300の微細の鉄粉を吊り下げて浮上し、それらの浮遊物が水面を覆うために水溶液が徐々にアルカリ性に変化します。

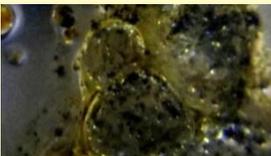
【炭酸水に鉄の極微粉末を加えて生成される気泡の分子組織】

炭酸ガスの溶解度の活性化エネルギーは水の粘性の活性化エネルギーと同じでほぼ水素結合のエネルギー(5Kcal/mol)に等しいです。また、炭酸の電離度は0.017です。そこで水中の大部分の炭酸ガスは分子で水の分子に囲まれます。炭素原子は水素原子より電気陰性度が大きいので、鉄があるとその表面に炭酸ガスが付着して気泡が大きくなります。



(a) 水にドライアイスを入れ鉄粉を投入した直後 (b) 密封して45時間経過した状態
メッシュ#300の鉄粉を投入すると水底に沈むゼリー状の表面を持つドライアイスに鉄粉が吸着されます。炭酸水にメッシュ#300の鉄の微粉末を加えると発生する気泡によって水面に浮上し、水面には固形物や半透明の膜が生成されます。他方、メッシュ#200の鉄粉では水底で気泡が大きくなり、気泡だけが浮上し、ガラス壁に干渉色が見えます。

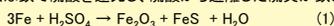
図3. 炭酸水に鉄の微粉末を加えて引き起こる現象における鉄の微粉末のサイズ効果



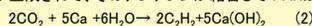
時間が経過すると水面に固形物および半透明の膜が生成されます。それらはFeの原子が酸化して生成される遊離炭素や遊離炭素が結合に寄与している分子間結合による物質ですと推測されます。分子間結合には遊離した水素原子や遊離した炭素原子が関係します。鉄粉が炭酸水中で酸化するときCO₂から遊離炭素が発生する可能性があります。

図4. 鉄粉(#300)を炭酸水に加えて水面に生成される固形物

炭酸ガスの気泡の周囲に鉄分を含んでいる図3、図4に示す構造と、火星から飛来した隕石ALH84001のオレンジ色の炭酸塩の粒(図9)との類似性から、次のような反応が考えられます。硫黄(S)は電気陰性度が同じで炭素と同様な反応をします。隕石の炭酸塩の縁部に含まれている遊離鉄と磁鉄鉱は鉄で硫酸を還元し、硫酸から遊離した硫黄が鉄と結合することが考えられます。



隕石の炭酸塩の粒に含まれているPAH(多環式芳香族炭化水素)はカルシウム(Ca)の酸化によって、炭酸ガスが遊離炭素を生みそれがカルシウムカーバイド(CaC₂)になり、CaC₂が水と反応してアセチレン(C₂H₂)が生成されて、そのアセチレンが結合してPAHが合成[nC₂H₂-PAH]されます。



【水面の浮遊物の分析】

フーリエ変換赤外分析(FT-IR)を行いました。この分析は赤外光により分子に振動や回転を起し、分子固有の結合状態を分析するものです。

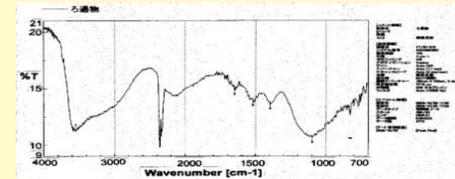


図5に示す分析結果からは(C-H)結合の存在が確認できません。

図5. 鉄粉を含む炭酸水の水面に浮かぶ固形物質のフーリエ変換赤外分析(FT-IR)のデータ

他方、鉄粉を含む炭酸水の水面の浮遊物質を乾燥させて、走査電子顕微鏡(SEM)のエネルギー分散型X線分析(EDS)によって浮遊物質の元素分析を行いました。

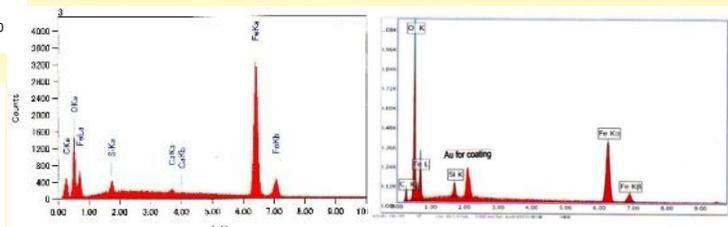


図6. EDS分析による浮遊物の成分

図7. EDS分析による浮遊物の成分(Auのコーティング)

図6. に含まれるCaとSiは加工の際に付着した元素です。図7のAuは測定の為のコーティングで、コーティングにより多くの酸素が検出されます。水素イオンは検出することは困難です。これらの浮遊物の分析により、気泡の気体成分は炭酸ガスであり、浮遊物には水が含まれていると推測されます。

【水面で破裂する気泡からリポソームが生成されるメカニズム】

気泡は内部が気体であるので、水面に浮上します。水面の膜は外からストレスを受けて壊れます。気泡が水面で破裂する際に水面の膜と水を吸い込むことでリポソームの構造が生成されます。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。リポソームの2層膜は気泡の膜を生成するメカニズムで生成されます。鉄を含む膜で水と炭酸ガスを内部に閉じ込めリポソームなどが破壊されずに水面と水底の間をゆっくり往復して水中に長時間にわたり停留します。

【水面に浮かぶ界面状態にある膜に気体分子が衝突して起こる化学反応】

水面に浮かぶ膜などはストレスを受けている状態にあり、高いエネルギーを持った気体分子が衝突します。地球の大気に含まれている高い運動エネルギーを持つ窒素原子が水素イオンを含む水面の膜に衝突してアンモニアができる可能性があります。他方、アミノ酸分子のカルボキシル基の材料は炭酸ガスから供給できます。こうしてアミノ酸が水面で生成するというプロセスが考えられます。

【膜に吸着して連結したアミノ酸分子がタンパク質になるしくみ】

アミノ酸のアミノ基(-NH₂)と隣接するアミノ酸のカルボキシル基(-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)が膜や固形物に吸着すると熱運動が抑えられるので、分子間結合の分解が抑制されて、連結が進行します。膜に付着したアミノ酸が分子間結合すると、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捕えた構造をしており、その膜に付着して接続されるアミノ酸の連結した分子は膜の構造に合わせて繋がりが、それが気体分子の衝突などでエネルギーを得てペプチド結合となったと考えられます。

【結論】

界面の膜を分子間力で組織する現象が水中にあります。実験では水に含まれたCO₂が鉄の微粉末に付着するとCO₂の気泡が大きくなりその鉄粉を吊り上げて浮上します。気泡が水面で破裂する際に水面の膜と水を吸い込みリポソームの構造ができることがあります。水面の膜やリポソームの膜にアミノ酸が付着してアミノ酸が界面の化学反応により初期のタンパク質が生成されたと考えられます。

【参考文献および参考図面】

[1] S. Karasawa, "Inorganic production of membranes together with iron carbide by 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.



淀みで発生した膜



Fe₂O₃, FeS
炭酸塩, PAH

図8. 淀みなどで見受けられる水面の薄い膜 図9. NASAの発表した火星飛来隕石ALH84001