

生物多様性学II ～生命・地球環境進化～ (第三回目)

-生命組成と生命の誕生-

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

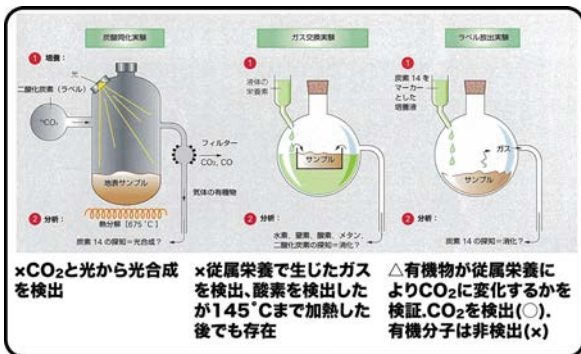
2016/10/19

生命とは

- (1) 細胞膜の存在
→半開放的な境界膜に包まれている
- (2) 自己複製/自己増殖
- (3) 自己維持機能をもつ(代謝をする)
- (4) 進化をする

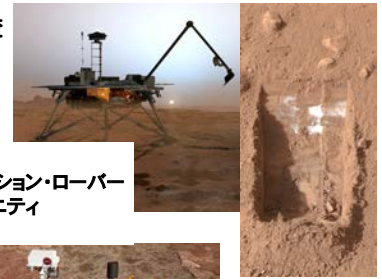
NASA「ダーウィン進化を受けることが可能な自律自己保存的な化学システム」

火星の生命

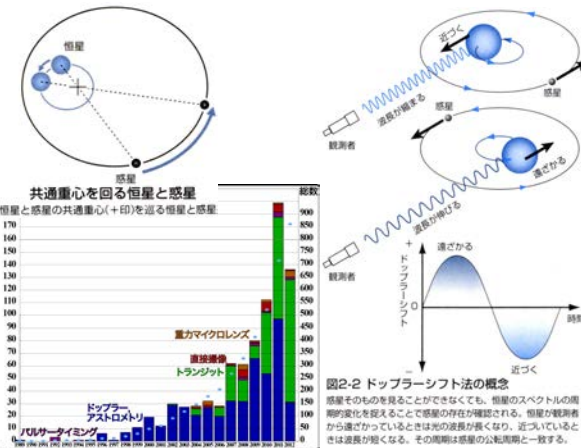


バイキングの実験

(1) 火星の生命探査



- ① ソジャーナ
- ② マーズ・エクスプロレーション・ローバー
A:スピリット B:オポチュニティ
- ③ キュリオシティ



系外惑星探査手法2

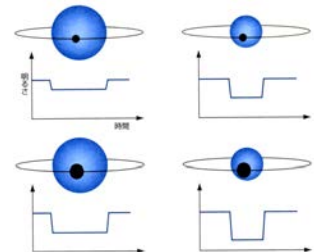
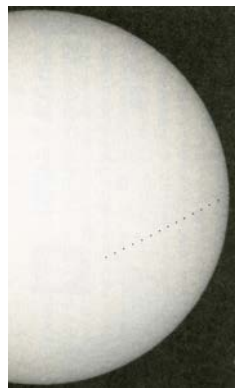
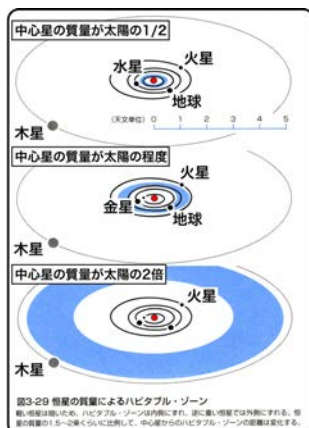


図2-3 トランジット法の概念

トランジット(恒星食)による恒星の一時的な減光を検出するのがトランジット法。惑星の軌道が恒星表面の視線方向と一致していることが条件。トランジット法は恒星の光度変化を捉えればよく、比較的小きな惑星でも観測できる。トランジット法で得られる光強度曲線からは、惑星と惑星のサイズに関する情報も得られる。

系外惑星と生命探査

ハビタブルゾーン
～液体の水が存在する領域～



系外惑星、ハビタブルプラネットとスーパー・アース



②タンパク質アミノ酸(20種しかない)

側鎖の炭素数	脂肪酸族炭化水素を側鎖とするアミノ酸	アミノ酸の種類	タンパク質アミノ酸の種類
0	$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ グリシン	全1種類	1種類
1	CH_3 $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$ アラニン	全2種類	1種類
2	$\text{CH}_2\text{-CH}_2$ $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_2\text{COOH})\text{-COOH}$ α -アミノ酪氨酸	全5種類	0種類
3	$\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2$ $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})\text{-COOH}$ β-アラニン	他9種類 全12種類	1種類
4	$\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2$ $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})\text{-COOH}$ γ-アミノ酪氨酸	他29種類 全31種類	2種類

■ タンパク質アミノ酸

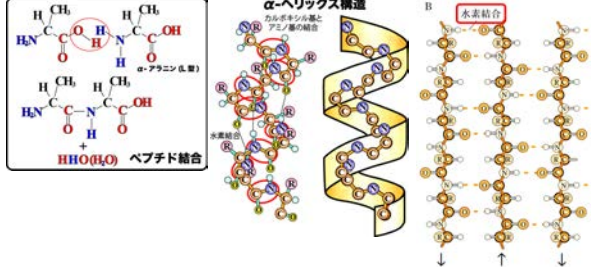
②タンパク質の構造(アミノ酸の結合)

ペプチド結合による

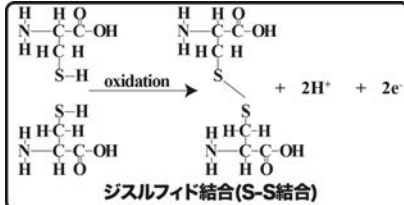
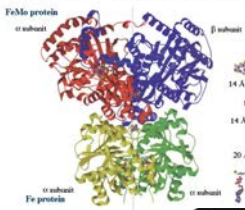
- ①一次構造：直鎖状のアミノ酸残基
- ②二次構造： α -ヘリックス構造、 β -シート
- ③三次構造：ジスルフィド結合(S-S結合)、疎水性相互作用

イオン結合

- ④四次構造：複数のタンパク質サブユニットの集合



A Half Unit of N_2 Nitrogenase Complex



②糖質

<糖質とは>

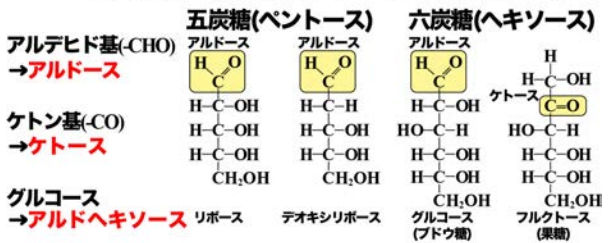
- ① $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ であらわされる構造を持つ化合物

- ②単糖：五炭糖(ペントース)

→リボース, デオキシリボース

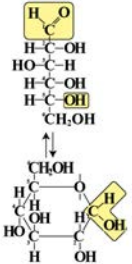
六炭糖(ヘキソース)

→グルコース, フルクトース, ガラクトース



②糖質

直鎖状のグルコース

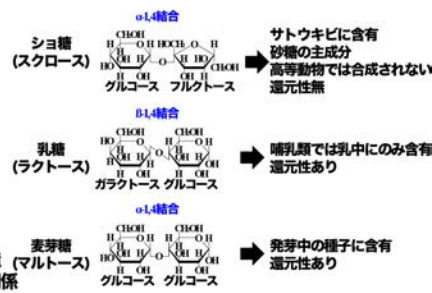


環状のグルコース

直鎖状構造と環状構造は水溶液中では平衡関係

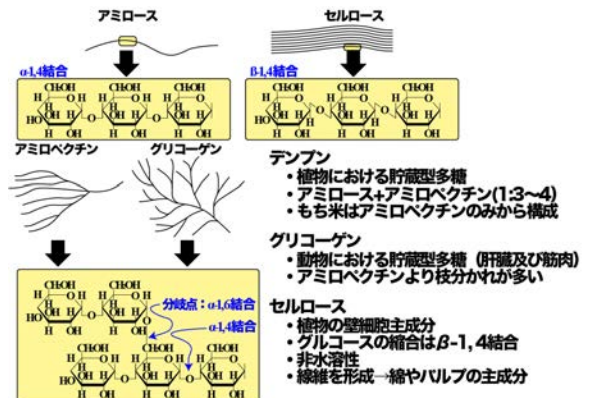
二糖糖

グリコシド結合：単糖が脱水縮合反応により2つ結合

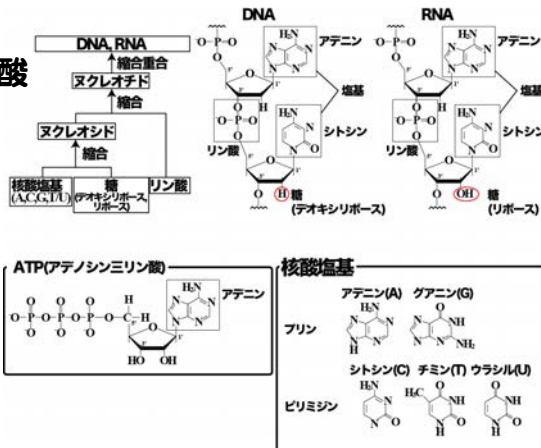


オリゴ糖・多糖類

単糖が10個以上結合した物(デンプン, グリコーゲン, セルロース)



③核酸

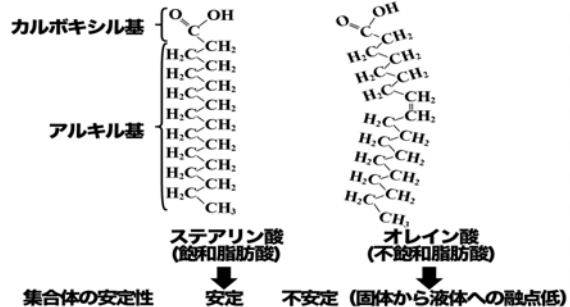


④脂質

脂質 <脂質と脂肪酸>

脂質：加水分解により脂肪酸を遊離する物質

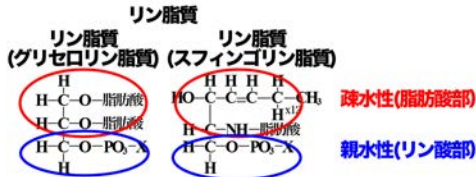
脂肪酸：アルキル基とカルボキシル基の両方をもつ化合物



④脂質

脂質の分類

中性脂肪(トリアシルグリセロール)→食餌として摂取される脂質
 リン脂質(グリセリン脂質, スフィンゴリン脂質)→脂質二重膜を構成
 糖脂質(グリセロ糖脂質, スフィンゴ糖脂質)
 コレステロール

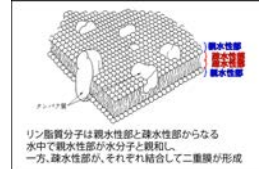


疎水性(疎水性)相互作用とは何か

- (1) 非極性分子は水に溶けない、その為非極性分子は水と分離し、凝集する性質がある。これを疎水効果と言う。
- (2) 疎水効果によって、非極性分子間に働く引力的な相互作用を疎水性相互作用と言う。
- (3) 疎水効果によって、タンパク質のフォールディング(タンパク質が立体構造に折り畳まれる現象, e.g.DNAのらせん構造), タンパク質間相互作用、脂質二重膜の形成などの駆動力となる。

脂質二重膜の形成と疎水性(疎水性)相互作用

リン脂質分子は親水性部と疎水性部からなる。水中で親水性部が水分子と親和し、一方、疎水性部がそれぞれ結合して二重膜が形成。そこに、種々のタンパク質が存在し、物質のやり取りを行なう。



細胞膜内外での電位差の生成とATP生成のエネルギー源や活動電位

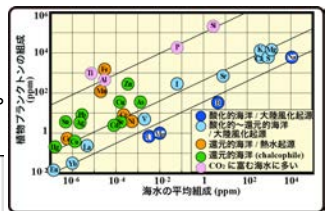
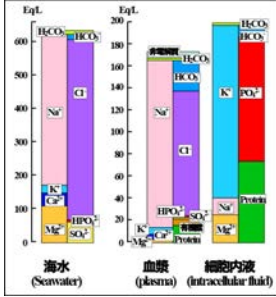
- (1) 細胞内では代謝によって、水素イオンが生じるため弱酸性になる。
- (2) リン脂質膜は水素イオンを通さないで、膜の内外で水素イオン濃度に差が生じる。
- (3) 電位(膜電位)が生じる。
- (4) その電位がATP生成のエネルギー源などになる。

生物と海:生物が海を必要とする理由

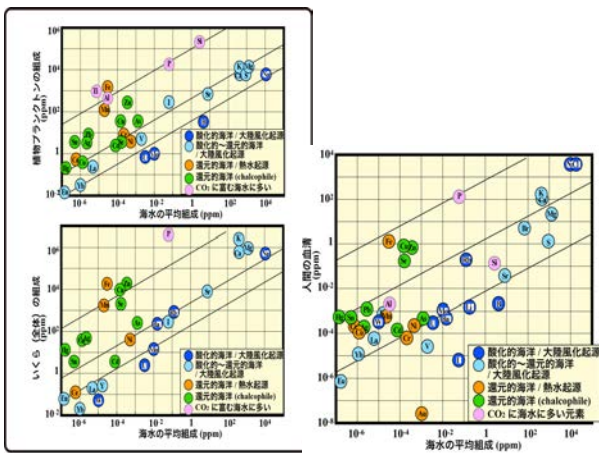
- (1) 水と二酸化炭素から有機物の合成。
- (2) 水中で脱水・加水反応
- (3) 栄養素や酸素は水に溶けた状態で取り入れ、代謝老廃物や二酸化炭素は水に溶けた状態で排出
- (4) 紫外線の影響
- (5) 植物が先行

生物と海水組成の比較

- ①生物組成と海水組成には関係が見られる。
 - ②P, Si, Fe, Mn, Znが多い。
 - ③KがNaに比べて多い。
- (Komiya et al., 2008)

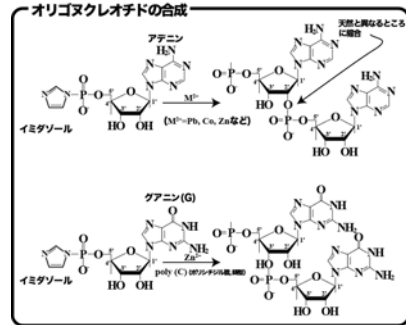


①植物プランクトンなど生物の組成は、還元的な海洋やCO₂に富む海水に多い元素に富む。
 →植物の組成は過去の海水の特徴を残す??
 +海水組成の変化には生物鉱物作用など元素を取り込むメカニズムの改良で対応?



脱水縮合反応を促進させる

- (1) 「活性化アミノ酸」や「活性化ヌクレオチド」にする。
- (2) 反応を触媒する金属元素(Mg, Zn, Pb, Co, B)を加える。
- (3) 粘土鉱物や有機物の鋳型を加える。
- (4) 高温にする。加熱乾燥する。



脱水縮合反応を促進させる

族	原子番号	微量元素	含有金属酵素	含有化合物
5	23	バナジウム(V)	ニトロゲナーゼ, プロモベルオキシダーゼ	ヘモフィタン
6	24	クロム(Cr)	ピルビン酸カルボキシラーゼ, アルギナーゼ グリコシルトランスフェラーゼ	鉄細菌子
7	25	マンガン(Mn)	スーパーオキシジスムターゼなど カタラーゼ, アルコールデヒドロゲナーゼ	ヘモグロビン・ミオグロビン シトクロムc
8	26	鉄(Fe)	スーパーオキシジスムターゼ ヒドロゲナーゼ	トランスフェリン シアノコバラミン(ビタミンB ₁₂)
9	27	コバルト(Co)	ウレアゼ・ヒドロゲナーゼ	
10	28	ニッケル(Ni)	セルロースアミン・モノアミノオキシダーゼ シトクロムオキシダーゼ	
11	29	銅(Cu)	アスコルビン酸オキシダーゼ 炭酸脱水酵素, ペプチダーゼ アルコールデヒドロゲナーゼ アルカリフォスファターゼ	ヘモシアニン
12	30	亜鉛(Zn)	DNAポリメラーゼ, RNAポリメラーゼ	
15	33	ヒ素(As)		アルセノペタイン メチルアルソニン
16	34	セレン(Se)	グルタチオンペルオキシダーゼ キニンオキシダーゼ アルデヒドオキシダーゼ キサンチンデヒドロゲナーゼ	セレンオステイン
6	42	モリブデン(Mo)	ニトロゲナーゼなど ホルメートデヒドロゲナーゼ(好熱性古菌)	
6	74	タングステン(W)	菌	

生命出現の場所

- ① 深海・熱水環境 脱水縮合反応
- ①' 海底の粘土層 紫外線
- ② 干潟→prebiotic moleculeの形成(粘土鉱物, 脱水縮合)
- ③ 陸上の熱水環境 (Yellowstone)
- ③' 陸上の熱水環境 + 気液分離 & 気相濃集泥湖沼
- ④ 初期大陸(斜長岩 + KREEP)

