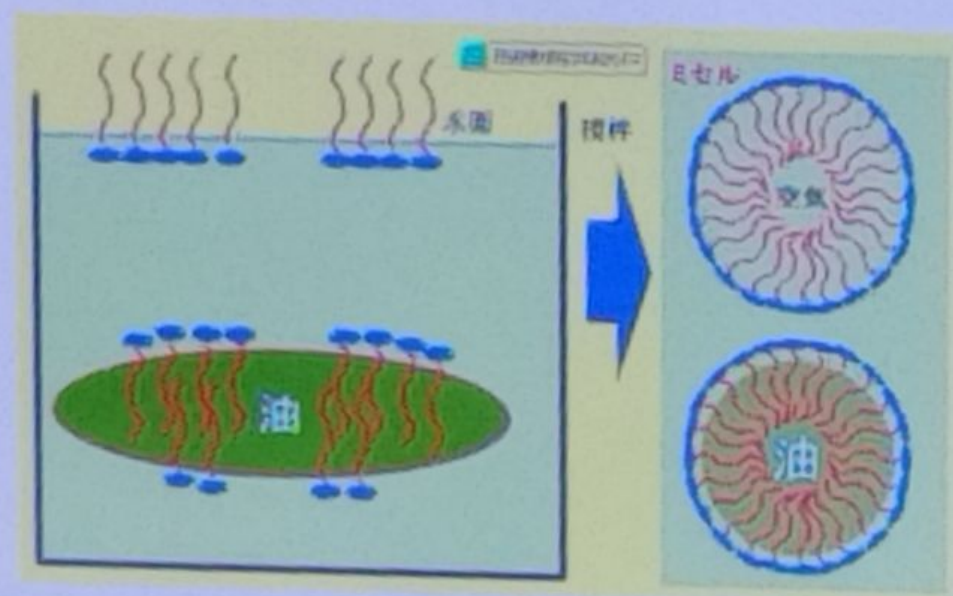


【問題4】以下の界面活性剤に関する設問に答えなさい。

- (i) 水と油を入れた容器に界面活性剤を入れたとする。どのような状態となるのかを説明しなさい。
- (ii) 界面活性剤が洗剤として利用できる温度の下限の温度を何というかを答えなさい。
- (iii) 界面活性剤は単独でミセルを形成することができる。ミセルを形成することができるようになる濃度のことを答えなさい。
- (iv) 界面活性剤が自己組織化する理由を簡潔に述べなさい。
- (v) 界面活性剤の自己組織化により形成した構造と濃度に関して説明しなさい。

油の密度が水よりも小さいときには水が下部、油が上部となり、分相する。  
界面活性剤を導入すると界面活性剤の疎水部が油を取り囲むように球状のミセルを形成し、水溶媒中に分散する。



- 【問題4】以下の界面活性剤に関する設問に答えなさい。
- (i) 水と油を入れた容器に界面活性剤を入れたとする。どのような状態となるのかを説明しなさい。
- (ii) 界面活性剤が洗剤として利用できる温度の下限の温度を何というかを答えなさい。
- (iii) 界面活性剤は単独でミセルを形成することができる。ミセルを形成することができるようになる濃度のことを答えなさい。
- (iv) 界面活性剤が自己組織化する理由を簡潔に述べなさい。
- (v) 界面活性剤の自己組織化により形成した構造と濃度に関して説明しなさい。

ミセルは臨界ミセル濃度 (Critical Micelle Concentration : CMC) 以上で、クラフト温度以上でしか生成しない

(クラフト温度：界面活性剤を含む水を冷却すると界面活性剤が析出する温度のこと。)



【問題4】以下の界面活性剤に関する設問に答えなさい。

- (i) 水と油を入れた容器に界面活性剤を入れたとする。どのような状態となるのかを説明しなさい。
- (ii) 界面活性剤が洗剤として利用できる温度の下限の温度を何というかを答えなさい。
- (iii) 界面活性剤は単独でミセルを形成することができる。ミセルを形成することができるようになる濃度のことを答えなさい。
- (iv) 界面活性剤が自己組織化する理由を簡潔に述べなさい。
- (v) 界面活性剤の自己組織化により形成した構造と濃度に関して説明しなさい。

疎水性の部分は水と反発 → 大気側へ向く  
このエネルギーは疎水性相互作用と呼ばれる

界面活性剤の親水部分は多くの場合、カルボン酸やスルホン酸の塩  
→ 電荷を持つ

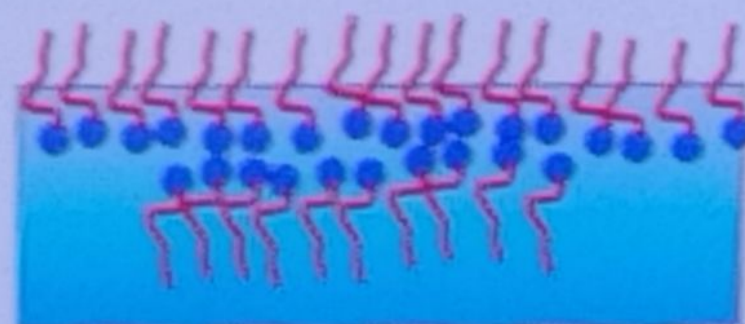
界面活性剤が集まってくると、親水部分の電荷によって静電反発を起こし広がろうとする





【問題4】以下の界面活性剤に関する設問に答えなさい。

- (i) 水と油を入れた容器に界面活性剤を入れたとする。どのような状態となるのかを説明しなさい。
- (ii) 界面活性剤が洗剤として利用できる温度の下限の温度を何というかを答えなさい。
- (iii) 界面活性剤は単独でミセルを形成することができる。ミセルを形成することができるようになる濃度のことを答えなさい。
- (iv) 界面活性剤が自己組織化する理由を簡潔に述べなさい。
- (v) 界面活性剤の自己組織化により形成した構造と濃度に関して説明しなさい。



双極子モーメント $\mu_1$ をもつ有極性分子は分極できる分子（この分子は有極でも無極でもかまわない）に双極子モーメントを誘起させることができる。

→ 有極性分子の中の部分電荷が第二分子を歪ませるような電場を発生するから

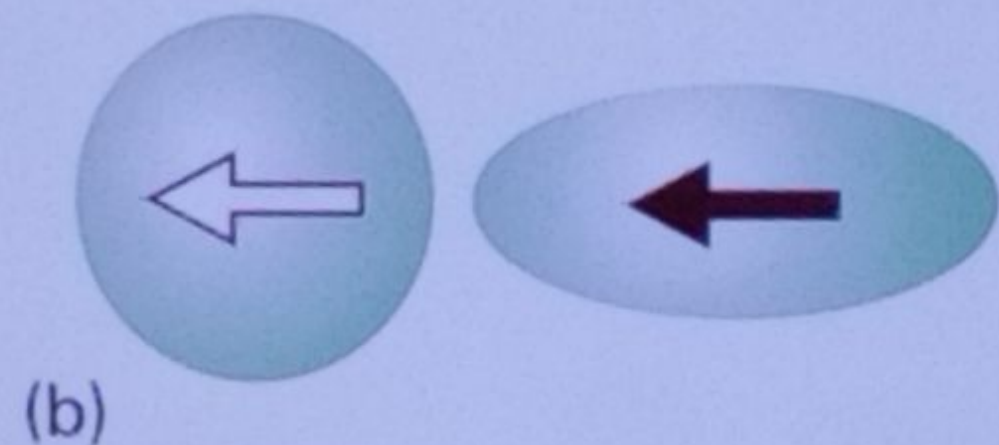
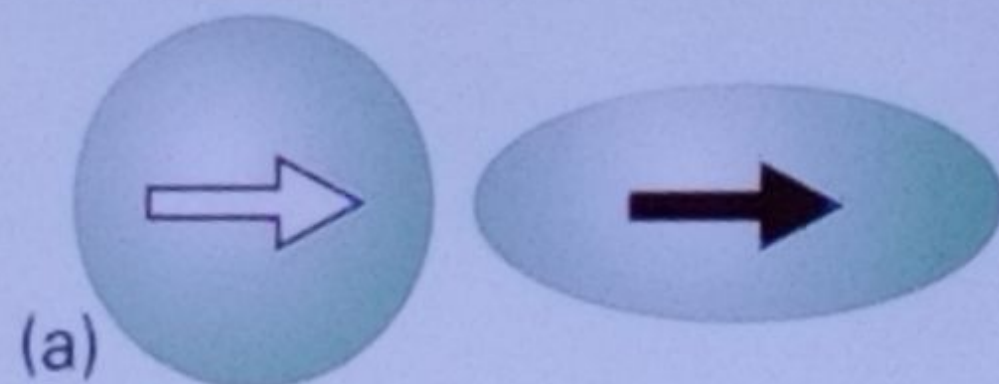


Figure 18-5  
Atkins Physical Chemistry, Eighth Edition  
© 2007 Pearson Education and John Wiley & Sons

誘起された双極子は元の分子の永久双極子と相互作用して互いに引き合う



## 分散相互作用

正味の電荷も永久双極子モーメントももたない化学種同士の間働く相互作用（例えば、気体状態のXe原子2個とか、タンパク質のペプチド残基上の2個の無極性基）



電荷が無くても相互作用は生じる

無極性分子間の分散相互作用（ロンドン力）は電子が瞬間ごとに位置を変える結果もつような瞬時的（一時的な）双極子から生じるものである。

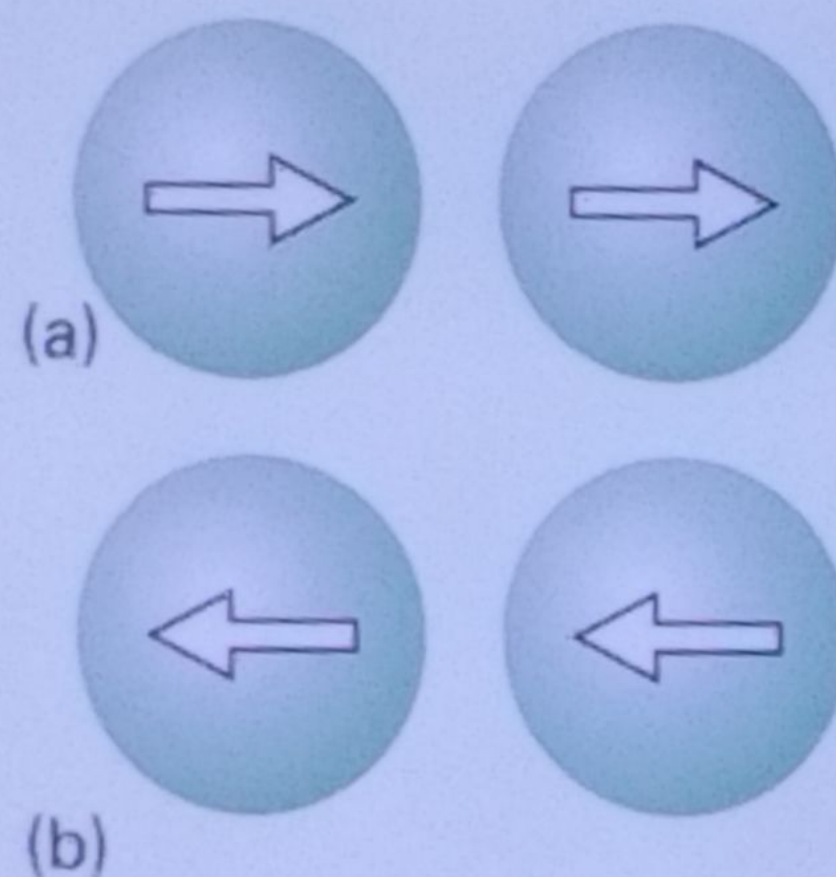


Figure 18.7  
General Physical Chemistry, 4th edition  
© 2008 Pearson Education, Inc. and John Wiley & Sons, Inc.

分子内の電子の位置が揺らぐ  
→ 分子中に部分電荷の偏り（正電荷と負電荷）が出来れば $\mu_1$ と言う瞬間双極子モーメントが生じる

生じた双極子モーメントが相手の分子を分極させる  $\mu_2$

この二つの双極子モーメント（ $\mu_1$ と $\mu_2$ ）は相互作用を持ち、2分子間のポテンシャルエネルギーを低くする。

第一の分子の双極子の大きさや向きが変わり続けても第二の分子はそれに追随する。（常に相互作用が生じ、一方に依存してもう一方が変化する）

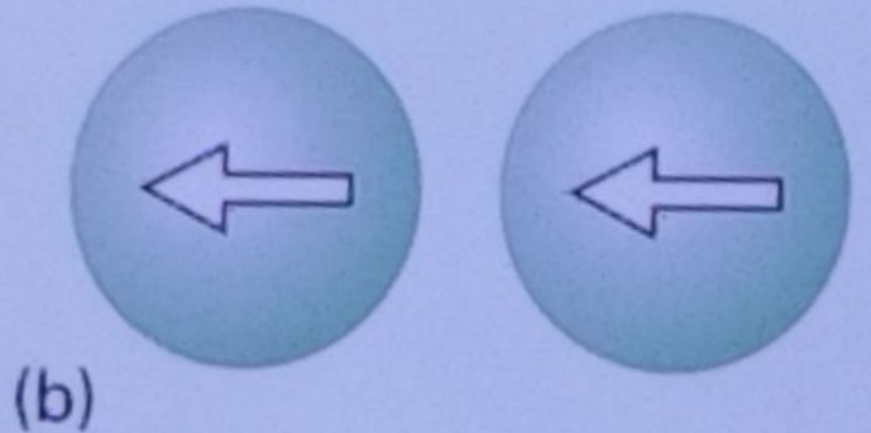
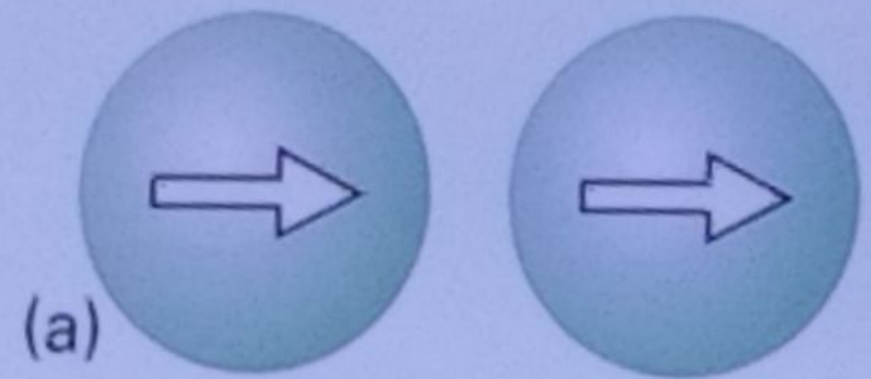


Figure 12-7  
Modern Physical Chemistry, English Edition  
© 2008 Elsevier B.V. All rights reserved.



有極分子の場合には「双極子-双極子相互作用」と「分散相互作用」によって相互作用している。

ロンドンの式

$$V = -\frac{2}{3} \times \frac{\alpha'_1 \alpha'_2}{r^6} \times \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2}$$

ここで $\alpha'$ は体積分極率、 $I_1$ と $I_2$ は二つの分子のイオン化エネルギーであり、相互作用は距離の6乗の逆数に比例。



【問題6】以下の文章内の(A)から(M)に当てはまる適切な語句、記号、数値を答えなさい。

自分自身の鏡像と重ね合わせができない分子を (A)キラルな 分子、(A)分子とその鏡像は (B)光学異性体 である。アミノ酸のアラニン  $\text{NH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$  は (A) 分子であり、グリシン  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  は (C)アキラルな 分子である。(A) 分子は平面偏光した光の分極面を回転させることができる。この様に光を回転させることから (A)分子は(D)光学活性を示す。

(A) 分子とその鏡像に相当する相手は、偏光面を同じ角度だけ、(E)反対(逆) 方向に回転させる。

分子間の相互作用の一つとして閉殻分子間の引力相互作用である (F)ファンデルワールス力 は分子間距離 $r$ に対して (G) $1/r^6$  に依存して変化する。反発相互作用である(H)クーロン反発は (I)パウリの排他 の原理に従い、隣り合う分子種のオービタルが重なり合う領域には電子が入れないことから生じる。

極性分子とは (J)永久双極子 を持つ分子であり、この (J) は分子内の原子にある部分電荷から生じる。無極性分子は (J) を持たない分子であるが、電場の中に置くと (K)誘起双極子モーメント を持つようになる。これは与えられた電場により分子の (L)電子密度 分布と (M)原子核 の位置にずれが生じた結果である。このため、電場が取り除かれれば(N)消滅する。



極性分子 → 永久双極子モーメントを持つ分子  
→ 分子内の原子にある部分電荷から生じる  
→ 電気陰性度の違いなどの結合の特性から生じる

無極性分子 → 電場の中に置くと誘起双極子モーメントを持つようになる。  
→ 電場により分子の電子分布と原子核の位置にずれが生じた結果

→ 誘起モーメントは、電場が取り除かれれば消滅する

無極性分子でも、近くにいるイオンや有極性分子のつくる電場の影響により一時的な誘起双極子モーメント $\mu^*$ を持つことがある。  
電場が分極可能な分子の電子分布を歪ませ、その中に電気双極子を生じさせる。  
この誘起双極子モーメントの大きさは外部電場の強さ $E$ に比例する

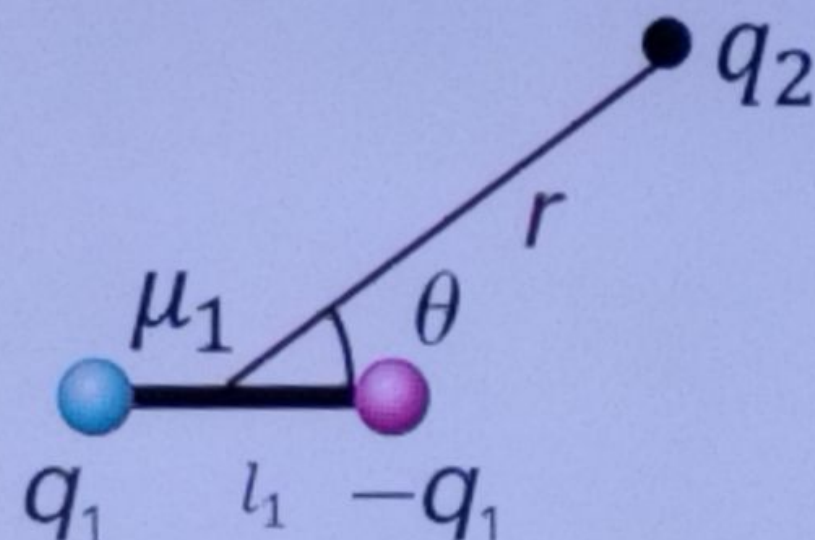
$$\mu^* = \alpha E$$



点電荷が双極子の軸から角 $\theta$ の方向にあるときにはこの式に $\cos \theta$ をかけなければならない。

$$V = -\frac{\mu_1 q_2 \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$q_2$ が正であれば $\theta = 180^\circ$  ( $\cos \theta = -1$ )  
のときにエネルギーは最低



このときは双極子の負の部分電荷の方が正の部分電荷よりも点電荷に近いために、引力が反発力を上回るからである  
相互作用エネルギーは距離が伸びると急速に減少し、双極子の中  
の間隔が延びたときよりも急である

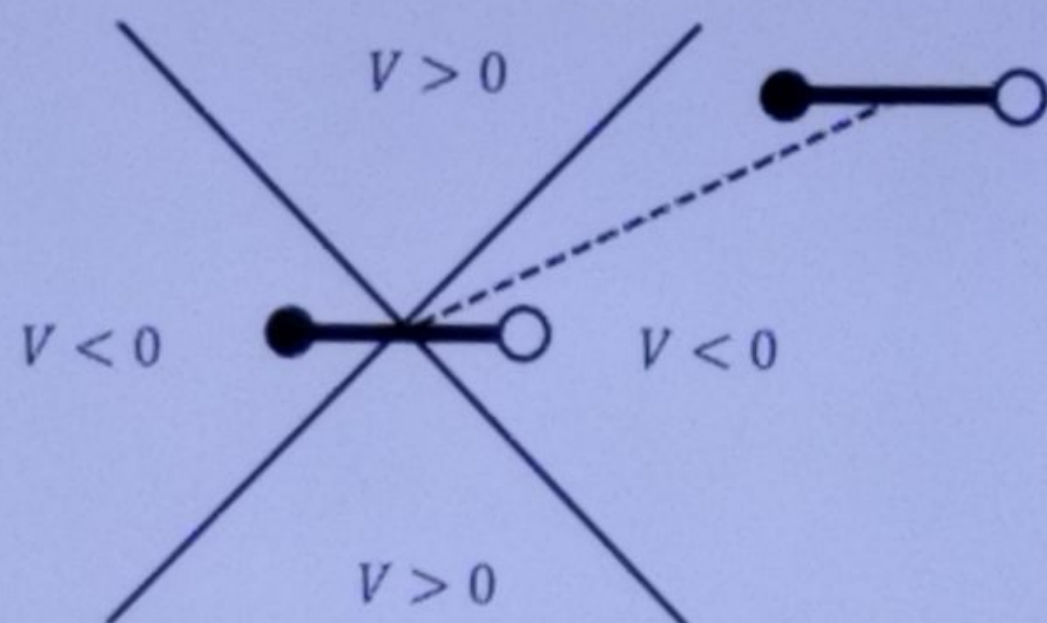
➡ 独立の電荷の方向から見ると、点双極子の部分電荷は合体してしまい、距離 $r$ が増加するにつれ打ち消し合うから

角度を含む因子は、双極子の相対的な向きが変化するとき、同符号または反対符号の電荷がどのように接近するかを考慮に入れる部分である。

$$\theta = 0$$

または

$$180^\circ (1 - 3\cos^2\theta = -2 \text{ となる角度})$$



の向きでは反対符号の電荷の方が同符号よりも接近するのでエネルギーは最低である。

$\theta < 54.7^\circ$  ( $1 - 3\cos^2\theta = 0$ ) となる向きでは、反対符号の電荷の方が同符号の電荷よりも近くなるので、ポテンシャルエネルギーが負（引力）になる。

これに対して  $\theta > 54.7^\circ$  のときは同符号の電荷が近くなるので、ポテンシャルエネルギーは正（反発）となる。



## 全相互作用

回転していて水素結合を作れない分子の間の全引力相互作用エネルギーは

- ・ 双極子-双極子相互作用
- ・ 双極子-誘起双極子相互作用
- ・ 分散相互作用

の3つの寄与の和

分子が両方共に無極性の場合には分散相互作用しか働かない

3つの相互作用は全て距離の6乗に反比例

$$V = -\frac{C}{r^6}$$

Cは分子によって異なる係数

分子同士を押しつけたりと → 反発項が引力を上回り始める

反発相互作用の大部分は電子対が空間を同じ領域で占めることを禁止するパウリの排他原理から生じる

相互作用のタイプ	ポテンシャルエネルギーの距離依存	代表的なエネルギー(kJmol <sup>-1</sup> )	注
イオン-イオン	1/r	250	イオンとイオンの間のみ
イオン-双極子	1/r <sup>2</sup>	15	
双極子-双極子	1/r <sup>3</sup>	2	静止した有極性分子間 回転する有極性分子間 あらゆる分子の間
	1/r <sup>6</sup>	0.3	
ロンドン力(分散力)	1/r <sup>6</sup>	2	

【問題8】 ミルクが白い理由を説明しなさい。（単純に光散乱の話のみで無く、ミルクがどのような状態の液体であるのかを詳細に説明すること）

- ・ エマルジョン 液体中に液体が分散したモノ（ミルクなど）  
不混和の二つの液体をいれた容器を激しく振動すると生成するが、不安定

不混和の二つの液体をいれた容器を激しく振動すると生成するが、不安定

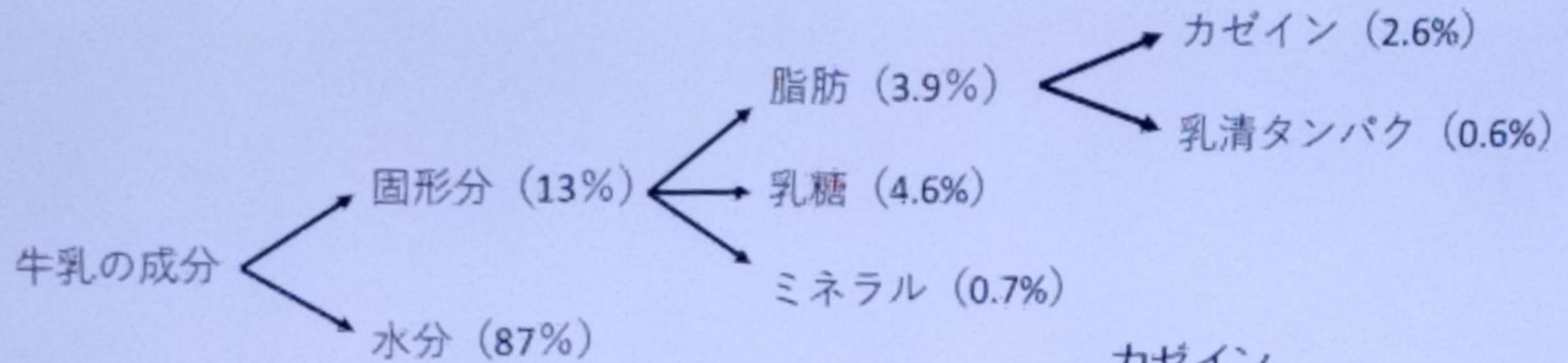


牛乳



化粧品



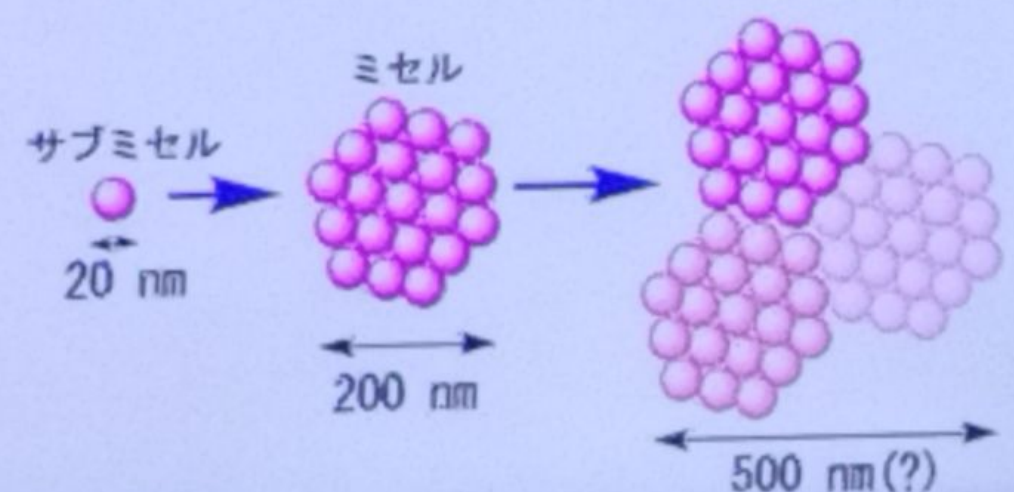
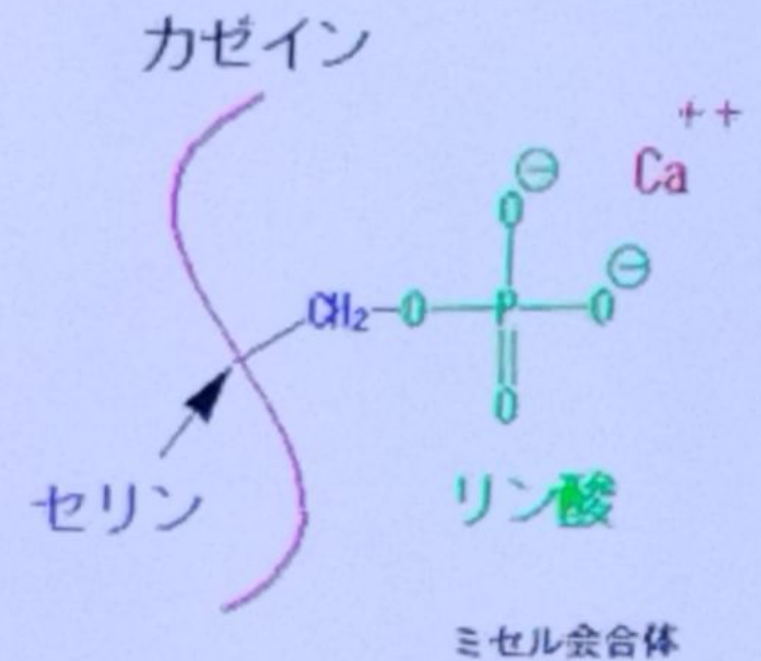


## 水溶性成分

乳性タンパク、ミネラル、乳糖

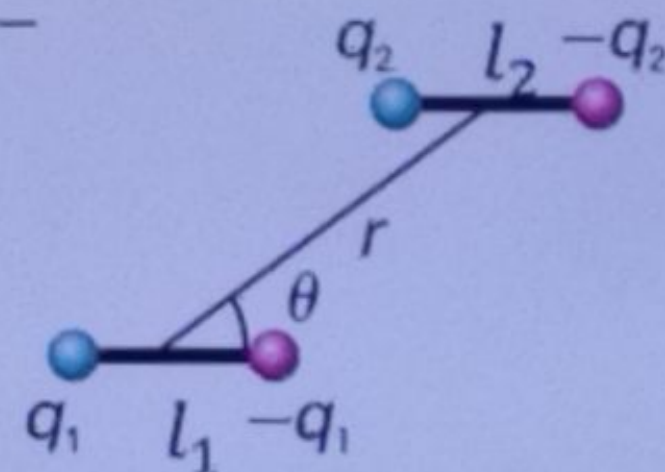
## 水に溶けない成分

- 脂肪 大きさは1から100 $\mu$ m
- カゼインサブミセル (タンパク質の塊)  
大きさは10から20nm
- カゼインミセル  
大きさは90から150nm



2個の双極子 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ の間の相互作用ポテンシャルエネルギー

$$V = \frac{\mu_1 \mu_2 (1 - 3 \cos^2 \theta)}{4 \pi \epsilon_0 r^3}$$



角度を含む因子は、双極子の相対的な向きが変化するとき、同符号または反対符号の電荷がどのように接近するかを考慮

$$\theta = 0$$

または

$$180^\circ (1 - 3 \cos^2 \theta = -2 \text{ となる角度})$$

$$\theta < 54.7^\circ (1 - 3 \cos^2 \theta = 0)$$

反対符号の電荷の方が同符号の電荷よりも近くなるので、ポテンシャルエネルギーが負（引力）

$$\theta > 54.7^\circ$$

同符号の電荷が近くなるので、ポテンシャルエネルギーは正（反発）

