

専攻

学籍番号

氏名

※ 3 行ルール (3 行は書くこと! 0~2 行だと減点) 適用。裏面も使ってよい。

[9 : 15 まで]

1. 物理化学という学問が目指すものを自分の言葉で表現せよ。

Physical (形容詞)

【1】物質の、物質的な、物質界の、自然の、自然界の、有形の、実際的な、実際の、天然の

【2】身体の、肉体の、身体的な、人的な

【3】相手の体を求めたがる、好色な

【4】物理学の、物理学上の、物理的な

【5】自然の法則による、自然科学の

従って、物理化学とは「物質の動きをとらえる化学」であり、それは平衡論と速度論の世界にと誘われる。平衡論は、いわば、桃源郷ユートピアの世界の話である。この世界と今のエネルギー差が、まさしく、ギブスの自由エネルギー変化なのである。平衡論は、エネルギー的に最も安定なところは、どこか、「ある条件下」で、規定しようとする学問である。理想と現実の間の、今、どこに位置しているか、それを数値解析するのが平衡論である。速度論は、桃源郷に如何にたどりつくか、というガンバリ度を表している。

要するに、物理化学とは物質の動きを数式化し、理解することである。

物理化学を数式化するためには、いろんな決まり事が必要である。そのために、もっとも身近な対象としての、モルの概念がある。

しかるに、1モルの定義は、かつて 1970 年代までは、12C が、0°C, 1 atm で 12g あるとき、1 mol という、とかが定義だったが、計測法の進歩とともに、電子の質量など不確定性要因が無視できなくなり、定義を変更する。

「0.012 キログラムの炭素 12 の中に存在する原子の数と等しい数の要素粒子を含む系の物質質量」

つまり、

$$n(X)\text{mol} = N(X)/N_A \quad [X \text{ 要素粒子、} N \text{ は数}]$$

結局、原子が、 N_A (アボガドロ数)個集まったとき、1 mol 原子などと呼ぶ」ということになっており、肝心のアボガドロ定数は、 6.0221415×10^{23} 個/mol である (化学と工業 2007 年 4 月号から)。この、定義に入っている、アボガドロ数も経時変化する、という変な定義なのである。

さらに、pH については、
$$pH = -\log_{10} a_H$$

ところが、ガラス電極法による pH 測定での拡張不確かさ $U(k=2)$ は、0.025 ~0.030、また、pH 一次標準液を用い、この標準液と同一組成と見なせる場合は~0.01、さらに、Differential – potentiometric cell を用いた場合の拡張不確かさは~0.004 となっており、これまた、えらいいい加減な概念とも言える。

ただし、このような現実の世界に、いかに物理化学という世界が近づくのか、というのが最大の問題である。

詳細は説明しないが、結果として、物理化学では、基本的には常に、alternative 二者択一的な考え方をしていくことが多い。

つまりは、3次元の世界であるけれども、2次元的にもものを考えるのである。

2. コーヒー、緑茶と牛乳などで共通の物理化学現象はなにか。できれば、その現象を説明せよ。たとえば、緑茶がいつまでも（くさらない限り）いつまでも緑色。牛乳も腐らない限り、いつまでも白色。似たようなものには塗料、墨など。
-

コロイド分散系である、というのが答えである。

微粒子が安定分散している。

- ペーパークロマト的効果がある
- チンダル現象が見られる
- 塩か何かを入れると沈殿する

逆にそこにある溶液がコロイド溶液ではない、ということを証明する方が実は難しい。固一液分散液（つまり解け残りがあるとか）になっている場合、気泡が入っている場合などは、コロイド溶液と言える。

空気中に漂うちり、ほこりは、媒質を空気ととらえることで、コロイド分散系であることが理解できる。

ほとんどの生活空間はコロイド分散系の賜物といってよい。洗濯のときの洗剤、料理のときの醤油やソース・ケチャップやマヨネーズ、入浴のときの入浴剤や石けん・シャンプーなど、人の生活に密着しているのが、コロイドなのである。

では、視点を変えて、宇宙空間はどうだろうか。無限にある星たちはコロイドとはいえないだろうか。

3. コロイドの分散と凝集。コロイドとはいったい何なのか、ということを考えながら、分散と凝集について、知っていることを述べよ。これも、2対問題となっていることに、気がつくこと。
-

分子分散系は、概ね5nm以下であり、コロイド分散系はそれ以上。

だが、5nm以下の粒子もあれば、5nm以上の分子もあるので、両者を区別するのは容易ではない。

化学結合は、共有結合とイオン結合に代表されるが、それとは異なる、分子間力や水素結合などによって支配されているのが、コロイドである。バターなどがコロイドの一種といってもなかなか理解できないが、分散媒（コロイド粒子以外の部分、たとえば、たばこの煙は、分散媒が空気であり、コロイドは煙自身）中に分子間力などの力で支配されてコロイドが分散している、と考えれば理解できるだろう。

一方、化学結合は

- ・共有結合：原子核が結合にあずかっているもの。電子的な作用はない
グルコースなどのように水に溶かしても分子状で解けているものが代表例となろうが、グ

ルコースにしても完全に分子状というわけでもない、一部分は解離（プロトン＝水素イオンが解けてでている）している。

・イオン結合：電子的な授受によって保っている結合

たとえば、NaCl（食塩）に代表されるように、一分子を得ることはできないような、イオンの固まりをイオン結合と呼んでいる。水に溶かすと、ナトリウムイオンと塩素イオンに解離するが、これは解離平衡に依存している。つまり、食塩といえども、イオン結合だけというわけではなく、一部分は解離しないで分子状になっているものもある。

このように、共有結合、イオン結合といっても完全なものではなく、多くの物質はこれらの中間的な結合である。

共有結合性が強い分子は、グルコースのように $C_6H_{12}O_6$ と分子式でかけるのに対し、イオン結合性の物質は、分子式で書くことはできず、NaCl のように組成を代表して表すしかない（組成式）。

ただ、Fe, Co はどうするんだろう。ってことで、金属結合がある。これは共有結合の近いが、自由電子が飛び回るといって特殊な性質を有しており、この場合は、一分子を記述することはできない。

では、コロイドは何だろう。

これは、多くの分子の集合体とか固体が浮遊しているもので、コロイドが凝集したり分散するときにはこれら、共有結合、イオン結合、金属結合は関係なく、ほとんど分子間力などの弱い力によって左右される。今後、この作用について理解を深めよう。

（参考）

古来のコロイドというと、水に分散している泥のようなものを指していた。が、科学の進歩により、実際に見るということが原子のレベルまで可能になった現在、コロイドと分子を分ける最終線は何か、が問題となっている。コーヒーなどは目でみたところは溶液なのだ。でも、実際にもっと拡大してみると、コーヒーの味や色を構成する多くのコロイド粒子で構成されている。

たとえば、上記のグルコースはコロイドではない。しかし、牛乳の蛋白はコロイドといわれる。突き詰めれば、差異があるのは、大きさだけになってしまう。それではどの大きさからコロイドというかという問題が残る。そこで、最近のコロイド化学では、そのコロイド粒子の分散凝集挙動が、いわゆるコロイド化学の理論で適用できるものを指すことが多くなった。言い換えれば、分散媒の存在下、分子間力などの力に支配されている系をコロイドということになってきたのである。ただし、コロイドの理論は分子やイオンにも通じるものがあり、分子分散系とコロイド分散系はその境界線が一層不明確になっているのも確かである。

話を進めよう。

では、グルコースと食塩、グルコースとでんぷん、それぞれの溶液の違いは何だろうか？分子分散系とコロイド分散系の話から、類推できる。

グルコースはブドウ糖のことで、糖類であり、共有結合性分子と分類され、食塩は NaCl であり、イオン結合性分子と分類されている。

後者は溶解すると、 Na^+ （ナトリウムイオン）と Cl^- （塩化物イオン）に解離する。

前者は溶解しても、分子状のままである。

これらはいずれも溶液＝分子分散系と呼ばれているが、本当にそうだろうか。

グルコースは脱水縮合して、ショ糖、さらに脱水縮合して、でんぷんとなる。でんぷんの代表である、コーンスターチみたいなものを溶かした液は溶液といえるかどうか。答えは

no であろう。

では、グルコースとでんぷんの違いは何か。分子量の大きい高分子化合物が后者であるだけであって、構成元素に違いはない。

つまり、グルコース溶液と、でんぷん溶液を区別するのは、無意味ではないだろうか。

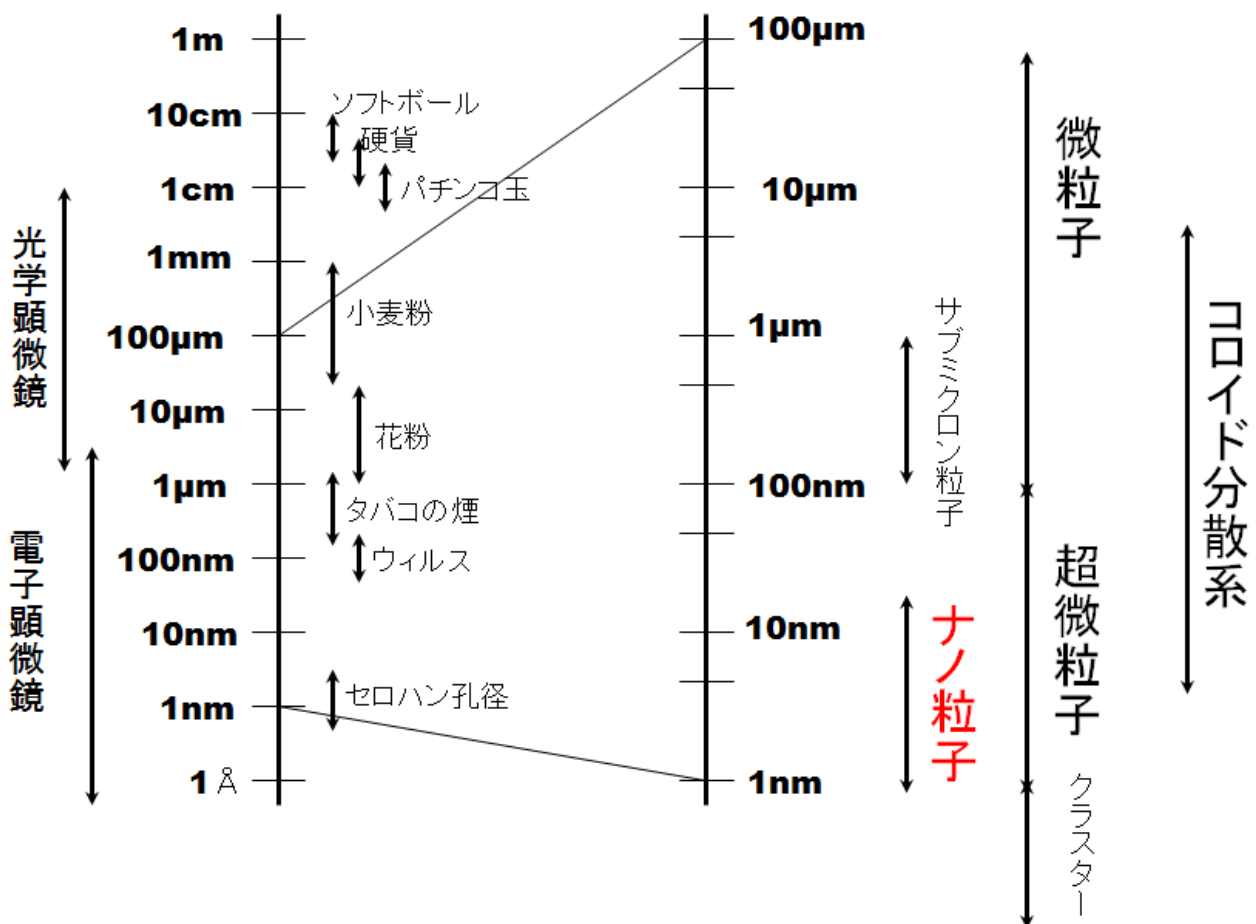
それが、コロイド分散系と分子分散系の違いとなっているのは、物理化学的にはナンセンスである。

結局、考え方に帰結する。

コロイド分散系を分子分散系とは違う取扱をしないとイケない、そういうところに物理化学の限界を感じるのは私だけではなからう。

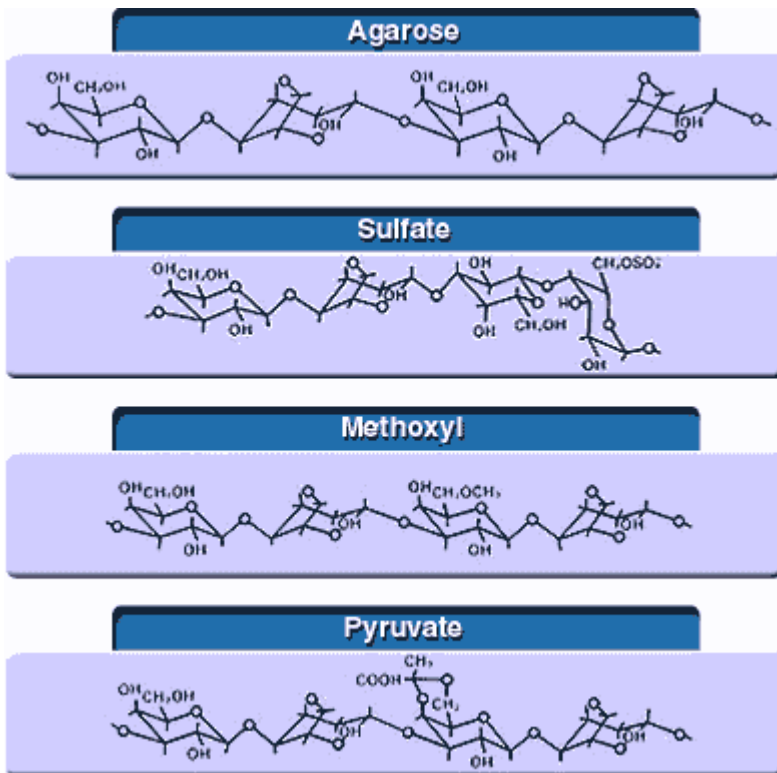
と嘆いていても仕方ないので、とにかくコロイドに注目して講義を続行する。

粒子径による粒子の分類

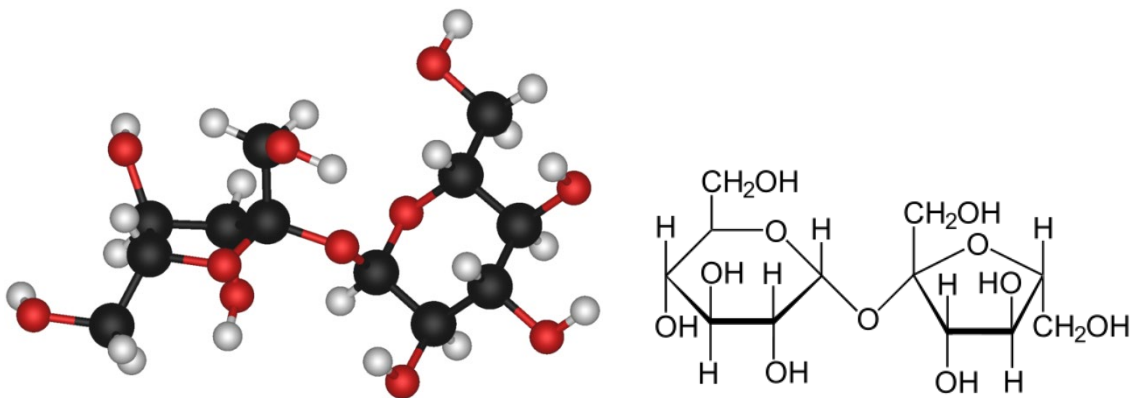


以下の物質が溶けたとき、どれが、コロイドで、どれが、分子分散系だ！？

寒天：



シヨ糖：



グルコース：

