

1 ^{ようかい}溶解度について、次の文章を読み、あとの問いに答えなさい。

食塩などの固体は水に溶けます。しかし、水に溶ける重さには限界があり、100gの水に溶ける固体の重さを溶解度とよびます。溶解度は固体の種類ごとに異なります。また、水の温度により、溶解度も変化します。表1は硝酸カリウムという固体の溶解度を表しています。

表1 硝酸カリウムの溶解度

| | | | | | |
|--------|----|----|----|-----|-----|
| 温度(℃) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 溶解度(g) | 14 | 32 | 61 | 106 | 167 |

問1 60℃の硝酸カリウム飽和水溶液が300gあります。この水溶液を氷水に入れて冷やしました。このとき溶けきれなくなって固体として出てきた硝酸カリウムは何gですか。小数第1位を四捨五入して整数値で答えなさい。ただし、冷やしたあとも氷水の中の氷は残っているものとします。

水に溶けるのは固体だけではありません。気体も水に溶けます。例えば、二酸化炭素が水に溶けると炭酸水になりますね。そして、固体と同じように気体にも溶ける限度(溶解度)があります。気体の溶解度は1Lの水に溶ける気体の量で表されます。気体の量は重さや体積などで表されます。

表2には1Lの水に溶ける気体の重さを示しています。水と気体の温度はともに20℃です。

表2 二酸化炭素、酸素、窒素の溶解度(20℃)

| | | | |
|--------|-------|-------------------|--------|
| | 二酸化炭素 | ^{ちっそ} 窒素 | 酸素 |
| 溶解度(g) | 1.61 | 0.0151 | 0.0399 |

問2 20℃の水3Lに20℃の二酸化炭素は何gまで溶けることができますか。

風船をおすとおし返されます。これは中の空気はその力でおし返しているためです。このように気体はある力でまわりをおしています。1m²あたりに気体がおす力を気圧(hPa)といいます。

気体の溶解度は、水温、水量だけではなく、気体の圧力が変化しても変わります。表2は気体の圧力が1000hPaの時の溶解度(気体の重さ)を表していました。もし、気体の圧力が2000hPa、3000hPaのように2倍、3倍となると、気体の溶解度も2倍、3倍になります。

問3 図1のように5000hPaの二酸化炭素が入っている容器に20℃の水が5Lあります。5000hPaのまましばらく置き、溶けるだけ二酸化炭素を溶かしました。二酸化炭素が溶けた後も気体の二酸化炭素の圧力は5000hPaとします。その後、容器の栓を開け、二酸化炭素をぬいていき、二酸化炭素の圧力を1000hPaに減らしました。このとき、溶けきれなくなって水から出てきた二酸化炭素は何gですか。栓を開けたときに外の空気は入ってこないものとします。

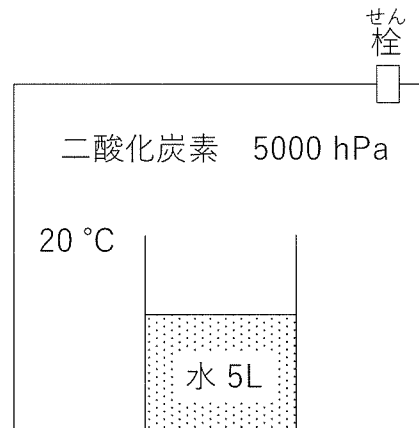


図1 栓を開ける前の実験の様子

空気が入った風船をおすと、小さくなりますね。このように気体の圧力が高くなると気体の体積は小さくなります。図2は横軸は気体の圧力、縦軸は気体の体積を表しています。この関係を用いて、あとの問いに答えなさい。

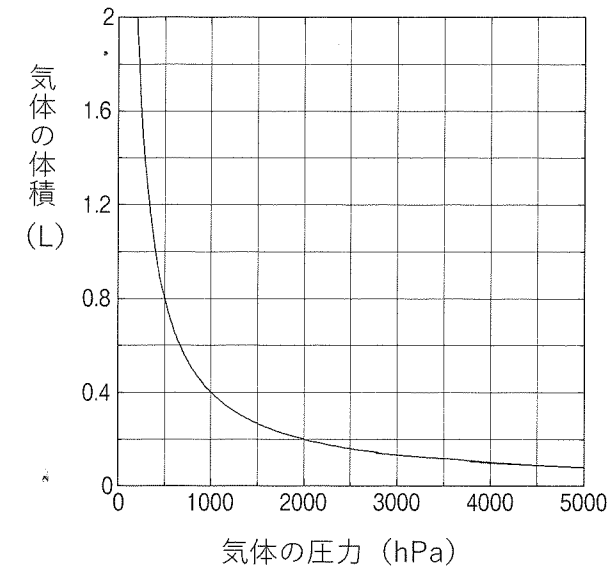


図2 気体の圧力と体積の関係

表3は二酸化炭素、酸素、窒素の20℃での溶解度です。表2とのちがいは、気体の量が体積（圧力が1000hPaのとき）で表されていることです。

表3 二酸化炭素、酸素、窒素の溶解度 (20℃)

| | 二酸化炭素 | 窒素 | 酸素 |
|----------|-------|----|----|
| 溶解度 (mL) | 880 | 13 | 30 |

問4 図3のように8000hPaの窒素が入っている容器に20℃の水が3Lあります。

8000hPaのまましばらく置き、溶けるだけ窒素を溶かしました。

(1) このとき、溶けていた窒素の体積は1000hPaの圧力では何mLですか。

(2) 溶けていた窒素の体積は8000hPaの圧力では何mLですか。

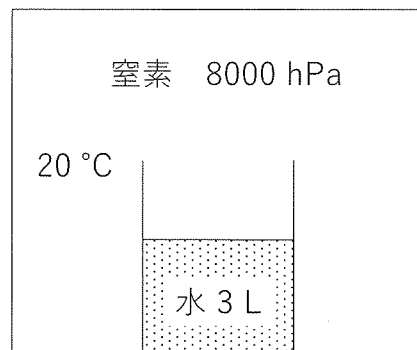


図3 問4の実験装置

図4のようにピストンをおすことで体積を変えられる容器があります。ここに20℃の水10L（この水には気体は溶けていない）と1000hPaでの酸素を2400mL入れました。

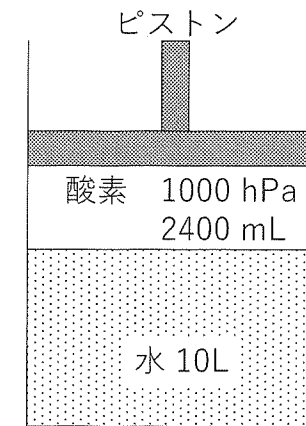


図4 ピストンでおすことができる容器

問5 ピストンをおしていき、気体の酸素がどのくらい残っているのかを観察しました。

(1) 次の文中の ① ~ ⑥ に入る値を答えなさい。

ピストンにかかっている圧力を1000hPaにすると、気体の圧力は1000hPaになる。このとき、10Lの水に溶ける酸素の体積は ① mLなので、その分、酸素の体積が減り、気体の酸素の体積は ② mLとなる。

次に、ピストンにかかっている圧力を2000hPaにしてみる。このとき気体の圧力は2000hPaになる。もし、酸素が水に溶けないと仮定すると、2400mLだった酸素の体積は ③ mLになる。このとき、10Lの水に溶ける酸素の1000hPaでの体積は ④ mLである。しかし、酸素の圧力は2000hPaなので、溶けている酸素の2000hPaでの体積は ⑤ mLである。したがって、酸素の体積は ③ mLから ⑤ mL減るので、残っている気体の酸素の体積は ⑥ mLとなる。

(2) すべて酸素が水に溶けたとき、ピストンにかかっている圧力は何hPa以上ですか。

(3) 溶け残っている気体の体積が200mLのとき、ピストンにかかっている圧力は何hPaですか。

2 形態学について、次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

生物の形をあつかう学問分野を形態学といいます。形態学は、生物の形を見た目について研究する生物学の分野の一つで、生物の身体から体内の器官や組織、細胞の内部にいたるまで、対象は大小様々です。

動物の形態を決定づけるのは、骨格です。動物は、骨格を身体の外側にもつ外骨格生物と、内側にもつ内骨格生物に分けられます。私たちヒトはリン酸カルシウムを主成分とする骨が内側から体を支えている内骨格生物です。セキツイ動物の骨は、骨をつくる細胞やけずる細胞のはたらきによって成長します。基本的に、動物の骨の成長は相似成長です。相似成長とは、元の形を保ったまま、大きさだけが大きくなることをいいます。

問1 次の文章の ① ~ ③ にあてはまる値または語を、それぞれ下のア~カから1つ選び、記号で答えなさい。

小さい動物Aと大きい動物Bを想定してみます。動物Aに比べて動物Bの大きさは、たて、よこ、奥行きそれぞれが4倍の大きさであるとする、重さは ① 倍になるはずはです。

動物Bの重さをささえようとすると、動物Aの骨の断面積よりも ① 倍にならないとなりません。よって、骨の断面が円形だと仮定して、動物Bの骨の半径は動物Aよりも ② 倍大きくなります。

この関係から、動物は大きくなるにつれて骨の長さに対して太さの比率が ③ なるはずはです。

- ア 2 イ 4 ウ 8 エ 16 オ 32 カ 64
キ 大きく ク 小さく

問2 相似成長について、より深く考えていきましょう。ここに粘土でできた小さいドーナツがあるとします。このドーナツを相似成長させたい場合、粘土を外側に付け加える（付加）だけではなく、内側の粘土をけずる（吸収）ことが必要です（図1）。このように、相似成長はものの形によって吸収されることも必要です。

ここでは、下あごの骨（下顎骨）の相似成長を考えてみましょう。下顎骨の場合、根元で上あごの骨（上顎骨）と接しているため、図2の①~④の部位でしか骨の付加や吸収が起こりません。図2から、どの部位に骨が付加され、どの部位の骨が吸収されるでしょうか。図2中の①~④の部位について、骨が付加される場合は+、吸収される場合は-と答えなさい。

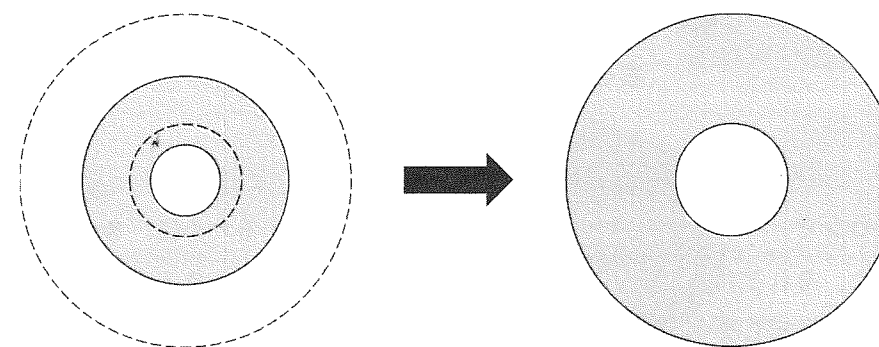


図1

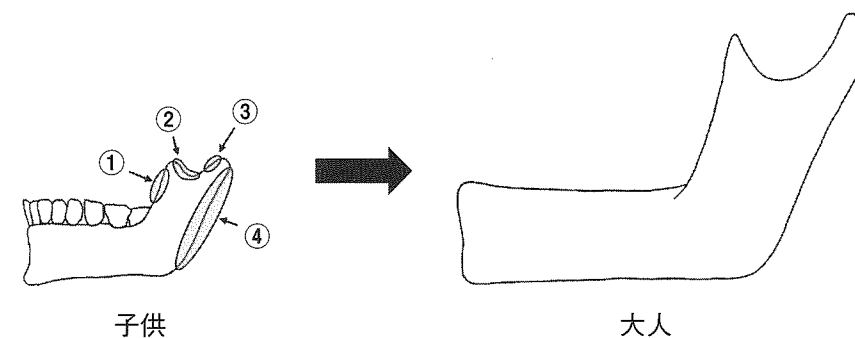


図2

問3 外骨格生物は内骨格生物と異なり、成長するために脱皮をする必要があります。それはなぜか、説明しなさい。

貝殻にはアサリなどの二枚貝やカタツムリなどの巻き貝といったように、さまざまな形が存在します。カタツムリのような巻き貝はどうやってできるのでしょうか。コンピュータシミュレーションによって、貝殻の形成について考えていきましょう。

巻き貝の場合、単純に考えるなら、図3のような手順で作れるはずです。

まず、円すいを用意します。次に、これを巻くとアンモナイトのような形になります。この頂点（殻頂）をとがらせれば、カタツムリの殻の完成です。

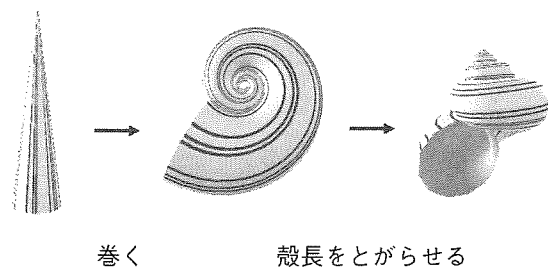


図3

今回、コンピュータ上で貝殻の形を再現するモデルを考えるために、3つの要素を設定しました。それぞれの要素は数字で表され、自由に变化させられるものとします。それぞれを図4に示します。要素はそれぞれ、巻きのゆるさ、殻の幅の広がり具合、殻頂のとがり具合とします。

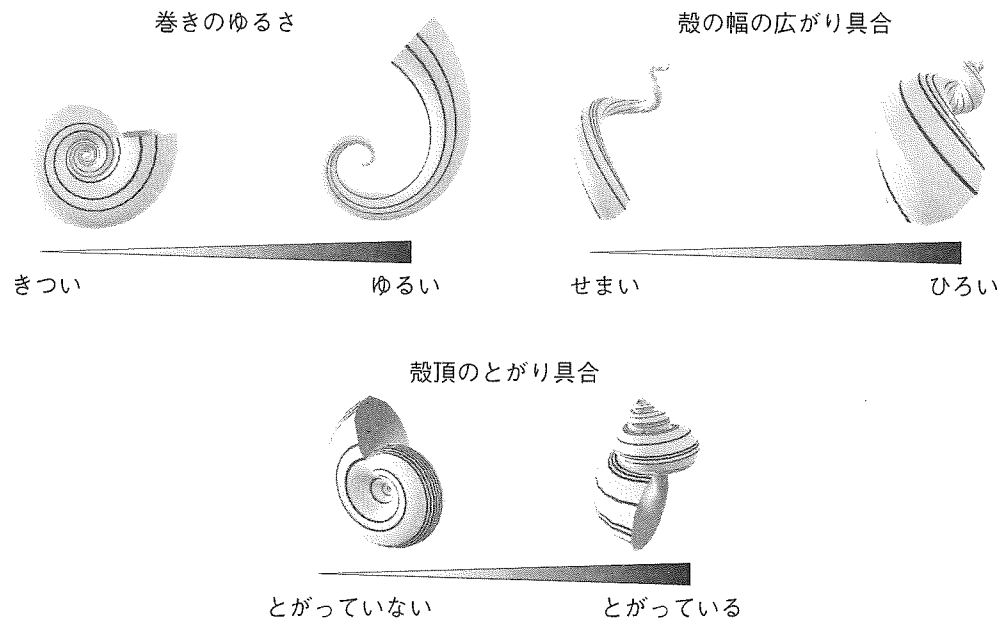


図4

巻きのゆるさ、殻の幅の広がり具合、殻頂のとがり具合の3つの要素について、よりくわしく考えてみましょう。巻きの中心を中心軸（図5）とよぶことにします。各要素を、次のように置きかえてみましょう。

- ・巻きのゆるさ : 半周で中心軸と開口部の中心がはなれる割合
- ・殻の幅の広がり具合 : 半周で開口部の直径が大きくなる割合
- ・殻頂のとがり具合 : 半周で三角すいの頂点と開口部の中心がはなれる割合

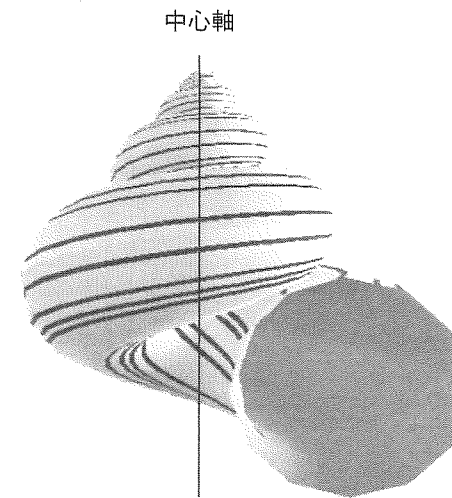


図5

問4 図4の3つの要素について、次の(1)・(2)に答えなさい。

(1) 図6において、①巻きのゆるさ、②殻の幅の広がり具合、③殻頂のとがり具合を、それぞれ図の数値を使って求めなさい。割り切れない場合は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで答えなさい。なお、単位はすべてmmです。

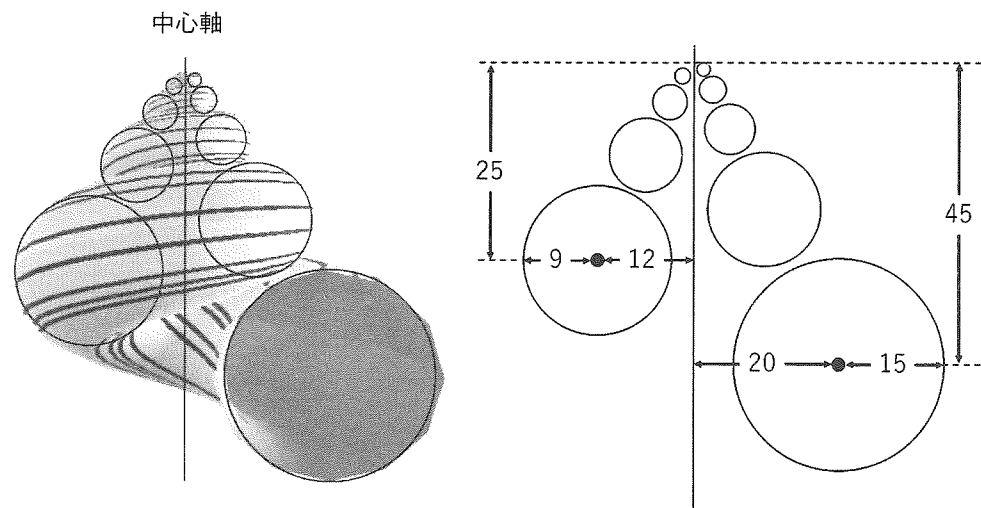


図6

(2) 図7はサザエをスケッチしたもので、灰色にぬられた部分は開口部です。①巻きのゆるさ、②殻の幅の広がり具合、③殻頂のとがり具合をそれぞれ求めなさい。割り切れない場合は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで答えなさい。方眼の1目盛りは2mmで、殻の厚さは考えません。

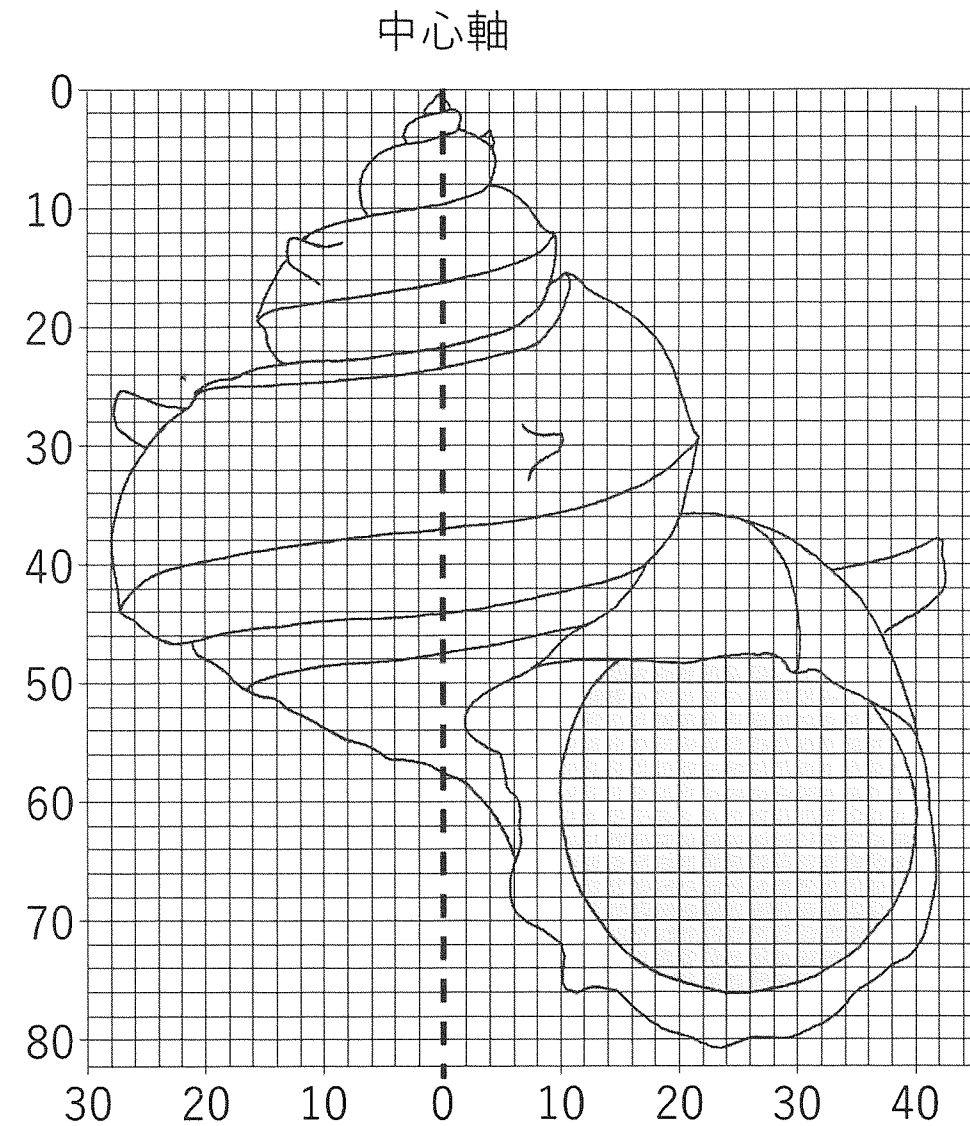


図7

問5 図8は異常巻き型アンモナイトとして有名な、ニッポニテスの化石のスケッチです。このような形は、今まで考えてきたモデルでは再現できません。

これまで考えてきたモデルを、モデル①とします。実際の巻き貝は、開口部に石灰成分を付け足すことで成長します。この特徴を元にした新しいモデル②を考えました。モデル②で設定する要素は、

- ・成長するときの開口部の拡大率
- ・開口部の形
- ・開口部が成長する向き

の3つとします。モデル②は、開口部に対してどのように石灰成分をつけ足すか、というモデルのため、ニッポニテスなどの成長途中^{とちゅう}で開口部の方向が変わる場合でも説明できそうです。

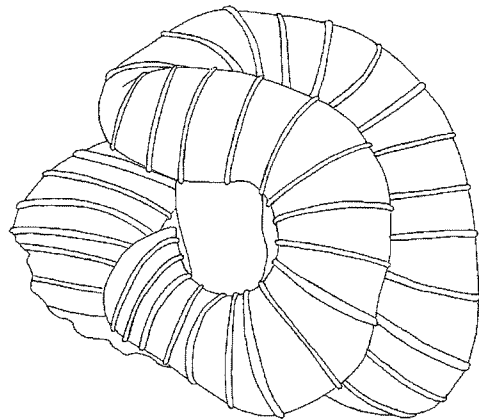


図8

モデル②の3つの要素のうち、1つを操作するだけで、図7のサザエの殻がもつとげについても再現できます。どの要素をどのように操作すればよいか、説明しなさい。

(問題は以上です。)

