

科学部に所属する中学生の和夫さんと夏美さんは卵の殻について興味を持ち、その成分について調べる実験をした。〔二人の会話〕と〔実験〕を読んで(1)～(8)に答えなさい。

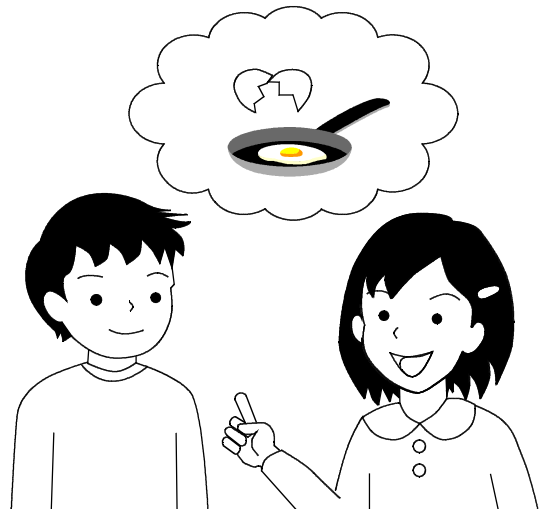
〔二人の会話〕

和夫：料理した後の卵の殻ってもったいないね。何かに利用できないのかな。

夏美：カルシウム不足を補うための健康食品に加工されることもあるんだって。

和夫：へえ、卵の殻ってカルシウムでできているんだね。

夏美：いいえ。カルシウムそのものではなくて、炭酸カルシウムという物質が主な成分だよ。炭酸カルシウムは石灰石の成分にもなっているわ。そういえば、日本の石灰石の多くは、2～3億年前の^(a)生物の遺骸がもとになったものなんだって先生がおっしゃっていたね。



和夫：覚えてるよ、その話。^(b)石灰石は塩酸を加えると二酸化炭素が発生するって習ったね。

夏美：ということは、卵の殻も塩酸と反応するはずね。実験してみようか。

和夫：それは面白そうだ。

夏美：そのときに出てくる二酸化炭素の量から、ふくまれている炭酸カルシウムの量がわかるかもしれないね。化学反応のときには、反応の前後で物質の量には決まった関係があるって習ったものね。炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素の量を調べて、卵の殻のときと比較すればいいわね。

和夫：うーん・・・少し難しそうだなあ。でも面白そうだ。早速やってみよう。

〔実験〕

図1

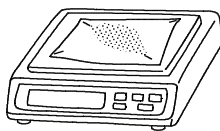


図2

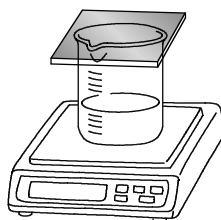


図3

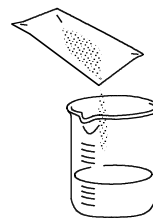
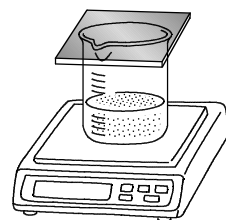


図4



- ①図1のように、薬包紙を使って粉末の炭酸カルシウム1.00 g を電子てんびんではかりとった。
- ②12%の塩酸をメスシリンダーで20mLはかりとり、ビーカーに注ぎ入れた。
- ③図2のように、塩酸の入ったビーカーの上にガラス板をのせ、全体の質量を測定した。
- ④図3のように、薬包紙の炭酸カルシウムを少しずつ静かにビーカーに入れた。ビーカー内ではシュワーという音とともに、細かい泡がさかんに発生していた。全ての炭酸カルシウムを入れ終わったらガラス板でふたをした。
- ⑤ガラス板を指で軽く押さえながら静かにビーカーを揺り動かし、ビーカー内の溶液が均一に混ざり、反応が完全に終了するようにした。

- ⑥泡の発生が止まったところでガラス板をいったん外し、ビーカーの中にたまった二酸化炭素を追い出すため、ストローで軽く息を吹きかけた。このときガラス板についた細かなしずくはそのままにしておいた。
- ⑦図4のように、反応液の入ったビーカーの上に再びガラス板をのせたまま、全体の質量を測定した。
- ⑧炭酸カルシウムの質量を2.00 g、3.00 g、4.00 g、5.00 g、6.00 gと変化させて同様の実験を行い、その結果を表にまとめた。このとき、炭酸カルシウムが全て反応したかどうかを「反応後のようす」の欄に記録しておいた。
- ⑨細かくすりつぶした卵の殻を3.00 g はかりとり、①～⑦と同様に12%の塩酸20mLと反応させたところ、1.25 gの二酸化炭素が発生した。

表

炭酸カルシウムの質量 [g]	③の全体の質量 [g]	⑦の全体の質量 [g]	反応後のようす
1.00	105.72	106.28	全て反応した。
2.00	104.55	105.67	全て反応した。
3.00	104.82	106.50	全て反応した。
4.00	105.14	107.61	一部が反応せずに残った。
5.00	103.92	107.39	一部が反応せずに残った。
6.00	105.68	110.15	一部が反応せずに残った。

【二人の会話】

和夫：ずいぶん苦労したけど、なんとか終わったね。卵の殻がほとんど炭酸カルシウムでできていることがよくわかったよ。でも、同じ炭酸カルシウムからできているのに、石灰石と比べて卵の殻はずいぶん壊れやすいね。なぜだろう。

夏美：卵の殻には小さなすき間がたくさんあいていて、このすき間から、卵が成長するのに必要な酸素をとり入れたり、不要になった二酸化炭素を出したりしているんだって。すき間があるから壊れやすいんだわ。石灰石は長い間地底で押し固められたものだからすき間はないでしょうね。だから固いのよ、きっと。

和夫：そうか、なるほど。そういえば、古い卵が軽くなって食塩水に浮くって話があったね。そのわけは、古い卵では時間が経つうちに卵の殻のすき間から水分が出ていって、かわりに空気が入ってくるからだったよね。あれ、この話はどこで聞いたんだっけ？
思い出せないなあ・・・。

- (1) 下線部(a)のように、生物の遺骸がもとになった岩石のうち、石灰石と違い塩酸を加えても二酸化炭素が発生しないものは何か、名称を答えなさい。

チャート

【解説】

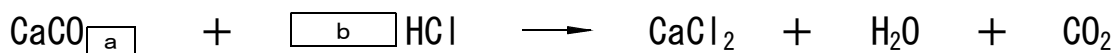
石灰石はサンゴ、フズリナ、貝などの炭酸カルシウムを主成分とする骨格や殻を持っていた生物からできたもので、チャートは放散虫などの二酸化ケイ素を主成分とする骨格や殻を持っていた生物からできたものである。

岩石などの地球に関すること、サンゴや放散虫などの生物に関すること、炭酸カルシウムや二酸化炭素などの物質に関することは、それぞれ別の単元で学習するが、その内容は密接

に関係している。

理科で学んだ知識が将来生きていく上で役立つためには、様々な場面で学習したことを自分の中で結びつけながら、興味をもってとり組んでいくことが大切である。

- (2) 下線部 (b) において、石灰石の主成分である炭酸カルシウムと塩酸の反応は、次のような化学反応式で表される。反応式中の空欄に適する数字を答えなさい。



a	3	b	2
---	---	---	---

【解説】

化学反応式では、両辺の原子の数が等しくなければならない。ここでは酸素Oの数に着目すると水 H_2O に1つ、二酸化炭素 CO_2 に2つあるので合計3つが左辺になくならず、よって **a** には3があてはまる。水素Hと塩素Clに着目すると、右辺にそれぞれ2つずつあるので **b** には2があてはまる。

化学反応式では、化学反応が原子の組み合わせの変化によって起こるものであり、原子そのものは新たに生成したり消滅したりしないことが示されている。また、物質を表す化学式は、炭酸カルシウムを CaCO_3 と表すように、化合物がある決まった原子の組み合わせによりできることを表している。よって **b** のような係数は反応により様々な値をとり得るが、**a** のような組成を表す数字は、その物質を表す限りにおいては反応によって変わることはない。

- (3) 実験⑥で、ビーカーの中に二酸化炭素がたまってきたまになっていると、どのような点が問題となるのか、書きなさい。

二酸化炭素は空気より重いいため反応後の全体の質量がその分だけ大きくなってしまい、二酸化炭素の質量が実際よりも小さく計算されてしまう。

【解説】

20°C、1気圧(1013hPa)における密度は空気が0.001205 [g/cm³]、二酸化炭素が0.00184 [g/cm³]である。二酸化炭素は空気より密度が大きく重いいため、ビーカーから外に出ていくにくく、底の方にたまっていく。よって、ビーカーの上部が二酸化炭素のみで占められた場合、空気で占められている場合にくらべて全体の質量が大きくなる。反応前の全体の質量は、ビーカーの上部が空気で占められた状態で測定されているので、反応後の全体の質量も同じ条件で測定されなければならない。

人が吐く息の成分は、空気とくらべて二酸化炭素や水蒸気がやや多いが、全体的には空気とよく似ている。よって⑥のように軽く息を吹きかけることによって、ビーカーにたまった二酸化炭素を追い出して空気と置き換えたとみなすことができる。

- (4) 実験結果の表から、発生した二酸化炭素の質量を求めるため、左から4番目に下のような欄を追加した。この表で二酸化炭素の質量Xを求めるにはどのような計算をすればよいか。表の中のX及びA～Cを用いて(例)のように表しなさい。

表

炭酸カルシウムの質量 [g]	③の全体の質量 [g]	⑦の全体の質量 [g]	発生した二酸化炭素
A	B	C	X

(例) $X = A + B + C$

$$X = A + B - C$$

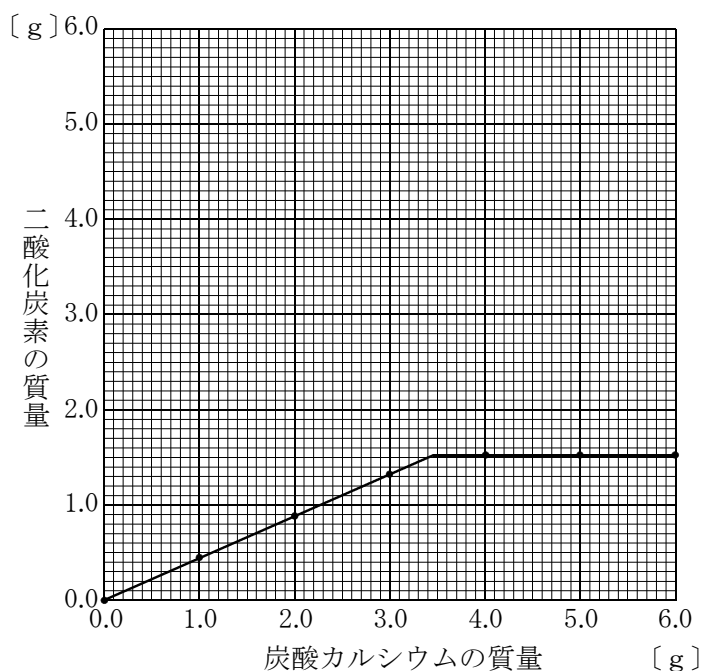
【解説】 発生した二酸化炭素の質量を計算すると以下ようになる。

炭酸カルシウムの質量 [g]	③の全体の質量 [g]	⑦の全体の質量 [g]	二酸化炭素の質量 [g]	反応後のようす
1.00	105.72	106.28	0.44	全て反応した。
2.00	104.55	105.67	0.88	全て反応した。
3.00	104.82	106.50	1.32	全て反応した。
4.00	105.14	107.61	1.53	一部が反応せずに残った。
5.00	103.92	107.39	1.53	一部が反応せずに残った。
6.00	105.68	110.15	1.53	一部が反応せずに残った。

③の全体の質量や⑦の全体の質量はビーカー及びガラス板の質量に差があるためにばらつきがあるが、計算した二酸化炭素の質量には規則性が見られることがわかる。ここでは、実験の手順をよく読み、測定された値が持つ意味をしっかりと把握することが大切である。単純に⑦の全体の質量から③の全体の質量をひいてしまわないように注意する。③ではまだ炭酸カルシウムが投入されていないので③の全体の質量に炭酸カルシウムの質量を加えたうえで、反応後の⑥の全体の質量をひかなくてはいけない。この場合、薬包紙に炭酸カルシウムが残ってしまうと誤差が発生するので、炭酸カルシウムをビーカーに入れる場合には、全てきちんと入れるように注意しなければならない。そのような誤差をなくすために、あらかじめ薬包紙ごとビーカーの上ののせて一緒に全体の質量を測定する方法もある。

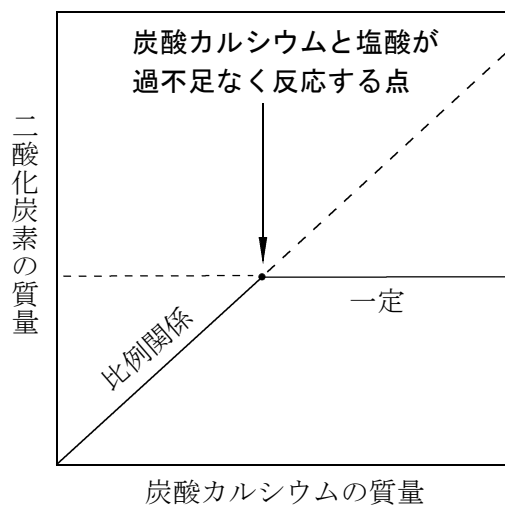
理科で扱われる数値には、測定された値や計算により求められた値などがある。そのため、それぞれの値が持つ意味をイメージして数値を扱うことが大切である。

(5) 炭酸カルシウムの質量と発生した二酸化炭素の質量との関係を表すグラフを下の方眼紙にかきなさい。



【解説】

塩酸が十分にある場合は、発生する二酸化炭素の質量は加えた炭酸カルシウムの質量に比例するので原点を通る直線となる。ここで、原点を通る直線となるのは、炭酸カルシウムを全く加えない場合には二酸化炭素は発生しないためである。また、塩酸が全て反応してしまうと、さらに炭酸カルシウムを加えても二酸化炭素は発生しないので、グラフは水平な直線になる。この2つの直線の交点が炭酸カルシウムと塩酸が過不足なく反応するところであり、3.0gと4.0gの間にその点がある。よって、ここで直線が折れ曲がったようなグラフがかければよい。このとき、測定点をうまくつなげようとして曲線のグラフにしないように注意する。曲線のグラフにならないことは、化学反応の量的関係に比例関係があることからわかるが、さらに、過不足なく反応する点の周辺については、炭酸カルシウムの質量をより細かく変化させて測定するという実験により確認することができる。



このとき、測定点をうまくつなげようとして曲線のグラフにしないように注意する。曲線のグラフにならないことは、化学反応の量的関係に比例関係があることからわかるが、さらに、過不足なく反応する点の周辺については、炭酸カルシウムの質量をより細かく変化させて測定するという実験により確認することができる。

(6) このグラフが途中で折れ曲がっているのはなぜか、理由を説明しなさい。

(解答例)

炭酸カルシウムに対して塩酸が十分にあるときは、加えた炭酸カルシウムの質量に比例して発生する二酸化炭素の質量は増加するが、炭酸カルシウムを増やしていくと、ある量で塩酸はすべて反応してなくなるので、発生する二酸化炭素の質量は増加せず一定となるから。

【解説】 ここでは、次の3点が押さえるべきポイントである。

- ① 1.0 g ~ 3.0 gまでは加えた炭酸カルシウムに対して塩酸が十分にあるので、加えた炭酸カルシウムの質量と発生する二酸化炭素の質量は比例している。
- ② 4.0 g ~ 6.0 gでは炭酸カルシウムの一部が反応せずに残っていることから、塩酸がすべて反応してなくなっていることがわかる。そのため、炭酸カルシウムの質量を増やしても発生する二酸化炭素の質量は増加せず、一定となっている。
- ③ ①と②が、炭酸カルシウムと塩酸の量的関係により起こっている。

記述問題では解答例を丸暗記するのではなく、問われている内容を理解して簡潔に説明することを心がける。このとき、学習した用語を正しく用いて書くことが必要である。例えば、「炭酸カルシウム」、「二酸化炭素」などの正式な物質名や、「質量」「比例」「一定」などの用語を適切に用いて書く。物質名を書かずに「反応させるもの」や「でてくるもの」と書いたり、「比例」を「いっしょに変わる」と書いたりしてはいけない。

(7) もし仮に発生する二酸化炭素の質量が予想される値より少し小さな値となっていた場合、この原因として該当する可能性があるものはどれか、最も適当なものを次のア～エから1つ選びなさい。

- ア 炭酸カルシウムを一度に入れてしまったため激しく泡が発生し、塩酸の一部が吹きこぼれてしまった。
- イ 加えた炭酸カルシウムの一部がビーカーの内側についたままになり、反応せずに残ってしまった。
- ウ ビーカーに入れるときに、炭酸カルシウムの一部をビーカーの外にこぼしてしまった。
- エ 塩酸を入れる前にビーカーが乾いておらず、内部に水滴がついたままになっていた。

イ

【解説】

それぞれの内容により二酸化炭素の質量が予想される値より大きくなるのか小さくなるのかを考える。

ア こぼれた塩酸の分だけ反応後の全体の質量が減少するため、計算した二酸化炭素の質量は実際に発生したものより大きくなる。

イ 炭酸カルシウムの一部が反応せずに残るので、発生した二酸化炭素の質量は予想される値より小さくなる。

ウ こぼした炭酸カルシウムの質量のうち反応後の液に残るはずだった分だけ反応後の全体の質量が減少するため、計算した二酸化炭素の質量は実際に発生したものより大きくなる。

エ ビーカーに水滴が付着していても加えた塩酸の量には変化がないので、発生する二酸化炭素の質量は変化しない。

- (8) 実験⑧より卵の殻にふくまれる炭酸カルシウムの割合は何%と考えられるか、小数第1位を四捨五入し、整数値で求めなさい。考え方も解答欄に書くこと。

考え方

グラフで炭酸カルシウムの質量と二酸化炭素の質量が比例しているときの比は

炭酸カルシウム : 二酸化炭素 = 1 : 0.44 なので、

3.0gの卵の殻にふくまれる炭酸カルシウムの質量を x [g] とすると

$$x : 1.25 = 1 : 0.44$$

これより x は約2.84g

よって

$$\frac{2.84}{3.00} \times 100 = 94.66\cdots \rightarrow \text{約 } 95 \%$$

答え

95 %

【解説】

本文中で夏美さんが言っているように、化学反応のときには、反応の前後で物質の量には決まった関係がある。この関係を利用して、物質のある成分から化学反応によって別の物質を発生させて測定し、その成分の量を求めることができる。ここでは、卵の殻の成分のうち炭酸カルシウムから二酸化炭素を発生させ、その質量から炭酸カルシウムの質量を求めている。このような方法は化学の発展を支えてきた最も基本的な手法である。物質について知るためには、ただそれを観察したり眺めたりするだけではなく、化学変化を起こさせるなどして主体的にはたらきかけることも必要である。