

生徒は浸透圧をどう考えるか

理科 深田 和人

浸透圧は、中学校では全く扱っておらず高校生物のはじめてでてくる概念である。また、本来は化学的な用語であり、単位をもって数値として表すことができるものである。「浸透圧がよく分からない。」という生徒の声をよく耳にするが、どこでどのようにつまづいているのか、これまで把握していなかった。今回、1学期の期末試験の結果を通して、どのように考えたかをアンケート様式で回答してもらった。その結果、個々の知識はもっているがそれが意味することの本質的理解がなされておらず、折角の知識が活かされていないことが分かった。また、どのように解けばよいか問題文中書かれているにもかかわらず、「数値を求めよ」というだけで何をよいか分からない生徒があまりにも多いということが分かった。今後、このような調査を多く取り入れることで、授業における注意点・要点を工夫していきたい。

キーワード：生物 浸透圧 計算能力

1. はじめに

学習指導要領の教科・科目の目標には、「基本的な概念や法則を理解させ、」や「～についての理解を深める」と書かれている。また、内容においても「～の仕組みについて理解させ、」や「考え方を身に付けさせる」と述べられている。

同様に、学習指導案によく用いられる表現として「～を理解させる」、「～する能力を養う」というものがある。

ところが、理解させるよう努めてはいるが、実際に生徒が理解したかどうかを確認するという作業をほとんど行っていないのが現状である。また、試験で正解の多くない問題については、答案返しの際に詳しい解説は行っていたが、「何故間違ったのか」、「生徒はどのように考えているのか」を掌握したこともほとんどなかった。

一方、「浸透圧」は、中学では全く扱われていず、高校で新しく学習する概念である。毎年多くの生徒から「浸透圧がよく分からない」という声を聞く。「ナメクジに塩をかけると小さくなる。」という極めて日常的な現象は、ほとんどの生徒が体験をしている。ところが、授業として取り扱われると、何がど

うなっているのか分からなくなってしまう生徒が多い。また、生命現象を化学的数学的に説明・表現できることに興味を示さず、逆に数式・計算というだけで拒否反応を示す生徒も多い。

そこで、浸透圧の、特に計算問題について、生徒がどのように考えて答を導いているのかを、定期考査を利用することで調べてみた。

2. 調査方法

次ページは、今年度の1年1学期期末試験問題における、浸透圧についての設問である。最初の5行のみで十分に問題として成立するが、高校1年の段階では困難を極めるとともに、定期考査としてはふさわしくない。そこで、図4以下の文において空欄補充を行いながら解答していくという方法をとった。基礎的基本的な内容からはじまり、どれだけ論理的に捉えることができるかをみたものである。

その結果は、問7まではかなりの正解率であるが、問8アの計算問題の正解率が極端に悪いというものであった。

そこで、全答案を集計して各設問の正解数などを調べるとともに、答案返しの時間にアンケート用紙

浸透圧に関する問題です。実験では、[1] という植物の [2] の細胞を使いました。これは、[3] 色素を含んでいて観察しやすいからです。

0.2mol/l ショ糖液に浸けたとき、図 4 a のようになりました。このときの細胞を基本と考え、体積を 1 とします。次に、水および 0.4mol/l ショ糖液につけるとそれぞれ図 4 b, c のようになりました。それぞれの体積を測定すると、1.25 および 0.75 でした。そこで問題です。水につけた細胞のもつ膨圧（単位＝気圧）を求めてください。

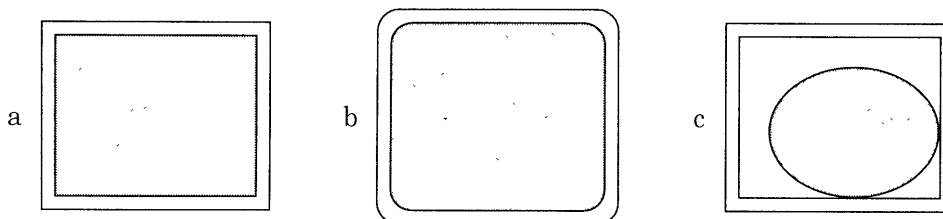


図 4

これだけで答えさせると難問ですので、順を追って考えていきましょう。

まず、基本事項として、[4] という式がありますね。図 4 c の状態を [5] といいますが、このとき、[6] となっていますので、[5] では [7] が成り立ちます。

一方で、溶液につけた細胞の体積が一定となったとき、[8] の関係にあります。上と同様に、[5] では [9] が成り立ちます。さらに、細胞体積と細胞浸透圧は [10] するので、これまでのことより、この細胞での値は [11] であることが分かります。

ということで、水につけたときの細胞浸透圧は [12] mol/l ショ糖液と等張であることが分かります。このとき [13] であるので、ショ糖液 1 mol/l のもつ浸透圧を 24 気圧とすると、水につけた細胞のもつ膨圧は [14] 気圧であることが求められます。

問 1 [1] に実験で用いた植物名を記入せよ。

問 2 [2], [3] に当てはまるものの組み合わせとして正しいものを、①～⑥より 1 つ選べ。

- ①花卉 白い ②花卉 赤い ③葉の表 白い ④葉の表 赤い ⑤葉の裏 白い ⑥葉の裏 赤い

問 3 [4] に当てはまる式を、①～③より 1 つ選べ。

- ①吸水圧＝細胞浸透圧＋膨圧 ②吸水圧＝細胞浸透圧－膨圧 ③吸水圧＝膨圧－細胞浸透圧

問 4 [5] に適当な語句を記入せよ。

問 5 [6] に当てはまる式を、①～③より 1 つ選べ。

- ①吸水圧＝0 ②細胞浸透圧＝0 ③膨圧＝0

※ [7], [8] は、問いとしては設けないが、自分で分かるようにどこかにメモするのが望ましい。

問 6 [9] に当てはまる式を、①～③より 1 つ選べ。

- ①溶液浸透圧＝吸水圧 ②溶液浸透圧＝細胞浸透圧 ③溶液浸透圧＝膨圧

問 7 [10] に適当な語句を記入せよ。

問 8 ア) [11], イ) [12] に当てはまる数値を求めよ。

問 9 [13] に当てはまる式を、①～③より 1 つ選べ。

- ①吸水圧＝細胞浸透圧 ②細胞浸透圧＝膨圧 ③膨圧＝吸水圧

問 10 [14] に当てはまる数値を求めよ。

を配布し、問8アをはじめとする計算問題について、自分の答とそれを導いた解き方をできるだけ詳しく記入してもらった。回答は1年生全員の123名から得ることができた。

2. 各設問について

それぞれの設問についての正解、正解数、正解率、主な誤答例は、以下のものであった。

- 問1；ユキノシタ 正解数78 正解率63%
誤答；ムラサキツユクサ4，オオカナダモ（カナダモを含む）4，無解答20であった。
- 問2；⑥ 正解数89 正解率72%
誤答；④の葉の表を選んだものが27であり，正解と合わせると9割以上となる。
- 問3；③ 正解数121 正解率98%
誤答；①，②各1
- 問4；原形質分離 正解数106，正解率86%
誤答；細胞質分離2のほか，単純な記述ミスと考えられる原動質分離，原形質物理，原形式分離

が各1。

また，低張，等張各2，高張3であった。

- 問5；③ 正解数88 正解率72%
誤答；①25，②9
- 問6；② 正解数54 正解率44%
誤答；①48，③19

①でも誤りではないが，①の式は[8]に入れるのが望ましい。問題文中にあるように問として設けなかったが，設けた方が正解率が上がったかもしれない。逆をいうと，それだけ問題文を読んでいないということであろうか。

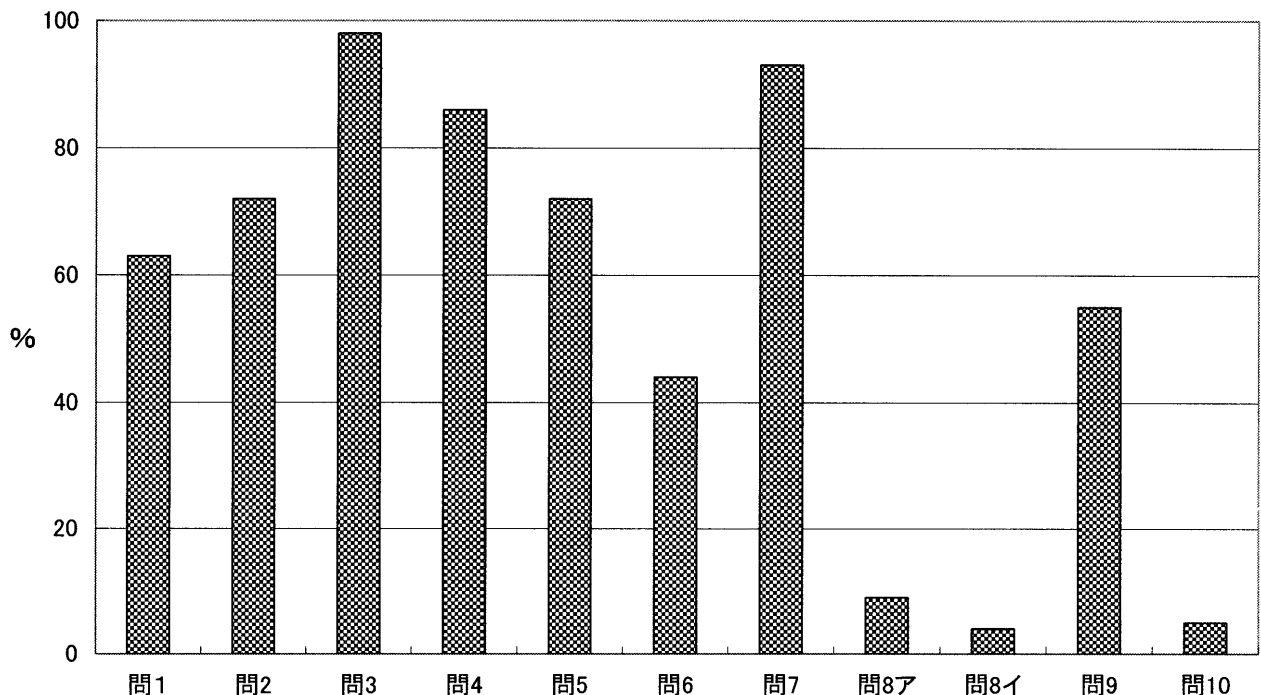
- 問7；反比例 正解数115 正解率93%
誤答；比例7

- 問8；[11] = 0.3 正解数11 正解率9%
[12] = 0.24 正解数5 正解率4%
[11]の誤答；「0」13，「0.2」14，「0.25」5，「1.25」6など，「0」から「9.6」まで28通りの誤解答，無解答35であった。

また，[12]は，[11]を間違えると必然的に間違っ

グラフ1

各設問の正解率



てしまう。問題文に忠実に、([11] の値 \div 1.25) と答えた生徒は12名、10%であった。

・問9；② 正解数68 正解率55%

誤答；①33, ③18

・問10；5.76 正解数6 正解率5%

誤答；「4.8」15, 「3.84」11, 「2.4」6, 「6」8, 「9.6」9など, 「0」から「240」まで29通りの誤答, 無解答18であった。これも問8同様, [12] が間違うと間違ってしまう問題である。([12] \times 24) と答えた生徒は50名, 41%であった。

3. 計算について

問8および問10の計算問題の正解率が極端に悪いことは、前ページのグラフにより一目瞭然である。ここでは、問8アの計算問題をどのように間違っただのかを、生徒に対するアンケートをもとに分析した。ただ、どのようにして解いたかを書いた生徒は30名前後と少数であった。「適当」や「勘です」などは

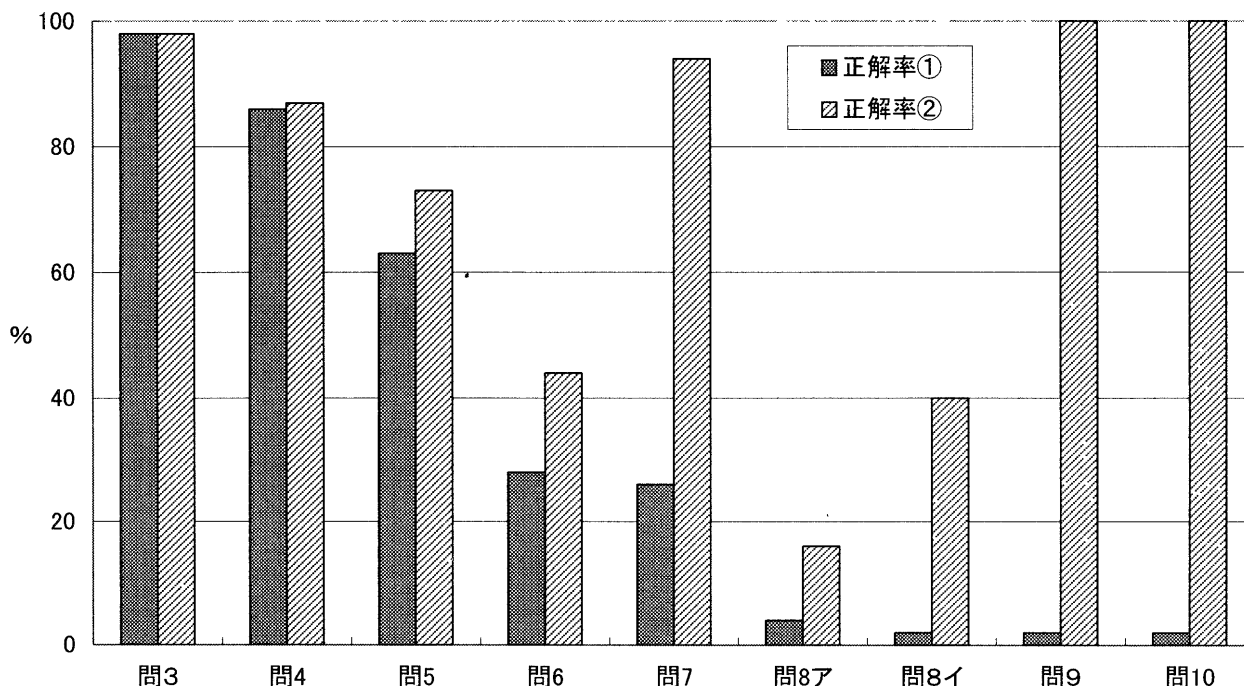
(解答方法としては好ましくないが) ある程度やむを得ないが、「どうやって解いたか忘れてしまった。」「覚えていません。」を含め無回答の多さには、正解率の低さ以上に驚かされた。特に正解者の中にもこのような記述があったのには首をかしげる思いである。なお、問8アの「この細胞の値」が何の値を指示するのか分からなかったという記述がいくつかあった。事実、定数や定数値という語句を用いようかと思ったが、そうすると問7のヒントとなること、問題文のつながりを読解させるという趣旨が弱くなることから、敢えてこのような表現をとった。

誤答で最も多かった値は「0.2」で、14名がそのように答えている。これは0.2mol/l ショ糖水溶液に浸したときの体積が1であることより、 $0.2 \times 1 = 0.2$ と答えている。問題文中の「基本と考え」に惑わされたようであるが、[11]直前の「[5] (原形質分離) では」が活かされていない。

次に多かったのが「0」の13名であるが、何故どのように求めたかを書いた生徒は皆無であった。

グラフ 2

連続正解率



その他、求め方が記入されたものは以下の通りである。

$$\text{「0.5」 } 0.2\text{mol/l} \times 1 = 0.4\text{mol/l} \times x$$

これも、 0.2mol/l の体積が1であることを基準にしても求めようとしている。

$$\text{「0.16」 } 0.2 \div 1.25$$

考え方としては、 $0.2\text{mol/l} \times 1 = 1.25\text{mol/l} \times x$ であろう。なお、同様の求め方で「0.152」と記入した計算ミスもあった。

$$\text{「0.27」 } 0.75 : 0.4 = 1.25 : x$$

前問 [10] では反比例と答えていながら比例で求めようとしている。また、これも $x = 0.67$ になり、計算ミスでもある。

また、[11] 無記入とした生徒の回答として、「反比例の関係は覚えていたが、どの数字をどう使うのか分からなかった。」「a, b, cのどれを使うか分からなかった。」とあった。これらについても、これまでの問題文が答を導くために書かれているということに結び付けられず、単に問題の一部という認識が強いように思われる。

そこで、問題文の流れに沿って考えているかどうかを調べるため、問3以降について連続正解率をみたのがグラフ2である。問3正解者121名のうち、問4も正解した者が105名、このうち問5も正解した者が77名、以降問6で34名、問7で32名、問8アで5名、問8イで2名、問9で2名、問10で2名となっている（すなわち、全問正解者は2名）。この人数を、全受験者数（123名）で割ったのが正解率①、前問までの全問正解者数（問4 = $105/121$ 、問5 = $77/105$ …）で割ったのが正解率②である。これをグラフ1と比較してみると次のことが分かる。

問3～問7までは、グラフ1とグラフ2②の形が全く同じであるが、問8以降は後者の方が正解率が高くなっている。特に、問8イでは10倍の40%、問9、問10では100%になっているのが注目される。すなわち、問8アの正解者（5名）のうちの4割

（2名）が問題の趣旨を組みとっていたということである。逆をいうと、そのような生徒が2名しかいないということでもある。

ところで、問8イは問8アと連動している（アを1.25で割った値）はずであるが、そのような生徒は10%であった。最も多かった誤答は「0.16」で、21人が答えている。 $0.2 \div 1.25$ で求めたのであるが、このうち問8アで「0.2」と答えたのは5名のみである。また、「0」と答えたものは13名おり、「水なので0だと思った」と回答している。

なお、50ページの問題を、最初の5行および図4のみにアレンジしたものを3年生の理科系コース生物選択者に解答してもらった。55ページのように化学と関連付けてみごとに正解を導いた者が数名いたことを付記しておく。

4. まとめ

生命現象が化学あるいは数値で表現できることを伝いたいための問題であり、段階を経て誘導尋問的に答えさせる問題であったが、結果は予想以上に低いものであった。根本的には浸透圧という概念そのものが理解されていないことがあげられる。中学卒業すぐということ、「目に見えない、抽象的な概念」のイメージを掴みにくいと思われる。また、問6、問7と問8が全くつながっていないことより、知のネットワークともいえるべきものが形成されず、「できるけど分かっていない」生徒があまりにも多い。アンケート用紙にも、「とにかく計算問題には歯が立ちません」、「何をどうすればよいのかさっぱり分からない」という回答が目につく。

来年度から新学習指導要領を学習した新1年生が入学してくる。本校では新学習指導要領による教育課程のため、生物の履修は2年次になる。抽象的概念の理解力や論理的思考能力が、これまでと比較して理解度がどのようになるかに注目したい。

5. 追記

50ページの問題には、次のような問11が続いていた。

特に、ii)については、ヒントなしで自力で解答できる生徒がどれほどいるかに注目した。

i ; 水分を吸収して破裂した。 正解数110 正解率89% 誤答として「透明だから」, 「色をつけていない」, 「小さすぎる」, 「ちぢむ」が各1。

ii ; 0.17 正解者12 正解率10% 誤答として「0.01」～「78.1」まで40通り。無解答45。

問11 動物細胞では、植物細胞と異なる現象が見られる。

i) ヒトの赤血球をスライドガラスにのせ、水を1滴落してカバーガラスをかけた。これを顕微鏡で観察しようとしたが、赤血球を見ることができなかった。この理由を説明せよ。

ii) ヒトの血液は0.9%食塩水と等張であり、このときの体積を測定したところ、 96fl であった ($f = 10^{-15}$)。次に赤血球をある濃度の食塩水に浸けたところ、半径 $5\ \mu\text{m}$ の球形になった。このときの食塩水の濃度は何%か。円周率 $= 3$ とし、小数第3位を四捨五入して答えよ。 $1\text{fl} = 1\ \mu\text{m}^3$ である。

《ボーナス問題》 f の読み方を知っていますか。

誤答者のうち、解き方を記入したものが19名。このうち、式はたてたが途中の計算ミスによるものが5名、球の体積を求める公式を間違えたものが5名であった。(問題文の数値は、計算しやすいように調整したものであり、実際にはこのようにはならないことをお断りしておく。)

なお、「ヒトの血液は0.9%食塩水と等張であり」、「球形になった」ことから、低張液に浸けたという見当をつけることを願う。すなわち、食塩水濃度 $< 0.9\%$ となるはずであるが、 0.9% 以上の濃度を答え

たものが28名いた。このような値がでた時点で「あれ、おかしい。」と思えるような生物的能力を養いたいものである。

《ボーナス問題》について

定期考査で、時折ボーナス問題を出題することがある。授業中に紹介程度で触れた内容で各自で調べてみて欲しいものを主として、生物および生物に関連する他の分野についての知識を問うものである(過去の例として、「五臓六腑」を知っているだけ書きなさい。」や「今年のノーベル化学賞は誰でしょう。」など)。正解の場合、3点ほどがプラスされ、すなわち、この場合は103点満点となる。

顕微鏡の分解能の関係で μ や n がでてきたとき、「まだまだ小さな単位がありますので、調べてみるのも面白いでしょう。」というように紹介している。今回の正解者は4名であったが、高校1年の1学期終了時ということを考慮すると、少ない人数ではないように思う。

Ⅲ 浸透圧に関する以下の問いに答えよ。

はい、ということで、浸透圧です。実験では、[1] という植物の [2] の細胞を使いました。これは、[3] 色素を含んでいて観察しやすいからです。

0.2mol/l ショ糖液に浸けたとき、図4aのようになりました。このときの細胞を基本と考え、体積を1とします。次に、水および0.4mol/l ショ糖液につけるとそれぞれ、図4b, cのようになりました。それぞれの体積を測定すると、1.25および0.75でした。そこで問題です。水につけた細胞のもつ膨圧（単位=気圧）を求めてください。

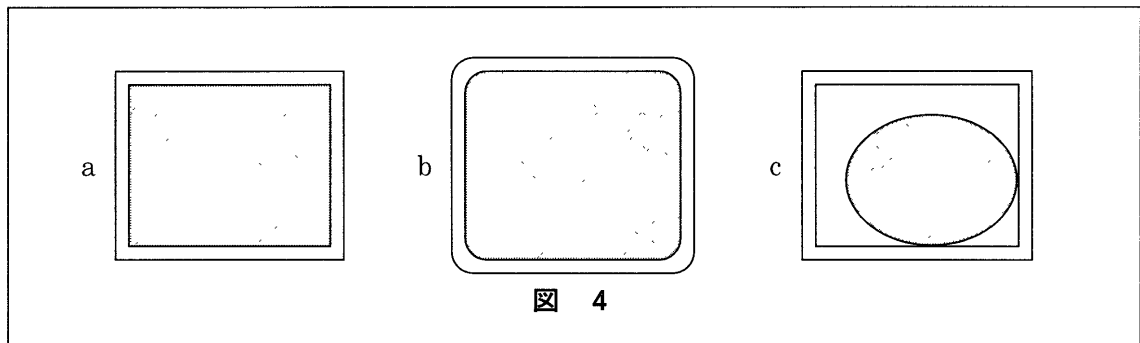


図 4

ショ糖 1 mol/l のもつ浸透圧 = 24 気圧 - ①

細胞内に含まれるショ糖の物質量は一定なので、水につけた細胞中のショ糖濃度を x mol/l とすると、

$$x \times 1.25 = 0.4 \times 0.75$$

$$\therefore x = 0.24 \text{ (mol/l)}$$

また、①より、

$$\pi = 1 \times R T = 24$$

$$\therefore R T = 24$$

よって細胞中の浸透圧は、

$$\begin{aligned} \pi &= 0.24 \times R T \\ &= 5.76 \text{ (atm)} \end{aligned}$$

細胞内において、浸透圧 = 膨圧 なのだから

$$\text{(膨圧)} = 5.76 \text{ (atm)}$$