

第1章 問題の所在と本研究の目的

本などに加えて、テレビやインターネットなどのメディアの発達により、日常生活においてあらゆる情報がグラフとして目に入る機会が増えている。そんななか正しくグラフの情報を読み取り、活用する技能がより求められるようになってきている。また中学校理科などの問題を解いていくうえでも、グラフを活用したり、グラフ正しく読み取ったりすることで現象を理解しやすくなることが多い。

今回は中学校理科で最初にグラフを扱うことになる溶解度の単元において、グラフ活用の技能を高めつつ溶解度の理解も促すことができるような授業方法を提案していく。

第2章 先行研究と本研究の関連

今回主に扱っていくのは比例のグラフと溶解度曲線、棒グラフ、折れ線グラフである。特に溶解度の単元において取り扱うグラフは複合グラフであり、溶解度曲線が飽和量を、棒グラフが溶解量を表している。先行研究である萩野氏らの『中学校1年「溶解度」の学習で用いられる曲線グラフと棒グラフによる複合グラフの読解に関する研究』における、溶解度の単元での複合グラフの読解の実態調査によると、中学生は複合グラフの読解能力が高くないとある。その問題点として、飽和量を表す曲線と溶解量を表す棒グラフの意味合いとデータを取り違えていることが挙げられている。そこで、本研究ではこの問題点を解決するための授業を考える。

第3章 教育現場における取り扱い

3-1 教科書における取り扱い

【溶解度】

学校図書、教育出版、啓林館、大日本図書、東京書籍の5社の教科書における溶解度の定義の違い

学校図書	水 100 g に物質を溶かして飽和水溶液にしたとき、溶けた物質の質量
教育出版	100 g の水に、物質を飽和するまでとかして飽和水溶液としたとき、とけた物質の質量
啓林館	水 100 g に物質をとかにして飽和水溶液にしたとき、とけた溶質の質量(g)の値
大日本図書	一定量の水に溶ける物質の最大の量(普通水 100 g に溶ける物質の質量で表す)
東京書籍	ある物質を 100 g の水に溶かして飽和水溶液にしたときの、溶けた物質の質量

溶解度を用いて実際に実験をすることを想定した場合、溶解度の正しい取り扱いについての定義としてふさわしいのは、

「ある量(g)の、ある溶媒に、ある温度(°C)で溶ける物質(溶質)の最大の量(g)」…① であると考えられる。

なぜなら、溶解度を実際に実験などで用いる際には、どんな状態の何に何が最大でどのくらい溶けるかを知りたいからである。また、この定義①は変数が 4 つあるということになる。

よって今回は大日本図書の定義を一番理想と近いものとして採用し、大日本図書の教科書「新版 理科の世界」を使用して授業を進めていくこととする。

ほかの教科書と違って大日本図書の定義では“一定量の”水に溶ける物質の最大の量としており、溶媒の量を 100 g だと決定していない点が後々グラフの解釈の段階で重要となる。

【グラフ】

大日本図書の教科書「新版 楽しい算数」を用いると、小学校 3 年時に棒グラフ、小学校 4 年時に折れ線グラフ、小学校 6 年時に比例のグラフの作成方法と意味合いを学習することになる。教科書内で、棒グラフは“棒の長さで数の大きさを視覚的に表したグラフ”、折れ線グラフは“棒グラフの頂点を結んだ形になる”、比例のグラフは、“比例の関係を使うと、全部の数を数えなくても、およその数を求めることができる”、“比例する二つの量の関係を表すグラフは、0 の点(原点)を通る直線になる”という記述がみられる。

3-2 学習指導要領における取り扱い

【溶解度】

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説〔理科編〕によると、溶解度に関する取扱いとしては「水溶液から溶質を取り出す実験を行い、その結果を溶解度と関連付けて理解すること。また、『溶解度』については、溶解度曲線にも触れること。」という記述しか見られない。しかし試験等には溶解度に関するグラフの読み取り問題が頻出であるため、グラフ活用の技能を高める必要がある。

第 4 章 授業方法の提案、指導上の留意点の考察

【前段階 1】

溶解度の定義「ある量(g)の、ある溶媒に、ある温度(°C)で溶ける物質(溶質)の最大の量(g)」をおさえたうえで、「様々な物質を様々な温度の様々な量の水に飽和するまで溶かす実験」を行う。この実験で使用する溶媒については水で固定することを告げておく。それによって後々表やグラフを作成する際の変数を 1 つ減らすことができる。

[前段階 2]

表やグラフの作成については小学校ですでに学習済みのため、実験結果を条件ごとに表とグラフにまとめる活動を行う。実験の段階で使用する溶媒を水に固定したことで、変数を1つ減らした表とグラフを作成できる。また、そのことを示すために、固定した条件をグラフ中や表中に表記させる。表の各マスの中は、その条件で溶ける溶質の最大量(溶解度)を示していることになる。

これ以降の[指導]の章では、溶媒を水、溶質を砂糖に固定して実験を行ったとき表1のような結果になったと仮定して話を進めていく。ただしこの結果は授業を進めていくうえでの値であり、事実とは全く異なる。

表 1

温度(°C) 水の量(g)	0	20	40	60	80	100
0	0	0	0	0	0	0
50	10	12	15	20	28	40
100	20	24	30	40	56	80
150	30	36	45	60	84	120
200	40	48	60	80	112	160
250	50	60	75	100	140	200

[指導 1] グラフの意味合い、読み取り方、解釈の仕方

「ある砂糖(溶質)が0°Cの水50gに最大10g溶けるとき、その砂糖(溶質)は0°Cの水100gに最大何g溶けるか」という問いがあったとする。これは捉え方を変えると「0°Cの水50gに最大10g溶ける砂糖(溶質)を、0°Cの水100gに溶かして作った飽和水溶液にはどれくらい砂糖(溶質)が溶けているのか」という問いである(図1)。

この問いを考えるには(図2)のような考え方が有効である。「0°Cの水50gに最大10gまで砂糖(溶質)が溶けている飽和水溶液」が入っているビーカーを基準とし、その同じ条件のビーカーをいくつ用意したかに変換して考える。すると最初の問いでは水の量が基準の2倍になっているので、基準のビーカーを2つ用意したということになり、そこに溶けている砂糖(溶質)の合計は $10\text{g} \times 2(\text{ビーカーの数}) = 20\text{g}$ となる。

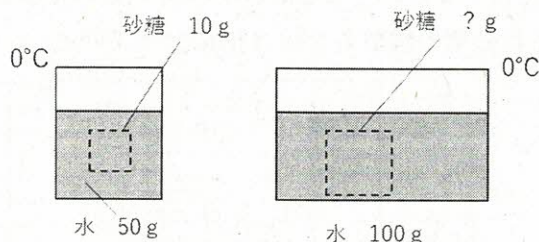


図 1

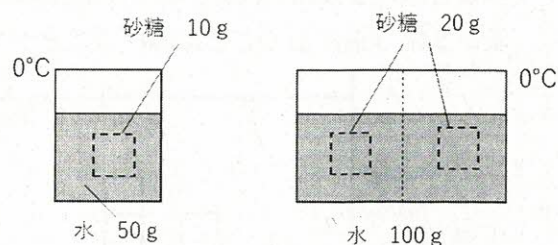


図 2

これは「この砂糖は0°Cの水150gに最大何g溶けるか」という問いに対しても同じで、

水(溶媒)が 3 倍に増えることで結果的にその量の水に溶ける砂糖の合計も 3 倍されることができると考えることができる。このように、ある値(溶媒である水)が 2 倍 3 倍されることでもう一つのそれに関連した値(溶質である砂糖の溶解度)も 2 倍 3 倍される関係を比例という。また水が 0 g のときはもちろん溶けることができる砂糖(溶質)も 0 g になり、これこそ比例のグラフが原点を通る理由であるといえる。

したがって[指導 1]によって、比例とは、ある値が 2 倍 3 倍されることでもう一つのそれに関連した値も 2 倍 3 倍される関係のことであること、温度と溶媒の種類を固定した場合は、水(溶媒)の量と溶ける砂糖(溶質)の最大の量(溶解度)は比例するということ、そしてこの実験結果をプロットして作成したグラフの概形は比例を表すものであるということを生徒に理解させることができる。

[指導 2] グラフ上の直線、プロットの意味合い

グラフの作成においては、縦軸と横軸の該当する位置に点を置き、近似線を引くことで本来の意味を理解せずとも機械的にグラフを作成することができる。これは点と線の関係に則った手順によるものであるが、これだけでは実際に問題を解くときにグラフの線から点の情報を抜き出すことができない。もう少しいろいろな情報の点をつなぐと線になるということを強調したほうが良い。またグラフの捉え方について、溶解度や飽和水蒸気量の単元で扱われるグラフには曲線だけでなく棒グラフも一緒に明記されることが多い。

そこでまずグラフは平面よりも立体のイメージでとらえさせ、Y 軸は高さであり、値は積みあがっていくという認識をさせたほうが良いと考えられる。

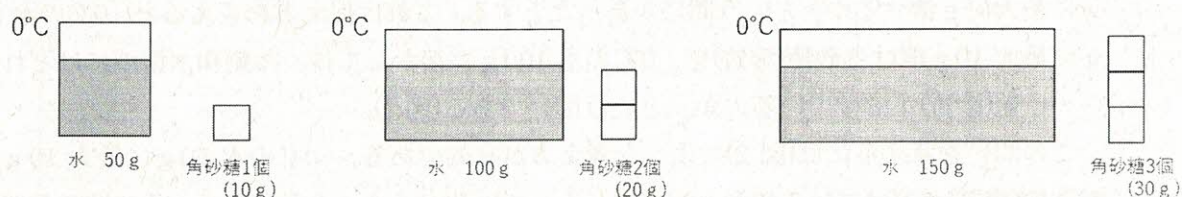


図 3

図 3 は各ビーカーの水の量に対して溶けることができる最大の砂糖の量を、1 個当たり 10g の角砂糖で表現している。[指導 1]により、温度と溶媒の種類を固定した場合は水(溶媒)の量と溶ける砂糖(溶質)の最大の量(溶解度)は比例するということがわかっているのも水の量が 2 倍 3 倍になると溶けることができる角砂糖の個数も 2 倍 3 倍になっている。

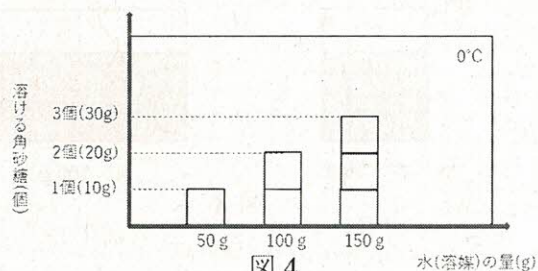


図 4

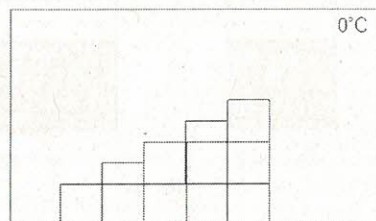


図 5

図3をグラフに配置したものが図4である。これはX軸の上にそのXの値(水の量)に応じた角砂糖を積み上げた様子を側面から観測しているような図になっている。そういった意味でもグラフは平面よりも立体でとらえるほうが良いと考えられる。Y軸は高さであり、値は積みあがっていくという認識である。図4ではまだデータが足りない。実際にはXの値(水の量)が75gのときの値もあれば、125gのときの値もある。それをもう少し埋めたものが図5である。[指導1]より、Xの値(水の量)に応じて積み上げる角砂糖の個数は1.5個と2.5個になる。しかし実際にはもっとたくさんのデータがあるべきであり、それをすべて表記することはできない。そこで登場するのが点である。要は棒グラフにおいては積みあがった角砂糖の最終的な高さがわかればいい。よって各角砂糖の最高点に点を打ったものが図6である。角砂糖の描写をなくしたものが図7、比例関係に従ってデータの数を増やしたものが図8、さらに増やしたものが図9、そして無数の点の集まりによって直線になったものが図10である。これは結果的に表1の縦の列でグラフを作ったことになる。

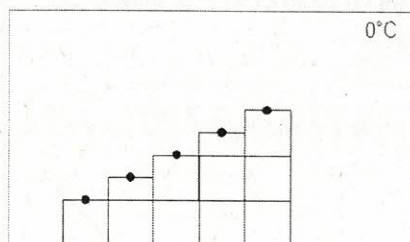


図6

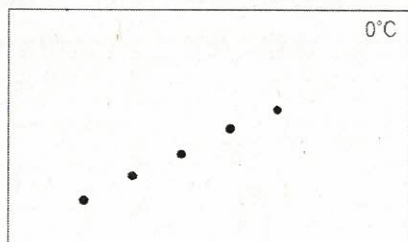


図7

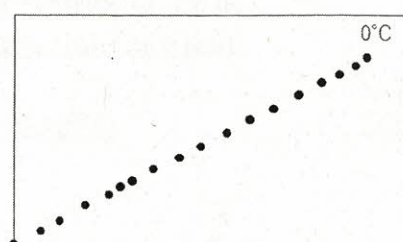


図8

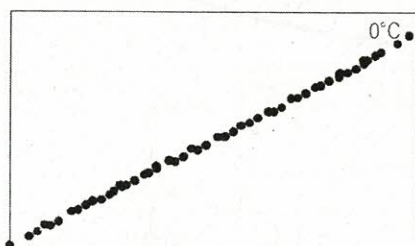


図9

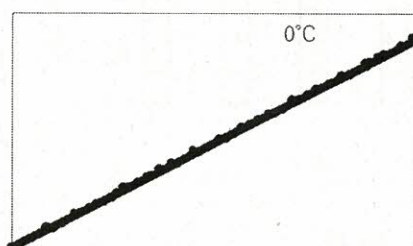


図10

この手順で説明をしていけばなぜ線が点の集まりといえるのかがわかり、逆算的に直線のグラフから各点の情報が引き出せる理由とグラフにおいて点が何を表しているのかを理解させることができる。

前段階1、2によって溶解度の定義と機械的なグラフの作成方法を理解させ、指導1、2によってグラフの見方や意味合い、解釈の仕方をおさえることができる。また、棒グラフや折れ線グラフの成り立ちも含めて、比例のグラフは折れ線グラフが規則的に一直線になったものであり、折れ線グラフは棒グラフの頂点を結んだものであるということを理解させることができる。

[指導 3] 溶解度曲線について

[指導 2]まではグラフのなかでも比例だけを特筆してきた。それは温度と溶媒の種類を固定した場合の溶媒の質量と溶ける溶質の最大量が比例することをもとに説明したからである。しかし溶解度曲線は比例のグラフではないため、グラフ=比例だと思っている生徒は混乱する。なお溶解度におけるグラフでは、飽和量が曲線で構成されているだけでなく、教科書の説明や問題を解く際に溶解量として棒グラフも一緒に表記されている場合が多い。そこでここでは溶解度曲線の作成についても触れていく。

溶解度曲線を作図する条件としては、先ほどと違って溶媒の種類と溶媒の量を固定させる必要がある。変数は温度と溶ける砂糖(溶質)の最大量(溶解度)の2つである。これは表1の横の行でグラフを作ることになる。同じように角砂糖を積み上げる方法で作図したものが図11である。図11から図12に行くにあたっては、温度と溶解度には比例の関係はないので、図12において折れ線グラフで表す。折れ線グラフは棒グラフの頂点を直線で結んだもので、その傾きによって変化のようすがわかりやすいグラフとなっているため、温度と溶解度には規則性がないことを視覚的に説明できる。生徒には、表1にあるデータを使って作図させた後に正解を示して、曲線になることを説明すればよい。

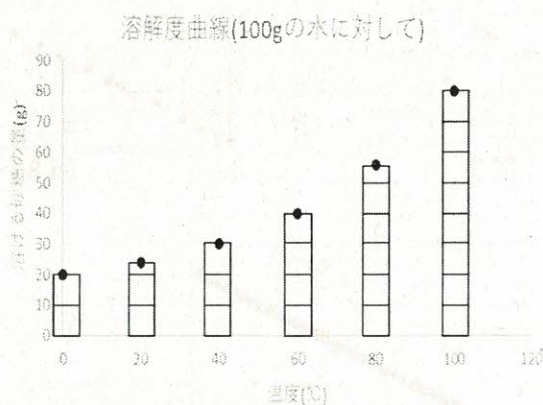


図 11

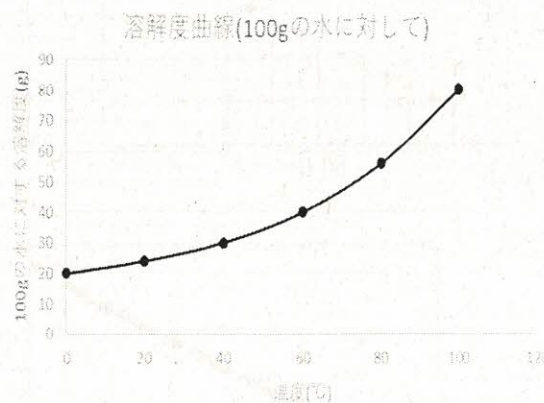


図 12

またこのグラフが原点を通らない理由は、温度と溶解度が比例しないことに加えて、表1からわかるように0℃の水100gにも砂糖がある程度溶けるからである。このことは角砂糖を用いた図11の段階で理解させることができる。溶解度に関する問題を解いていくうえでは複数ある変数をその都度固定し、比例の関係などで数値を合わせていく必要がある。表1を、温度を固定して縦の列でグラフにしたことと、溶媒の質量を固定して横の行でグラフにしたことを説明することで操作と意味が結びつく。また、溶解度曲線を解説させる試験問題では、図13に示すような図が提示されることがある。しかしこの棒グラフは第2章で示したように現在の溶解量を角砂糖で示しているのと同じである。線や点は何を表していたのかを振り返るとデータや意味の取り違えが減ると考えられる。

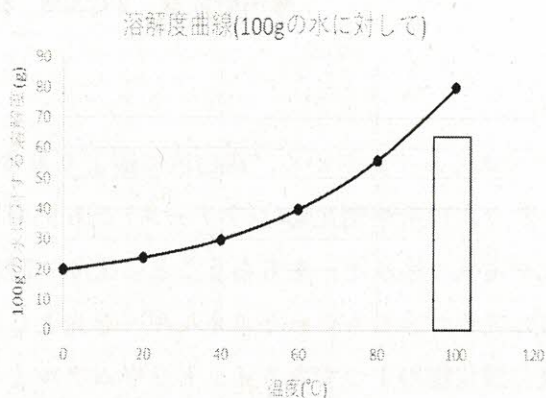


図 13

第5章 まとめと今後の展望

今回は中学校理科で最初にグラフを扱うことになる溶解度の単元において、グラフ活用の技能を高めつつ溶解度の理解も促すことができるような授業方法を考察した。定義をおさえ、すでに学習していたグラフ作成の意味を視覚的なモデルを使いながら説明する方法である。しっかりと知識・技能の定着には時間がかかると思うが、形式的な紹介と機械的な手法の習得にとどめるのではなく、複数変数を持つデータを必要な変数に絞りグラフにすることとグラフが示す意味を説明して実際にグラフを作成させることは、グラフ活用技能の向上に効果的であると考えられる。

この方法では砂糖を例として使用するが、使用するデータは扱いやすいように実際のものとは変えているので、現実に沿った正しい例も考えてみなければならない。また、角砂糖を積み上げる図において縦軸の単位を個数(g)という表記にしている。理想としては個数で視覚的にとらえて、グラフの単位は質量でとらえるというのがスムーズであるが、グラフ作成や読み取りに慣れていない中学生にとっては変換が難しいと考えられる。したがって視覚的、データの的に正しい例をさらに考えていくことが必要である。また、今回は再結晶については全く触れていないので、再結晶を説明する方法もこれから考えていく必要がある。

6章 参考文献

- [1] 学校図書、中学校科学 1 (平成 28 年発行)
- [2] 教育出版、自然の探求中学校理科 1(平成 28 年 3 月発行)
- [3] 啓林館、未来へ広がるサイエンス 1(平成 29 年発行)
- [4] 大日本図書、新版理科の世界 1 (平成 28 年発行)
- [5] 東京書籍、新編新しい科学 1 (平成 28 年発行)
- [6] 大日本図書 新版 たのしい算数 3 年
- [7] 大日本図書 新版 たのしい算数 4 年
- [8] 大日本図書 新版 たのしい算数 6 年
- [9] 萩野伸也、桐生徹、久保田善彦 中学校 1 年「溶解度」の学習で用いられる曲線グラフと棒グラフによる複合グラフの読解に関する研究 (2014)
- [10] 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説〔理科編〕(平成 29 年 7 月)