

高等学校【理科】（理数化学）学習指導案

授 業 者 広島県立祇園北高等学校
教 諭 西 村 由

1 対象クラス

3年1組（39名・普通科理数コース）

2 単元について

(1) 単元の主題（単元名）

理数化学(4)物質の状態と化学平衡

(2) 単元の目標

- ① 溶解の仕組みの基本的な概念や原理・法則について、溶解度を溶解平衡と関連付けて理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けること。
- ② 溶解平衡について、観察、実験などを通して探究し、科学的に考察し、表現すること。
- ③ 溶解平衡に関する事物・現象に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする態度を養うこと。

(3) 単元観

本単元は、高等学校学習指導要領の「理数化学(4)物質の状態と化学平衡」「化学(1)物質の状態と平衡(1)溶液と平衡⑦溶解平衡」に位置付いている。ここでは、溶解の仕組みを理解させるとともに、固体及び気体の溶解度を溶解平衡と関連付けて理解させることがねらいである。

溶媒と溶質の組合せにより溶解のしやすさが異なることを粒子のモデルと関連付けたり、飽和溶液中で溶解平衡が成り立っていることを理解させたりし、溶解の仕組みを活用し、科学的に探究する力を身に付けさせる。また、気体の溶解度についてはヘンリーの法則を扱い、二酸化炭素や酸素の水への溶解を取り上げ、身近な現象との関連に触れ、理科の見方・考え方を働かせて考察する力を育成することを目指す。

(4) 生徒観

生徒は、普通科理数コースに属しており、多くの生徒が、化学的な知識や化学的な思考に興味をもち、授業に対して前向きである。また、3年間クラス替えがないため、生徒同士は、互いの考えを認め合いながら、考えたことを賛否どちらも発言しやすい関係性や、良い方向へまとめるための議論が生まれやすい関係性である。直近の授業アンケートでは「授業内容がわかる＋授業が面白い」50%、「わかる＋面白くない」11%、「わからない＋面白い」31%、「わからない＋面白くない」8%であり、理解度やモチベーションに差がある。

これまでの内容や理数探究などの他の科目の学習の中で、生徒は、科学的に探究する活動を行っているが、得られた知識を活用することが不十分である。また、自ら探究の過程を意識しながら、主体的に探究に取り組むことや、科学的な事象を実社会と結び付けることもあまりできていない。

(5) 指導観

本単元の指導においては、知識を整理し、見方・考え方を働かせて思考・表現活動をさせ、今後の研究活動や社会生活で協働的により良い解決策を導き出せる資質・能力を身に付けさせたい。溶解平衡に関する基礎的な事項を第1時～第4時で学習したのち、第5時では、それらの学習した内容を踏まえた「潜水病」をテーマとしたパフォーマンス課題を行う。その際、科目へのモチベーションに差が出ている集団に対して、知識構成型ジグソー法で、知識を整理して活用し、協働的に活動させるとともに、個に応じた学びに向かわせる授業設計とする。

(6) 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
溶解の仕組みの基本的な概念や原理・法則について、溶解度を溶解平衡と関連付けて理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けている。	溶液と平衡について、協働的な活動などを通して探究し、科学的に考察し、表現している。	溶液と平衡に関する事物・現象に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

(7) 単元の指導計画（5時間）

時	授業の主題	観点別評価			評価規準（評価方法）
		知	思	主	
1	溶解のしくみ、溶解平衡	●			溶媒と溶質の組合せにより、溶解のしやすさが異なることを理解し、飽和溶液中では溶解平衡が成り立っていることを理解している。（行動観察）
2	固体の溶解度			○	自身の体験や日常の事象と固体の溶解度を関連付けるなど、科学的に探究しようとしている。（ワークシート）
3	水和水を含む結晶の溶解度		●		水和水を含む溶液の溶解度の溶解や析出について、他者に表現している。（ワークシート）
4	気体の溶解度	○			自身の体験や日常の事象と気体の溶解度を関連付けて理解している。（ワークシート）
5	潜水病の原因について（本時）		○		潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、科学的に考察し、表現している。（ワークシート）
	定期考査	○	○		定期考査（テスト）

○：評定に用いる評価 ●：指導に生かす評価

3 本時について

(1) 本時の学習課題

潜水病の原因について（ジグソー活動）

(2) 本時の目標

潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、議論しながら協働的に思考活動を行い、科学的に考察し、表現する。

(3) 本時の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
	潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、科学的に考察し、表現している。	

(4) 本時の学習展開

	教師の発問・指示 生徒の学習内容	留意事項	評価規準 (評価方法)
導入 10分	本時の説明をする。 資料を読ませ、事前の問いに取り組ませる。 活動内容（知識構成型ジグソー法）の説明をする。	・事前に資料を配付しておく。 ・問「何が起こったと考えられるか？推理してみよう」について、個人で考えさせ、周囲と共有させる。 ・活動の内容を説明し、各自の課題（エキスパートの課題）に責任をもって取り組むことを伝える。	
展開Ⅰ 10分	エキスパート活動を行わせる。	・資料（A～D）ごとにグループに分ける。 ・個人で、資料を把握させ、各問いに答えさせる。その後、グループで内容を確認させる。	
展開Ⅱ 20分	ジグソー活動を行わせる。 グループで得られた内容を、スライドに記入させる。	・資料（A～D）の内容を把握した生徒が1人ずつ集まって4人グループを作り、各資料の内容を他のメンバーに解説させる。 ・得られた知識を基に、グループで課題の答えを議論させる。 ・協働的な思考活動がうまくいかないグループに対して、各資料のつながりを意識させるなど、ヒントを与えて、支援する。 ・google スライドの該当する部分に記入させる。	
終結	全体共有を行う。	・スライドを基に、各グループの内容を共有し、数グループには説明させる。	

20 分	個人でまとめさせる。 アンケートへの回答や、今後についての指示を出す。	・科学的な説明の仕方に様々な視点があることを確認させる。 ・共有した内容を基に、個人で課題（「Aさんの身に起こったことを、科学的な視点で説明しよう」）に取り組ませる ・ワークシートに記入した内容は、google フォームでも回答させる。 ・個に応じたアフター課題（事後課題）に取り組むことを指示する。	潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、科学的に考察し、表現している。（ワークシート【思】）
---------	---	--	---

(5) 評価の基準

A（十分満足できる）	潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、科学的に考察し、具体的な法則や数値を用いて表現している。 （生徒の記述例）空気の組成は、大まかには窒素：酸素＝4：1で、ほとんどが不活性で呼吸にも使われていない窒素であるが、体に大きな影響を与えることがある。水深30mまで潜ったとき、約$4.0 \times 10^5 \text{Pa}$の圧力がかかっており、血液の溶解度を水と同じとすると、ヘンリーの法則により地上での4倍の物質量の窒素が血液中に溶けていることになる。一気に浮上すると、気体の溶解度は減少、また圧力が低下するので、ボイルの法則により気体の体積は増加する。溶けきれなくなった窒素は気泡となり、体の組織を圧迫したり、血流を悪くしたりする。これにより、めまいやしびれなどが起こった。対処法としては、ゆっくり浮上して、ある程度の深さのところにとどまって、徐々に体内の窒素を排出する。
B（おおむね満足できる）	潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、科学的に考察し、表現している。 （生徒の記述例）潜水したことにより、普段生活しているときに比べて身体の受ける圧力が大きくなり、血液に溶け込む気体の量も増加した。水中から空気中に突然上がると血液中に溶ける量が減り呼吸によって窒素の排出が追いつかなくなって窒素が組織内や血管内で気泡化し、その気泡が血管を詰まらせ、血管内皮細胞を傷害したり神経系や臓器に二次的な障害をもたらしたりする。
C（努力を要する）	潜水病の原因について、既習事項や資料を基に、表現している。 （生徒の記述例）水压と大気圧によって血中の窒素濃度が上昇し、急いで陸に上がった影響で、手にしびれを感じた。

A さんに命の危機が迫った理由は？（化学・ジグソー・共通資料）

A さんは子煩悩なパパである。最近子供がハマっているものは魚である。得意のダイビングで自分が撮影した魚の映像を見せたいと思った。アドバンスドオープンウォータースクーバダイバー(AOW)の資格を持っていて、水深 30m までのダイビングが可能なほどの腕前である。

A さんは「見たことがないような海の映像を撮影して、子供をびっくりさせてやろう！」と、意気揚々とダイビングスポットへ向かった。その日は絶好のダイビング日和で、間違えなく子供が喜ぶような映像もたくさん撮れた。満足感から、早く家に帰って子供に見せたいと思い、急いで陸に上がり、家路を急いだ。

～ 帰宅して、家族で映像を見た。子供はもちろん大喜び ～

満足感と疲れでぐったりして横になっていた A さんは手にしびれを感じるようになった。妻に相談すると、「あなた、ダイビングの講習で師匠に教わったでしょ！」、そしてすぐに 1 1 9 番。救急隊員と病院での適切な処置で、大事には至らなかった。病院では、「場合によっては、意識不明になることもあります。奥さんの対処は適切でした。」と言われた。

A さんはなぜ命の危機にさらされたのか？

問 何が起こったと考えられるか？推理してみよう！

それぞれのヒントをもとに、科学的に謎を解いていこう！

【注意】

- ・自分の役割は責任を持って果たすこと。
- ・わからないことはグループで協力して解決すること。

感想（フォームでも答えてください）

クラス・番号（ ）氏名（ ）

情報共有メモ

資料（ ）

資料（ ）

資料（ ）

課題 A さんの身に起こったことを、科学的な視点で説明しよう！

炭酸飲料水の栓を開けると、ポンと気泡が発生する。これは、圧力が下がると気体の溶解度が一気に小さくなるためである。

温度が一定ならば、「溶媒に溶け込む気体の物質量は、その気体の圧力（分圧）と溶媒の量に比例する」、ヘンリーの法則が成立する。ただし、溶解度の大きな気体（化学的に反応して溶解する場合）、例えば、 HCl や NH_3 では、この法則は成り立たない。

気体の圧力が 2 倍になれば溶け込む気体は 2 倍になり，溶媒の体積が 3 倍になれば溶け込む気体は 3 倍になるということである。よって，気体の圧力を 3 倍にして，溶媒の体積を 5 倍にすると，溶け込む気体の物質量は（ ）倍になるといえる。

窒素 ($N_2=28$) は、 37°C 、 $1.0\times 10^5\text{Pa}$ で水 1.0L に $5.0\times 10^{-4}\text{mol}$ 溶ける。
これを質量にすると、 $28\times 5.0\times 10^{-4}=1.4\times 10^{-2}\text{g}$ (0.014g)、標準状態での体積にすると $22.4\times 5.0\times 10^{-4}=1.12\times 10^{-2}\text{L}$ (11.2mL) となる。

ここで、 37°C 、 $3.2 \times 10^5 \text{Pa}$ で水 5.0L に窒素は（ ） mol 溶けることができる。
これを質量にすると、 0.224g 、標準状態での体積にすると（ ） L となる。

また、私たちの体はほぼ水で、体重 60 キログラムの人では、体重の約 5 分の 3 (60%) で 36L ほどになる。血液量は体重の約 13 分の 1 (8%) と言われており、5L 程度になる。

体内や血液を溶媒と見立てて、モデル化して考えてみるのも面白いかもしれない。

問A 計算し、空欄を埋めよ。また、計算過程を他者に伝えられるように準備せよ。

～空気のはなし～

私達にとって、空気は水とともに当り前の存在である。空気すなわち地球大気の組成は、他の惑星の大気組成と非常に異なっている。以下に示す表は、地球とその両隣に位置する金星と火星、そしてガス惑星の代表である木星の大気組成を示したものである。存在量の多い成分 3 つを順に示している。

各惑星の大気組成（体積比）			
地球，近世，火星，木星の画像 (著作権保護の観点より，加工しています。)			
地球	金星	火星	木星
X (78 %)	CO ₂ (96 %)	CO ₂ (95 %)	H ₂ (93 %)
O ₂ (21 %)	X (3.5 %)	X (2.7 %)	He (7%)
Y (0.9 %)	SO ₂ (0.015 %)	Y (1.6 %)	CH ₄ (0.3 %)

(引用：北海道大学 大学院理学院 宇宙理学専攻 惑星宇宙グループ HP)

化学で、地球大気（空気）の性質について考える際には、 (約 80 %) と 酸素 O₂ (約 20 %) の体積比からなる混合気体として取り扱うことが多い。

問B とに適する物質を化学式で答えよ。また、地上での大気圧が $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ であるとき、の分圧はおよそ何 Pa であるか。

～大気圧・水圧～

天気予報などでは「気圧」という言葉をよく使います。これは、空気から受ける圧力のことで、そこよりも上にある空気の重さと考えてもいいでしょう。ふだんの地上気圧はだいたい1気圧ですが、重さに直すと100キログラム近い値になります。私たちは特に何も感じませんが、実はそのような大きな力を受けています。

また、水中でも深く潜ると水から受ける圧力（水圧）を感じます。まず、水深1mのところにかかる水圧を計算してみよう。

縦横高さがそれぞれ1mの水槽に水を一杯に入れたとします。すると、水の体積は $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m} = 100\text{cm} \times 100\text{cm} \times 100\text{cm} = 100\text{万 cm}^3$ です。1 cm^3 の水は1gですから、水槽に入っている水の重さは100万g、つまり1トン。水圧は、1トン/ m^2 です。

この数字ではピンと来ないので、なじみの「気圧」に直しましょう。するとこれは0.097気圧、だいたい0.1気圧となります。10倍すれば1気圧になるわけですから、10倍の深さ、すなわち深さ10mで受ける水圧が1気圧に相当するということがわかります。

地球大気の高さは1000キロにも及びます。地上気圧がほぼ1気圧であるということは、それだけの高さの空気も、水の重さに直せば深さ10メートルに過ぎない、ということが言えるのです。

ちなみにここまで、『なじみの気圧』と言ってきましたが、みなさんにとっては圧力の単位と言えは「Pa（パスカル）」で表すほうが、なじみがあると思います。次のように換算できます。

$$1\text{気圧} = 760\text{mmHg} = 1013\text{hPa} \div 1.0 \times 10^5\text{Pa}$$

水深10mに潜った様子と、そのときの水圧を示した画像
(著作権保護の観点より、加工しています。)

問C 水深30mでの水圧はおよそ何Paか。

～不活性ガスだからカラダに影響がない？～

呼吸は、「酸素を吸って、二酸化炭素をはく」と小学校から勉強してきました。では、酸素や二酸化炭素が全身に（全身から）運ばれるときには血液という溶媒に、どのように溶けているかを知っていますか？

酸素 O_2

気体が血液に溶解している状態には、物理的溶解（分子のまま状態、ヘンリーの法則に従う）と化学的溶解（血液中の物質と化学的に結合）がある。酸素の物理的溶解は非常に少ないが、化学的溶解では O_2 とヘモグロビンが結合して、たくさんの酸素を血液中に取り込み、運ぶことができる。

二酸化炭素 CO_2

組織で酸素が消費されて、二酸化炭素が生じる。生じた二酸化炭素は血液中に物理的溶解するが、 CO_2 のままではなく、 $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$ となり、血液中に溶けて運ばれる。肺に達すると逆の反応が起こり、体外に放出される。

また、呼吸をするときに酸素だけを吸っているわけではない。吸っている空気の大部分は窒素 N_2 です。不活性ガスと紹介されてきた窒素は、体内で何か影響を与えるのでしょうか？

窒素 N_2

窒素の物理的溶解は非常に少なく（酸素より溶解度は小さい）、化学的溶解もほとんどない。生理的に不活性なガスであり、通常は呼吸によって取り込まれて溶解し、そのまま循環して呼吸によって排出される。

しかし、何らかの理由で呼吸による排出が追いつかない場合には、窒素は組織内や血管内で気泡化します。気泡は、物理的に血管を詰まらせ、組織を圧迫することで障害を起こします。また、気泡は血管内皮細胞を障害したり、血液が固まりやすくなったりするなど血液の流れを阻害し、神経系や臓器に二次的な障害も引き起こすことがある。

問D 酸素、二酸化炭素、窒素それぞれの血液への溶け方の違いを説明せよ。