

過酸化水素水の濃度計算・調製方法と酸素発生に関するWeb自動サービス

芦田 実 埼玉大学教育学部理科教育講座
高原博志 埼玉県立所沢北高等学校(常勤講師)
山川侑実 東京都杉並区立松ノ木小学校
大澤豪人 埼玉県熊谷市立大麻生中学校

キーワード：過酸化水素、濃度計算、希釈・調製、注意事項、酸素の発生

1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ¹⁻⁴⁾を開発している。そのために、化学の質問箱の開設や溶液の濃度計算と調製方法のサービス等⁵⁻¹⁶⁾を開始している。質問箱は閲覧数や質問回数が最盛期を過ぎたが、その他のサービスは利用者がまだ少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために本報告で紹介する。

今、学校では理科離れ¹⁷⁾が進んでいる。その要因として、幼いときの理科的な感動体験が失われつつあること、学校における理科実験の減少により児童・生徒が薬品や器具に触れる体験が減少していること等が挙げられる。さらに、ゆとり教育による授業時間の削減によって理科実験を行う時間の確保が困難になっている現状もある。理科離れを解決するためには、児童・生徒に理科に対する興味・関心をもってもらい必要があり、教員は理科の面白さが子供達に伝わるような授業をつくっていく必要がある。しかし、現在は児童・生徒だけでなく、教員の理科離れも進んでいると言われている。中学校や高校は専科教員がいるので、教員の理科離れは主に小学校で問題になっている。ただし、中学校の理科教員も授業前後の準備・片付けの時間不足、備品や消耗品の不足(自費購入の経験のある教員が7割)、授業時間の不足等の問題を抱え

ている¹⁸⁾。

理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうことが肝要である。本研究室で開発しているホームページでは、理科を苦手に行っている教員の手助けとなるように、また水溶液の調製時間の軽減や効率的な実験準備を可能とするために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)等⁵⁻¹³⁾の自動サービスを行っている。このサービスは、コンピュータが苦手な人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらに、ダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すれば、このプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

前報では、塩化ナトリウム水溶液⁵⁾、酢酸、塩酸、アンモニア水と水酸化ナトリウム水溶液⁶⁾、硝酸と硫酸⁷⁾、9種類の固体無水物の溶解度⁸⁾、二酸化炭素と石灰水⁹⁾、シュウ酸水溶液とシュウ酸ナトリウム水溶液¹⁰⁾、塩化カリウム水溶液と塩化アンモニウム水溶液¹¹⁾、炭酸水素ナトリウム水溶液と炭酸ナトリウム水溶液¹²⁾、ミョウバンとその関連物質の溶解度¹³⁾について報告し、ホームページですでにサービスを開始している。本報告では、小学校6年生の「ものの燃えかた」で扱う酸素を発生させる実験を支援している。酸素は二酸化マンガンに触媒にして過酸化水素水を分解することで得られる。そこで、

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田(埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.09.18

76.35 423.75 500.0 5.0 1.495 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

溶液の質量=508.5 g 溶液の密度=1.017 g/mL

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] か [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

表 25℃におけるH₂O₂の濃度と密度などの関係 (H₂O₂の式量(分子量)=34.01 30.0%を使用して計算)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0板	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図3 Java Appletによる計算例
質量百分率濃度5%の溶液500 mLを調製

力し、空のテキストボックスの真下のボタン(H₂O₂体積等)を押すと、プログラムが自動的に空のテキストボックス全ての数値(必要な市販の過酸化水素水の体積と希釈水(純水)の体積等)を計算して、緑色の文字で表示する(図3)。このとき、押したボタンの真上のテキストボックスに数値が入力されていても、入力されていないものとして扱われるので注意が必要である。例えば、5.432E-1や1.234e5のような指数形式での入力も可能である。ただし、半角E(またはe)の後

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田(埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.09.18

51.07 448.86 500.0 3.364 1.0 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

溶液の質量=505.54 g 溶液の密度=1.011 g/mL

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] か [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

表 25℃におけるH₂O₂の濃度と密度などの関係 (H₂O₂の式量(分子量)=34.01 30.0%を使用して計算)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0板	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図4 Java Appletによる計算例
モル濃度1 mol/Lの溶液500 mLを調製

ろに半角空白を入れるとエラーになる。モル濃度の水溶液を調製したい場合には、質量百分率濃度の代わりにモル濃度(mol/L)に数値を入力してボタン(H₂O₂体積等)を押す(図4)。また、過酸化水素水の体積(mL)と希釈水の体積(mL)に数値を入力してボタン(質量百分率等)を押すと、図3や図4とは逆に、これらを混合した後の濃度を計算することができる(図5)。

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田(埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.09.18

50.0 500.0 550.0 2.997 0.8901 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

溶液の質量=555.5 g 溶液の密度=1.01 g/mL

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] か [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

表 25℃におけるH₂O₂の濃度と密度などの関係 (H₂O₂の式量(分子量)=34.01 30.0%を使用して計算)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0板	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図5 Java Appletによる計算例

過酸化水素水50 mLと純水500 mLを混合した後の濃度を計算

このプログラムは、濃度の計算方法を全く知らない人が使用することを想定しているため、でたらめに操作しても可能な限り動くように考慮している。その1つとして、上述のように2つのテキストボックスに数値を入力すれば計算できるのだが、3つ以上のテキストボックスに数値を入力してもプログラムは動くようにしている。ただし、計算は2つの数値を採用して行う。そのときの優先順位を表1に示す。3つ以上の数値を入力する場合には、採用されなかった数値が計算により変化しない(すなわち、でたらめな数値ではない)ことが望ましい。再び計算する前に、全部の数値または計算値のみを右端のボタンで消去できる。なお、数値を消去せずに、前回の数値の1つを変更してボタンを押

表1 テキストボックスに入力した数値を採用するときの優先順位

優先順位	H ₂ O ₂ 体積(mL)	希釈水体積(mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/L)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

印のテキストボックスに数値を入力し、その他のボタンを押した場合

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田 (埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.09.18

691.9 -192.0 500.0 40.0 13.55 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

溶液の質量=576.0 g 溶液の密度=1.152 g/mL 原液濃度(約30%)を超過

濃度を換算するときは「百分率濃度(%)」か「モル濃度(mol/L)」のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。 市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.991	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図6 Java Appletによる計算例
市販品等の濃度30%を超過した場合

しても、変更した値が採用の優先順位によって元に戻ってしまうことがある。

市販品等の濃度を超過した場合には、赤字で警告を表示するが、計算はできるようにしている(図6)。希釈水体積が負になったのは、市販品等を濃縮しない限り調製できないことを表している。濃度を換算する場合には、質量百分率濃度かモル濃度のうち、どちらか一方のテキストボックスに数値を入力する。そして、数値を入れなかったほうのテキストボックスの真下の

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田 (埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.09.18

--- --- --- 5.0 1.495 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

溶液の質量=0.0 g 溶液の密度=1.017 g/mL

濃度を換算するときは「百分率濃度(%)」か「モル濃度(mol/L)」のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。 市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.991	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図7 Java Appletによる計算例
質量百分率濃度5%をモル濃度1.495 mol/Lに換算

ボタンを押す(図7、図8)。その他、操作を間違えて計算できないときは、エラーが表示される(図9)。例えば、質量百分率濃度とモル濃度の両方のテキストボックスに数値を入力し、その他のテキストボックスの真下のボタンを押してもエラーが表示される(図10)。これらの濃度は密度を介して相互に換算できるため、本質的に同じ物理量(独立変数と従属変数の関係)だからである。計算が終了し5つのテキストボックスに数値が入っている状態で、5つのボタン

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2008.09.18

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

--- 3.364 1.0 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

溶液の質量=0.0 g 溶液の密度=1.011 g/mL

濃度を換算するときは「百分率濃度(%)」か「モル濃度(mol/L)」のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図 8 Java Appletによる計算例
モル濃度 1 mol/Lを質量百分率濃度 3.364 %に換算

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2008.09.18

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

エラー 5 1 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

濃度を換算するときは「百分率濃度(%)」か「モル濃度(mol/L)」のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図 10 Java Appletによる計算例
エラーの表示 2 (濃度を 2 つ入力しても計算不能)

過酸化水素水の作り方 H₂O₂ H₂O₂ 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2008.09.18

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

エラー 5 計算値/消去

H₂O₂体積(mL) 希釈水体積(mL) 溶液体積(mL) 百分率濃度(%) モル濃度(mol/L) 全部消去

濃度を換算するときは「百分率濃度(%)」か「モル濃度(mol/L)」のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。 30% 35% 45% 60% 100% 他

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

※ 溶液密度は計算値です。

図 9 Java Appletによる計算例
エラーの表示 1 (数値が 1 つだけで計算不能)

を適当に押すと、数値がわずかに変化する。これは、表示用に数値を四捨五入したときの誤差と採用の優先順位による計算順序・方法の変化による誤差が原因である。

3. 濃度等の計算方法

ホームページの画面に、以下のような計算方法の解説を載せている。

3-1 酸素の発生量と反応時間

二酸化マンガンMnO₂等を触媒にして、過酸化水素H₂O₂を分解すると酸素O₂を発生する。



過酸化水素水の体積をV(mL)、濃度をW(mass%)、密度をD(g/mL)とする。過酸化水素のモル質量(分子量)をF(=34.01 g/mol)、標準状態における気体1 molの体積をV_s(=22400 mL/mol)とすると、発生する酸素の体積V_o(mL)は次式で計算できる。

$$V_o = VD W V_s / (200F)$$

過酸化水素水の濃度と二酸化マンガンの質量を変数とし、そのときの酸素の発生量と反応時間を測定した。酸素発生量の計算値V_oを表2に示す。実測した体積(約25)は表の値の95%~100%になった。酸素を捕集するときの損失を考慮すると、使用できる量はさらに少なくなる。酸素の発生に要した時間(分解時間、s)と二酸化マンガン(粉末)の質量(mg)の関係を図11、図12および表3に示す。実測値がばらついたので、分解時間はおよその値であるが、二酸化マ

表2 酸素発生量の計算値V₀(mL)

H ₂ O ₂ 濃度 W(mass%)	密度 D(g/mL)	H ₂ O ₂ 体積V(mL)												
		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
3.0	1.01	49.9	99.8	150	200	249	299	399	499	599	698	798	898	998
5.0	1.02	84.0	168	252	336	420	504	672	840	1008	1176	1344	1512	1680
10.0	1.03	170	339	509	678	848	1018	1357	1696	2035	2374	2714	3053	3392

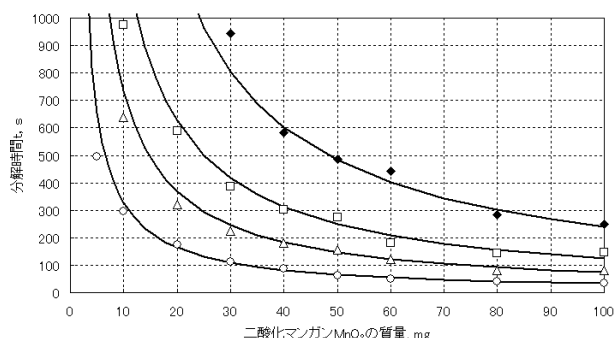


図1 1 酸素発生時間(過酸化水素の分解時間)と二酸化マンガンの質量の関係

過酸化水素水の体積V=10 mL、開始時の水溶液温度 18~19、室温 21~25

反応が完全に終了した時間 過酸化水素水の濃度 : W=3 mass%

反応がほぼ終了した時間 過酸化水素水の濃度 : W=3 mass%、 : W=5 mass%、 : W=10 mass%

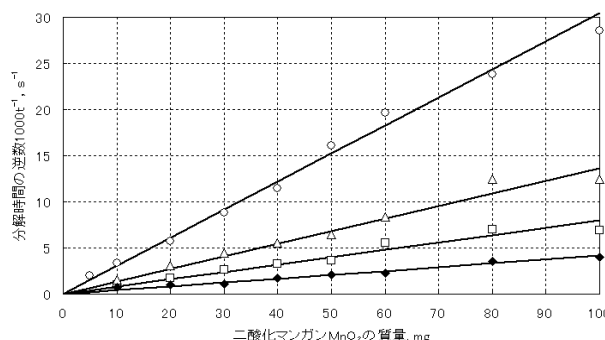


図1 2 酸素発生時間(過酸化水素の分解時間)の逆数と二酸化マンガンの質量の関係

表3 酸素発生時間(s)と二酸化マンガンの質量(mg)の関係

H ₂ O ₂ 濃度 W(%)	MnO ₂ 粉末(mg)									備考
	5	10	20	30	40	50	60	80	100	
3.0	-	1320	1013	944	582	485	441	285	250	反応が完全に終了した時間
3.0	-	974	590	385	302	275	180	143	145	反応がほぼ終了した時間
5.0	-	640	322	225	181	155	120	80	80	
10.0	496	295	174	113	87	62	51	42	35	

H₂O₂体積V=10 mL、開始時の水溶液温度 18~19、室温 21~25

表4 過酸化水素水の密度(比重)D(g/mL)と濃度W(mass%)の関係

W(mass%)	0	1	3	6	10	16	20	26	30	30	30	31	
D計算値	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.06	1.07	1.09	1.11	1.11	1.11	1.11	
D文献値	-	1.0022	1.01	1.0204	1.0351	1.0574	1.0725	1.0959	1.11	1.1122	1.12	1.11	
W(mass%)	33	35	35	40	45	45	50	50	60	70	80	90	100
D計算値	1.12	1.13	1.13	1.15	1.17	1.17	1.20	1.20	1.24	1.29	1.35	1.40	1.46
D文献値	1.11	1.13	1.1327	1.1536	1.17	1.1749	1.1966	1.20	1.24	1.30	-	1.40	1.46

濃度W(mass%)による密度 D(g/mL)の計算式 $D = 0.0000135W^2 + 0.0325W + 1.00$ (図1 3参照)

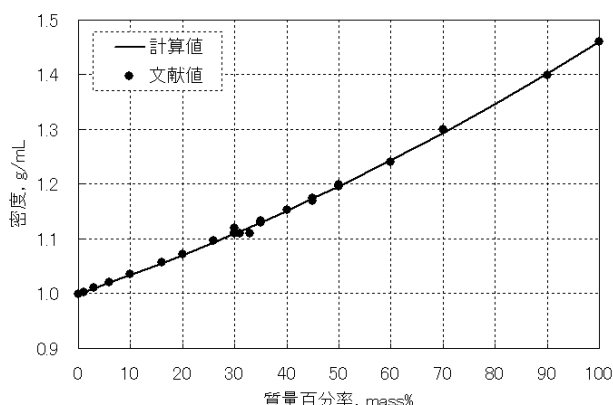


図 1 3 過酸化水素水の密度と濃度の関係

ンガンの質量にほぼ反比例している。なお、触媒作用する表面積を大きくするために、粉末状の二酸化マンガンを使用した。

3-2 過酸化水素水の密度

Java Applet プログラムで使用している過酸化水素水の密度と濃度の関係を図 1 3 と表 4 に示す。化学便覧にデータが記載されていないため、理科年表^{2,2)}および市販品のカタログ等^{2,3-2,9)}から密度や比重のデータを集めた。

3-3 濃度の計算方法

市販の過酸化水素水(過酸化水素の濃厚水溶液)の質量百分率濃度と密度を W_c (mass%)と D_c (g/mL)、市販品から分取した体積を V_A (mL)、その中に溶けている過酸化水素の質量を M_A (g)、希釈水の体積を V_B (mL)とする。希釈後の水溶液の質量と体積を M (g)と V (mL)、密度を D (g/mL)、質量百分率濃度を W (mass%)、モル濃度を C (mol/L)、溶液体積 / 希釈水体積を Q とする。さらに、水の全部の質量を M_B (g)、過酸化水素の式量を F (g/mol)とすると、次式のような関係がある。

$$M_A = V_A D_c W_c / 100, \quad W = 100 M_A / M,$$

$$M_B = V_B + V_A D_c (100 - W_c) / 100,$$

$$M = M_A + M_B = V_A D_c + V_B = V D, \quad Q = V / V_B,$$

$$C = 1000 M_A / F V, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができる。濃度から密度を求めたり、溶液体積 / 希釈水体積から濃度を求めるときはプログラム中の表(表 5、表 6)を使う。

4 . 調製方法と注意事項

ホームページの画面に、以下のような具体的な調製方法と安全のための注意事項を載せている。また、主な実験器具の写真と使用方法等も載せている。



図 1 4 メスシリンダー

4-1 調製方法

- ・必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておく。
- ・作成したい容量がはかれるメスシリンダー(たとえば350 mLを作成するなら500 mL、図 1 4)で蒸留水をはかりとり、ビーカーに移す。
- ・別のメスシリンダーで市販の過酸化水素水をはかりとり、上のビーカーに少しずつよくかき混ぜながら加えていく。
- ・必要ならば、試薬ビンに移して保管する。試薬名、濃度、作成日、作成者等を書いたラベル

表5 25 におけるH₂O₂の濃度と密度等の関係(市販品等の濃度30 mass%の場合)

百分率濃度(%)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5
モル濃度(mol/L)	0.0000	0.2950	0.5919	0.8908	1.192	1.495	3.040	4.639	6.295	8.010	8.891
溶液密度(g/mL)	1.000	1.003	1.007	1.010	1.013	1.017	1.034	1.052	1.070	1.090	1.100
溶液 / 希釈水	1.000	1.031	1.064	1.100	1.139	1.180	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913
百分率濃度(%)	30.0	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	
モル濃度(mol/L)	9.788	9.788	10.702	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	
溶液密度(g/mL)	1.110	1.110	1.120	1.130	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	
溶液 / 希釈水	9000	-9000	-10.715	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	
百分率濃度(%)	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	70.0	75.0	80.0			
モル濃度(mol/L)	19.723	20.821	21.939	23.079	24.240	26.626	29.102	31.671			
溶液密度(g/mL)	1.220	1.232	1.244	1.256	1.268	1.294	1.320	1.346			
溶液 / 希釈水	-0.9839	-0.8858	-0.8041	-0.7350	-0.6758	-0.5798	-0.5052	-0.4456			
百分率濃度(%)	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0						
モル濃度(mol/L)	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929						
溶液密度(g/mL)	1.374	1.402	1.431	1.445	1.460						
溶液 / 希釈水	-0.3970	-0.3567	-0.3226	-0.3075	-0.2935						

表6 溶液 / 希釈水の値Qの市販品濃度による変化

百分率濃度(%)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5
市販品濃度 35 %	1.000	1.026	1.054	1.083	1.114	1.148	1.354	1.664	2.180	3.212	4.244
市販品濃度 45 %	1.000	1.019	1.040	1.061	1.083	1.107	1.244	1.426	1.682	2.065	2.339
市販品濃度 60 %	1.000	1.014	1.028	1.042	1.057	1.073	1.161	1.268	1.401	1.573	1.679
市販品濃度100 %	1.000	1.007	1.014	1.021	1.028	1.035	1.075	1.119	1.168	1.224	1.254
百分率濃度(%)	30.0	30.0	32.5	35.0	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	45.0	
市販品濃度 35 %	6.308	6.308	12.501	9000	-9000	-12.271	-6.078	-4.014	-2.982	-2.982	
市販品濃度 45 %	2.704	2.704	3.215	3.981	3.981	5.259	7.815	15.484	9000	-9000	
市販品濃度 60 %	1.802	1.802	1.948	2.123	2.123	2.337	2.605	2.949	3.408	3.408	
市販品濃度100 %	1.287	1.287	1.323	1.361	1.361	1.402	1.447	1.496	1.549	1.549	
百分率濃度(%)	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	60.0	62.5	65.0			
市販品濃度 35 %	-2.363	-1.951	-1.435	-1.263	-1.126	-1.126	-1.013	-0.9199			
市販品濃度 45 %	-15.192	-7.524	-3.690	-2.923	-2.412	-2.412	-2.048	-1.774			
市販品濃度 60 %	4.051	5.016	9.839	19.488	9000	-9000	-19.110	-9.462			
市販品濃度100 %	1.608	1.672	1.822	1.911	2.010	2.010	2.123	2.253			
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0			
市販品濃度 35 %	-0.7730	-0.6630	-0.5777	-0.5095	-0.4539	-0.4078	-0.3875	-0.3688			
市販品濃度 45 %	-1.391	-1.137	-0.9549	-0.8189	-0.7133	-0.6291	-0.5931	-0.5604			
市販品濃度 60 %	-4.638	-3.031	-2.228	-1.747	-1.427	-1.198	-1.107	-1.027			
市販品濃度100 %	2.577	3.031	3.714	4.853	7.133	13.980	27.678	9000			

市販品濃度30 %については表5を参照

を付ける。

4-2 注意事項

- ・市販の過酸化水素水は劇物で、毒性・腐食性と酸化性がある。高濃度のものが皮膚に付くと、白斑を生じて痛む。過酸化水素水が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに多量の水で洗い流す。
- ・過酸化水素水は、金属粉末やアルカリおよび酸化されやすい有機物によって分解され、酸素を発生し発熱する。可燃物と混合すると発火させることがある。これらの物質と混ざらないように注意し、冷暗所に保管する。
- ・市販品の濃度は30.0 % ~ 35.5 %である。正確な濃度が必要な場合には、濃度がわかっている酸化剤で滴定して、正確な濃度を決定する。

5 . 使用したソフトウェア

開発に使用したOSはMicrosoft社のWindows XP Professionalである。さらに、Microsoft社のWindows 98、2000 Professional、ME、XP home edition、Vista Home Premiumで動作確認を行っている。Java Appletは多くの書籍³⁰⁻³⁵⁾を参考にして、Borland社のJBuilder 6 Professional、2005 Developerで作成し、フリーソフトウェアFFFTP 1.88³⁶⁾でサーバーにアップロードした。HTMLファイルはIBM社のホームページ・ビルダー 11^{37、38)}、またはマクロメディア(株)のDreamweaver MX³⁹⁾で編集・作成した。

6 . おわりに

埼玉大学および教育学部のサーバーだけでなく、学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した¹⁻⁴⁾。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後もさらに、計算できる水溶液の種類を増やし、サービスを充実していく。

謝辞

本研究は科学研究費(基盤研究(B)、課題番号21300288)の助成を受けたものである。

参考文献等(URLは全て2011年4月23日時点)

- 1) <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- 2) <http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/>
- 3) <http://www.geocities.jp/ashidabk1/>
- 4) <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>
- 5) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化ナトリウム水溶液 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第7巻第1号(通巻12号)、採録番号7-5(2003) URL <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/cejrnl.html>(以下同様)
- 6) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 酢酸水溶液、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第8巻第1号(通巻14号)、採録番号8-3(2004)
- 7) Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol.9, No.2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006
- 8) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 固体無水物の溶解度 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第10巻第1号(通巻18号)、採録番号10-2(2007)
- 9) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 二酸化炭素と石灰水 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第10巻第1号(通巻18号)、採録番号10-3(2007)
- 10) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - シュウ

- 酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第11巻第1号(通巻20号)、採録番号11-4(2008)
- 11) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化カリウム水溶液および塩化アンモニウム水溶液 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第12巻第2号(通巻23号)、採録番号12-8(2009)
- 12) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 炭酸水素ナトリウム水溶液および炭酸ナトリウム水溶液 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第12巻第2号(通巻23号)、採録番号12-9(2009)
- 13) 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - ミョウバンとその関連物質の溶解度 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第12巻第2号(通巻23号)、採録番号12-10(2009)
- 14) 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス - 酸・塩基滴定 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第10巻第1号(通巻18号)、採録番号10-4(2007)
- 15) 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス - 混合滴定 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第11巻第1号(通巻20号)、採録番号11-5(2008)
- 16) 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス - 酸化・還元滴定 - 』化学教育ジャーナル(CEJ)、第11巻第1号(通巻20号)、採録番号11-6(2008)
- 17) 増田貴司『「理科離れ」解消のために何が必要か』TBR産業経済の論点、東レ経営研究所(2007)
- 18)『平成20年度中学校理科教師実態調査集計結果』科学技術振興機構理科教育支援センター・国立教育政策研究所教育課程研究センター(2008)
- 19) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/ascntlog.cgi> (2011年 4月 28日提出)
- 20) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>
- 21) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgmap/apadj012.html>
- 22) 国立天文台編『理科年表平成21年(机上版)』374頁、丸善(株)(2009)
- 23) <http://www.nihs.go.jp/ICSC/icssj-c/icss0164c.html>
- 24) <http://www.osaka-c.ed.jp/kak/rika1/subj2-db/db-ka.htm#i1>
- 25) <http://stableisotope.tn-sanso.co.jp/sihome/msds/img/TNI00157.pdf>
- 26) <http://www.mgc.co.jp/seihin/pdf/45kasankasuiso.pdf>
- 27) <http://www.mgc.co.jp/seihin/pdf/60kasankasuiso.pdf>
- 28) http://www.peroxide.co.jp/products/product1_2.html
- 29) <http://www.kagakukan.sendai-c.ed.jp/yakuhin/yak/025.htm>
- 30) 高橋和也ほか『Java逆引き大全500の極意』(株)秀和システム(2002)
- 31) 田中秀治『Jbuilder5で入門! Javaプログラミング』ソーテック社(2001)
- 32) 松浦健一郎、司ゆき『はじめてのJBuilder 6』ソフトバンク(株)(2002)
- 33) 赤間世紀『Java2による数値計算』技報堂出版(株)(1999)
- 34) 青野雅樹『Javaで学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)
- 35) 中山茂『Java2グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)
- 36) <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>
- 37)『ホームページ・ビルダー2001ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)
- 38) アンク『HTMLタグ辞典』翔泳社(2000)
- 39)『Dreamweaver MXファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)
- (2011年 5月 20日受理)

Web Automatic Service of Calculating Data and for the Preparation of Hydrogen Peroxide Solution and for the Production of Oxygen

ASHIDA, Minoru

Faculty of Education, Saitama University

TAKAHARA, Hiroshi

Saitama Prefectural Tokorozawakita High School

YAMAKAWA, Yumi

Suginami Municipal Matsunoki Elementary School

OSAWA, Takehito

Kumagaya Municipal Oasou Junior High School

Abstract

Dislike of science is now spreading over students and even teachers in Japanese elementary schools. It seems that interest in science (chemistry) may often be generated through experiments. Therefore, we started an automatic service in the homepage of our chemical laboratory on how to prepare aqueous solutions (calculating concentrations and preparation methods) which are the bases of some chemical experiment, in order to reduce dislike of science and to do various experiments using solutions prepared by teachers in elementary schools. Even a person who has no background in computers can use it anytime when it is necessary. Furthermore, we started a download service, so you can carry out this program even in a PC (offline) if you download a compressed file and extract it. On previous reports, we discussed about sodium chloride aqueous solution, sodium hydroxide aqueous solution, hydrochloric acid, ammonia water, acetic acid aqueous solution, nitric acid aqueous solution, sulfuric acid aqueous solution, solubilities of solid anhydrates, carbon dioxide and lime water, oxalic acid aqueous solution, sodium oxalate aqueous solution, potassium chloride aqueous solution, ammonium chloride aqueous solution, sodium hydrogencarbonate aqueous solution, sodium carbonate aqueous solution, solubilities of alums and related substances, and already started service in the homepage. In this report, we have developed the program for the preparation of hydrogen peroxide aqueous solution and for the production of oxygen.

Key Words : Hydrogen peroxide, Calculating concentration, Dilution and/or preparation, Precaution, Production of oxygen