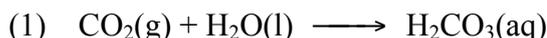


酸性雨

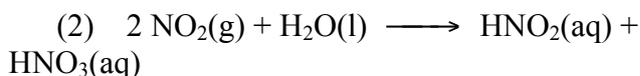
この実験では、酸性雨で観測される四種類の酸の生成を体験する：

- 炭酸, H_2CO_3
- 亜硝酸, HNO_2
- 硝酸, HNO_3
- 亜硫酸, H_2SO_3

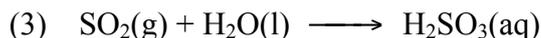
炭酸は、汚染されていない大気中の雨粒に二酸化炭素が溶けることによって生じる：



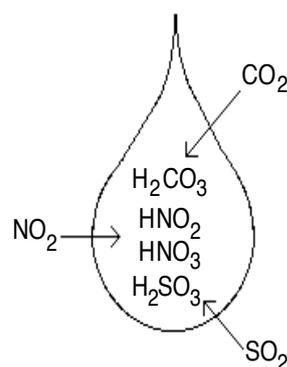
亜硝酸と硝酸は、一般的な大気汚染物質の二酸化窒素 (NO_2) から生じる。大気中の二酸化窒素の大部分は、自動車の排気ガスとして生成される。二酸化窒素が雨粒に溶けて、亜硝酸と硝酸を形成する：



亜硫酸は、もう一つの大気汚染物質である二酸化硫黄 (SO_2) から生成される。大気中の多くの二酸化硫黄は、硫黄不純物を含む石炭を燃焼することによって生じている。二酸化硫黄が雨粒に溶けて、亜硫酸を形成する：



下に示した手順に従って、初めに三種類のガスを発生させる。その後、発生させた気体をぶくぶくと水の中を通して、酸性雨で観測される酸を生成する。水の酸性度は、pHセンサーによって監視される。



準備

グラフ電卓 (TI-84 Plus)
EasyDataソフトウェア
LabPro
バーニアpHセンサー
蒸留水 (ポリ滴瓶入り)
ビーカー (100 mL)
試験管 (20 x 150 mm)
リングスタンド

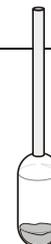
亜硝酸ナトリウム (NaNO_2) (固体)
炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) (固体)
亜硫酸水素ナトリウム (NaHSO_3) (固体)
1 塩酸入りベローズピペット (HCl , 1.0 M)
3 ベローズピペット (枝の長さ2 cm)
3 ベローズピペット (枝の長さ15 cm)
万能クランプ
水道水

手順

1. 実験用ゴーグルをかける。
2. 2cmの枝付きベローズ・ピペット2cm (3本) と15cmの枝付きベローズ・ピペット15cm (3本) を受け取る。2cmの枝付きピペットに、実験試薬 (固体) の薬品名を化学式で書く (NaNO_2 , NaHCO_3 , NaHSO_3)。15cmの枝付きピペットに、発生させて集める気体, CO_2 , NO_2 , SO_2 の名前をそれぞれ書く。ピペットを支持するために100mLビーカーを利用する。

Experiment 22

3. 固体（粉末）の炭酸水素ナトリウム（ NaHCO_3 ）の入ったビーカーを指導者から受け取る． NaHCO_3 とラベルの付いたピペットの球部を絞って空気を押し出し，固体の NaHCO_3 の中にピペットの開いた口を入れる．球部を離すと，固体の NaHCO_3 がピペットの中に吸い込まれる．図1に示したように，ピペットの球部の下半分を満たすまで薬品を吸い込む．



4. 手順3の作業を繰り返して，固体の亜硝酸ナトリウム（ NaNO_2 ）と亜硫酸水素ナトリウム（ NaHSO_3 ）をそれぞれのラベルの付いたローズ・ピペットに吸い込む．**注意：**これらの固体は有害なので，口や鼻で吸い込まないようにする．

図 1

5. 濃度1.0Mの塩酸（ HCl ）が入ったベローズ・ピペットを指導者から受け取る．**注意：**塩酸は強酸なので，塩酸がこぼれないように，ピペットの枝を上に向けて，緩く支える．塩酸の入ったピペットの細い枝を，図2に示したように固体の炭酸水素ナトリウム（ NaHCO_3 ）が入っているピペットの太い枝に挿入する．塩酸のピペットを緩く絞って，塩酸を20滴ほど，固体の NaHCO_3 に加える．塩酸を注ぎ終わったら，塩酸のピペットを取り除く．塩酸と炭酸水素ナトリウムの入ったピペットをゆっくりと振る．このピペットの中には，二酸化炭素（ CO_2 ）が発生している．発生した気体が漏れないように，枝が上を向けて100mLビーカーの中に置く．



6. 固体の亜硫酸水素ナトリウム（ NaHSO_3 ）が入っているピペットに，塩酸を手順5のやり方で同量注ぐ．塩酸と亜硫酸水素ナトリウムの入ったピペットをゆっくりと振る．このピペットの中には，二酸化硫黄が発生している．



図2

7. 固体の亜硝酸ナトリウム（ NaNO_2 ）が入っているピペットに，塩酸を手順5のやり方で同量注ぐ．塩酸と亜硝酸ナトリウムの入ったピペットをゆっくりと振る．このピペットの中には，二酸化窒素が発生している．ここまでの手順が終了したら，塩酸を指導者に戻す．気体を発生させた三種類のピペットは，手順10まで100mLビーカーに置いておく．

8. グラフ電卓とLabProを接続し，グラフ電卓の電源を入れる．LabProのアナログポートのチャンネル1（CH1）にpHセンサーを接続する．



9. 万能クランプを用いて20 x 150 mmの試験管をリングスタンドに固定する．試験管に水道水を4mL注ぐ．pHセンサーを，pHセンサー保存液から取り出し，センサー部分を蒸留水で簡単に洗浄して，センサーを試験管の水道水の中に入れる．

10. 二酸化炭素と書かれた長い枝のピペットの球部から全ての空気を絞り出す．球部を完全に潰した状態でピペットの長い枝を，図3に示されたように炭酸水素ナトリウム（ NaHCO_3 ）と書かれた気体が発生しているピペットに挿入する．この時，長い枝のピペットの先端部分が，気体が発生しているピペットの液体よりも上にあるようにする．球部を離して，圧力を下げ，気体が吸い込まれるようにする．枝の長い方のピペットと気体の発生しているピペットを100mLビーカーに置いておく．



図3

11. 手順10の作業を亜硝酸ナトリウム（ NaNO_2 ）と二酸化窒素（ NO_2 ）とラベルの付いたピペットを用いて繰り返して行う．

12. 手順10の作業を亜硫酸ナトリウム（ NaHSO_3 ）と二酸化硫黄（ SO_2 ）とラベルの付いたピペットを用いて繰り返して行う．

13. グラフ電卓とLabProによるデータ取得の準備をする．

a. ソフトウェア「EasyData」を起動する．

b. EasyDataの起動画面の [File] タブから，**New** を選択して，データをリセットする．

14. 二酸化炭素とラベルの付いたピペットの長い枝部分を、図4に示したように試験管の水の底にその先が届くように、試験管のpHセンサーの脇から挿入する。
15. EasyDataの **[Start]** タブを選択して、データの記録を開始する。15秒経ったところで、ソフトにピペットの球部を緩く絞り、二酸化炭素の泡をゆっくりと液体の中を通過させる。球部に入っている気体を全て排出するために両手で絞る。2分後にデータの取得を止める。重要：データの取得を2分以内に中止しない。
16. 表示されるpHの時間変化を確認する。画面上でカーソルを右から左に移動すると、それぞれのデータの時間 (x) をpH (y) の値がグラフ上に表示される。最初のpHの値 (二酸化炭素を注入する前の値) を決定して、その値を記録する。そして、最後のpHの値 (二酸化炭素の注入後、安定したpHの値) を決定して、その値を記録する。pHの値は、小数点第二位 (0.01 pH 単位) まで、四捨五入して記録する。
17. 最初の実験データを保存して、後で利用できるようにする。そのために次の作業を行う：
 - a. EasyData の **[Main]** タブを選択して、メイン画面に戻る。
 - b. EasyData の **[File]** タブを選択し、その後 **Store Run** を選択する。
 - c. EasyData の **[OK]** タブを選択し、最新のデータを保存して、リスト3と4 (L3とL4) を上書きする。
18. 蒸留水でpHセンサーをよく洗浄し、センサーをpHセンサー保存液に戻す。指導者の指示に従って、試験管の液体を廃棄する。試験管を水道水でよく洗浄し、4mLの水道水を試験管に入れる。そして、pHセンサーを試験管に入れる。入力ディスプレイに表示される水道水のpHの値が、実験最初の値と同様になっていることを確認する。もしも、値に差があれば試験管を再びよく洗浄する。
19. 試験気体を二酸化窒素 (NO_2) として、手順15–18の作業を繰り返す。注意：EasyDataの **[Start]** を選択し、**[OK]** を選択して、最後のデータへの上書きを了解して、記録を開始する。
20. 試験気体を二酸化硫黄 (SO_2) として、手順15–16の作業を繰り返す。重要：この実験は、最初の2回の実験のように保存することはしない。手順16までの作業が終了したら、手順21に直接進む。
21. 実験が終了したら、蒸留水でpHセンサーをよく洗浄し、センサーをpHセンサー保存液に戻す。そして、指導者に指示された場所に実験で使用した6本のベローズピペットを戻す。
22. 3種類の実験におけるpHの時間変化をグラフとして見るために、次の作業を行う：
 - a. EasyDataの **[Adv]** を選択し、次に**L2**、**L3とL4 vs L1**を選択する。
 - b. 3種類のpHの測定実験全ての結果が1つのグラフに表示される。二酸化炭素 (CO_2) のそれぞれデータは、グラフで「+」マークで表示される。二酸化窒素 (NO_2) は、「□」マークで表示される (太い線に見える)。二酸化硫黄は、マークなしで表示される (細い線に見える)。
23. (オプション) 手順22で表示されたグラフを印刷する。それぞれの実験には、「 CO_2 」、「 NO_2 」あるいは「 SO_2 」というラベルが付く。

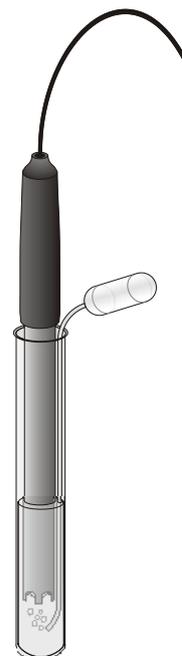


図 4

データ処理

1. 三種類の気体毎に、最後のpHの値から最初のpHの値を差し引いてpHの変化量 (ΔpH) を算出する。そして、その結果をデータ表に記入する。
2. この実験で、どの気体が一番小さなpHの変化を示したか？
3. この実験で、どの気体が一番大きなpHの変化を示したか？
4. モンタナ州やワイオミング州など、アメリカ西部の州から産出する石炭は、アメリカの東部の州から産出する石炭よりも硫黄不純物を含む割合が小さいと知られている。硫黄含有量の少ない石炭の燃焼は、降水の酸性度の度合いをどの程度下げるのであろうか？気体や酸に関する具体的なデータを基にこの問いに答えなさい。
5. 自動車のエンジンの高温が、大気中の酸素と窒素を結合させて窒素酸化物を生成する。自動車の排気ガスに含まれる窒素酸化物が原因である酸性雨で観測される2種類の酸は何か？
6. この実験で生成された酸の中から、汚染されていない大気における降水のpH値を7以下（最小でpH5.6）にする気体を答えよ。
7. 普通、実際の降水の酸性度の度合い（pH）は、この実験で観測された酸性度の度合いよりも低く（pHが大きく）なっているのは何故か？アメリカで観測される降水のpHの値は、一般的に4.5～6.0の範囲である。

データ表

気体	初期値 (pH)	最終値 (pH)	変化量 (ΔpH)
二酸化炭素 (CO_2)			
二酸化窒素 (NO_2)			
二酸化硫黄 (SO_2)			

出典

Dan D. Holmquist, Jack Randall and Donald L. Volz, " Chemistry with Vernier", MEASYRE.ANALYZE.LEARN™., 2009.

評価版のダウンロード先 : http://www.vernier.com/files/sample_labs/CWV-22-COMP-acid_rain.pdf

注意

この資料には次の事項が含まれていない :

- 安全に関する情報
- 指導者のための基本情報
- 学習指導要領（教育カリキュラム）との関係に関する情報

- ・実験を成功させるための留意点