

吸着剤の発熱量に関する研究 Part II

磐田市立神明中学校
3年 上川 拳司

1. 動機

昨年は、吸着剤（活性炭、バーミキュライト、天然ゼオライト）と、身の回りで簡単に入手できる液体（水、無水エタノール、グリセリン、食用菜種油、食酢）を接触させて、吸着熱の大きさを、温度の変化より研究した。活性炭と食用菜種油との組合せで、最大 46℃の温度変化を確認し、吸着熱の作用に驚き、興味を持った。今年は、食品の包などに使われている吸着剤（吸湿剤）を使って、吸着熱による発熱の起こり方を研究し、この熱の活用方法について考えてみようと思った。

また、昨年は、実験を中心に行っており、吸着のメカニズムの理解が不十分であったため、吸着についても学びながら、研究をしたいと考えた。

＜事前調査＞

「実験に使う吸着剤（吸湿剤）の調査」

実験に使う吸湿剤の選ぶために、身の回りの食品、日用品を調査した。調査結果を表1に示す。シリカゲル、生石灰、塩化カルシウムが簡単に入手できることがわかり、この3つを実験で使うことにした。

吸着剤の種類	使用用途	形状
シリカゲル	食品の乾燥剤 クッキー、煎餅等	半透明の青い粒
塩化カルシウム	衣類の除湿剤	白い粒
生石灰	食品の乾燥剤 海苔等	白い粒

表1 身の回りの吸着剤

2. 実験方法

実験1 シリカゲルを用いた実験

シリカゲル 50g に水、無水エタノール、グリセリン、食用菜種油、食用酢をそれぞれ 50ml 加え、初めの 10 分間は、30 秒間隔で温度を測定し、その後は 5 分間隔で温度を測定し合計して 30 分間の温度変化を観察した。

実験2 塩化カルシウムを用いた実験

実験1と同じように塩化カルシウム 50g に水、無水エタノール、グリセリン、食用菜種油、食用酢を加え、30 分間の温度変化を観察した。

実験3 生石灰を用いた実験

生石灰が水に触れると、激しく発熱することをテレビ等で知っていた。安全を考えて量を 1/5 に減らして実験した。

生石灰 10g に水、無水エタノール、グリセリン、食用菜種油、食用酢を各 10ml 加え、30 分間の温度変化を観察した。

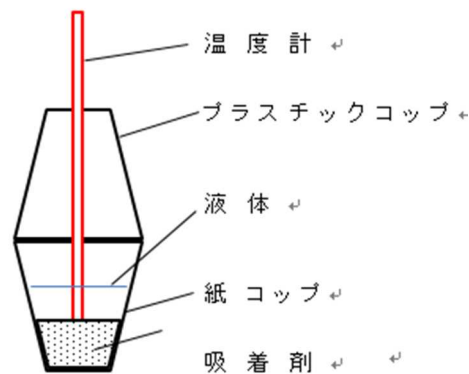


図1 実験の様子 測定方法

2. 実験の結果と考察

実験 1

シリカゲルの発熱の高さは、無水エタノール>水>グリセリン>食用酢>食用菜種油の順であった。結果を表3と図2に示す。

予想と異なり、シリカゲルと無水エタノールとの発熱温度が最も高く、実験開始から60秒という短い時間で、36.8℃の温度上昇（最高値）を示した。昨年の実験で、最高温度を示した活性炭と食用菜種油は、420秒27.9℃であった。これは液体の粘度に関係していると考え、各液体の粘度を調べた。水の粘度は1.0mPa・s、無水エタノールは1.2mPa・s、油は1.5mPa・sであった。水の粘性が低いことがわかった。粘度だけでは説明できないことがわかったが、触った感じ、無水エタノールの方がサラサラしているように感じた。

シリカゲルに水、グリセリン、食用酢を加えると、シリカゲルの色が青から紫に変化した。しかし、無水エタノール、食用菜種油は、色の変化がなかった。無水エタノール、食用菜種油は、水を含まない為、青色の成分の塩化コバルトと反応しなかったと考えた。

次に昨年同様、吸着剤1gあたりの発熱量を計算した。結果を表4に示す。水と無水エタノールの発熱量は、1.7ジュールで同じであった。菜種油が0.2ジュールと最も低い結果であった。食用酢については、比熱（液体を1℃上昇させるためのエネルギー）のデータが無い為、酢酸のデータを使っているが、食用酢の中の酢酸の濃度は4～5%との情報（Wikipedia：酢酸）があり、95%近くは水なので、食用酢のデータは参考値とする。

	水		無水エタノール		グリセリン		食用菜種油		食用酢	
	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)
液体サンプル 初期温度(℃)	29.5		31.2		30.6		30.9		29.8	
0	31.0	0.0	31.0	0.0	31.0	0.0	30.6	0.0	31.1	0.0
30	33.0	2.0	66.0	35.0	39.0	8.0	32.0	1.4	32.5	1.4
60	39.0	8.0	67.8	36.8	42.0	11.0	32.1	1.5	33.2	2.1
90	42.3	11.3	66.5	35.5	43.1	12.1	32.2	1.6	36.0	4.9
120	45.2	14.2	65.4	34.4	43.0	12.0	32.5	1.9	38.8	7.7
150	47.3	16.3	64.7	33.7	42.5	11.5	32.8	2.2	40.6	9.5
180	48.8	17.8	63.0	32.0	42.3	11.3	33.0	2.4	42.0	10.9
210	49.8	18.8	63.7	32.7	42.0	11.0	33.1	2.5	43.0	11.9
240	50.5	19.5	63.1	32.1	42.0	11.0	33.3	2.7	44.0	12.9
270	50.9	19.9	62.9	31.9	43.0	12.0	33.5	2.9	45.0	13.9
300	51.1	20.1	62.3	31.3	44.1	13.1	33.7	3.1	45.3	14.2
330	51.2	20.2	62.0	31.0	45.3	14.3	33.9	3.3	46.0	14.9
360	51.3	20.3	61.7	30.7	46.5	15.5	34.0	3.4	46.2	15.1
390	51.1	20.1	61.3	30.3	47.2	16.2	34.0	3.4	46.3	15.2
420	51.0	20.0	61.0	30.0	48.3	17.3	34.0	3.4	46.8	15.7
450	50.8	19.8	60.5	29.5	49.0	18.0	34.1	3.5	46.8	15.7
480	50.5	19.5	60.1	29.1	49.3	18.3	34.3	3.7	47.0	15.9
510	50.3	19.3	59.8	28.8	49.9	18.9	34.5	3.9	47.0	15.9
540	50.0	19.0	59.2	28.2	50.1	19.1	35.0	4.4	47.0	15.9
570	49.8	18.8	58.7	27.7	50.3	19.3	34.8	4.2	47.0	15.9
600	49.3	18.3	58.2	27.2	50.5	19.5	34.8	4.2	47.0	15.9
900	46.0	15.0	52.3	21.3	50.3	19.3	35.0	4.4	45.3	14.2
1,200	43.8	12.8	48.2	17.2	48.8	17.8	35.0	4.4	43.5	12.4
1,500	41.8	10.8	45.1	14.1	47.0	16.0	35.1	4.5	42.0	10.9
1,800	40.2	9.2	42.8	11.8	44.9	13.9	35.0	4.4	40.8	9.7

表3 シリカゲルの発熱温度について

※網かけは各測定の最高温度を示す

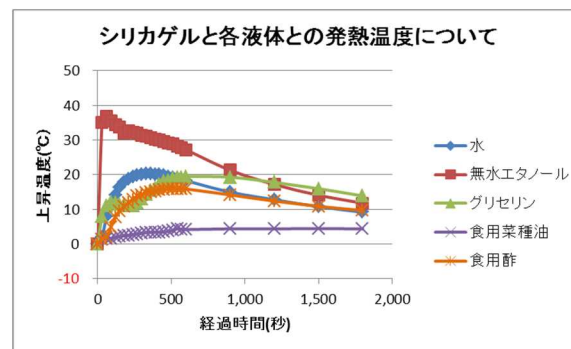


図2 シリカゲルの発熱温度について

	①温度変化 〔最高値〕(℃)	②液体を1℃上 昇させるための エネルギー (ジュール)	実験中に発生し た最大熱量 ①×②	④吸着剤1gあた りの発熱量
水	20.3	4.2	85.3	1.7
エタノール	35.5	2.4	85.2	1.7
グリセリン	19.5	2.4	46.8	0.9
菜種油	4.5	1.7	7.7	0.2
(参考)食用酢	15.9	2.2	35.0	0.7

表4 シリカゲルの発熱量

実験 2 塩化カルシウム

塩化カルシウムの発熱の高さは、水>食用酢>グリセリン>無水エタノール>食用菜種油の順であった。塩化カルシウムと水の発熱は、90秒22.3℃が最高であった。結果を表5と図3に示す。水と食用酢の発熱の違いは2℃程度で、ほとんど同じような温度曲線であった。特徴的であったのがグリセリンと食用菜種油であった。塩化カルシウムとグリセリンは、緩やかに温度が上昇し、

30 分間経過しても、10℃程度の発熱を保持した。食用菜種油は、塩化カルシウムと反応せず、発熱が観察されなかった。調べてみると、塩化カルシウムの発熱のメカニズムは潮解性であることがわかった。空気中の水分を固体が吸収して水溶液になる現象で、水と反応して溶解するときに熱を発生する。グリセリンは15%くらい水が含まれているので潮解がおこったと考える。しかし、無水エタノールに含まれる水は0.5%以下なのに、なぜ発熱したかわからなかった。

	水		無水エタノール		グリセリン		食用菜種油		食用酢	
	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)
液体サンプル 初期温度(℃)	29.6		30		30.8		30.0		30.2	
0	30.0	0.0	30.7	0.0	30.8	0.0	30.2	0.0	30.0	0.0
30	49.0	19.0	33.0	2.3	31.3	0.5	30.2	0.0	47.8	17.8
60	51.9	21.9	34.9	4.2	32.0	1.2	30.3	0.1	50.5	20.5
90	52.3	22.3	35.9	5.2	32.5	1.7	30.2	0.0	51.0	21.0
120	52.1	22.1	36.8	6.1	33.0	2.2	30.2	0.0	51.0	21.0
150	51.8	21.8	37.1	6.4	33.5	2.7	30.2	0.0	50.8	20.8
180	51.2	21.2	37.2	6.5	34.0	3.2	30.1	-0.1	50.3	20.3
210	50.9	20.9	37.8	7.1	34.7	3.9	30.1	-0.1	50.0	20.0
240	50.1	20.1	38.0	7.3	35.0	4.2	30.1	-0.1	49.6	19.6
270	50.0	20.0	38.0	7.3	35.3	4.5	30.1	-0.1	49.0	19.0
300	49.3	19.3	38.0	7.3	36.1	5.3	30.1	-0.1	48.7	18.7
330	49.0	19.0	38.0	7.3	36.7	5.9	30.1	-0.1	48.2	18.2
360	48.8	18.8	38.0	7.3	37.1	6.3	30.1	-0.1	47.9	17.9
390	48.3	18.3	38.0	7.3	37.9	7.1	30.1	-0.1	47.3	17.3
420	47.9	17.9	38.0	7.3	38.2	7.4	30.1	-0.1	47.0	17.0
450	47.2	17.2	38.0	7.3	39.0	8.2	30.1	-0.1	46.8	16.8
480	46.8	16.8	38.0	7.3	39.4	8.6	30.1	-0.1	46.4	16.4
510	46.7	16.7	37.8	7.1	40.0	9.2	30.1	-0.1	46.1	16.1
540	46.7	16.7	37.8	7.1	40.2	9.4	30.1	-0.1	45.8	15.8
570	46.8	16.8	37.3	6.6	41.0	10.2	30.1	-0.1	45.8	15.8
600	45.9	15.9	37.3	6.6	41.1	10.3	30.1	-0.1	44.8	14.8
900	43.0	13.0	36.3	5.6	43.0	12.2	30.1	-0.1	42.3	12.3
1,200	41.3	11.3	35.1	4.4	43.2	12.4	30.1	-0.1	40.8	10.8
1,500	41.0	11.0	34.2	3.5	42.8	12.0	30.1	-0.1	39.3	9.3
1,800	39.0	9.0	33.3	2.6	42.2	11.4	30.1	-0.1	38.4	8.4

表5 塩化カルシウムの発熱温度について

※網かけは各測定の高温度を示す

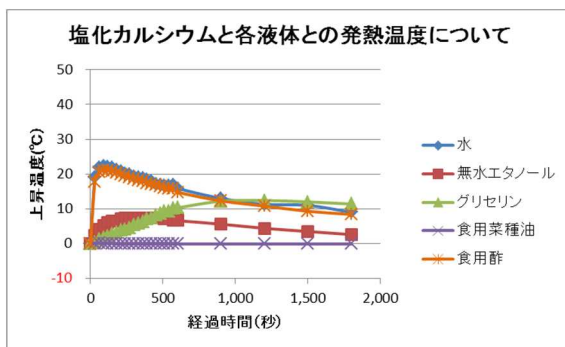


図3 塩化カルシウムの発熱温度について

	①温度変化 〔最高値〕(℃)	②液体を1℃上 昇させるための エネルギー (ジュール)	実験中に発生し た最大熱量 ①×②	④吸着剤1gあた りの発熱量
水	22.3	4.2	93.7	1.9
エタノール	7.3	2.4	17.5	0.4
グリセリン	12.4	2.4	29.8	0.6
菜種油	0.0	1.7	0.0	0.0
(参考) 食用酢	21.0	2.2	46.2	0.9

表6 塩化カルシウムの発熱量

塩化カルシウム 1g あたりの発熱を表6に示す。塩化カルシウムに対する発熱量は、1.9 ジュールで水が最も大きいということがわかった。同じような温度上昇曲線を取った食用酢は、0.9 ジュールと発熱量は小さい結果であった。食用酢の中の酢酸の濃度は4~5%なので実際は同じくらいの発熱量であったのではないかと考える。

実験3 生石灰

生石灰の発熱の高さは、水>食用酢の順で、グリセリン、無水エタノール、食用菜種油は生石灰と反応しなかった。結果を表7と図4に示す。生石灰と水の発熱は、390秒 42℃が最高であった。他の実験に比べ、吸着剤の量が1/5であることを考えると化学反応の発熱量はとても大きいことがわかる。食品の乾燥剤の袋に「濡らさないでください」と書いてあった理由がよくわかった。

食用酢は、とても興味深いデータを示した。温度の立ち上がりが一番早く、その後、30分間経過しても緩やかに上昇し続けた。

	水		無水エタノール		グリセリン		食用菜種油		食用酢	
	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)	測定値 (℃)	温度変化 (℃)
液体サンプル 初期温度(℃)	29.0		29.2		29		29.9		29.3	
0	30.0	0.0	29.9	0.0	30.3	0.0	29.9	0.0	30.0	0.0
30	30.5	0.5	28.6	-1.3	29.3	-1.0	30.0	0.1	36.2	6.2
60	32.0	2.0	28.6	-1.3	29.3	-1.0	30.0	0.1	37.0	7.0
90	32.2	2.2	28.8	-1.1	29.3	-1.0	30.0	0.1	37.3	7.3
120	33.0	3.0	28.9	-1.0	29.3	-1.0	30.0	0.1	37.8	7.8
150	34.0	4.0	29.0	-0.9	29.3	-1.0	30.0	0.1	37.9	7.9
180	34.8	4.8	29.0	-0.9	29.2	-1.1	30.0	0.1	38.0	8.0
210	36.0	6.0	28.9	-1.0	29.1	-1.2	30.0	0.1	38.0	8.0
240	38.3	8.3	28.9	-1.0	29.1	-1.2	30.0	0.1	37.9	7.9
270	41.5	11.5	28.6	-1.3	29.1	-1.2	30.0	0.1	38.0	8.0
300	48.0	18.0	28.7	-1.2	29.0	-1.3	30.0	0.1	37.9	7.9
330	58.0	28.0	28.5	-1.4	29.0	-1.3	30.0	0.1	38.0	8.0
360	68.8	38.8	28.6	-1.3	29.0	-1.3	30.0	0.1	38.0	8.0
390	72.0	42.0	28.5	-1.4	29.0	-1.3	30.0	0.1	38.0	8.0
420	71.8	41.8	28.5	-1.4	29.0	-1.3	30.0	0.1	38.0	8.0
450	70.8	40.8	28.5	-1.4	29.0	-1.3	30.0	0.1	38.0	8.0
480	68.9	38.9	28.5	-1.4	29.0	-1.3	30.0	0.1	38.0	8.0
510	67.0	37.0	28.5	-1.4	29.0	-1.3	30.0	0.1	37.9	7.9
540	65.3	35.3	28.5	-1.4	29.0	-1.3	29.6	-0.3	37.9	7.9
570	63.7	33.7	28.5	-1.4	29.0	-1.3	29.8	-0.1	37.9	7.9
600	62.0	32.0	28.3	-1.6	29.0	-1.3	29.8	-0.1	37.9	7.9
900	49.0	19.0	27.8	-2.1	29.0	-1.3	29.5	-0.4	37.9	7.9
1,200	42.0	12.0	27.7	-2.2	29.0	-1.3	29.3	-0.6	39.0	9.0
1,500	38.0	8.0	27.2	-2.7	29.0	-1.3	29.2	-0.7	40.3	10.3
1,800	35.3	5.3	27.0	-2.9	28.8	-1.5	29.0	-0.9	41.1	11.1

表7 生石灰の発熱温度について

※網かけは各測定の高温度を示す

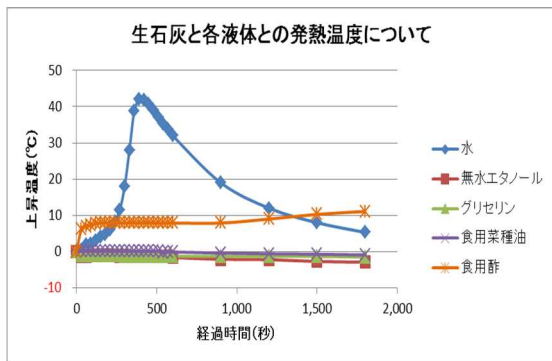


図4 生石灰の発熱温度について

	①温度変化 〔最高値〕(℃)	②液体を1℃上 昇させるための エネルギー (ジュール)	実験中に発生し た最大熱量 ①×②	④吸着剤1gあた りの発熱量
水	42.0	4.2	176.4	17.6
エタノール	0.0	2.4	0.0	0.0
グリセリン	0.0	2.4	0.0	0.0
菜種油	0.0	1.7	0.0	0.0
(参考)食用酢	11.0	2.2	24.2	2.4

表8 生石灰の発熱量

生石灰1gあたりの発熱を表8に示す。生石灰に対する水の発熱量は、17.6ジュールであった。シリカゲル/水の10倍、塩化カルシウム/水の9.3倍の発熱量であることがわかった。化学反応時に発生する熱量は、とても大きいことが確認できた。

3. まとめと感想

発熱量の大きさは、吸着、潮解、化学反応の中で、化学反応が最も大きいことがわかった。実験の量が他の実験の1/5にもかかわらず、2倍近い発熱量を観察した。また、同じ多孔質構造で吸着のメカニズムで発熱するシリカゲルと昨年使用した活性炭では、特性が大きく異なることがわかった。シリカゲルは、無水エタノールや水を吸着し、大きく発熱したのに対し、活性炭は、食用菜種油、無水エタノール、グリセリンを吸着し、大きな発熱を示した。シリカゲルは水、活性炭は油をよく吸着することがわかった。無水エタノールは、水にも油にも混ざるのでどちらにも吸着し、発熱が大きいのではないかと推測した。

昨年までは、実験をしながら、温度が上昇する温度計をみて、とても楽しく実験できた。しかしながら今年は、広島で開催された平和記念式典に出席し、化学兵器の恐ろしさを再確認したこともあり、すこし化学に対する怖さも覚えた。生石灰と水との反応を見て、こんな少しの量で、大きな熱量が得られることを体験し、広島で起きたことと比べることはできないものの、使い方を間違っ

てはいけないと強く思った。
今回確認できた発熱現象は、災害などの緊急時に役立てることができると思う。生石灰は、食品の乾燥剤として広く使われているので、各家庭から持ち寄れば、それなりの量になると思う。自分の家の中だけでも、かき集めると100g程度あった。例えば、水が断水したとしても食用酢で熱を得ることが出来る。

生石灰14gと食用酢14mlを使って追加実験をした。その結果、65.8℃の温度上昇(31.2から97.0℃)を確認することが出来た。結果を図5に示す。

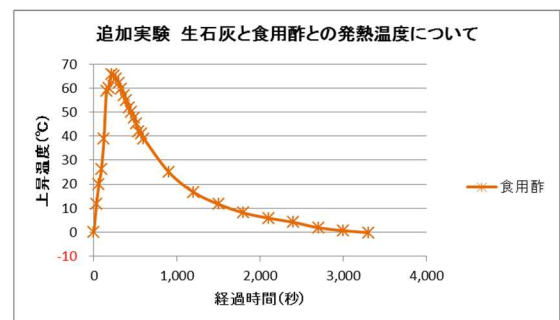


図5 生石灰14g/食用酢14mlの実験

こうやって発生させた熱を利用して電気を起こせば良いと考える。いろいろな大学が熱を電気エネルギーに変える研究をしているそう。熱をエネルギーに変えることを熱電発電というそうで「ゼーベック効果」というものを使うらしい。今は発電効率が低いそうだが、材料や材料の組合せを変えることで、発電効率が向上することが見込まれている。2017年くらいには、従来技術に追いつくように研究されているようで、これからの結果に期待できそう。

化学の技術を平和に使って、人々の暮らしに役立てていきたいと思った。