

9 突沸と沸騰石の研究

1 はじめに

中学校理科の教科書（参考資料 1）に、「液体を加熱するには、液体が突沸して飛び出すのを防ぐために、加熱前に沸騰石を入れておく」とあった。しかし、私は今まで突沸を見たことがなかった。自宅で鍋でお湯を沸かした時にも、突沸と思われる現象は起きなかった。高校化学の授業でも沸騰石を使用したけど、突沸は普段の日常生活でさえ起きないのだから、使う必要はないのではないかな？そう疑問に思って調べてみることにした。

2 研究の目的 次の 2 つを目的として研究を行った。

- (1) 突沸の条件を調べ、その原因を考察する。
- (2) 沸騰石のはたらきを調べ、入れると突沸が起こらない理由を考察する。

3 研究の方法

試験管に水を入れ、ガスバーナーで加熱し、突沸が起こるかどうかを確認した。

- ・試験管のサイズは径18mm を使用し水を 2/5 入れ鉛直方向から30度傾けスタンドで固定した（図 1）。
- ・ガスバーナーの炎の大きさは 7～8cm とした。
- ・加熱中の温度変化を測定するために図 2 のサーミスタ温度計を用い、温度計の感温部は図 3 のように水の真ん中あたりに固定した。

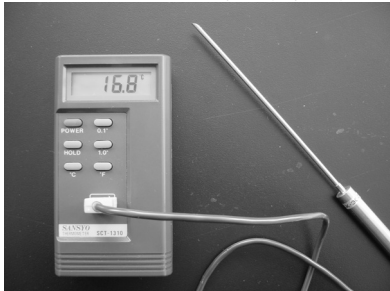


図 2：サーミスタ温度計

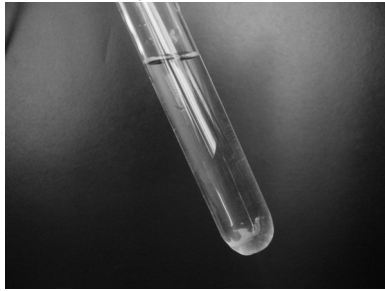


図 3：温度計の感温部の位置



図 1：実験の方法

4 突沸の定義について

化学小事典（参考資料 2）に、「沸点以上の温度に達していながら沸騰していない液体が突発的に沸騰すること」と載っていた。私たちは、観察するときの基準として「急にポコンと音を立てて水が試験管から飛び出した時」を「突沸が起こった時」として実験を行った。

5 突沸についての実験結果と考察

- (1) 突沸の起こる回数 まず、突沸の起こる割合を調べることにした。図 1 の装置で水を加熱し、突沸が起こるかどうかを確かめた。実験結果は表 1 のとおりである。○印が突沸が起きた時、×印は突沸が起きなかった時である。

- ・91回中26回突沸が起き、確率は約29%であった。

表 1：径 18mm で突沸の起こる割合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	×	13	×	25	×	37	×	49	×	61	○	73	×
2	×	14	○	26	×	38	×	50	×	62	○	74	○
3	×	15	×	27	×	39	×	51	×	63	×	75	×
4	×	16	×	28	×	40	×	52	○	64	×	76	×
5	×	17	×	29	×	41	×	53	×	65	○	77	×
6	×	18	×	30	×	42	×	54	×	66	○	78	○
7	×	19	×	31	×	43	×	55	×	67	○	79	○
8	×	20	×	32	×	44	×	56	×	68	○	80	○
9	×	21	×	33	×	45	○	57	×	69	×	81	○
10	×	22	○	34	×	46	×	58	×	70	○	82	○
11	×	23	×	35	×	47	×	59	×	71	○	83	○
12	×	24	×	36	×	48	×	60	×	72	×	84	○

- ・突沸が起きたときには、試験管からお湯が2メートル近く飛ぶときもあった。
- ・自分が思っていたよりも突沸が起きたため、大変驚いた。

同じ方法で実験を行ったが、後半に突沸が多く起きた。この原因はわからなかった。

(2) 突沸と温度変化の関係 突沸が起きるかどうかは沸点に達するまでの温度変化に違いがあるのではないかと考え、加熱中の温度変化の様子を調べてみた。

- ・図4が突沸の起こった場合、図5が突沸の起こらなかった場合の温度変化の様子である。
- ・表2は表1の実験で突沸が起こった回を短時間で起こったものから順に並べ、その温度変化を記録したものである。
- ・A～Kは一番右の温度で突沸が起こった。これをグラフに表すと図4のような温度変化をした。
- ・表3は突沸しなかった場合の温度変化をまとめた表である。

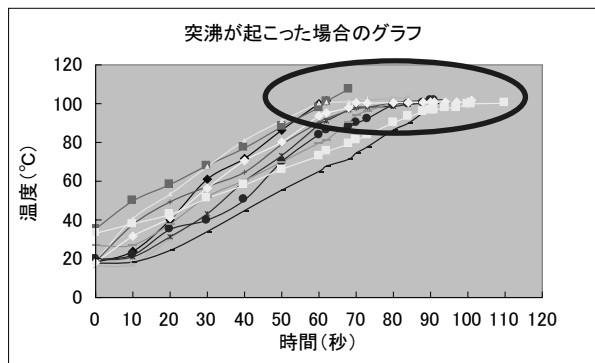


図4：突沸が起こった場合のグラフ

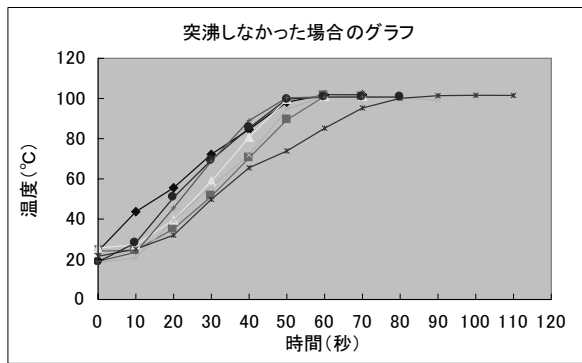


図5：突沸しなかった場合のグラフ

- ・図4のグラフの終点が突沸の起きた所である。
- ・図4と図5を比べると、沸点に達するまでの温度変化は突沸とはあまり関係がないようである。
- ・沸点に達した後、突沸しない場合は沸騰してから温度が上がらないのに対し、突沸したほうは、沸騰した後もまだ温度が上がり続ける（楕円で囲んだ場所）。
- ・突沸するときの温度は沸点を超えている。

表4：突沸したときの温度

実験回	A	B	C	D	E	F
突沸した時の温度(°C)	101.5	107.4	102.5	103.2	100.7	101.9
実験回	G	H	I	J	K	
突沸した時の温度(°C)	102.1	100.9	101.2	101.7	100.2	

(3) 容器の大きさと突沸との関係 試験管で突沸が起こることが分かったが、実生活において、やかんでは突沸を見たことがなかった。試験管とやかんの違いは何かと考え、容器の大きさが違うと思った。容器の大きさも突沸にかかわるのではないかと思い、調べてみた。

- ・径の異なる試験管と、ビーカーを用いて同様の実験を行う。
- ・試験管は、径15mm、径18mm、径21mm、径25mmの4種類を用いて比較する。
- ・ビーカーは100mlビーカーを使用しビーカーを加熱する際にはスタンドを用いず、三脚を使用した。

表5：径15mmの試験管の場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	×	3	○	5	○	7	○	9	○
2	○	4	○	6	×	8	○	10	○

表6：径21mmの試験管の場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	○	3	×	5	○	7	○	9	×
2	×	4	○	6	×	8	×	10	×

表 7：径 25mm の試験管の場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	○	3	○	5	○	7	○	9	×
2	○	4	○	6	○	8	×	10	×

表 8：100ml ビーカーの場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	×	3	×	5	×	7	×	9	×
2	×	4	×	6	×	8	×	10	×

- ・今回の加熱方法ではビーカー（100ml）で突沸は起きなかった。
- ・試験管の径と突沸する割合に関係はみられなかった。

6 沸騰石について

表 9：沸騰石を入れた場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	×	3	×	5	×	7	×	9	×
2	×	4	×	6	×	8	×	10	×

- (1) 沸騰石の効果 沸騰石を使った場合、本当に突沸が起こらなくなるか、5-1)と同じ条件で加熱し、突沸が起こるかどうか確認した。実験の結果、突沸を防ぐことが分かった（表10）。

(2) 沸騰石を使うときの注意

- ・沸騰石は確かに突沸を防ぐが、沸騰しているときに、後から沸騰石を入れてみると、突沸と思われる現象が起こる。沸騰石は、加熱する前に入れないと、突沸を誘発してしまうことがあった。
- ・沸騰石から泡が出なくなるまで熱すると、沸騰石としての効果が無くなるようだ。沸騰石は、長い時間は突沸を防ぐことができないことが分かった。
- ・同じ沸騰石を何度も使用してみると、沸騰石としての効果が次第に弱くなっていく（表11）。○印が突沸の起きた場所である。

表 10：沸騰石を繰り返し使用した場合

使用数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	○	○	×	○	○
B	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	○	○	×	×
C	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	○	○	×	×
使用数	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	○	○	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○
C	×	×	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	○	×	○

表10の結果より、1～10回目の3つの突沸の起こった回数の合計は7回、11～20回目の合計は17回、21～30回の合計は23回と、だんだんと効果が弱くなることが分かった（表12）。

- (3) 沸騰石の構造 同じ沸騰石を使い続けて効果が弱くなるのは、沸騰石の構造が変化しているのではと考え、電子顕微鏡を用いて、構造を観察することにした。電子顕微鏡で観察する前に、構造の予想をした。「Wikipedia」（参考資料3）に、「沸騰石は多孔質物体である」と書いてあったので、図6の星の砂や、図7の軽石のように穴が空いていると予想した。また、見た目から図8のチョークの断面も似ていると考えた。

図9は、電子顕微鏡で調べる前の沸騰石である。今回使用した沸騰石は、和光純薬工業㈱の「Boiling Stone Lot No.LAF2650」を使用した。左が使用前の沸騰石、右が使用後の沸騰石である。使用前の沸騰石（図10-11）を見てみると、穴と思われる場所は無かった。星の砂や軽石のように穴が沢山あると思っていたが、穴は無く、沸騰石の表面は結晶のようなものからできていることに大変驚いた。使用前の沸騰石（図11）と使用後の沸騰石（図13）を比べてみると、使用後の沸

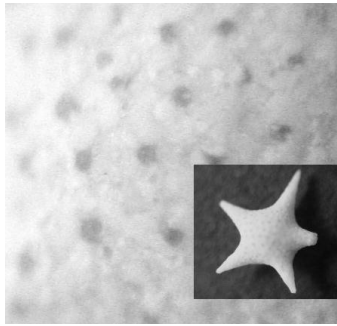


図 6：星の砂



図 7：軽石

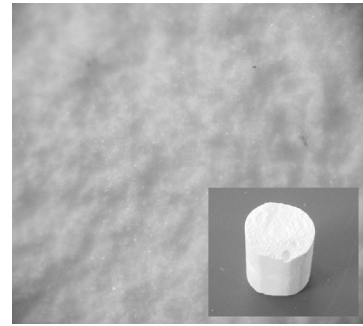


図 8：チョーク

沸騰石は使用前の沸騰石に比べて、隙間が少なく、結晶のようなものが潰れてしまったのか、あるいは取れてしまったのか、無くなっている。このことから、何度も使用すると効果が弱くなり、使用後の沸騰石に結晶や隙間が無くなっていたことから、それらが突沸を防ぐことに関わっていると推測される。

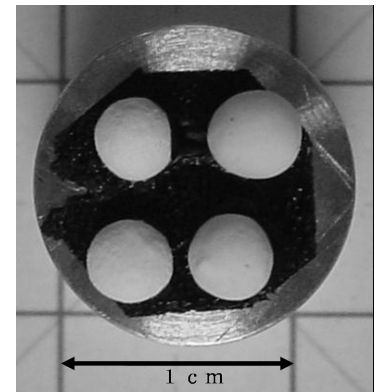


図 9：沸騰石

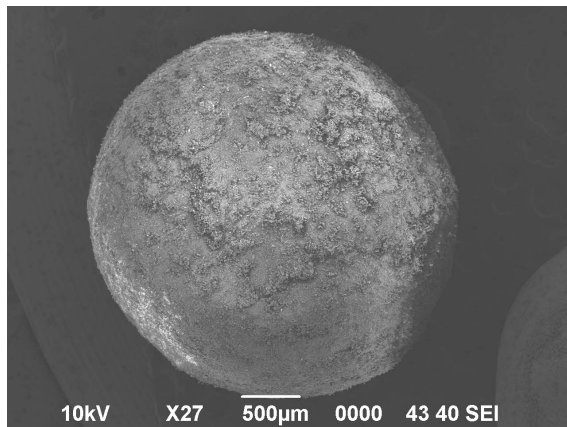


図 10：使用前の沸騰石

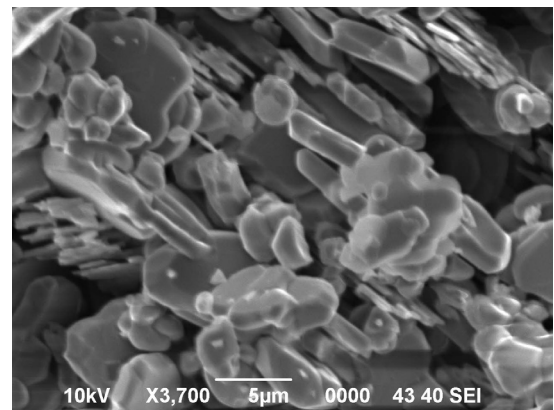


図 11：使用前の沸騰石の拡大

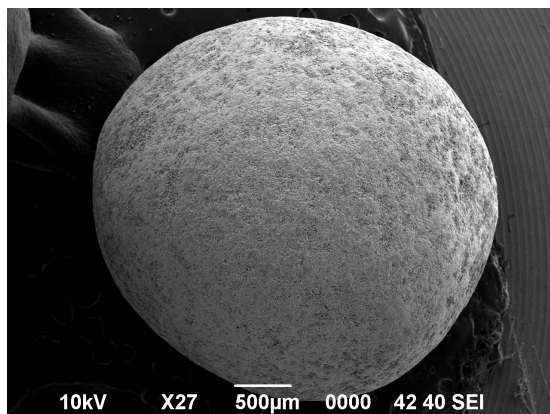


図 12：使用後の沸騰石

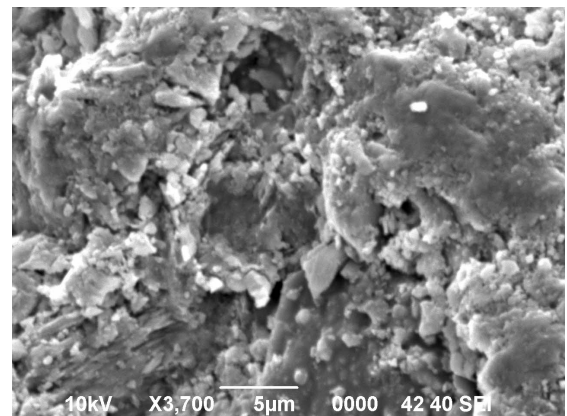


図 13：使用後の沸騰石の拡大

(4) 沸騰石の代用品 どんなものが沸騰石の代わりになるか調べてみることにした。最初は沸騰石と構造が似ていると思った、星の砂（表11）、軽石（表12）、チョーク片（表13）を試してみた。○印が突沸が起こったものである。

表11より、星の砂は突沸を防ぐのになかなか優れていることが分かった。表11の最初の試行の突沸は、星の砂がすべてガラスに貼り付き、水の中に何も無い状態になったためだと思われる。

表12より、軽石は20回中7回突沸を起こしたが、突沸する割合は不安定である。常時水に浮いていて、すぐにガラスに付いてしまうからだと推測することができる。

表13より突沸を全て防いだことから、チョーク片には突沸を防ぐ効果がある。しかし、水が白く濁ってしまい、沸騰石の代用にはならない。

また、それぞれ使った後のものは、角が丸みを帯びていた。これらの結果から、沸騰石の代用品は、穴のような構造があり、ある程度の重さがあるものが良いと分かった。また、角が削れていたことから、沸騰石と同じ防ぎ方をしていたのではないかと推測することができる。

表 11：星の砂を入れた場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	○	5	×	9	×	13	×	17	×
2	×	6	×	10	×	14	×	18	×
3	×	7	×	11	×	15	×	19	×
4	×	8	×	12	×	16	×	20	×

表 12：軽石を入れた場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	○	5	×	9	×	13	○	17	×
2	×	6	×	10	×	14	○	18	○
3	○	7	×	11	×	15	×	19	×
4	○	8	×	12	×	16	×	20	○

表 13：チョーク片を入れた場合

回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸	回数	突沸
1	×	5	×	9	×	13	×	17	×
2	×	6	×	10	×	14	×	18	×
3	×	7	×	11	×	15	×	19	×
4	×	8	×	12	×	16	×	20	×

7 まとめ

- ・突沸が起こるときには、沸騰してからしばらく熱し続けると、一瞬泡の発生が止まり、静かになった後突沸が起こる。
- ・突沸するときの温度は沸点を超えている。
- ・沸点に達するまでの温度変化は、突沸とは関係がないようである。
- ・容器の大きさは、大きいほど突沸が起きにくくなる。
- ・沸騰石は何度も使用すると効果が弱くなるので、沸騰石は使い捨てで使うべきである。
- ・表面の凹凸が突沸を防ぐ役割をしていると推測される。
- ・沸騰石の代用品は、穴のような構造があり、ある程度の重さが必要である。

8 今後の課題

今回サーミスタ温度計を使ったが、温度計を差し込まないほうが突沸が起きやすい。他に温度を測る方法がないか探さなければならないと思われる。今回ガスバーナーを使用した、炎のあたる場所によって温度が違うと考えられるので、全体の温度を均一にする為に、加熱方法を検討する必要がある。

沸騰石以外にも、表面に穴があいていたり、凹凸があれば突沸を防ぐ効果のあることが分かったが、表面に穴や凹凸がなくても突沸を防ぐ効果のあるものがないかを調べたい。

9 参考資料

- 1) 中学校理科教科書「未来へひろがるサイエンス題1分野上」啓林館
- 2) 猿橋勝子・池田長生 監修「化学小事典（第4版）」三省堂
- 3) Web サイト Wikipedia「沸騰石」 <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%AA%81%E6%B2%B8>