

〈県学生科学賞・県知事賞〉
〈日本学生科学賞・科学技術振興機構賞〉

灰はなぜ火を誘うことができるのだろうか
～火を誘う灰の成分を探る～

1 研究の背景

誤って灰をこぼしたので、墨が付いた習字半紙で拭き取った。それを火の中に入れると、通常の紙の燃え方とは異なり、まるで道筋があるかのように燃え広がっていくように見えた。

これは目の錯覚だったのか。それとも、本当に火を誘う成分というのがあるものなのかを明らかにしたいと思った。

2 目的

灰の中に火を誘う成分があることを、実験の早い段階で知った。そこで、本格的な実験の目的を、次の3点に絞って取り組んだ。

- (1) 火を誘うのは灰だけなのか。

(2) どのような灰がより強力に火を誘うのか。

(3) 火を誘う力を持つ成分は何なのか。

3 考察・方法

先の3点を明らかにするため、実験計画を練った。目的で書いた項目に対応させて記す。以下も同じ要領で示す。

- (1) 墨・水・灰のそれぞれを紙に付けて、線香で火をつけ燃え方を観察し、火を誘う道筋を作った物を明らかにする。

(2) 火を誘ういろいろな物を用意して、誘う強さの違いを確かめる。

(3) 火を誘う成分を実験や文献で追求する。

4 研究の結果

（1）火を誘うのは灰だけなのか

ア 墨・水・灰を習字半紙に付けて燃やす

順	項目	1	2	3	4	5	6	結論
ア	墨	×	×	×				無
イ	水	×	×	×				無
ウ	灰	○	○	○				有効
エ	墨と水	×	×	×				無
オ	墨と灰	○	○	○				有効
カ	水と灰	○	○	○				有効
キ	墨と水と灰	○	○	○				有効

使用した灰は自宅の火鉢のもの。はっきりした規則性があり、3回で実験を打ち切った。

灰だけが火を誘うことができ、墨や水はそれとは関係がなかった。

イ 紙の種類を変えて燃やす

表	順	種類	1	2	3	4	5	6	結論
ざらざら	ア	習字半紙	○	○	○				有効
	イ	陣子紙	○	○	○				有効
	ウ	ざら紙	○	○	○				有効
なめらか	エ	和紙	△	×	×	×	×	×	無
	オ	上質紙	△	○	○	○	○	○	有効
	カ	ケント紙	△	×	×	×	×	×	無

表面「ざらざら」は規則性があり、3回で実験を打ち切った。表面「なめらか」は規則性がはっきりしないので、6回の実験を行った。

ざらざらした紙はよく火を誘うが、なめらかな紙はいろいろだった。

（2）どのような灰がより強力に火を誘うのか

ア 新しい灰・古い灰を習字半紙に付けて燃やす

順	灰の新古	1	2	3	4	5	6	結論
ア	新しい灰	○	○	○				有効
イ	古い灰	○	○	○				有効

新しい灰は祖母の実家のもの。古い灰は自宅のもの。はっきりした規則性があり、3回で実験を

打ち切った。
新しい灰・古い灰、どちらも同じように火を誘うことができた。

イ 灰に熱・二酸化マンガン・塩酸を加えて
気体発生を確かめる

順	取り出す方法	1	2	3	4	5	6	結 論
ア	灰だけを熱する。	×	×	×				無
イ	灰と二酸化マンガン を混ぜて熱する。	×	×	×				無
ウ	灰に塩酸を加える。	○	○	○				有効?

使用した灰は自宅の火鉢のもの。はっきりした規則性があり、3回で実験を打ち切った。
灰に塩酸を加えると、二酸化炭素が発生した。結局、灰の中の酸素は見つけられなかったが、二酸化炭素を見つけることができた。

ウ 灰をうわずみ液と固形物とに分離し、
それぞれを習字半紙に付けて燃やす

順	液・固形物	1	2	3	4	5	6	結 論
ア	うわずみ液	○	○	○				有 効
イ	固形物	△	×	×	×	×	×	無

うわずみ液は規則性があり、3回で実験を打ち切った。固形物は規則性がはっきりしないので、6回の実験を行った。
灰のうわずみ液は始めからよく火を誘ったが、固形物はろ過を確実に行うと、それができなくなった。

エ 灰の種類を変えて燃やす

系	順	燃やした物	1	2	3	4	5	6	結 論
植物系	ア	木炭	○	○	○				有 効
	イ	緑茶	○	○	○				有 効
動物系	ウ	鶏	×	×	×				無
	エ	毛蟹	×	×	×				無
金属系	オ	アルミ箔	×	×	×				無
	カ	スチールワール	×	×	×				無

植物系の灰・動物系の灰は、水に溶かして筆で文字を書いた。しかし、動物系の灰は乾くとぼろぼろ落ちる傾向にあった。金属系の灰はそれができないので、紙に塗り付けるようにした。
植物系の灰はよく火を誘ったが、動物系と金属系の灰はそれができなかった。

(3) 火を誘う力を持つ成分は何なのか

ア 灰の成分を文献で調べたり、施設で尋ねたりする

灰の成分の調査(%)								
灰	成分	草灰	リン酸	カリ	石灰	土砂	有機物	その他
木 灰		3.66	1.92	8.77	19.89	20.95		45.41
草 灰		2.35	3.51	4.91	7.28	63.76	6.93	11.26
杉 葉 灰		0.94	2.85	2.68	18.96		11.47	63.16
わ ら 灰		4.54	0.99	8.64	3.23	67.25	1.21	14.14
たばこ灰		2.21	1.09	5.37	6.35	64.24	5.89	14.85
火ばち灰		1.2	3.03	11.34	28.17	18.18		38.08
かまど灰		0.91	3.83	7.13	20.55	32.58		35.0
豆 炭 灰		1.16	0.40	1.44	22.53	26.07		48.4
れんば灰		1.65	0.32	0.96	11.86	43.28		41.95

『中学の科学』(学研研究社)より作成

植物系の灰は「土砂」「石灰」が多く、「カリウム」「リン酸」も混じっていた。施設の方は、「カリウムとリン酸が影響しているのではないか」と話してくださった。
「カリウム」「リン酸」あたりに焦点を絞るとよいのかも知れないと思った。

イ 灰以外のものを習字半紙に付けて燃やす

順	順	名 称	1	2	3	4	5	6	結 論
薬 品	ア	せっけん	△	○	○	○	○	○	有 効
	イ	かぜ薬	×	×	×				無
	ウ	除草剤	×	×	×				無
果 物 汁	エ	夏みかん	△	×	×	×	×	×	無
	オ	りんご	△	×	×	×	×	×	無
	カ	バナナ	△	○	○	○	○	○	有 効
調味料等	キ	砂糖	×	×	×				無
	ク	食用油	×	×	×				無
	ケ	コーヒー	△	○	○	○	○	○	有 効

かぜ薬・除草剤・砂糖・食用油は規則性があり、3回で実験を打ち切った。せっけん・夏みかん・りんご・バナナ・コーヒーは規則性がはっきりしないので、6回の実験を行った。
せっけん・バナナ・コーヒーはよく火を誘うことができた。

使用したせっけんの成分

界面活性剤（25%、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ポリオキシエチレンアルキルエーテル）、水軟化剤（アルミノけい酸塩）、アルカリ剤（炭酸塩）、工程剤（硫酸塩）、分散剤、蛍光増白剤、酵素

食 品 成 分 表

食 品 名	量	エネルギー	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分	ナトリウム	カリウム	カルシウム	マグネシウム	鉄	その他
米	100g	167	2.26	3.60	15.98	385.3	120.5					
小麦	100g	88.6	84.9	75.4	1.2	0	3.8					
大豆	100g	0.9	0.2	1.1	Tr	0	14.7					
卵	100g	0.1	0.1	0.2	(0)	100	0.3					
食塩	100g	10.0	14.6	22.5	98.7	0	66.5					
炭水化物	100g	0.4	0.2	0.8	0.1	0	8.7					
ナトリウム	1g	Tr	Tr	Tr	Tr	0	32					
カリウム	100g	110	360	13	Tr	3600						
カルシウム	1g	3	6	6	0	140						
マグネシウム	1g	3	32	2	0	410						
リン	21g	10	27	Tr	0	350						
鉄	0.2g	Tr	0.3	0.1	0	3.0						
銅	0.1g	Tr	0.2	Tr	0	0.4						
亜鉛	0.05g	0.04	0.09	0.07	0	0.03						
ビタミン												
リチウム	(0)	(0)	(0)	(0)	0	(0)						
カリウム	85	21	56	(0)	0	0						
リチウム	14	3	9	(0)	0	(0)						
リチウム	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)						
リチウム	0.08	0.02	0.05	Tr	0	0.02						
リチウム	0.03	0.01	0.04	0.01	0	0.14						
リチウム	0.4	0.1	0.7	Tr	0	47.0						
リチウム	0.05	0.03	0.08	(0)	(0)	0.01						
リチウム	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	0.1						
リチウム	25	6	26	(0)	(0)	8						
リチウム	0.28	0.08	0.44	(0)	(0)	0						
リチウム	38	4	16	(0)	(0)	(0)						
リチウム	-	0.01	-	(0)	14.0	0.08						
リチウム	-	0	-	(0)	23.2	0.02						
リチウム	-	0.02	-	(0)	57.4	0.1						
リチウム	0	0	0	(0)	1	0						
リチウム	0.4	0.3	0.1	(0)	0	-						
リチウム	0.8	1.2	1.0	(0)	0	-						
リチウム	1.2	1.5	1.1	(0)	0	-						
リチウム	0	0	0	0	0	0.1						
リチウム	中1回=約40g	中1回=約200g	1本=約120g	中1回=約3g	1カップ=180g	中1回=約1g						

・(0)：分析などにより検出されていないと推定される成分

・Tr：微量に検出されていると推定される成分

「食品成分表」(一徳社)より作成

せっけんの成分や食品成分表を照らし合わせて考えると、火を誘うものは「ナトリウム」「カリウム」の量が比較的多いように思われる。

火を誘う成分は、「ナトリウム」「カリウム」が関係しているのではないかと考えるようになった。

ウ 火を誘ったものを焼き、それを習字半紙に付けて燃やす

順	実験に用いた物	1	2	3	4	5	6	結 論
ア	火鉢の灰	○	○	○				有 効
イ	風呂の灰	○	○	○				有 効
ウ	黒糖汁の灰	○	○	○				有 効
エ	味噌汁の灰	○	○	○				有 効

使用した灰は、木炭・せっけん・バナナ・コーヒーを焼いたもの。はっきりした規則性があり、3回で実験を打ち切った。

成分表と照らし合わせて考えると、灰には「ナトリウム」「カリウム」が含まれ、それが火を誘っていると考えて、ほぼ間違いないだろうと思うようになった。

植物と動物の成分のちがい(%)

成 分	炭 素	酸 素	水	窒 素	イ オ ウ	リ ム	ナ ト リ ウ ム	カ リ ウ ム	カ ル シ ウ ム	マ グ ネ シ ウ ム	鉄	そ の 他
動 物	20.2	63.0	9.9	2.5	0.14	1.14	0.10	0.12	2.5	0.07	0.01	0.32
植 物	45.4	41.1	5.5	3.3	0.4	0.3	0.2	0.9	2.3	0.1	微量	0.3

「中学の科学」(学研研究社)より作成

植物の成分は動物の成分に比べ、「ナトリウム」が2倍、「カリウム」が7.5倍になっている。

植物系の灰が火を誘うので、この資料からも火を誘う成分が「ナトリウム」「カリウム」と考えることができる。

元 素 名	記号	状態	元 素 名	記号	状態
リチウム	Li	深赤色	銅	Cu	青緑色
ナトリウム	Na	黄 色	インジウム	In	深青色
カリウム	K	赤紫色	タリウム	Tl	黄緑色
鉛	Pb	深赤色	ガリウム	Ga	青 色
セシウム	Cs	青紫色	砒 素	As	淡青色
カルシウム	Ca	橙赤色	アンチモン	Sb	淡青色
ストロンチウム	Sr	深赤色	錫	Sn	淡青色
バリウム	Ba	緑 色			

「日本百科事典」(小学館)より

兄から「燃えるものの成分は炎色反応で分かるだろう」と聞いた。

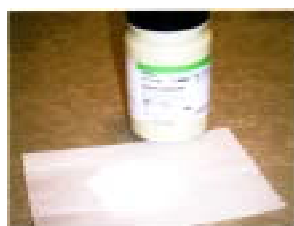
実験をしてみると、木炭・せっけん・バナナ・コーヒーを焼いたものは、「ナトリウム」「カリウム」の炎色反応が出た。

エ 「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」の試薬で火を誘うか確かめる

順	有効成分	1	2	3	4	5	6	結 論
ア	炭酸ナトリウム	○	○	○				有 効
イ	炭酸ナトリウム	○	○	○				有 効
ウ	両比の混合	○	○	○				有 効
エ								
オ								

兄から「ナトリウム」「カリウム」は燃えると、「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」になりやすいと聞いた。そこで、近所の薬局に相談し、試薬を買って確かめた。

「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」単独でも、混合でもよく火を誘った。これで、火を誘う成分が「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」であることがはっきりした。



【炭酸ナトリウム】

大きい直卓の紙に置いて、臭いを感じた。「吸いやすい」とラベルに書いてあったが、一日では量ることはなかった。



【炭酸ナトリウムを付けて燃焼】

火がつきやすく、その後も火を誘ってどんどん燃え広がっていった。炭酸ナトリウムより燃える色が黒いように思われた。



【炭酸カリウム】

小さい直卓の紙に置いて、これも臭いを感じた。ラベルに「吸いやすい」とあったが、一日では量ることはなかった。



【炭酸カリウムを付けて燃焼】

火がつきやすく、どんどん火を誘い、臭いよく燃え広がっていった。炭酸ナトリウムよりも、燃え広がりが方々いように思われた。



【炭酸ナトリウム、炭酸カリウム両方】

それぞれ100gずつを購入した。価格は炭酸ナトリウムが1,100円、炭酸カリウムが1,700円だった。



【同量の割合で燃焼】

火がつきやすく、臭いよく燃え広がっていき、炭酸は大成功だった。3種類を通して、臭い度より燃え広がりが方々いように思われた。

「灰」参考文献

燃焼がおわったあとに残る粉末状の物質。一般には、薪や木炭などの燃えたあとに残る木灰をさす。木炭など陸上植物の灰は炭酸カリウムを多く含み、カリ肥料としても用いられる。また、海の植物の灰などは炭酸ナトリウムを多く含む。いずれも、水で浸出した液（灰汁）は加水分解のためアルカリ性を示す。

このほか、空気中で熱せられた金属が燃焼して粉末状になったものも灰とよばれる。たとえば、錫を空気中で強熱すれば燃えて粉末状の酸化錫となり、水銀を熱すれば赤色粉末状の酸化水銀になるが、それらは金属の灰とも言われる。なお、空気中で熱せられた金属が灰になる現象を灰化という。

「日本百科大事典」（小学館）より

植物の灰の大部分は「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」が占めている。

この2つの成分が火を誘っているのだから、植物系の灰は火をよく誘うはずだと、改めて感じる

ことができた。

5 結論

- (1) 火を誘うことができるのは、灰の中にある成分が関係する。
- (2) 火を誘う成分は、「経年変化をしない」「水に溶ける」「植物系の灰に含まれ、動物系や金属系の灰には含まれない」。
- (3) 火を誘うことができるのは、「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」の力。また、灰以外に「せっけん」「バナナ」「コーヒー」もナトリウムやカリウムを多く含み、火を誘うことができる。

6 反省、次への課題

- (1) 「炭酸ナトリウム」「炭酸カリウム」が火を誘った時、探し求めてきたものがようやく見つかったと思い、本当にうれしかった。
- (2) 習字半紙の燃え方から、今回の研究を始めたが、このようにちょっとしたことから課題を発見する目を持ち続けたい。
- (3) 興味・関心の研究だけにとどまらないで、世の中のためになる研究ができるようにしたい。また、常に世の中のために行動できる人になりたい。

参考文献

- ・古岡秀人：発行人
「中学の科学」（学習研究社）
- ・相賀徹夫：編集兼発行者
「日本百科大事典」（小学館）
- ・科学技術庁資源調査会：編
「新食品成分表」（一橋出版）

あ と が き

ぼくには二人の兄がいて、二人は夏休みになると「理科の自由研究」に取り組んでいました。小さい時はそれを見ているだけでしたが、小学1年生からはこの仲間に入れてもらいました。

いつの間にか9年間の過ぎ、ぼくにとっても、家族にとっても、一応の区切りの年となりました。今回、取り組んだ自由研究が、区切りの年にふさわしい内容になったことに満足しています。