

テルミット反応で鉄を取り出す研究

熊本県立八代工業高等学校 2年 理科研究班 中村 雅治 ほか4名

1 研究の動機

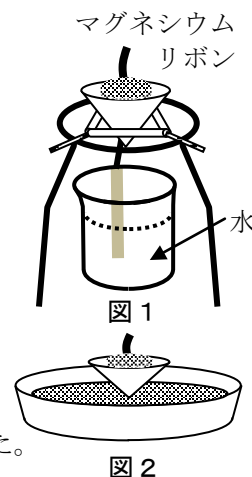
私たちは酸化還元の授業でテルミット反応を学んだ。（テルミット反応とは…金属酸化物をアルミニウムで還元し、金属の単体を取り出す方法。）授業ではアルミニウム粉末と酸化鉄（Ⅲ）の粉末を1：3の割合で混ぜたものから鉄を含む塊をつくった。

●授業での実験の方法（図1が実験装置）

三角架に濡らしたろ紙を置き、その中にアルミニウム粉末と酸化鉄（Ⅲ）粉末を混ぜたもの（テルミット粉末と表記）を入れ、着火する。

●実験の経過

濡れたろ紙の中でテルミット反応が始まり、赤熱した塊が、ろ紙を破って水を入れたビーカーの中へ落ちる。落ちた塊には銀色の粒があり、磁石を引きつけた。しかし銀色の鉄の粒がいつもできる訳ではない。図2のように砂の上で反応させると、塊はできるが鉄の確認ができない。また磁石は塊の下部と引きあった。実験方法のどのような違いで酸化アルミニウムの塊から銀色の鉄の粒が取り出せるのか、調べてみることにした。



●図1と図2の方法の違い

①赤熱した塊を水に落とし酸素を遮断している。 ②赤熱した塊は図1では落下するが図2では落下しない。 ③赤熱した塊は図1では強制的に冷却させるが図2では自然冷却。

●銀色の鉄ができる要因の仮説を立てる

仮説1：酸素が関係している…反応式 $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$ より、水に落とし

空気中の酸素と反応させず、効率よく鉄が塊となるのではないか。

仮説2：密度が関係している…赤熱中に、密度の高い鉄が下部に沈んだのではないか。

仮説3：融点が関係している…酸化アルミニウムの融点 2054°C 、鉄の融点 1535°C 、急速に冷却すると酸化アルミニウムと鉄が別々に凝縮するのではないか。

2 検証実験

仮説を元に次の検証実験を行う。

(1) 二酸化炭素の中で反応させてみる（仮説1：酸素が関係している）

空き缶の中に火をつけた蚊取り線香を入れろ紙で蓋をし、テルミット粉末に着火する。

【結果】空気中で反応させたときより黒めの塊になった。磁石と引き合うのは下部のほうだった。

(2) 穴の開いた鉄板の上で反応させてみる（仮説2：密度が関係している）

三脚の上に穴の開いた鉄板を置く。テルミット粉末を入れたろ紙を鉄板の穴に入れ着火する。

【結果】黒い小さな塊が落ち磁石と強く引き合った。大きな灰色の塊は鉄板の穴の上に残った。この塊は上部より下部が磁石と引き合った。

(3) 水をかけ急速に冷やしてみる（仮説3：融点の違いが関係している）

地面の上にテルミット粉末反応させ、赤熱した塊になったら、水をかけ急速に冷やす。

【結果】大きな塊と小さな塊ができた。磁石は小さな塊と引き合い、大きな塊は下部と引き合った。

【検証実験の考察】酸素を遮断するとできた塊の色は黒くなる。鉄は密度の違いから下に沈む。

3 実験の問題点と改善実験

検証実験の問題点として、①酸素を完全に遮断できない、②鉄板の上にも鉄が残る、③土や石が塊にくっつく、等の問題があった。そこで水中へ落下させる方法で、次の実験を行った。

(1) 改善実験 1…濡らしたろ紙の枚数を替え、反応を始めてから落下するまでの時間を変える。

【結果】①空気中で固まると色は灰色、水中に落下しても色は変わらない。

②反応時間が長いほど鉄が下に集まり、形も円すい状になった。

③銀色の鉄は反応してすぐに水中に落下しないと得られない。

④できた塊の内部は、空気中・水中関係なく全て空洞である。

(2) 改善実験 2…鉄が下へ集まりやすくするために、濡らしたろ紙の円すいの角度を鋭角にする。

【結果】ろ紙を鋭角にすると底に鉄が集まった。しかし銀色の鉄は確認できなかった。

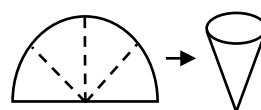
(3) 改善実験 3…濡らしたろ紙を半分に切り、2～4枚と重ねて使用し厚さのムラをなくす。

【結果】落下ムラがなくなり、下部に球状の鉄が現れた。

(4) 改善実験 4…半分のろ紙3枚の下を切り水で濡らし、半円のろ紙

1枚にテルミット粉末を入れ、濡らしたろ紙の中に入れ着火する。

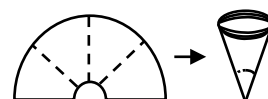
切り取る長さを変えてみる。



【結果】新しい試薬を用いたところ、塊の色と形状に違いが出た。原因は、

①濡らしたろ紙の水の量のムラ、②乾燥したろ紙に水が染み込んだ、

③湿気や風の影響、④反応の向きが一定でなかった、などが考えられる。



(5) 改善実験 5…改善実験 4の問題点を次のことを変更する。

①アルミニウムと酸化鉄(Ⅲ)の比率を1:2.5に変更。②薬包紙を間に入れる。③着火補助剤(塩素酸カリウム)を使用する。④濡れたろ紙、薬包紙、乾いたろ紙を組み合わせて使用する。

【結果】薬包紙や着火補助剤を使用することで、落下するまでの時間に規則性がでた。濡れたろ紙2枚+薬包紙1枚+乾いたろ紙1枚の組み合わせが良かった。銀色の鉄も取り出せた。

4 まとめと考察

今回の実験では、テルミット反応で銀色の鉄を取り出すための条件を調べた。

●鉄が分離して落下しやすい条件は、

①アルミニウム粉末と酸化鉄(Ⅲ)の比率は1:2.5。

②ろ紙は、折り目角度45°の円すいが、鉄が下に集まりやすい。

③銀色の鉄の粒は、反応を始めてから4～10秒で水中に落下させるとできる。

④45°のろ紙に入れる粉末は6g以上が分離落下しやすい。

●テルミット反応の実験上の注意点は、

①風の影響で斜めに反応が進み、ろ紙側面から塊が落ちることもある。

②同じ試薬を使っても、湿度の違いなどで塊の色やでき方が違う。

③着火補助剤を加えると着火ミスは減るが、煙と火花が多く発生する。

5 発展・感想

発展…溶けた鉄が取り出せるので、テルミット溶接に挑戦してみた。

結果2枚のステンレス板は接合できた。テルミット溶接はガスも電気も使わないので、不便な場所でも溶接が行えるが、細かい溶接には不向きようだ。

感想…酸化アルミニウムの塊の中から鉄が落下した時はとても感動した。また工業高校の実習では体験できないテルミット溶接にも挑戦でき、とても楽しい研究だった。



【参考文献】化学総合資料（実教出版）など