

チョコレート合金（のような）を目指して

熊本県立宇土高等学校 2年 松山 広 1年 関 良朝

1 はじめに

合金といえば、融点が高く、硬いものが真っ先に思い浮かぶ。真鍮や青銅、ジュラルミンやステンレスなどがその良い例だ。私たちは前に、「融解した金属を、急冷して固めると硬くなり、ゆっくり冷やすことで固めると柔らかくなる。」と聞いた事がある。それなら、融点の低い合金はどんなのがあるのかと調べてみると、「ウッド合金」や「ローズ合金」という合金があることが分かった。これらは融点が $70^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ と大変低い。実際に調べた質量比で作ったウッド合金が、お湯の温度で溶けた光景には圧倒された。後に先生からの話によると、融点が 50°C 以下の合金はまだ作られていないという。それなら、自分たちでその 50°C 以下の合金を作ってみようと思い、実験・調査を開始した。

2 実験計画

目的とする 50°C 以下の合金は、3つの金属の合金だと仮定して計画した。

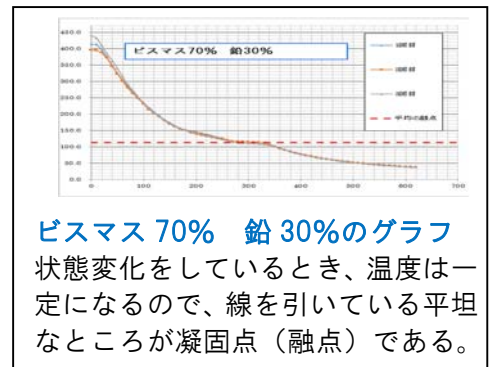
・使う金属……ビスマス、スズ、鉛

理由 ウッド合金やローズ合金の使用金属を意識したため。

また、遷移元素は融点が高いため、典型元素を使用した。

計画

- ① 単体金属の融点を測定
- ② 2つの金属の合金を作成し、融点を測定
- ③ 3つの金属の合金を作成し、融点を測定
- ④ ②、③のデータを1つの3Dグラフに表し、融点が低くなる質量比を見つける。



3 実験方法

今回、2つの金属の合金の融点測定を主に行ったため、それを例として説明する。

- ① ビスマス、鉛、スズから2つ金属を選び、決めた質量比でつづける
- ② 金属を溶かし、鉄の棒などでよく混ぜる
(このとき、なかなか混ざらないので、一度常温で冷却し、もう一度溶かして混ぜる。)
- ③ 冷却後、合金を作る
- ④ 合金を加熱溶解して、冷却しているときの温度を、10秒ごとに測定する
- ⑤ ④のデータをグラフ化する
- ⑥ グラフから凝固点（＝融点）を読み取る。（右上を参照）
- ⑦ この試行を約3～5回繰り返し、平均の融点を求める

4 結果

金属単体	1回目	2回目	3回目	平均
ビスマス100%	249.9	266.6	265.9	260.8
鉛100%	305.8	291.9	316.3	304.7
錫100%	226.1	230.3	230.1	228.8

文献値 Bi 271.3 $^{\circ}\text{C}$

Pb 328 $^{\circ}\text{C}$

Sn 232 $^{\circ}\text{C}$

ビスマスと鉛の合金	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
ビスマス10% 鉛90%	261.4	265	258.9			261.77
ビスマス20% 鉛80%	240.8	241.2	225.8			235.93
ビスマス27% 鉛73%	227.4	223.3	219	209.9		219.9
ビスマス30% 鉛70%	190	184.3	184.7			186.33
ビスマス38% 鉛62%	161.5	153	151.9			155.5
ビスマス40% 鉛60%	170.1	168.7	168.6	161.5	165.9	167.0
ビスマス50% 鉛50%	116	116	118			116.7
ビスマス60% 鉛40%	106.9	109.1	106			107.3
ビスマス62% 鉛38%	121.2	121.7	116.2			119.7
ビスマス70% 鉛30%	115	115	109			113
ビスマス73% 鉛27%	106.4	104.6	103.6			104.9
ビスマス80% 鉛20%	181.8	191.2	168.3			180.4
ビスマス90% 鉛10%	181.3	178.3	183.6			181.1

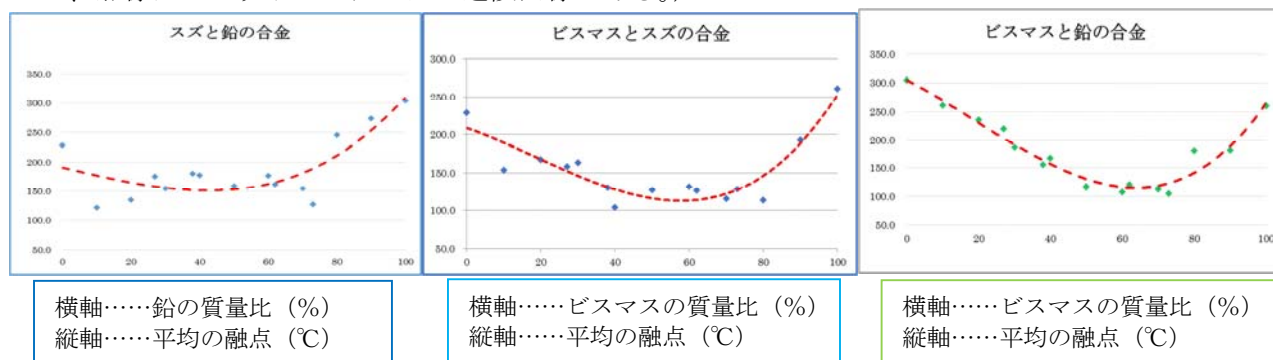
鉛とスズの合金	1回目	2回目	3回目	平均
鉛10% スズ90%	122.6	127.2	115.6	121.8
鉛20% スズ80%	128.3	135.8	141.2	135.1
鉛27% スズ73%	175.2	174.5	177	175.6
鉛30% スズ70%	154.1	155.9	156.6	155.53
鉛38% スズ62%	182.5	181.5	179.7	181.2
鉛40% スズ60%	178.8	177.8	177.3	178.0
鉛50% スズ50%	160.6	160	157.8	159.5
鉛60% スズ40%	175.8	178.4	177.7	177.3
鉛62% スズ38%	159.7	163.5	163.5	162.2
鉛70% スズ30%	160	154.3	152.4	155.6
鉛73% スズ27%	122.5	133	126.7	127.4
鉛80% スズ20%	242.6	249.3	245.1	245.7
鉛90% スズ10%	266.9	275.5	279.3	273.9

3つの金属の合金	1回目	2回目	3回目	平均
ビスマス5% スズ5% 鉛90%	298	294	287	293.0
ビスマス5% スズ80% 鉛15%	164	162	162	162.7
ビスマス10% スズ55% 鉛35%	148	145	143	145.3
ビスマス26.7% スズ3.3% 鉛70%	221	220	215	218.7
ビスマス26.7% スズ30% 鉛43.3%	125	126	125	125.3
ビスマス30% スズ45% 鉛25%	91	88	90	89.7
ビスマス45% スズ22.5% 鉛32.5%	89	89	90	89.3
ビスマス45% スズ30% 鉛25%	102	100	100	100.7
ビスマス50% スズ10% 鉛40%	100	105	106	103.7
ビスマス50% スズ40% 鉛10%	122	117	118	119.0
ビスマス55% スズ35% 鉛10%	95	95	95	95.0
ビスマス80% スズ15% 鉛5%	179	186	179	181.3

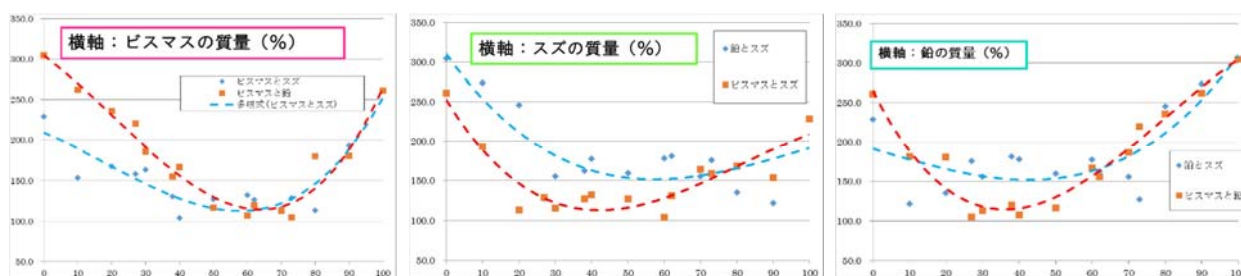
ビスマスとスズの合金	1回目	2回目	3回目	平均
ビスマス10% スズ90%	154.4	154	153.4	153.93
ビスマス20% スズ80%	173	172.1	158.8	167.97
ビスマス27% スズ73%	151.3	161.5	163.9	158.9
ビスマス30% スズ70%	161.1	161.2	169.8	164.03
ビスマス38% スズ62%	128.4	132.1	132.1	130.9
ビスマス40% スズ60%	104.8	104.8	102.4	104.0
ビスマス50% スズ50%	128.2	127.6	125.9	127.2
ビスマス60% スズ40%	131.1	132.4	133.2	132.2
ビスマス62% スズ38%	128	125.6	126.6	126.7
ビスマス70% スズ30%	115.1	115.2	116.1	115.5
ビスマス73% スズ27%	127.6	130.2	128.2	128.7
ビスマス80% スズ20%	122.6	111.9	105.6	113.4
ビスマス90% スズ10%	193.1	194.9	191.9	193.3

5 考察

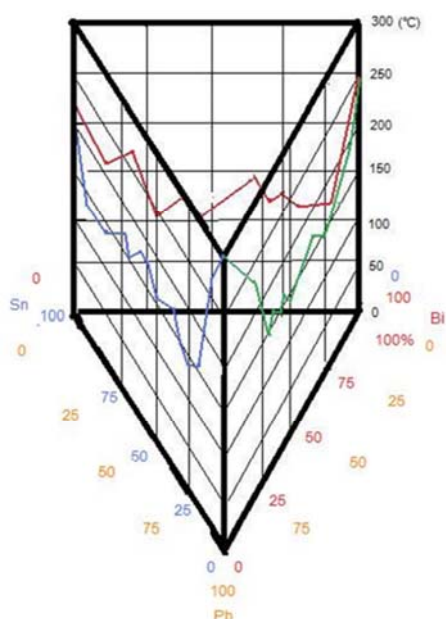
下のグラフは、2つの金属の合金の、平均の融点と質量比の関係を示したものである。(ただし、点線はプロットしたデータの近似曲線である。)



上の3つのグラフは、近似曲線を見ればわかるように、下に凸の放物線のような形をしている。つまり、放物線の頂点の部分、それぞれの2つの金属の合金の最低融点となる。よく見ると、どのグラフも最低融点が、50～80%のあたりにあることが分かり、その間の質量比を利用して、3つの金属の合金を作ればよいように思われる。しかし、分かりづらいので、横軸を同じ金属の質量比に合わせて、比べてみた。(ただし、点線は近似曲線である。)



すると、上のグラフのようになり、混ぜる相手にかかわらず、融点が低くなる質量比はほぼ同じで、さらにそれは、金属の種類によって違うことが分かった。



このことは3つの金属の合金にも利用できる。左の図は3つの金属の合金の平均の融点と質量比の関係を示した3D グラフである。

側面に書かれた3つの曲線は、それぞれ上の2つの金属の合金の、平均の融点と質量比の関係を示したグラフである。このグラフから以下のことが分かる。

- ・グラフが凹んだような形になっている。
- ・グラフが中央付近に向かって凹んだような形になっている。(私たちが目指すものはその最深部の点を探すことである)
(それぞれの特有の、低融点になる質量比をもつ金属3つが混ざったことによってさらに低い融点を持った金属化合物ができたのか？あるいは、単に混合しただけなのか議論のあるところである。)
- ・最低融点が100℃以下になっている。最深部の融点はかなり深いに達しない。

しかし、データ数が少ないのでまだ確信はないが、3D グラフを見ていると、3つの金属の合金の融点が50℃以下になる可能性は十分あると思う。

6 参考文献

理化学辞典(岩波書店) 金属辞典 化学総合資料(第一学習社)