

はんだ理論 (その 9)

(株)日本電子音響 *NIDEON*

母材となる金属が、溶けた はんだ中に溶出ある現象は Cu だけでなく Au、Ag などの金属でも発生します。

Au はケーブルでは めっきなどに使われますが、Au がはんだ中に溶融した場合、析出すると AuSn₄、AuSn₂、AuSn、Au₂Pb、AuPb₂ などの金属間化合物ができます。はんだがこれらの金属間化合物を含んだ場合、その部分が脆くなりやすいく、接続面で剥離の心配があります。金めっきをした母材のはんだ付けには注意が必要です。(金の量が少ない場合は影響が無いとする論文もありますが、金めっきの厚さが厚いものは はんだ付け時に注意したほうが良いでしょう。)

Ag 母材と共晶はんだと、Cu を含んだ鉛フリーはんだへの溶解の違いを研究した結果では、Ag は鉛フリーはんだへの溶解が多いという報告があります。現在主流の鉛フリーはんだは接続温度が高く、はんだ付け時間も長くなります。また、Cu を含んだものがほとんどですので、Ag 線や、Ag を含んだ母材の場合は、はんだの選択、はんだ付け条件を慎重に検討する必要があります。

はんだの相平衡

「はんだ付け理論 (その 8)」などで何度も、金属が何種類か混合されると融点が下がる。という話をしてきました。このことについて少し詳しく考えて行きたいと思います。

物質の状態は通常「固体」「液体」「気体」の 3 つの状態を取ります。これは金属でも同じです。はんだの場合は「液体」と「固体」の状態が重要となります。(Pb が蒸気となって人体に入ると健康を害する。という問題もありますが、はんだ接続とは直接関係ないので「気体」は、ここでは省略します。)

物質が「固体」になるか「液体」になるか「気体」になるかは温度、圧力で変わってきます。物質が取れる状態については次の式 (ギブスの相律) で表されます。

$$F = \text{自由度}$$

$$(8) \quad C = \text{成分の数}$$

$$P = \text{相の数}$$

定数「2」は温度と圧力 の 2 つの変数を表す。

水のような純物質 (成分が 1 つ) だった場合は、 C が 1 になります。また通常大気圧中での反応ですので定数「2」は圧力の項が無くなり「1」になります。(これから先、気圧は 1 気圧に固定して話を進めることにします。) すると (8) 式は、

$$F = 1 - P + 1 = 2 - P \quad (8-1)$$

となります。 P は相の数ですので、もし「液体」と「固体」が共存する状態の場合は $P = 2$ 、 $F = 0$ となり、温度を変えることはできません。（温度を変えるとどちらか1つの相になってしまいます。）

しかし2つの物質で構成されていた場合、(8)式は、

$$F = 2 - P + 1 = 3 - P \quad (8-2)$$

となります。よって「液相」と「固相」が共存する状態の場合は $P = 2$ 、 $F = 1$ となり、温度を変えても2つの相が存在することになります。

理解しやすいように、水を例として考えます。純水の場合、成分は1で $C=1$ 、「液相」と「固相」が共存する状態ですので、 $P = 2$ になります。大気中で考えますので定数は温度だけの「1」になります。すると(8)式は、

$$F = 1 - 2 + 1 = 0 \quad (8-3)$$

となり、「液相」と「固相」が共存する状態、＝「水」と「氷」が共存できる温度は「0°C」だけ、すなわち温度を「0°C」から変えると水だけになるか、「氷」だけになってしまうという私たちが経験した通りのことが当てはまります。

これが2成分の場合、すなわち Sn と Pb の2つの成分でできている共晶はんだのような物質の場合、ある温度以下では α 成分と β 成分による合金固体ができます。しかし温度が上がり「共晶点」*1では α 成分の固相、 β 成分の固相と、 α 成分と β 成分による合金相が混在する状態になります。

という事は、「共晶点」では「 α 成分と β 成分による合金の液相」と「 β 成分の固相」と「 α 成分の固相」の3つの相が共存する状態です。すなわち(8)式では $P = 3$ 、 $C = 1$ になります。すると(8)式は、

$$F = 2 - P + 1 \quad (8-4)$$

となり、 $F = 0$ となります。このことから、共晶点＝「 α 成分と β 成分による合金の液相」と「 β 成分の固相」と「 α 成分の固相」の3つの相が共存する状態では温度の自由度は0、すなわち2成分で大気圧中では共晶点の温度は1つしか取れないことがわかります。次回は合金の状態について相図（状態図）について学んでいきましょう。

*1 共晶点については次項で詳しく説明していきます。