

はんだの科学（その1）

（株）日本電子音響 **NIDEON**

はんだの歴史

「はんだ^{*1}」は紀元前 3000 年頃の青銅器時代から使われていたようで、その歴史は 5000 年にもなります。紀元前 300 年頃のローマの遺跡からは現在、私たちが使っている「はんだ」とほぼ同じ組成（Sn が 62%、Pb が 38%）^{*2} の「共晶はんだ」が見つかっています。

「はんだ」は当初、金属と金属を物理的に接着するために用いられた物ですが、20 世紀になり、電気製品がたくさん作られるようになると「低温で電気部品を接続でき、電気を通す」性質を持った「はんだ」はあらゆる電気製品の接続に使われるようになりました。

紀元前 300 年頃のローマの遺跡から見つかった「はんだ」とほぼ同じ成分の「共晶はんだ」が現在のわれわれの生活を支えているということは「共晶はんだ」がいかに優れた性質を持っているかを物語るものです。

近年、「鉛フリーはんだ」の話題が多くなりました。欧州では鉛を使った「共晶はんだ」を使う民生品（一般的な家電）は激減しましたが、航空機、宇宙関連、医療機器といった、故障の許されない分野では鉛を使った「共晶はんだ」を使うことが許されています。

5000 年の歴史のある「共晶はんだ」に取って代わる「鉛フリーはんだ」は、まだ研究の半ばだと言えます。

はんだとは

現在まで主流だった「共晶はんだ」は Sn（スズ）と Pb（鉛）の合金です。Sn（スズ）が溶ける温度は 232℃、Pb（鉛）が溶ける温度は 327℃ですが、Sn を 37%、Pb を 63%の割合で混ぜると、183℃と言うとても低い温度で溶けるといふ、非常に使い勝手の良い金属になるのです。

加えて、「共晶はんだ」はぬれ性が良く、接続する金属と金属の隙間に入り込んで隙間の無い金属同士が密着した接続が出来るという利点も持っています

また、Sn（スズ）と Pb（鉛）はあまり高価な金属ではないことも「共晶はんだ」が使われてきた一因だと言えます。

下に色々な金属の融点（溶ける温度）と 1g の価格^{*3}を示します。

表 1、各種金属の融点と価格

金属名	元素記号	融点	1gの金額
スズ	Sn	232°C	0.24円
鉛	Pb	327°C	0.2円
アルミニウム	Al	660°C	0.19円
銀	Ag	962°C	76円
金	Au	1064°C	5000円
銅	Cu	1083°C	0.7円
鉄	Fe	1535°C	0.06円

Sn（スズ）とPb（鉛）の融点が低く価格も安いことが分かります。この2種類の金属を組み合わせ、「共晶はんだ」を発明した大昔の人の知恵に驚かされます。

はんだの接続原理

「共晶はんだ」が金属を接着する仕組みは、「共晶はんだ」の中のSn（スズ）とCu（銅）が合金を作るためです。

「はんだ」と銅が触れただけで合金を作る事はほとんどありません。それは「はんだ」の原子^{※4}と銅の原子の距離が離れているからです。できれば、両方の金属が溶ければ、合金になりやすいのですが、銅は表1に示したように、1083°Cにならないと溶けません。ですから「はんだ」が溶けて、銅の原子に近づけば合金になりやすくなります。下に接合のイメージ図を示します。

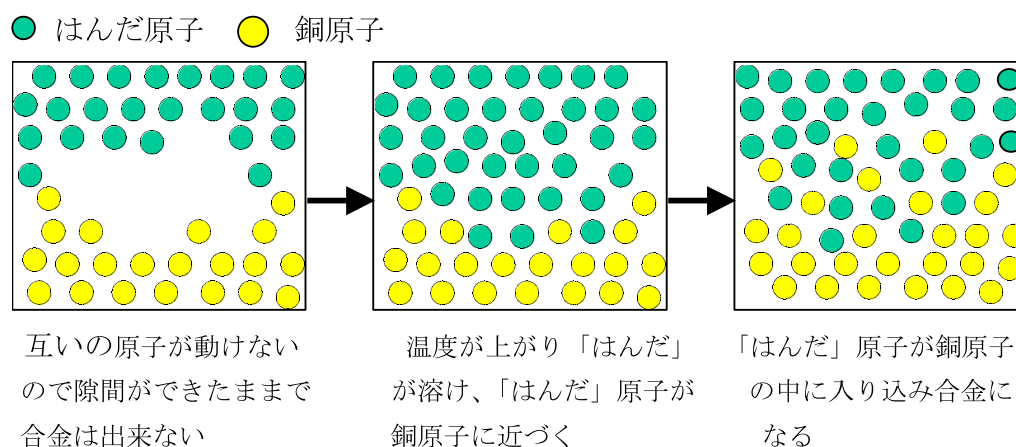


図 2. はんだと銅の合金化のイメージ図

もうひとつ、前1ページ目の最後の方にも示しましたが、「はんだ」が溶けた時のぬれ性が良いことも合金を作るのに重要な要素です。いくら「はんだ」が溶けても水と油のように、銅の表面になじまなければ、互いの原子の距離は短くならず合金にならないのです。はんだのぬれ易さとぬれ難いにくさのイメージをつかんでもらうためのイメージ図を下に示します。

ぬれ性が良いということは「はんだ」の原子と銅の原子が近づきやすくなり、合金が出来やすいことにつながります。

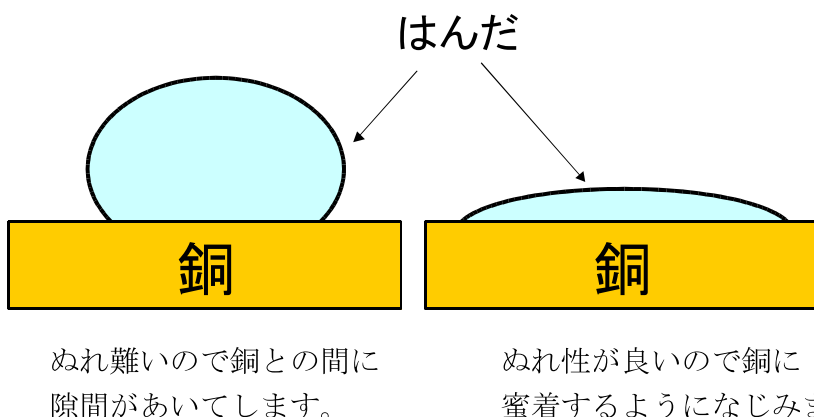


図 3. はんだと銅の塗れ性のイメージ図

低い温度で溶けることと、塗れ性が良いことと、電気を通すことが「はんだ」が電気部品の接続に使われるようになった大きな要因です。

ただし、気をつけなければならないことがあります。それは「はんだ」と銅の合金がどどんできれば良いかというと、そういうわけではないのです。

合金層（合金が出来た部分）は強度が弱いために機械的特性が低下します。

はんだ付け時間が長くなったり、はんだ付け温度が高くなったりすると、合金の層が厚くなり、それが強度的に大きな問題を起こすこととなります。これは作業と関係しますので、後の章で詳しく説明します。

次回は、はんだ付けには必ずといって良いほど必要な「フラックス」について、その役割などを解説します。

- ※1 現在「ハンダ」や「半田」表記はあまり使いません。しかしはんだでは平仮名が続き分かり難いので「はんだ」と表記しました。
- ※2 重量%です。
- ※3 2013年当時の大まかな価格です。
- ※4 「共晶はんだ」では銅との結合に関与するのは Sn ですが、分かりやすくするために「はんだ」の原子としました。

はんだの科学（その2）

(株)日本電子音響 *NIDEON*

フラックスの役目

はんだ付けは金属と金属（例えばケーブルの銅とプラグの黄銅）を電氣的に接続することです。

しかし、金属表面は空気中の酸素により酸化していますので、酸化膜（一種のさび）が出来ている状態です^{*1}。銅のさびは電気を通さず、酸素とくつつく事で金属ではなくセラミックに近いものに変化しているといえます。

セラミックの代表である陶器（お茶碗など）を、はんだ付けすることが出来ないように、酸化した銅もはんだ付けはできません。そのため、酸化膜を取り除いてからはんだ付けします。この酸化膜を取り除く役目をするのがフラックスの目的です。フラックスは液体のものと、クリームのようなものが多く使われています。フラックスの役目は他にもあるので、下にまとめて示します。

- 1、 はんだ付けする金属の酸化膜（さび）を除去する。
- 2、 はんだ付けした部分の表面を覆って酸化を防ぐ。
- 3、 はんだのぬれ性を向上させる。（界面張力の減少）

フラックスの成分

電気部品を接続する、はんだ付けには、古くは松ヤニが用いられていました。現在でも、松ヤニを蒸留して取り出したロジン（松ヤニ）をフラックスの主成分として使用しています。はんだ付けに使用するフラックス（ロジン）の主成分はアビエチン酸（ $C_{19}H_{29}COOH$ ）です。アビエチン酸の融点は「共晶はんだ」の融点 $183^{\circ}C$ より低い $174^{\circ}C$ で使え、 $174^{\circ}C$ 以下では不活性なので（金属に大きな影響を与えない。）はんだ付けした後で洗浄が不要と、とても都合の良いものです。このような常温では非活性なロジンだけを使用したフラックスを非活性化ロジンと呼び、MIL 規格では（R）と表現します。しかし、R タイプは酸化膜を除去する力がすこし弱く、はんだ付けしにくいという問題があります。

フラックスへの添加物

ロジンを使ったフラックスだけでは力が弱いので、ロジンに活性剤を添加したフラックスもあります。弱い活性剤を添加したものを弱活性化フラックスと呼び、MIL 規格では（RMA）と表現します。弱い活性剤としては、ステアリン酸、臭化シチルピリジンなどが使われます。

もっと活性化が求められる場合には、塩化アニリン、塩酸ヒドラジンなどの活性度が高い添加物を入れたフラックスが使用されます。このような強活性化フラックスと呼び、MILL 規格では (RA) と表現します。RA タイプははんだ付け性は良いのですが、はんだ付け中に銅などの金属を腐食したり、はんだ付け後でも金属を腐食させる力があるなど、使用には注意が必要です^{※2}。

フラックスの日本規格

前項で出てきたフラックスの (R) (RMA) (RA) という規格は米国軍用の MIL 規格です。日本で販売される日本製のはんだにもこのマークが付いているものがあります。日本にもはんだのフラックスには独自の規格があります。

塩素成分が多いフラックスは、はんだ付けしている時にも、はんだ付け後も、金属を腐食させる力を持っているので、使用には注意が必要です。

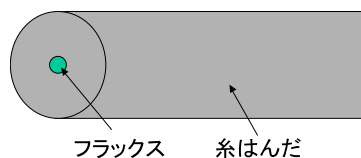
JIS ではフラックスの中の塩素含有量で区別しています。下に JIS の規格を示します。

表 1. フラックス入りはんだの JIS 規格

項目 \ 等級	AA	A	B
塩素含有量	0.1%以下	0.1~0.5 %	0.1~1%

フラックスはどこにあるの？

市販の糸はんだ（細長い針金のようなはんだ）にはフラックスが入ったものがほとんどです。糸はんだのフラックスは下の図のように「はんだ」の中心に入っています。



今回は少し難しい話でしたが、フラックスは「酸化してはんだ付けしにくくなった金属の表面をきれいにして、はんだ付けしやすくする薬剤だと覚えておくと良いです。」

次回は鉛フリーはんだについて説明します。

※1. 酸化膜の厚さは Ag-Al-Fe-Cu の順で厚くなります。

※2. 活性度の高いフラックスが残っていると、はんだ付け後、腐食が進行し電気が通らなくなることもあります。

はんだの科学（その3）

（株）日本電子音響 **NIDEON**

鉛フリーはんだ

鉛の自然界への影響を考慮して近年、鉛の入った「共晶はんだ」の使用が制限されて来ました。各国、各メーカーで鉛の入らない新しいはんだの開発が進められていますが、長い歴史の有る「共晶はんだ」に完全に取って代わる鉛フリーはんだは開発されていないのが現状です。

色々な鉛フリーはんだが、はんだメーカーから提案されていますが、どれも利点と欠点があります。現在、市場で使用されている鉛フリーはんだの欠点としては大きく分けると以下の3点に分けられます。

- ・ 融点が高い。
高温になるので部品を壊す可能性がある。作業性が非常に悪い。
- ・ ぬれ性が悪い
はんだが金属の隙間に入らず作業性が悪い。
- ・ 信頼性が確立されていない
「共晶はんだ」のような長期テストができていない。

ここでは詳しく触れませんが、実際にはもっと多くの問題があります。

鉛フリーはんだの種類

現在まで提案されてきた鉛フリーはんだの一部を下に示します。

表 1. 各種鉛フリーはんだの特徴

系統	融点	成分	利点	欠点
Sn-Cu系	227°C	Sn-0.7Cu-Ni	低価格、機械的強度有り	高融点、ぬれ性が劣る
		Sn-0.7Cu-0.3Ag		
Sn-Ag系	221°C	Sn-3Ag-0.5Cu	機械的強度有り	高融点、ぬれ性が劣る、高価格
		Sn-3.8Ag-0.7Cu		
		Sn-3.9Ag-0.6Cu		
		Sn-2Ag-3Bi-0.75Cu	融点低下、ぬれ性改善	信頼性悪い
		Sn-3.4Ag-4.8Bi		
		Sn-3.5Ag-3.0In-0.5Bi	融点低下、信頼性あり	とても高価格
Sn-3.5Ag-8.0In-0.5Bi				
Sn-Zn系	198°C	Sn-8Zn-3.0Bi	低融点	酸化しやすい、ぬれ性悪い
Sn-Bi系	148°C	Sn-57Bi-1.0Ag	低融点、ぬれ性良い	高温使用不可、機械的強度悪い

利点も書いてありますが、他の鉛フリーはんだと比較した場合の表現で、「共晶はんだ」に比べて判断したものではありません。

どの鉛フリーはんだも欠点があり、「共晶はんだ」に完全に取って代われる「鉛フリーはんだ」はまだ見つかっていません。

日本の JEITA^{※1}は Sn-3Ag-0.5Cu を、アメリカの MEMI^{※2}は Sn-3.9Ag-0.6Cu を欧州の IDEALS^{※3}は Sn-3.8Ag-0.7Cu を推奨しています。成分比は異なりますが、どの地域でも Sn-Ag-Cu の組み合わせを推奨しているのは興味深いです。

JEITA の推奨もあり、日本の大手はんだメーカーはほぼすべて Sn-3Ag-0.5Cu の鉛フリーはんだを製造しているので日本では Sn-3Ag-0.5Cu の入手が容易です。

国内の電機メーカーでは Sn-3Ag-0.5Cu を使用している会社が多いですが、使用目的に合わせて使い分ける場合もあります。

現在は Sn-Ag-Cu 系の鉛フリーはんだが主流になっていますが、各社が新しい組成の鉛フリーはんだを開発したり、現在の鉛フリーはんだに新たな添加物を加えたりと色々な改良を行っています。これからも優れた特性を持った鉛フリーはんだが出てくる可能性があります。

鉛規制の例外

すべてにおいて「共晶はんだ」を上回るに鉛フリーはんだが無いことや、信頼性についてのデータがまだそろっていないこともあり、環境意識の強い欧州においても「航空宇宙」、「医療機器」や「監視機器および制御機器」などには「共晶はんだ」の使用が許されています。

このことは、鉛の入った「共晶はんだ」は信頼性が高いので、人命にかかわる電気製品には「共晶はんだ」を使ったほうが安全だ。と欧州も考えているからだと思われます。

現時点では日本国内では、「共晶はんだ」の使用は制限されていません。よって、日本国内で電気製品を購入できる人は、信頼性の高い「共晶はんだ」を使った電気製品を購入して、長く使うのも一つの考え方です。

オーディオ製品においても現在の日本では鉛規制がありませんので、「共晶はんだ」を使ったオーディオ製品を購入できます。

次回から、電子部品のはんだ付け方法について説明します。

※ 1 一般社団法人 電子情報技術産業協会

※ 2 National electronics Manufacturing Initiative, Inc. (米国)

※ 3 Improved Design Life and Environmentally Aware Manufacture of Electronic Assemblies by Lead-free Soldering (欧州)

はんだの科学（その4）

㈱日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付けの各種方法

はんだ付けには、はんだごてを使う「こてはんだ付け」が良く知られていますが、他にも「リフローはんだ付け」、「フローはんだ付け」という方法があります。

「リフローはんだ付け」、「フローはんだ付け」は基板に電子部品を載せた後に、基板全部を一気にはんだ付けする方法で、大量生産される電気製品に用いられる方法です。

「リフローはんだ付け」は基板の上にクリーム状のはんだ^{※1}を印刷して^{※2}、その印刷したはんだの上に電子部品を載せた後で、基板全体に温度をかけてはんだを溶かして基板に載せた電子部品全部を一気にはんだ付けするというものです。^{※3}

「フローはんだ付け」は基板の穴に、リード線の付いた電子部品を挿して、基板の下に出ているリードの部分溶けた「はんだ」の浴槽につけて基板に挿した電子部品全部を一度にはんだ付けする方法です。

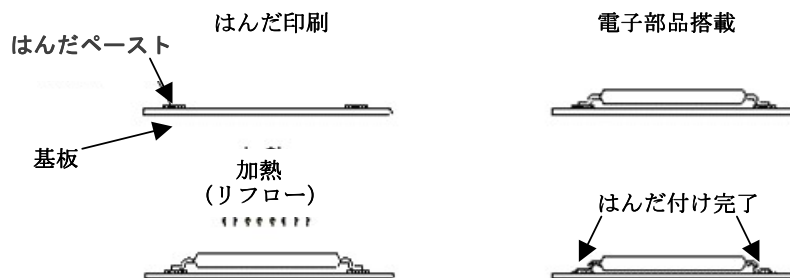


図1. リフローはんだ

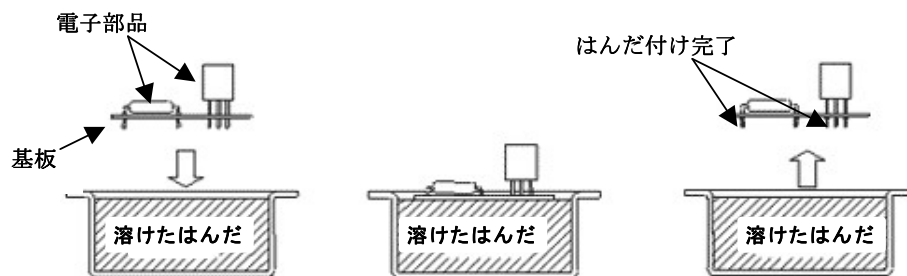


図2. フローはんだ

基板には数多くの電子部品を載せられるので、基板一枚分の電子部品を一気にはんだ付けできるこの工程は、テレビやパソコンなど大量生産する電気製品には適しています。オーディオ機器でもアンプやエフェクターなど大量生産する製品では、はんだごてを使ってはんだ付けしていたのでは作業する人員、製造時間がかかりコストがアップするので「リフローはんだ付け」や「フローはんだ付け」が主に使われています。*4

しかし、「リフローはんだ付け」や「フローはんだ付け」は基本的に平らな基板を使う必要があるので複雑な形状のはんだ付けには適しません。また、中～大型の装置が必要となるので少量生産の電気製品や複雑な形状の部分にはんだ付けが必要な場合は、はんだごてを使った「こてはんだ付け」が使われます。

「リフローはんだ付け」や「フローはんだ付け」は生産が始まる前にテストを行って、はんだの温度やはんだに漬ける時間などの条件を決めるので、ほぼ自動ではんだ付けができるのに対し、はんだごてを使った「こてはんだ付け」は人間の手による作業ですので、はんだ付け作業をする人間の経験や技術や知識がとても重要になります。いくら良いはんだを使っても作業する人間により良いはんだ付けになったり、全くだめなはんだ付けになります。

はんだごてを使った「こてはんだ付け」を行う場合、どのような道具を使い、どのような点に気をつけて作業していかなければならないか次回から数回にわたって説明していく予定です。

※1. はんだペースト、クリームはんだと呼ばれるものです。はんだを直径 50～60 μ m の大きさの球形にした物と、フラックスを混ぜてクリームのようにしたものです。印刷用インクのようになりますので、基板の上に印刷できます。

※2. 基板の上に穴を開けた薄いステンレス製の板を乗せて、ステンレス板の上からはんだペーストをヘラでこすり付けると穴の空いた部分だけ、はんだが基板に印刷されます。

※3 右は、基板の上にはんだを印刷してその上に部品を載せて温度をかけて、はんだ付けした基板の写真です。たくさんの部品が載っているのがわかります。



※3. ハンドワイヤリングされたアンプなどでは手作業ではんだ付けされています。また、銅線などをはんだ付けする場合や量産品の場合でも、手直しが必要な場合はこてはんだが使われます。

はんだの科学（その5）

㈱日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付けに使う道具（1）

シールドケーブルや自作アンプなど量産でない物を作る場合はこてはんだが良く使われます。「こてはんだ付け」で使用する道具を下に示します。

1. はんだごて（はんだごて本体、こて先）
2. はんだ（糸はんだが良く使われます。）
3. フラックス（糸はんだに入っているものが多いです。）
4. その他（こて台、こて先クリーナー、はんだ吸い取り器（線）、ワイヤーストリッパー、顕微鏡、はんだ吸煙機など）
（1.2 は必須、3.4 は必須ではありませんがあると便利です。）

はんだごて

一般には電気式のはんだごてが使われます。はんだごてで重要なのは、消費電力です。消費電力が大きければ発熱量が大きいので大きな部品をはんだ付けすることができます。しかし、小さな部品のはんだ付けに発熱量が大きいはんだを使うと熱で電子部品を壊したり、基板を焦がしたりと問題が発生します。取り付ける部品や基板に適したはんだごてを選択しなければなりません。

JISにおいては15w～500wの10種類に分類されていますが、一般的には15～40Wの物が良く使われます。最近では温度調節ができるはんだごても販売されています。温度調節できるはんだごては温度が上がりすぎて部品を壊すのを防ぐのに効果的です。



はんだごて（一般）



はんだごて（温度調節）

消費電力の大きな温度調整できるはんだごてはならば、大きな部品をはんだ付けする場合でも熱量が足りない心配も無く、温度が上がりすぎると言う問題

も解決されます。

最近では N2 システムと呼ばれるはんだ方法もあります。

はんだ付けで、大きな問題となるのは基板や部品やはんだ付け部分の酸化です。また、温度が高いほど酸化は進みます。しかし、酸素が無ければいくら温度が高くても酸化しません。そのため N2（窒素）ガスをはんだ付けする場所に吹き付けながら空気中の酸素を遮断して、はんだ付けを行うというシステムです。

窒素発生装置（窒素ポンペでも可能）、流量計などが必要になりコストが上がりますが、暖められた N2 ガスをはんだ付け部分の温度を上げる効果もあり、やんだ付け性や作業性がよくなります。

こて先

こて先ではんだ付けのしやすさが大きく変わります。はんだ付けするアイテムに適したこて先を選ぶ必要があります。下に色々な種類のこて先の写真を示します。



多くのはんだごては、こて先が交換できるようになっています。

細い部品をはんだ付けする場合には先の細いこて先、熱を多く伝えたい場合は先端面積の大きなこて先など、「自分がどのようなはんだ付けをしたいか？」によって、先端を選ぶと作業がとてもやりやすくなります。

はんだ（糸はんだ）

はんだは実際に金属と金属を接続する材料です。同じように見える糸はんだですが、原材料やフラックスはそれぞれ違います。（はんだの科学その 2、3 を参照）自分の作業にあわせて選択しなければなりません。また、太さも色々なものがあります。一般的には直径 0.6mm から 1.2mm までの物があります。細い部品には細い糸はんだ、大きな部品には太い糸はんだなど、はんだつけの条件で選択する必要があります。

次回も引き続き、はんだに使う道具を見て行きたいと思います。

はんだの科学（その6）

(株)日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付けに使う道具（2）

フラックス

一般的に糸はんだの中にはフラックスが入っています。しかし、はんだ付けしにくい場合にはフラックスを追加してはんだ付けすることもあります。

下に液状のフラックスとペースト状のフラックスを示します。



フラックス（液体）



フラックス（ペースト）

フラックスは金属を腐食させる力もあるので使用にはつけすぎない、洗浄を行うなど細心の注意が必要です。（ペースト状のフラックスは腐食性の強いものが多いです。できるだけ追加フラックスは使わないほうが良いですが、どうしてもはんだ付けできない場合には適正なフラックスを使う場合があります。

こて台、こて先クリーナー

はんだごては、先端の温度が数百度になるので、火傷や火事などのトラブルが起きないようにこて台を用意します。こて台の横にあるスポンジはこて先クリーナーと呼ばれる、こての先に付いたはんだを取り除く物です。



こて台とクリーナー（スポンジタイプ） クリーナー（ワイヤータイプ）

スポンジタイプのクリーナーはスポンジに水を含ませて使います。こて先に付いたはんだは溶けた状態で水を含んだスポンジに当てると、溶けたはんだが急激に固まり、こて先から剥がれて落ちていきます。これがスポンジタイプのクリーニング方法です。温度の上がったこてを急激に冷やすのでこて先のめっきが剥がれやすく、温度が下がったこての温度をまた回復させるために電力を使う必要があります。そのためこて先の温度変化が大きく、こての負担になるという問題もあります。

ワイヤータイプはフラックスを含ませた金属ワイヤーの中に溶けたはんだが付着したこて先を入れることで金属ワイヤーに、はんだを吸い取らせてしまうというクリーニング方法です。はんだは濡れている状態のままなので、こて先に少しはんだが残ります。

はんだ吸い取り器（線）

はんだを修正したり、はんだをやり直す場合には前にはんだ付けしたはんだは邪魔になるので取り除かなければなりません。そのために使われるのがはんだ吸引器やはんだ吸取線です。

はんだ吸引器は注射器のような形をしています。ピストン部分を押し、筒の中を真空（減圧）にしてから先端を溶けたはんだに先端をあてた状態で真空（減圧）を解除することで、はんだを吸い取る器具です。

はんだ吸取線は銅線を編んだもので、はんだ吸取線とはんだに熱をかける事で、はんだを溶かして、網状のはんだ吸取線に吸わせてしまうものです。はんだクリーナーのワイヤータイプと似た考え方です。



はんだ吸引器



はんだ吸取線

今回は直接はんだ付けに絶対に必要なものではありませんが、はんだ付けを行うときにあると便利な道具を紹介します。

はんだの科学（その 7）

（株）日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付けに使う道具（3）

ワイヤーストリッパー

はんだ付けを行う前に、ワイヤーや電線を剥くときに使用する道具がワイヤーストリッパーです。カッターナイフやニッパーなどでも代用できますが、これらの代用の道具では心線を傷つけたり、シールド線を切ったりしやすいので、できるだけワイヤーストリッパーを使うほうが良いです。

特に芯線が 1 本の場合はカッターなどでシースを剥いた場合、銅線に傷をつける場合があります。傷が付いただけではすぐには問題になりませんが、何度も使う間に傷の部分に曲げの力がかかり、傷が深くなり最後には断線に至ることもあります。特に初心者はできるだけワイヤーストリッパーを用意したほうがトラブルが減ります。また予算が許せば自動のワイヤーストリッパーがあると非常に便利です。



ワイヤーストリッパー（小径向け）



ワイヤーストリッパー（大径向け）

顕微鏡（ルーペ）

大きな部品やケーブルのはんだ付けを行う場合は無くてもすみませんが、細かいはんだ付け作業を行う場合には、あると便利な道具です。

はんだを行う前に、剥いた銅線の傷の有無や、線の撚り方など作業が適正に行われているか確認することもできますし、はんだ付けを行う時の手元を見たり、はんだが適正にできているか確認する場合にも便利です。



実体顕微鏡

はんだ吸煙機

共晶はんだには人間に有害な鉛が含まれています。鉛フリーはんだでも塩素を含んだフラックスなどが入ってますので、できるだけ蒸気を吸わないようにしなければなりません。はんだ付けするときに発生する蒸気が自分のほうに来ないように、蒸気を吸引するのがはんだ吸煙機です。ファンとフィルターが内蔵されていて、発生した蒸気をはんだ吸煙機で吸い取りフィルターで有害成分をトラップします。しかし、煙を完全にトラップする事はできませんので、はんだ吸煙機から出てくる排気は吸わないようにしなければなりません。



はんだ吸煙機

ツールクリッパー

ケーブルや銅線を固定したり、プラグなどの部品を固定してはんだ付けをしやすくする固定具がツールクリッパーです。

ケーブルや部品を固定でいれば両手が空くので作業がととても楽になります。

ただし、部品によっては金属製のクリップで傷つけてしまう可能性もあるので、気をつけなければなりません。

ルーペの付いたツールクリッパーもあります。あると便利な道具です。



ツールクリッパー

その他

その他にも、細かい作業を行い易くするピンセットやフラックスを除去して金属の腐食を防止するフラックスリムーバーなど便利な道具があります。

はんだ付けは人の手作業になりますので、人によりやり方が異なります。よってこれまでに紹介した道具は必ずしも必要なものばかりではありません。自分が必要だと思うものを試して必要道具を選ぶと良いでしょう。

次回からは、はんだ付けの方法やメカニズムについて解説していきます。

はんだの科学（その8）

(株)日本電子音響 **NIDEON**

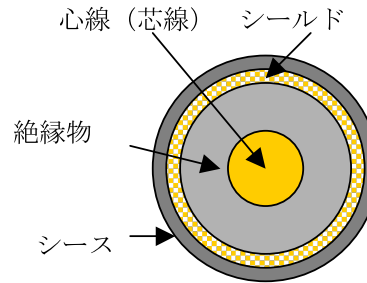
ケーブルの処理方法

ケーブルの構造

剥き方を学ぶ前にシールドケーブルの構造を学びましょう。シールドケーブルの例として右に1芯のシールドケーブルの断面図を示します。心線が2本の物、4本の物もあります。

心線となる銅線の外側に絶縁物があり、その外側にシールド（一般的には銅線を編んだり、銅線をまいたものです。）

その外にシースと呼ばれる絶縁物があります。絶縁物もシースも樹脂が用いられています。



シールドケーブル

シースの剥きかた

最初にシールドケーブルは外周にあるシースを剥きます。この時重要なのはシールドを傷つけないで剥くことです。自動でワイヤーのシースを剥く装置があります。これを使えば素人でもシールドを傷つけず綺麗にシースを剥けるのですがとても高価です。手作業で行う場合は手動のワイヤーストリッパーを使い適正な穴径を選択し、慎重にシースを剥いてください。ワイヤーストリッパーのはさみ方と引張り方が重要です。ワイヤーストリッパーを使わずカッターナイフなどでシースを剥く場合はカッターの刃がシールドに当たらないように、シースだけを剥くように特に慎重に作業することが重要です。シースを手動で剥くのは経験が物を言います。何度も経験して体得するしかないというのが本当のところでは。

また、シース材料によっても剥き方の難しさが異なります。

PVCなどの柔らかい樹脂*1は曲がりやすいので、カッターナイフで傷をつけて曲げるとシールドまで比較的容易に剥けます。それに対し PP、PE、PTFEなどの硬い樹脂は PVC のように傷つけて曲げて剥くことは難しいです。また、カッターナイフでは切り難く、力を入れる必要があるのでシールドを傷つけてしまう失敗が多いです。ゆっくりと慎重に作業することが重要です。

シールドのほぐし方

シールドは銅線を編んだもの、スパイラルに巻いたものが多いです。スパイラルのものはほぐしやすいですが、編んだものはほぐす時にシールドの銅線が切れてしまいやすいです。

爪楊枝、竹串、すべり性の良い樹脂製の細い棒など銅線を痛めにくい道具で慎重に少しずつほぐしていきます。ほぐし終わったシールド線はできるだけ同心上になるようにひねって1本にまとめます。(後の項で述べますが、線をよった後に予備はんだを行う場合もあります。)



編組シールド



スパイラルシールド

心線の剥きかた

心線も自動で剥く装置を使うのが便利で確実ですが高価なために持っている人は少なく、ワイヤーストリッパーで剥くことが多いと思います。この場合もシース同様に心線を傷つけないように慎重に剥くことが必要です。シースと違い径が小さく絶縁物の厚さも薄いので心線を傷つけたり、切断する可能性が高いです。

また、シースには作業がしやすい PVC が多く使われるのに対し、心線には PE、PP、PTFE などの硬くてまがりにくく、刃が通りにくい素材が使われることも多いです。これらの素材の場合は特に慎重に作業を行う必要があります。

その他の素材の処理方法

シールドケーブルの中には繊維や樹脂の繊維が入ったものや、心線を紙テープで巻いたもの、シールドの内側に導電ビニルを施したものもあります。

繊維類は強度を持たせたり心線間の距離を一定にするための物ですので、はんだ付けする部分には不要です。また、シールドの役目をしますので心線に触れるとショートします。導電ビニルは心線と接触しないように処理を行ってください。

※1 可塑剤などにより硬さは変わりますが、一般的に PVC は柔らかいものが多いです。

※ PVC = (polyvinyl chloride) ポリ塩化ビニル (ビニール) と呼ばれます。

※ PP = (polypropylene) ポリプロピレンです。

※ PE = (polyethylene) ポリエチレンです。

※ PTFE = (polytetrafluoroethylene,) テフロン (商品名) と呼ばれます。

はんだの科学（その9）

㈱日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付け方法(1)

はんだこてを使ったはんだつけについて考えて行きましょう。はんだ付けは、はんだを使って金属同士を結合する作業です。結合の力は原子間力、アンカー効果^{*1}、合金形成などが上げられますが、ここでは特に重要となる合金形成をメインに話を進めます。

合金化

電線や電気部品によく使われる銅と「はんだ」で出来る合金のイメージ図を下に示します。

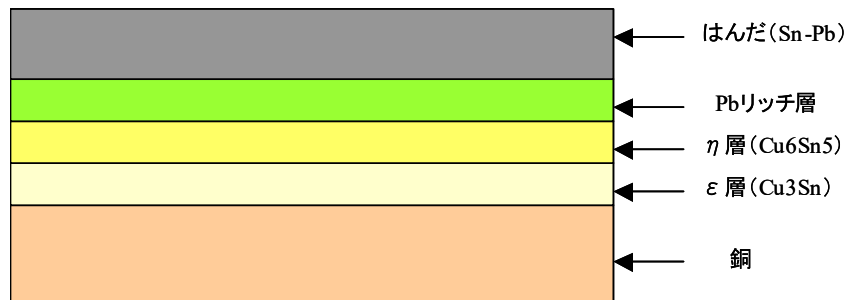


図 1. 共晶はんだと銅の接続イメージ図

合金化には **Sn**(スズ)と銅が関係していることがわかります。多くの鉛フリーはんだも **Sn** を使用していることから同じメカニズムだと考えられます。

合金化

はんだも銅も固体で接触した場合、合金にはなりません。合金になるためには合金になる温度で、互いの金属がよく接触することが重要です。つまり「はんだの科学（その1）」の所で問題とした「ぬれ性」を良くすることが重要になります。

濡れ性が良くなると互いの金属の距離が近づき反応し易くなり合金化が進みます。また、濡れ性が良ければ銅の隙間にはんだが入り込みアンカー効果^{*1}が発生したり合金にならなくても原子間力が働くなどの効果が期待できます。できるだけ濡れ性を良くした良好なはんだ付け方法を考えていきましょう。

良いはんだ付けに必要な条件

良いはんだ付けをする場合に必要な条件を下に示します。

- ・ 接続する金属間距離を短く
- ・ 表面金属の清浄化（汚れや酸化膜の除去）
- ・ 適正温度、適正時間でのはんだ付け
- ・ はんだの適正な供給（はんだ供給場所、供給量）

金属間距離

はんだ 2 種類と銅の抵抗値、引っ張り強さを下に示します。

表 1. 各種鉛はんだと銅の特徴

	抵抗値	引っ張り強さ
	($\mu\Omega/cm$)	(MPa)
共晶 (Sn-Pb)	15	41
鉛フリー (Sn-3Ag-0.5Cu)	11	35
銅 (OFC)	1.92	455

※ 電機メーカー、素材メーカーのデータを筆者がまとめたもの

銅に比べて、はんだの抵抗値が 6 倍から 8 倍も大きいことが分かります。また銅と比べて、引っ張り強度も 1/10 しかないことが分かります。

すなわち、金属の間に、はんだが介在することで抵抗値が上がり、接続面の強度が低下することを示しています。下に、接続する金属間の距離が異なる場合の、はんだが介在した状態を示します。

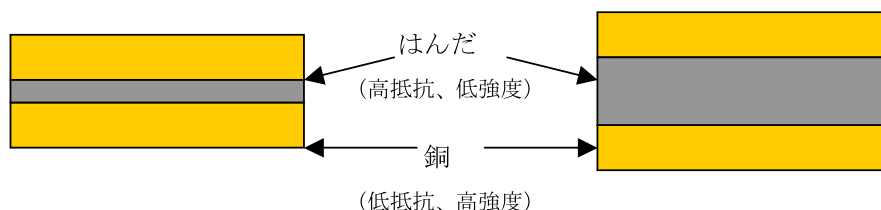


図 1. はんだが介在する距離の違い

はんだ層が厚くなると抵抗値が増加し、破壊しやすい部分が増えることがわかります。できるだけ金属間の距離が短くなるよう金属同士を密着させてはんだ付けすることが重要です。

※1 金属の表面の凹凸にはんだが入り、クサビのように互いの金属を接着する効果

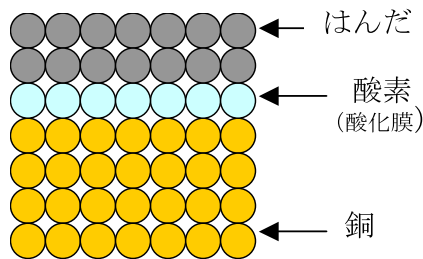
はんだの科学（その 10）

(株)日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付け方法(2)

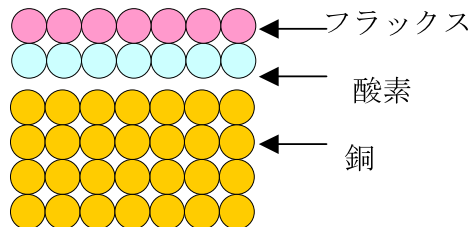
表面金属の清浄化

絶縁物をむいた銅線表面はむいた直後から酸化が進みます。酸化した銅は金属でないのではんだがぬれにくい状態です。酸化膜の影響とフラックスの役目についてイメージ説明図を示します。



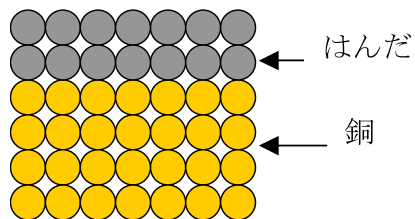
はんだが銅と接続しようとするが、銅表面で銅と結合した酸素が邪魔をしてはんだが付かない状態。

(酸化膜がはんだ付けを阻害する)



酸素とフラックスが反応し、銅表面から酸素が取り除かれる。

(フラックスの効果で酸素が取り除かれる)



金属表面の酸素が無くなり銅が表に出ることにより、はんだと反応しやすくなる。

(洗浄された金属表面とはんだが接合する)

図 1. フラックスによる酸化膜除去のイメージ

酸化した銅を還元して金属表面を出すのがフラックスの大きな役目ですが、酸化が進行してしまうと弱いフラックスでは還元力が足りないこともあります

し、はんだ付け時間が余計にかかる場合もあります。また強いフラックスは金属を腐食することもありますのでなるべく使わないほうが良いです。そのために絶縁物をむいた銅線はなるべく早くはんだ付けすることが大切です。長期間空気中に放っておいた銅線などは緑青が出たり、くすんだ色になっている場合があります。このような場合は、細かいサンドペーパーなどで酸化膜を取り除くこともあります。金属の酸化ははんだ付けの大敵だといえます。

酸化以外にも金属表面に人間の手の油やホコリなど付着している場合もはんだ付けの大きな障害になります。(油類やホコリがはんだと銅の間に残った場合、ピンホールになったり、はんだが銅と接触する面積を小さくしたりして正常なはんだ付けの妨げになります。) フラックスは還元剤(酸素を取り除く)としての役目をしますが、その他、金属表面に残る不純物を取り除くことには適していません。

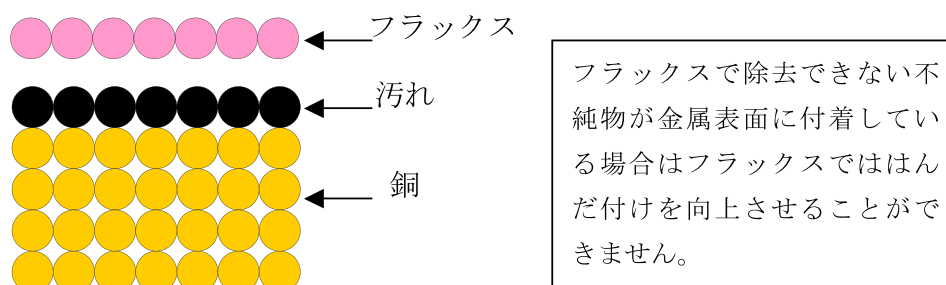


図2. 酸化膜以外の不純物におけるフラックスの効果イメージ

この場合もアルコールや水などで表面をキレにしておくことが重要です。(ショートの原因になる塩類はアルコールには溶けにくいので水を使う場合もあります。はんだ付け前には、金属表面に水が残っていたり酸化が進まないようにしなければなりません。)

はんだ付けする場合は、銅線など線材だけでなく、銅線を接続する母材(シールドケーブルの場合はプラグなど)の金属表面も清浄化しておくことが必要です。多くのプラグ表面は防食のためにNi(ニッケル)めっきが施されています。しかし、Niめっき表面には酸化皮膜が生成されるため、はんだ付け性が悪くなることが知られています。はんだ付け性をあげる薬剤や陰極還元のプロセスを加えることによって向上させる報告もありますが手間がかかります。また、金めっきを施したプラグは濡れ性が良くはんだ付け性が向上しますが、はんだ付け後、はんだの中に4%以上金が存在した場合、接点が脆くなるという報告があります。場合によっては金めっきを取り除くなどの工程が必要になる場合があります。プラグも銅と同様に酸化が進まないように気をつける必要があります。

はんだの科学（その 11）

（株）日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付け方法(3)

適正温度、適正時間でのはんだ付け

はんだは高温で長時間加熱されると合金層が必要以上に厚くなったり、酸化しやすくなるので適正な温度と適正なはんだ付け時間、適当なはんだ量で、はんだ付けを行うことが重要です。

一般に良いとされている、はんだ付け工程におけるはんだごてと接合面の温度変化を見てみましょう。

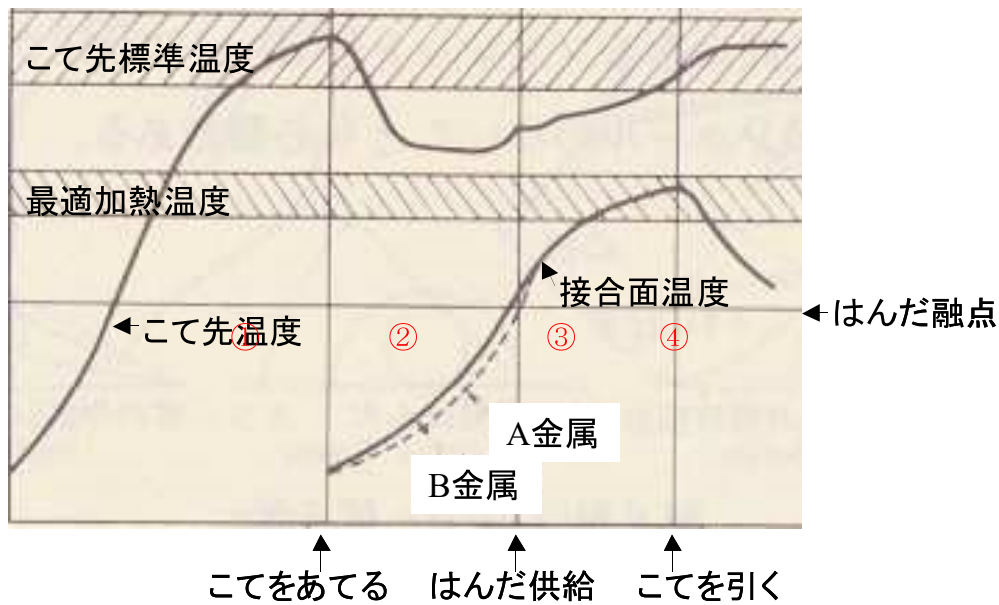


図1 はんだ付け時のこてと接合面の温度変化

- ① はんだごてを加熱し、こての温度が最適加熱温度を超えた後に接続する金属にこて先を当てます。
- ② 接合する金属の温度が上昇し、こて先温度は下がります。（こての熱が金属に奪われるのが原因です。金属が大きいほど熱の下がり大きいです）
- ③ 金属の温度が最適加熱温度に上がる手前ではんだを供給します。（はんだに熱を奪われるのでこて先温度がすこし下がります。）接続する金属とはんだの温度が共に上昇し、最適加熱温度ではんだが金属表面にぬれて合金化が進

み接合が完了します。ここまではんだごては金属に接触させたままです。

- ④ 接合する金属からこてを引き離します。金属とはんだの温度が下降してはんだの融点以下になり、固まって接合が完了します。

もし、こて先の温度が上がる前から金属にこて先を当てていたら、金属の温度上昇時間がかかり、金属表面の酸化が進行してしまいます。同様に、こて先や金属が十分に加熱される前にはんだにこて先を当てていた場合は、はんだの酸化が進みはんだ付けがしにくくなったり、フラックスが長時間加熱されることにより、フラックスとしての役目を果たせなくなり、正常なはんだ付けができなくなる場合もあります。

長時間こてを当てていた場合は、はんだ付け部分への影響だけでなく、熱に弱い部品（プラグの絶縁樹脂部分など）が溶けたり、ICなどの電子部部品を破壊したり、フラックスが炭化して炭のようなものが発生したり、合金層が厚くなり、抵抗の上昇やはんだ付け部分が割れるなどの問題も発生します。はんだ付け時間が長いと言うことは決して良いことではありません。

以上のように、はんだ付けする場合は、こてを金属に当てるタイミング、はんだを供給するタイミング、こてを当ててはんだをぬらす時間、こてを引くタイミングといった「温度と時間管理」がとても重要なことがわかります。

温度調整機能の付いた温度表示するはんだごてでは、こて先の温度はわかりますが実際の作業中にはんだの温度、接続する金属の温度などは測定する事は難しいので経験に頼らざるを得ません。しかし、図 1 の内容を理解しておくとしはんだ付け作業に役に立ちます。

一つのテクニックですが、フラックスを前もってはんだ付けする金属表面に塗っておく方法もあります。フラックスは金属表面の酸化膜を取り除く役目があるので、はんだが溶ける前に、フラックスが金属表面を覆い、温度が加わることでフラックスが活性化して酸化膜を取り除いた後に、溶けたはんだが金属表面に流れるようになることが良いはんだ付けの順番です。

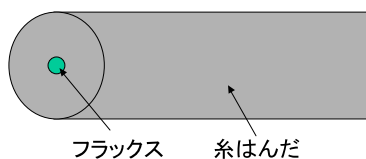


図 2. 糸はんだの構造

図 2 のようなフラックスを含んだ糸はんだの場合は、糸はんだにはんだごてを当てて、フラックスが先に金属表面に飛び出すようにしてから、はんだを溶かすというテクニックも使われますが、なかなか難しいテクニックです。

このようなことができない場合など、前もってフラックスを塗る方法が用いられたいります。

はんだの科学 (その 12)

(株)日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付け方法(3)

はんだ付けは、はんだ付けする 2 種類の金属を正確な位置にはんだ付けすることが重要です。

線材などを はんだ付けする時に線材が動いてしまうと、正確な位置にはんだ付けできません。下に正確な位置にはんだ付けしたモデルと はんだ付け時に線材が移動して適切でない位置にはんだ付けした場合のイメージ図を示します。

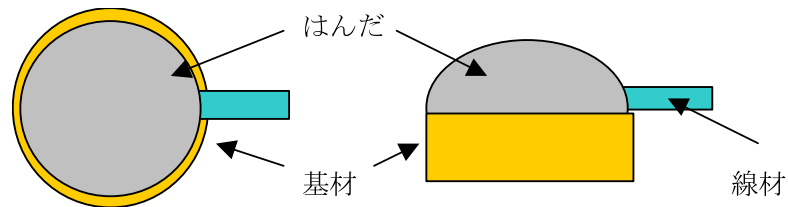


図 1. 適正な位置にはんだ付けしたイメージ図

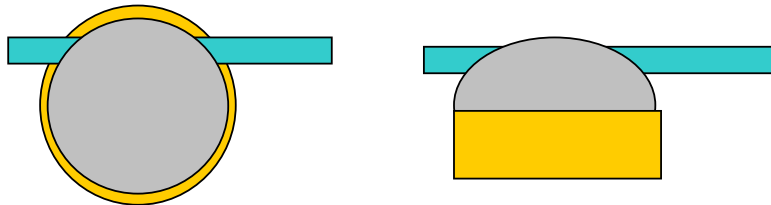


図 2. ずれた位置に はんだ付けしたイメージ図

はんだごてを使って はんだ付けする場合、はんだ付けする物体が 2 種類（金属と線など）と、糸はんだ、はんだごての 4 つの物を同時に扱う必要があります。基板などは机の上に置くことができますが、配線材、糸はんだ、はんだごては手で扱うことになり、作業が大変になります。



このような場合には左に示したようなツールクリッパー^{※1}と呼ばれる道具に はんだ付けする材料や線材を固定してはんだ付けを容易にする方法があります。

特にはんだ付けに慣れてない人には便利な道具です。

はんだ付けを行う時には温度だけでなく、はんだの量も問題になります。

はんだの量の良し悪しは普通、はんだ付け後の形状や色調により判断されます。下に線材をはんだ付け数する場合の、一般的に言われる、はんだ量の可否を示します。

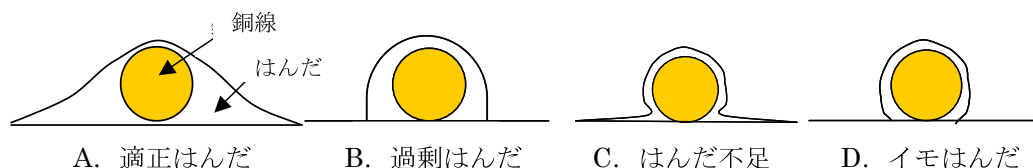


図 2 はんだの付けとはんだ量の関係

一般には線材の左右の形状が同じで線材の形状が分かる程度の量が適正と言われて言います。

C のはんだ量では、はんだが不足して線材が取れやすいので、悪いはんだ付けといわれます。B のような、はんだの量が過剰の場合も、はんだと金属の接触面の接触角が大きく、A に比べて、はんだと金属の界面で剥がれやすいと言われています。また、はんだの中の接続状況が類推しにくく、はんだ不良を発見しにくいという意見もあります。また D のはんだが丸まった状態はイモはんだと呼ばれ、はんだと金属が結合していない状態が多く、すぐに剥がれてしまうはんだ付けで、信頼性がないとされています。

はんだの供給量の良し悪しは、はんだ付け後に判断することから、作業者は、どの程度のはんだを溶かせば適正なはんだ量になるか把握しておく必要があります。(これは長年の経験が物を言います。当社の熟練職人の技はすばらしいです。)

はんだ付け後の表面が綺麗に金属光沢を持っていることが良いといわれます。ピンホールやザラザラした表面は良いはんだとはいえません^{※2}。

温度をかけすぎた場合や、はんだごてを長時間当て過ぎた場合など、加熱が過剰なはんだ付けの時にはんだ表面にシワがよったりザラザラになったりするものが多いです。

- ※1 拡大鏡の付いたツールクリッパーもあります。微細なはんだ付けを行うときには役に立ちます。また、自作の固定具を作ることも良いです。ただし、治具の可燃性や、融点などに注意してください。
- ※2 鉛フリーはんだは表面が金属光沢にならない場合が多いです。共晶はんだでは加熱しすぎるとシワがよったりすることもあります。また、はんだ付け時間が長すぎると共晶はんだでも偏析により光沢がなくなることもあります。

はんだの科学（その 13）

（株）日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付け方法(4)

予備はんだ

はんだ付けする前の線材にはんだを薄くコートしておくことで線がバラけないではんだ付けが容易になる場合もあります。また、大きくて熱がなかなか伝わらない部品に前もってはんだをしておいて、はんだ付けを容易にする場合もあります。そのように前もってしておくはんだを、予備はんだと呼びます。

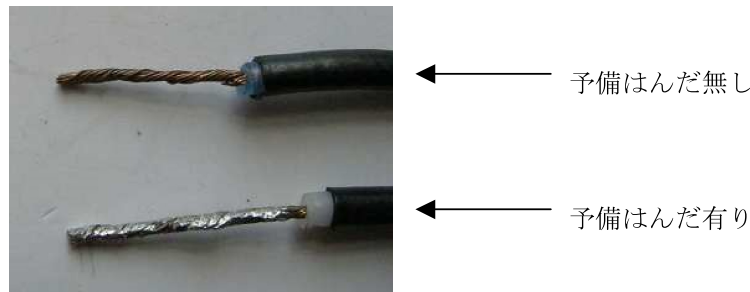


図 1. 予備はんだをした線材

絶縁物を取り除いた直後に予備はんだで線材表面を覆うことで線材が酸化するのも防止できます。予備はんだをした部品は、その後にはんだを加えて接続のためのはんだ付けを行います。すなわち 2 度加熱することになりますので注意が必要です。

予備加熱

プラグが大きかったり、線材が太い場合は予備加熱を行うとはんだ付け作業が容易になることがあります。

はんだ付けする部品が大きい場合、はんだごてを金属に当てても熱が逃げてしまい「はんだの科学（その 10）」図 1 の②の段階で金属の温度が最適加熱温度まで上がらないといった問題が発生します。また冬季など気温が低い場合や作業場所の風の通りが良い場合にも加熱不足が発生してはんだ付けがうまくいかない場合があります。

この場合、消費電力の大きいはんだごてを使ったり、接触面積の大きいこて先を使ったりする方法もありますが、こてを当てる前に部品全体を暖める方法も効果的です。大きな部品（プラグや線材の熱容量が大きな場合）をはんだ付けする場合はヒートガン（暖めた空気を出す、ドライヤーのような装置）を使

って、前もって接合部品を暖めることも効果があります。ヒートガンは表面実装（はんだの科学（その 4）参照）のように、はんだペーストを印刷してチップ部品を搭載した後で基板全体を暖めてはんだ付けするために使用されたり、リワーク（機能しないチップ部品を基板から取り外し機能する部品に取り替える工程）でよく使われる装置です。ヒートガンを使う場合、加熱しすぎて部品へ悪影響を与えないように気をつけなければなりません。

はんだ付けしない部分の暖めすぎて基板や部品を破壊しないように慎重に使用する必要があります。

こて先の使い方

こて先の選定は作業を行う上でとても重要です。

下に例として 3 種類のこて先を示します。

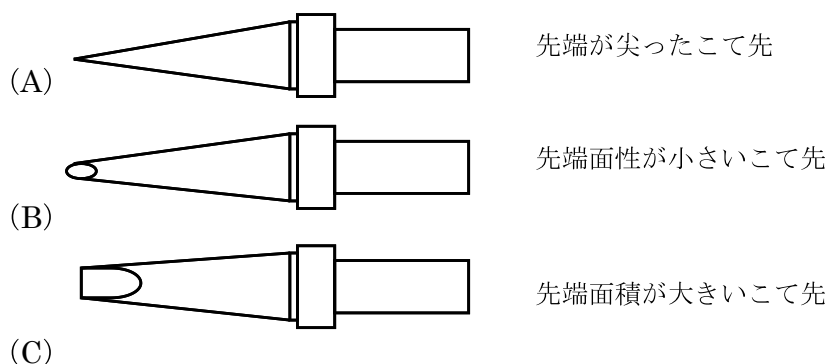


図 1. 各種こて先

はんだ付けする部品との接触面積が大きくなるこて先のほうが熱が伝わりやすく「はんだの科学（その 10）」の図 1 の温度上昇速度が速くなり作業が楽です。はんだ付けする部品が大きい場合は (C) のような先端面積の大きい小手先を使い、はんだ付けする部品に熱が伝わりやすいようにします。

しかし部品が小さい場合に (C) のような、先面積が大きいこて先を使うと、狭い部分にこてが届かなかったり、周りの部品を壊したり、細かい作業がしにくいなどの問題も発生するので、(A) のような先端面積の小さい尖ったこて先を使用します。

はんだごてメーカーは色々な形状のこて先を揃えていますので、自分が使いやすいこて先を選定して使用することが重要です。また、一般的には、はんだ付けする部品と線材を同時に加熱するようにします。一方を加熱してからもう一方を接触させると過熱された一方の温度が急激に下がることになり、最初に加熱させたほうは熱ショックを受けることになります。また、最初に過熱したほうは加熱時間が長くなりますので気をつける必要があります。

はんだの科学 (その 14)

(株)日本電子音響 **NIDEON**

はんだ付け方法(5)

こて先清浄

はんだ付けを続ける間にこて先が茶色になることがあります。

これはフラックスや酸化した はんだが付着したもので熱伝導が悪くなったり、不純物としてはんだ付け部分に残ったりすることがありますので、下に示すクリーナーなどを使って取り除く必要があります。

除去方法は、温度が上がったこて先をクリーナーに入れるとスポンジタイプのクリーナーの場合は、はんだが丸まってスポンジの上に落ち、ワイヤータイプのクリーナーの場合はワイヤーに付着して、こて先端の酸化物が取り除かれて、はんだ付けがしやすくなります。

図 1 にこてさきクリーナーを、図 2 には汚れたこて先、図 3 にはクリーナーで汚れを落としたこて先の写真を示します。



図 1. こて先クリーナー2種類

こて先端に炭化したフラックスなどがこびりついて、黒くなっています。



図 2. 汚れたこて先

クリーナーでこて先に付着したごみを取り除いた後。黒く付着していたものが取れて綺麗な面が出ています。



図 3. クリーニングしたこて先

こて先の管理

こて先は使う間に酸化が進み、はんだが溶けにくくなったり表面が凸凹になったりして*1 はんだ付けする部品に熱が伝わりにくくなったりします。

こて先の構造を下に示します。

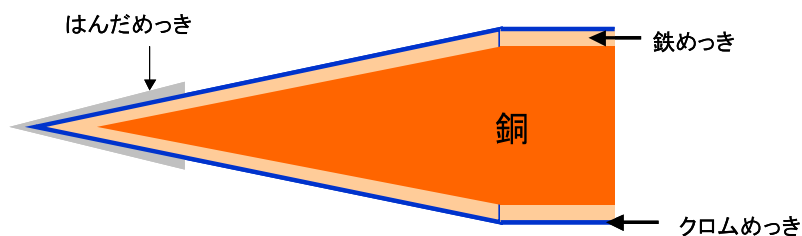


図 1. こて先の構造

こて先は熱を伝えやすい銅が中心にあり、その外に鉄めっき、クロムめっきが施されています。しかし時間が経つに従いはんだめっき、クロムめっきが無くなると、鉄めっき部分が現れ、酸化が進行がしていきます。これがこて先自体が黒くなる原因です。また、鉄めっきははんだの成分であるスズと反応しやすく、はんだの中に溶けていき、最後には銅が現れることもあります。

できればクロムめっきがなくなる前に、新しいこて先に交換することを薦めます。しかし個人で使用する場合や、コストを重視して、鉄めっきが出た状態でも使い続けることが多いです。

クロムめっきが無くなったこて先を使い続ける場合は、はんだ作業が終わったあと、こて先に薄くはんだをコートして（はんだを溶かして）はんだの膜を作ることによって使用しない間にこて先が酸化するのを防止するテクニックもあります。この場合、こて先に残ったフラックスを取り除いておくことが酸化防止に役立ちます。

次回は、はんだ付け後の検査方法について説明します。

はんだの科学（その 15）

日本電子音響

はんだ付け検査方法

はんだ付け後、はんだ付けの状態を簡易に検査する方法を紹介します。*1

目視検査

はんだ終了後、目で見てはんだ付けの良し悪しを判断する方法です。

1. はんだ付け忘れは無いかな？
シールドケーブル場合ははんだ忘れの問題は少ないですが基板などに多数の部品をはんだ付けする時ははんだ忘れすることがあります。
2. はんだ付けした後の形状が適正かな？
（その 10）の図 2 で示した適正はんだになっているか確認します。
3. はんだの光沢は正常かな？
表面が金属光沢を持ったものが良いとされています。鉛フリーはんだの場合は光沢が出にくいです。はんだメーカーに鉛フリーはんだの適正なはんだの写真などをもらえると参考になります。シワがよったような表面の場合は温度のかけすぎ、はんだ付け時間が長かった可能性があります。
4. ツノや垂れがないかな？
ツノや垂れは、はんだ付けが適正でなかった場合によく出ます。またショートの原因にもなります。
5. ショートを起こしていないかな？
はんだや部品がとなりの部品などとショートしていないか？導電ビニルを使用したシールドケーブルの場合、導電ビニルと芯線がショートを起こす場合があります。また、より線が綺麗にまとまらず数本出ていたりすると隣の端子などに接触する可能性があります。
6. 線材のシースや絶縁物を溶かしていないかな？
絶縁物やシースが溶けるとショートの原因になります。
7. 炭化物（黒い炭のようなもの）ができていないかな？
炭化物は導電性がありショートなどの問題を起こします。また炭化物は温度のかけすぎやはんだ付け時間が長い場合にできやすいです。

指触検査

ピンセットなどではんだ付け部分や部品に触って、はんだ付けの状態を判断する方法もあります。

1. はんだが取れないか？
イモはんだの場合、剥がれるようにはんだが取れることがあります。
2. 線材がつながっているか？
目では確認しにくい部分ではんだがされているか引っ張って調べます。
3. 線や部品を引張った時の感触に安心感があるか？
これは熟練の技術が必要ですが、同じ製品をたくさん作っている職人になると触って、はんだ付けの良し悪し（特に接続強さ）を判断できます。

電気検査

電気製品の場合、はんだは電気を通すことが主目的ですので電気の通りを調べてはんだができていないか判断します。

1. 導通を測定する
適正にはんだ付けされたケーブルをテスターなどで抵抗値を測定します。抵抗値が大きすぎる場合は何らかのトラブルがある可能性が高いです。
2. その他、製品に必要なはんだ付けした製品の電気特性や部品に問題がある場合は部品や部品間の特性を評価することもあります。

テスターなどによる電気検査は現在の状態を調べるだけですので、将来的な状態を予測する事はできません。目視検査の場合はイモはんだが見つかった場合は「ショックを加えればはんだが取れるかもしれない」などの今後のトラブルを予測できる場合も有り修正を行うことができます。電気検査だけに頼るのではなく、目視検査や指触検査、次に述べる実働試験と共に試験することが重要です。

実働試験

製品となった場合は実際に使用して問題が無いか調べます。テレビや携帯なども最終的に製品になった後で実働試験を行い問題がないかどうかを調べます。

シールドケーブルも組み立てを終えた後に実働試験を行います。テスターや目視で試験を行う時はシールドケーブルは静止した状態です。しかし、静止した状態でシールドケーブルを使用する事は少なく、ステージでは移動したり垂れ下がったりして何らかの力が加わっています。はんだ付け部分やケーブルに問題があり、たまたま検査時に導通が取れていることもあります。必ずギターとアンプをつないで音を出して実働試験を行ってください。この時にケーブルに少し力を加えて音とびが発生しないかどうか確認したほうが良いです。

はんだの科学は今回で修了し、次回からはんだ付けの理論について詳しく説明をしていきます。

※ 1 はんだの試験・検査方法が JIS にあります。