

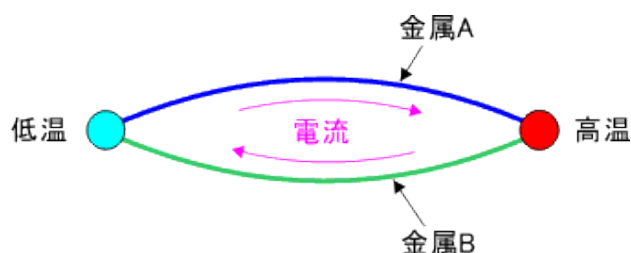
## 温度センサーについて

一般的な業務用焙煎機には、焙煎中の豆温度や排気温度を測定するための温度計が取り付けられています。その多くは「**熱電対**」(ねつでんつい) という温度センサーが用いられています。

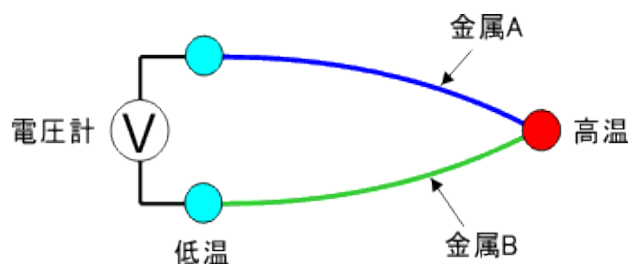
**熱電対とは** (「株式会社八光電機」のWEBサイトから引用)

異なる材料の2本の金属線を接続して1つの回路(熱電対)をつくり、2つの接点に温度差を与えると回路に電圧が発生するという現象が起きます。

この現象は、1821年にドイツの物理学者トーマス・ゼーベックによって発見され、ゼーベック効果と呼ばれています。



片端を開放すれば、電位差(熱起電力)の形で検出することが可能です。



熱起電力として取り出せば、組み合わせる金属の種類と両接点の温度差には依存するものの、構成する2つの金属の形状と大きさには関係しないため、この現象を利用した多くの温度検出端が開発されました。

一般に、この現象を利用した温度検出端を「**熱電対**」といいます。

組合せる金属ごとに種類や測定範囲が日本工業規格などで規格化されています。その種類と特徴は記号で識別されます。「Jタイプ」「Nタイプ」など。

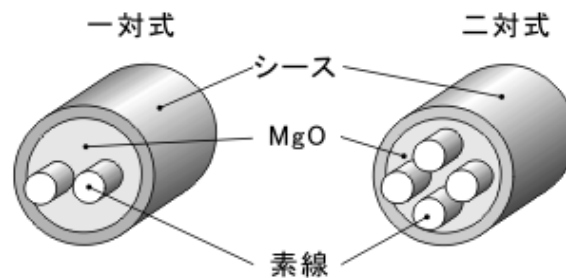
焙煎機に使用されている代表的な種類は、「K タイプ」の熱電対です。

+脚に「クロメル」 (ニッケル及びクロムを主とした合金)

-脚に「アルメル」 (ニッケルを主とした合金)

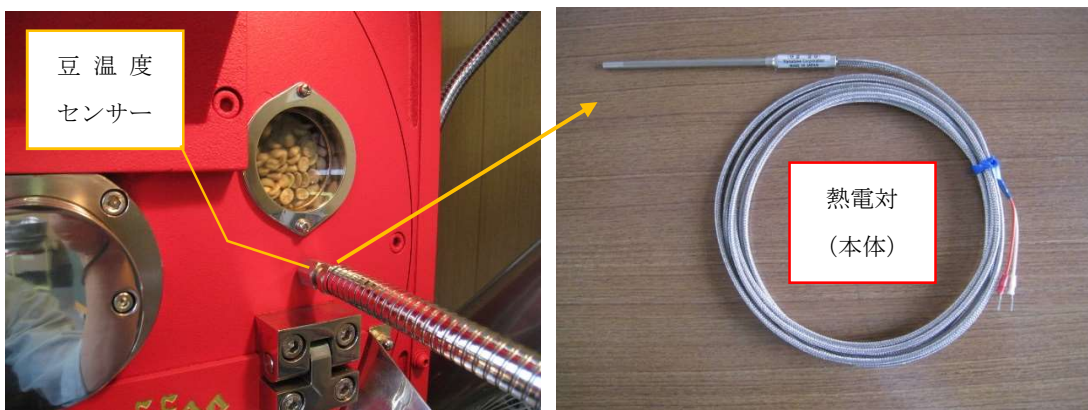
この金属をシースという保護管の中に封入してセンサーとして使用します。

### シース熱電対の構造



金属シースの中に熱電対素線を高純度の無機絶縁粉 (MgO) と共に高密度に圧入封入してあるので、優れた可焼性を持ち反応速度は速く、微細な温度変化にも敏感に反応します。封入される素線は1対式と2対式があります。

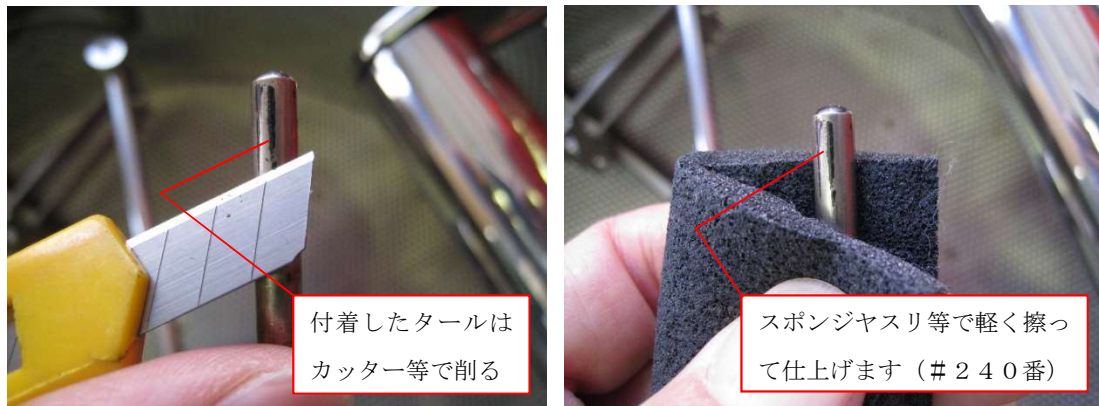
下の写真は焙煎機に使っている「熱電対」。先端の変色部がセンサー部。



- ・素線の種類 . . . . . Kタイプ
- ・シースの材質 . . . . . SUS316
- ・シースの外径 . . . . .  $\Phi 4.8\text{mm}$
- ・常用限度 . . . . .  $800^{\circ}\text{C}$
- ・許容差 . . . . . クラス2 (0.75級) 実質 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$

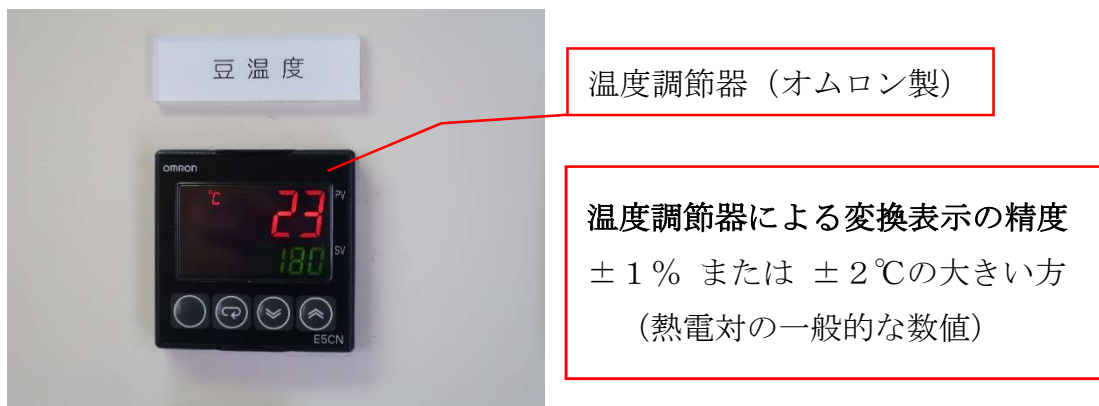
## 熱電対の清掃

熱電対は定期的に掃除をする必要があります。汚れは使用頻度に比例。



## 熱電対の温度表示

熱電対で発生した起電力は、「温度調節器」で温度変換して表示されます。



小数点以下を表示する機種もあり選択肢の幅は広いのですが、いずれも表示される数値には「許容誤差」（精度）がある事を理解し、想定内にします。

熱電対にも許容差があるのでそれを加味すると、ある焙煎機で200°Cから2ハゼが始まるようなデータがあっても、同じ型の焙煎機でも196°Cを表示する計器もあれば204°Cを表示する計器もある、ということです。

これは故障や整備不良ではなく計器の「許容範囲内でのバラツキ」です。温調器に表示される数字は、あくまで熱起電力が変換された数字であり客観的に認証された温度ではありません。これは、非接触の温度計も同じです。

よく焙煎プロファイルなどを公表している人がいますが、そのデータはその人に限定されたもので、普遍的な記録にはならないことを自覚すべきです。

焙煎機が違えば、センサーが取り付けられている位置も違い、前述のように機器のメーカーが違えば、その精度や許容誤差も一様ではありません。

更に、焙煎中に測定しているのはセンサー周辺の豆（表面）温度だけで、釜の回転や攪拌の状況が違えば温度上昇の幅にも違いが出ます。また、豆の温度ではなく焙煎機フレームの蓄熱が影響していることも考えられます。

これらの状況を総合的に判断すると、個々の焙煎プロファイルのデータは実に主観的なもので、誰もが共有できる「美味しさの指標」にはならないことが解ります。焙煎の環境や条件はそれぞれが個別で相対的に特殊です。

物理的にも、熱が移動する過程において条件が違った下で「エントロピーが同じになる」ということは絶対に無い。道理から焙煎を捉えると、熱力学の概念から逸脱してしまっただけでは、どう頑張っても的を射る理屈にはならない。

従って、焙煎機や環境が違う条件の下に他人の焙煎プロファイルをトレースしても同じ焙煎（風味）になる可能性は限りなく低い。また観察がグラフの頂点だけを読んでいる思考では、焙煎の全体像を把握するには無理がある。

焙煎プロファイルによる可視化は、その都合のいい合理性から目の前のデータが全てのように映るかもしれない。しかし昔から熟練された職人の技能形成は経験知が尺度です。データに現れないブレも実践で修正できてしまう。

そもそも技能の本質は、**知性と感性が融合した問題解決能力**にあり、経験から得られた力量として内在するものです。（記録は自分のバックデータ）

もし、人の技能が完全にデジタル化できれば、革新的な媒体になるに違いない。しかし、人に体化している技を形式として置き換えたくても、どうしても数値化できない部分は残る。データを扱う指導者がそれを認識し、補完できる経験知があれば問題ないのだが、現状はそこ（核心）が欠如している。

人がものづくりに係わり日々研鑽を積む最終目的は、その技能が他人のまねごとやトレースではなく、自分の心を伝え、人に喜びや感動を与えられるレベルまで成長させることではないか。人材育成と技能伝承には課題が多い。

資料提供：(株) 大和鉄工所