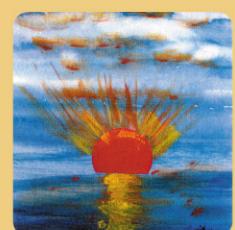


# 試験機の絵本

しけんきのえほん

高温クリープ試験のあけぼの  
～第1回：試行錯誤（後編）～



「硬きこと鋼鉄のごとし」という言葉は、硬い、そして不变の代名詞に使われているが、その鋼鉄でも抗張力を超えて引っ張られると千切れる。しかし、それ以下の力でも継続して負荷すると時間に関連して静的に伸びる。これがクリープ現象といわれるものである。

高度経済成長期には原子力、宇宙開発、航空機、巨大構造物などの急速な発達に伴い、周辺技術や素材にも過酷な要求が多くなった。新材料の研究が急務とされ、その研究の一つが「高温クリープ試験」であった。

東京大学治金学科の芥川教授を中心としたプロジェクトでは協力企業

に製作依頼したクリープ試験機を中心に、手作りの部品や各種メーカーから集めた機器をまとめ上げた装置で運用されていた。試験の中核となる電気路は、手本となる既製品もなく、基本を学ぶためには理論より実行と製作した炉は実験用を含めて30本を越えた。温度制御はこのプロジェクトの中でもっとも重要な部分であったが、当時一般的な温度調整器は制御精度や耐久性の面で試験の要求には応えられない実状であった。芥川教授が調査し、東京大学で国産化したLEprosserという方式が好成績と分かり、これを元に試作した機器により温度制御／計測された。

## ■加熱電力回路

電気炉のライフを長くするため、ヒーター線を太くしたことにより電気抵抗が低くなり、電源200V／100V 3kWの降圧トランジスタが必要になった。予想外の事態もあったものの、電力回路もProsser方式の特長(図10)である。

エネルギーとしての電力は、“電圧×電流×時間”となり、電気炉の温度制御には通常単純なON/OFF制御もあるが、タイムラグのある後追い制御をいたときに不調になりやすく、これは改良のポイントであった。

この方式では図11の様に電圧電流を2段に設定しておき、Prosser回路からの信号でこの高低を切り替えるが、温度偏差を対応した時間比で比例制御をしており、さらに炉内の温度分布をコントロールするための3回路のスライドトランジスタが装備されている。

これは等価的に連続制御しており、炉内の保温力を、均熱効果を含めて±1°Cを長期保持している。

余談になるが、この電力制御はモータの速度制御に用いられるPWM(パルス幅変調)と呼ばれる手法を先取りしたものといえる。温度制御はその後にサイリスタなどによるソリッドステイトで、PID制御方式のものが主力となっている。

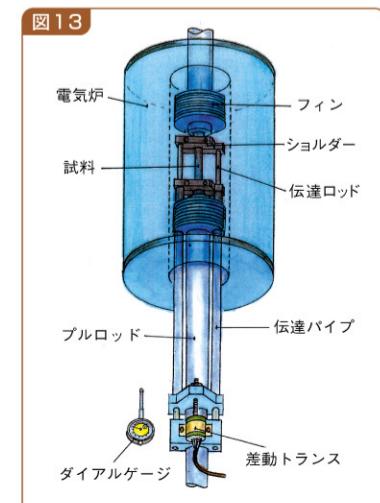
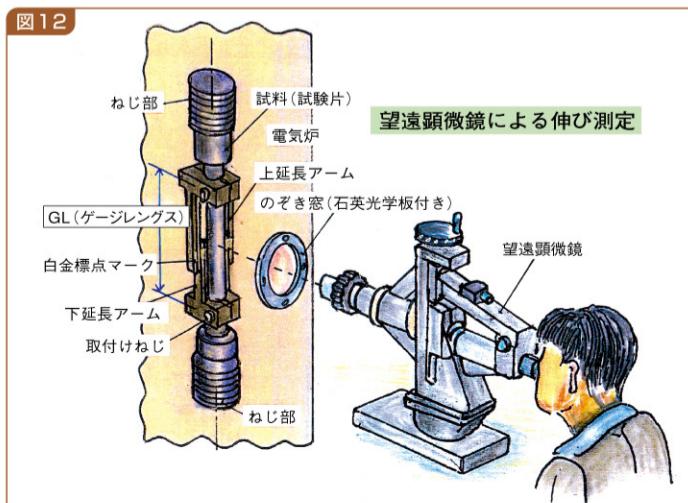
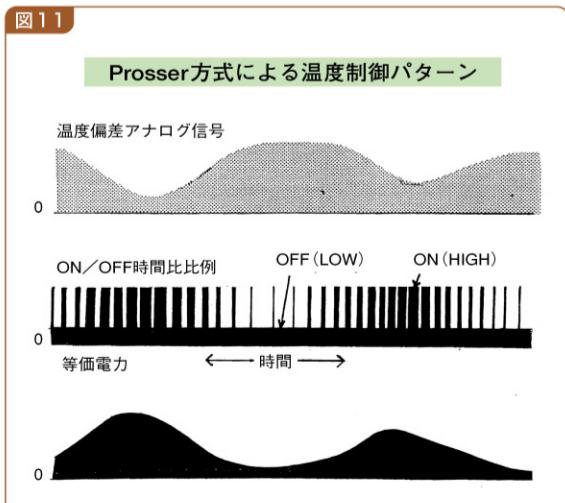
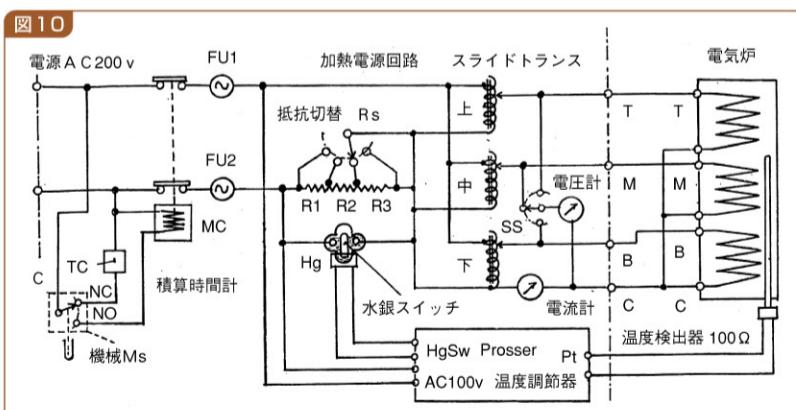


図14

## 差動トランスによる計測法

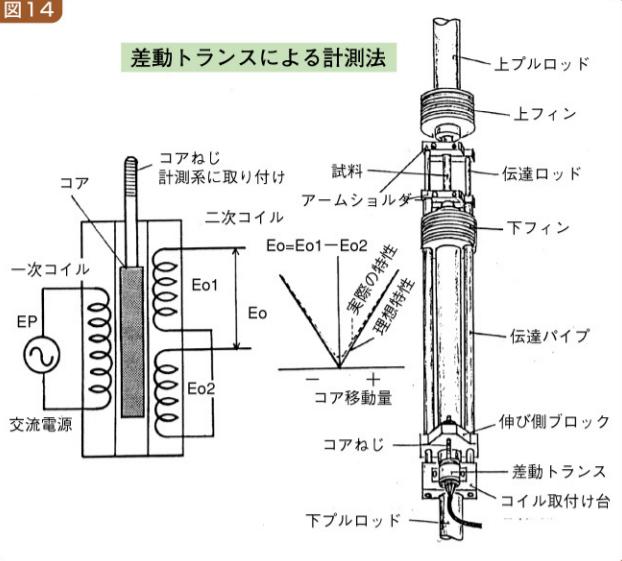
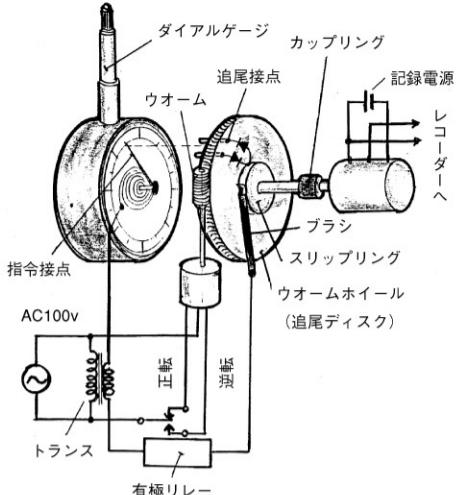


図15



機械試験所は西武新宿線井荻駅の近くで、文京区の会社からの運送も大変だが、設置場所が地下で曲がった階段を人力で降ろす時にヒヤリとした瞬間もあった。

電気炉もここで初めて取り付ける段になつたが位置が合わずに当日は中止。その他、予想外の事が次々に起きて、その後何度も東大冶金学科4号館に通い、芥川教授にはげまされ、研究スタッフからの指導を受け、再び機械技術研究所に行き、初めての本格的な昇温運転を行い、それで機械の説明と立ち会い試験を兼ねさせてもらった。

この間の温度制御の結果(図17)は、打点温度記録計に記録し、設定のデータを書き込み、我々もここで初めてProsser方式のすばらしさを総合的に体験した。

## ■突然本番が始まる

機械技術研究所で以前関西のはかりメーカーに契約していたクリープ試験機が納入されたので、それに電気炉と温度調節器を組み合わせた設計試作にかかることになった。

電気炉の試作機がブラックセットでヒートランに入り、数日間の連続運転中の突然の連絡であったが、計画の一部変更をし、急遽中身が確定しないのに先に箱を設計することになった。

これは4連式であり、試験機が思ったより大きかったので配電盤も大きく(図16)したが、これはやや失敗だった。

制御盤の加工塗装を待つ間に仮繋ぎで電気炉の昇温をする、機械に取り付けないと温度分布はわからないので先送りとし、各部の機能が生きていることだけ確かめる。納期も迫り、配電盤が入荷したので、とにかく組み込む。

## ■順調なアプローチ

検収が終った頃には、九州の岡野バルブから4台の発注があり、島津製作所の新しい仕事も進行していた。何日か後に機械技術研究所がすでに国外に発注してあったアムスラー製の高温クリープ試験機が入荷してきた。驚いたことには、試験機も電気炉も半電場もすべて小型でスマート(図16)だった。我々が初めて見た本格的なコンプリートセットだった。台数を増やすことが必要な機械はこれでなければと考えた我々の電気炉も配電盤も思い切り小形になった。

図18は均熱コントロールの電力回路を組み合わせた高温クリープ用の制御盤で、高さ1300mmの3枚パネルの中段に管理機能を含めている。この設備が数十台並んだ所は壯觀であったが、残念なことに大企業の研究室はカメラの持ち込み禁止のため写真が撮れなかった。

図19はProsserの温度制御回路を単独にケーシングしたもので、電力回路と組み合わせて高精度の制御をすることができた。ただしこのシステムでは温度の計測ができないので、当時の可動線輪のメータでは特長が充分表せないこともあったが、半導体の製造などに役立った。

図16

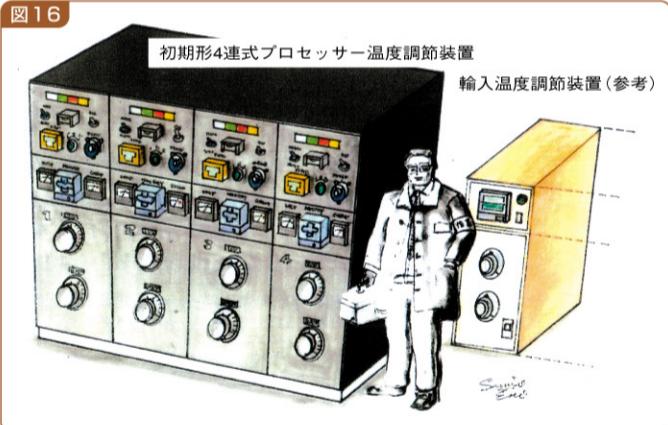


図17

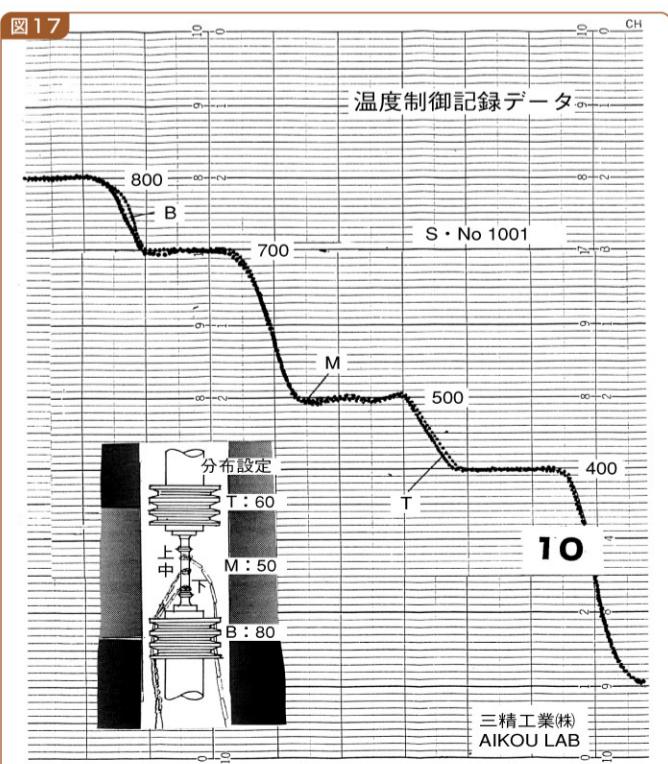


図18

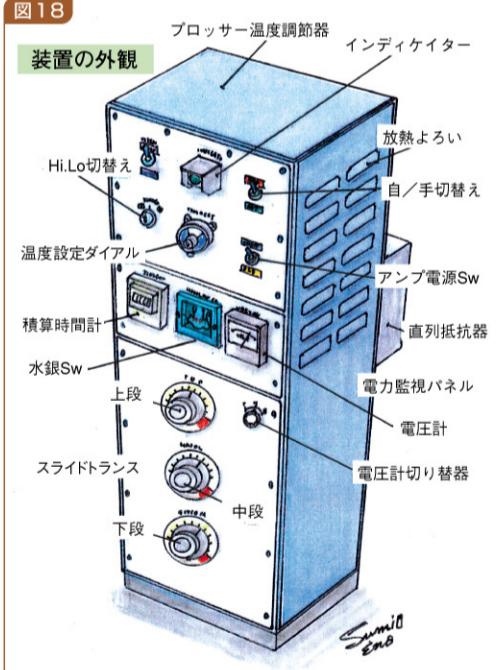


図19



## -MEMO-

- Prosser方式による温度制御は、その後高温クリープ試験の他、各種の目的に使用され250セットほど生産された。
- 今や日本は、高温を含めて試料12000本を引いている、世界に冠するクリープ王国となった。
- 意外な目的への利用としてエナメル線の焼き付けオーブンの温度制御があり、専門家が不可能といったテーマを見事に成功させたのである。
- 取引先がほとんど大手鉄鋼会社だったので、業務上で当方の肩書きを課長に格下げし、仕事の内容に合わせた。
- 特にその頃は、機械を介した人間どうしの付き合いが深くなった様に思っており、良き知人や心の友がたくさんできて元気づけられていた。

## 次回予告

「高温クリープのあけぼの」第2回は、「そこまで、やるの?」と題して、高温クリープ試験機の様々なイベントやエピソードをご紹介したいと思います。  
お楽しみに!