

TP02 は試料の熱伝導率(または熱抵抗)を高精度レベルで実用的にかつ迅速に測定することができるプローブです。このプローブは ASTM 規格 - D 5334-00 / D 5930-97、IEEE 規格 - 442-1981 に準じています。標準タイプの TP02 は 土壌、沈殿物、食品、粉末物、塗料、接着料、など様々な物質の測定に適していることが証明されています。非定常プローブ測定法 / Non-Steady-State Probe (NSSP = またはトランシエントラインソース、サーモニードル、熱ニードル、ヒートパルス、ホットワイヤーテクニックとしても知られています) の基本的な利点は、試料のサイズを問わず、迅速にかつ的確に計測できることです。Hukseflux 社は NSSP 規格の設計を専門としており、屋外における現場測定用の特殊モデルも開発されています。土壌に半永久的に設置できる専用モデルとしては、TP01 があります。TP02 は Wageningen 大学の応用物理学グループとの共同開発によって設計された測定器です。

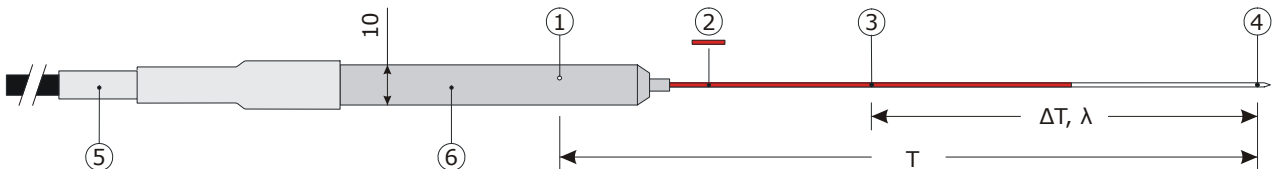


図 1: TP02 非定常プローブは 2 点のサーモカップルジャンクションから成ります; ヒートジャンクション (3)、コールドジャンクション (4)、(先端部分のコールドジャンクションは安定した温度を保たせません) それにワイヤー状のヒーター (2) です。このプローブを試料に差し込みます。本体部分 (6) には温度センサー (Pt1000) (1) が内蔵されています。本体とケーブルの接続部分はゴム製カバーで保護されています (5)。

利点: ・試料の温度の影響を受けない高精度温度勾配
 ・優れた高感度と安定性
 ・通常のケーブルやコネクタの使用可能

*ニードルの長さは 150mm 直径 1.5mm

*標準ケーブルの長さは 2.5m

概要

ここでは the American Society for Testing and Materials (ASTM) と Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) に基づいた熱伝導率測定法を記述します。

ASTM D 5334-00、D 5930-97 及び IEEE Std 442-1981 の "標準テスト法" によって非定常プローブ / Non-Steady-State Probes (NSSP) の様々なアプリケーションが特定されています。一般的に NSSP はワイヤー状のヒーターとその温度を測定することのできる温度センサーによって構成されています。そしてこのプローブを試料に差し込みます。NSSP の原理はこのヒーターのユニークな特長によるものです。一時的な準備段階後の温度上昇: ΔT 、ヒーターの出力: Q 、試料の熱伝導率: λ 、で表記されています。

$$\Delta T = (Q / 4 \pi \lambda) (\ln t + B)$$

ΔT は K、 Q は W/m、 λ は W/mK、 t は時間 s、and B は常数です。ヒーターの出力の測定と毎時間の温度をトレースすることによって (TP02 では通常 100s)、 λ の値が算出されます。針の周囲半径 20mm までが試料でカバーされれば、試料の大きさ自体は問題ではありません。 Q 、 t 及び ΔT の測定は全て出力、時間、温度の直接的な測定です。これらの測定にはリファレンス用の試料は必要ありません。TP02 における測定は絶対測定です。

TP02 はユーザーの持っている測定器やコントロールシステムを補足するものとして使用することができます。TP02 の使用に際しては Campbell Scientific 社の CR10X 及び CR1000 が最適です。

TP02 の設計

Hukseflux 社の TP02 は 広範囲のアプリケーションに対応出来るように設計されています。設計においては以下のような考慮がなされています:

高精度: TP02 には電圧出力 U 、を出力する二つのサーモカップルジャンクションがニードルの中に内蔵されており、これは ΔT に比例します。先端のジャンクションは加熱されません。測定はニードルの根元から 1/3 の位置にあるヒートジャンクションと先端のコールドジャンクションとの差異によって行われます。

この構成では測定開始前の電圧は試料の温度に関係なく常に小さくなっています。設計上、ニードルには単一のセンサーが内蔵されているため、低いシグナルの一番上に U シグナルが現れます。

高温と低温の測定時にはこの二つジャンクションによって高い精度を得ることが出来ます。さらにヒートジャンクションとコールドジャンクションの両方を持つことによって、試料の温度変化によるエラーを最小限に抑えます。

本体部分の温度センサー: 本体部分の温度センサー (Pt1000) は試料の絶対温度 T (ASTM の規格に基づく) を確立するためのコールドジャンクションの測定をします。この機能はサーモカップルの感度の温度補正のために使用され、温度幅に関しての高精度を提供します。

TP02 の設計 (続き)

温度、水分における耐久性: TP02 に使用されている全ての部品は温度に対する耐久性に優れています。TP02 の本体とニードルはステンレス製で 100% 防水対応です。溶接による完全防水性のため、特に長期間の安定性に優れています。

標準ケーブルとコネクタ: 温度センサー Pt1000 を本体に取り付けることによって一般的な銅配線のケーブルやコネクタを TP02 の延長ケーブルとして使用することが出来ます。

データプロセッシング: TP02 で得られたデータは一般的なスプレッドシートアプリケーション(Excel 等)で見ることが出来ます。

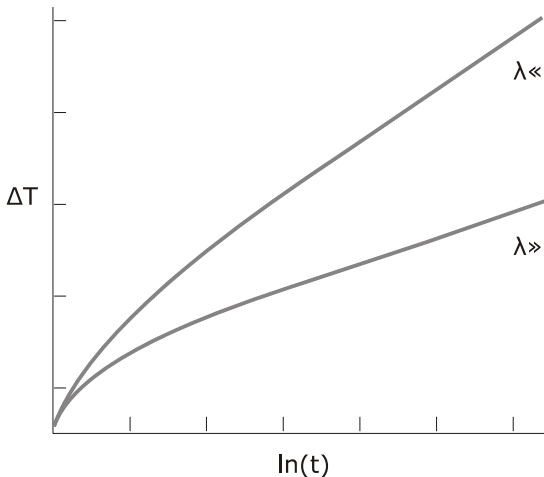


図 2: TP02 のシグナルはログ計算で補正された時間のグラフになっています。このグラフはあるポイントから直線に変わります。このグラフの直線勾配は熱伝導率: λ に反比例します。

キャリブレーション / ISO 9000

プローブの安定性の立証は国立物理研究所(NPL)に認定されているキャリブレーションリファレンスシリンダー(GRC)を使って毎年テストすることが出来ます。GRC は Hukseflux が所有しています。TP02 は ISO 公認のラボでの使用に適しています。

適応例

- 土壌や軟岩の研究
- 食品、プラスチック、粉末の研究
- 製造過程での品質テスト
- 素材の品質管理
- 土壌、食品物性学の教材

追加資料/ オプション

スタンダード: ASTM のスタンダード(資料)は <http://www.astm.org> で入手できます。

別途設計: NSSP(非定常プローブ)の設計は Hukseflux の専門分野です。また、小型化、耐久性・耐熱性の強化など異なる要望に沿ったプローブの製作も可能です。

半永久設置型: TP01 は長期測定用に設計されています。別途にカタログがありますのでそちらをご覧ください。

測定とコントロールの問題解決法: TP02 のマニュアルを参照していただくかまたは Hukseflux にお尋ね下さい。Campbell Scientific 社の CR10X と R1000 に対応するプログラムも入手可能です。ターンキーシステムの要請も承ります。TPSYS のカタログをご覧ください。
マニュアル: TP02 のマニュアルは e-mail に添付する PDF ファイルの形で無料配布しています。

高精度のキャリブレーションには CRC (キャリブレーションリファレンスシリンダー)が入手可能です。
硬質土壌への挿入のための GT シリーズ導入チューブの要請も承ります。

TP02 仕様

テスト法:	ASTM D 5334-00 と D 5930-97、IEEE Std 442-1981
ニードルの長さ:	150 mm
トレーサビリティ:	NPL
測定範囲 (λ):	0.1 to 6 W/m.K
感度 (ΔT):	サーモカップル K, ANSI MC96.1-1982
温度幅(ケーブルを含むセンサー全体):	-55 to +180 °C
精度(20°Cでの):	+/- (3% + 0.02)W/mK
温度依存の精度:	+/- 0.02 %/K (追加として)
測定サイクル持続時間	100 秒 (通常)
所要電源:	3 V, 1 Watt (max)
測定対象物/試料の条件:	半径 20mm 以上 顆粒状の物質、粉末、粘土状・ゲル状・ペースト状の物質、試験前にドリルで穴を開ける必要がある場合もあります。 *さらに少量の試料についてはご相談下さい。 注意: 詳細についてはマニュアルをご覧ください。
ニードルと本体の保護規格	IP 68
センサー全体の保護規格	IP 67

[英語原文 V 0616]