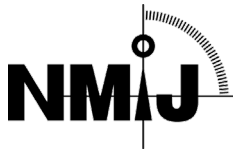


国立研究開発法人 産業技術総合研究所

計量標準総合センター 標準物質分析成績書



標準物質

NMIJ RM 1101-a
No. +++

熱膨張率標準物質（単結晶シリコン）（形状1）

Thermal Expansion Reference Material (Single-Crystal Silicon) : Form 1

本標準物質は、ISO 17034 及び ISO/IEC 17025 の要求事項に適合したマネジメントシステムに基づいて生産された。本標準物質は、熱膨張率（線膨張係数）測定装置の校正に用いることができる。

【参考値】

本標準物質の熱膨張率 α は、以下に示す温度 T (K) に関する式により表される。

$$\alpha(T) / (10^{-6} \text{K}^{-1}) = -6.4822 + 7.1401 \times 10^{-2} \cdot (T / \text{K}) - 2.2935 \times 10^{-4} \cdot (T / \text{K})^2 + 4.1952 \times 10^{-7} \cdot (T / \text{K})^3 - 4.4111 \times 10^{-10} \cdot (T / \text{K})^4 + 2.4831 \times 10^{-13} \cdot (T / \text{K})^5 - 5.7954 \times 10^{-17} \cdot (T / \text{K})^6.$$

この式の適用温度範囲は $293.15 \text{ K} \leq T \leq 1000 \text{ K}$ である。

この式から算出された代表的温度における熱膨張率 α の参考値とその不確かさの値を下表に示す。参考値の不確かさ U は、合成標準不確かさと包含係数 $k=2$ から決定された拡張不確かさであり、約 95% の信頼の水準をもつと推定される区間の半分の幅を表す。

温度 T (K)	熱膨張率 α (10^{-6}K^{-1})	拡張不確かさ U (10^{-6}K^{-1})
293.15	2.551	0.028
300	2.612	0.028
350	2.978	0.027
400	3.244	0.026
450	3.446	0.026
500	3.606	0.025
550	3.736	0.025
600	3.846	0.025
650	3.938	0.026
700	4.017	0.026
750	4.085	0.026
800	4.144	0.026
850	4.198	0.026
900	4.248	0.027
950	4.296	0.027
1000	4.335	0.027

【参考値の決定方法】

参考値を決定する試験では、浮遊帯域溶融法（FZ法）により作製された直径約125mm、長さ約60mmの円柱状単結晶シリコン・インゴットから切り出した6個の評価用試料の熱膨張率をレーザ干渉式熱膨張率絶対測定法を用いて熱膨張率（高温）校正マニュアル（QMCTE02A）に従って測定した。測定後、母材インゴットを切断加工により頒布試料を複数個作成した。頒布試料の形状は4.5mm×4.5mm×約60mmである。試験の概要は以下の通りである。

加熱炉により試料温度を変化させると共に試料の長さ温度を2重光路式光ヘテロダイン干渉計と熱電対によりそれぞれ測定し、次式により平均温度 T （単位K） $(= (T_{n+1} + T_n) / 2)$ における平均熱膨張率を決定した。

$$\alpha(T) = \frac{L_{n+1} - L_n}{L_0 (T_{n+1} - T_n)}$$

L_0 ：試料の室温(293.15 K)における試料長、

T_n, T_{n+1} ：定常状態に保持した試料の温度、

L_n, L_{n+1} ：温度 T_n, T_{n+1} それぞれにおける試料長。

今回の測定では温度変化量 $(= T_{n+1} - T_n)$ は約50 K又は25 Kとした。

試料の室温時の長さ L_0 はリニア・ゲージにより測定した。

1個の評価用試料に対して、約293 K～約1050 Kの温度範囲において64点の平均熱膨張率の測定を行った。得られた6個の評価用試料の全ての測定値に対して最小二乗法により、試験結果に記載した温度（単位K）の6次多項式を求め、その式から算出した代表的な温度での熱膨張率とその拡張不確かさを上記表中に記載した。

値付けの試験実施条件は下記の通りである。

試験温度範囲： 約293 K～約1050 K

試験雰囲気： ヘリウム

雰囲気ガスの平均圧力： 約95 Pa（室温時）

【有効期間】

本標準物質が未開封で下記の【保存に関する注意事項】の条件で保存された場合、本分析成績書は出荷日から2030年3月31日まで有効である。

【物質に関する情報】

本標準物質は、灰色の固体で、寸法4.5mm×4.5mm×約60mmの直方体試験片である。

【均質性】

本標準物質は、単結晶シリコン製の母材インゴットが持つ熱膨張特性の不均質性を考慮して熱膨張率の拡張不確かさが算出されている。

【保存に関する注意事項】

本標準物質は、室温 $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 、湿度50%以下での保存を推奨する。

【使用に関する注意事項】

単結晶シリコンの熱膨張特性は等方的であるが、熱膨張率の参考値は頒布試料の呼び寸法60mmの長さ方向についての測定結果であるため、校正用参照試料としての使用に際しては呼び寸法60mmの長さ方向の熱膨張を使用することを推奨する。試験研究用以外には使用しないこと。加熱する場合は、真空もしくは、不活性ガス（Ar、N₂等）中で行うこと。

【取り扱いにおける注意事項】

通常の取扱いでは危険性は低い。取扱いの際には、適当な保護具を使用すること。安全データシート（SDS）を参考にして取り扱うこと。

【製造等】

本標準物質の母材は浮遊帯域溶融法（FZ法）により作製された直径約125mm、長さ約60mmの円柱状単結晶シリコン・インゴットである。上記母材インゴットから、一辺の長さが4.5mmの正方形を断面とする長さ60mmの角柱を切断加工により複数作製した。

【生産担当者】

本標準物質の生産に関する技術管理者は山田修史、生産責任者は渡辺博道、値付け担当者は渡辺博道である。

【情報の入手】

本標準物質に関して参考値の変更等、重要な改訂があった場合、下記ホームページから「標準物質ユーザー登録」を行った購入者に通知する。なお、本標準物質に関する技術情報は、下記連絡先より入手できる。

【分析成績書の複製について】

本成績書を複製する場合は、複製であることが明瞭にわかるようにしなければならない。

2020年4月1日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
理事長 石村 和彦

本標準物質に関する質問等は以下にお問い合わせをお願いします。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター
計量標準普及センター 標準物質認証管理室

〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1

電話：029-861-4059、ホームページ：<https://unit.aist.go.jp/qualmanmet/refmate/>

改訂履歴

- | | |
|------------|---|
| 2015.04.01 | 組織名称等の変更に伴い、関連する記載内容を変更した。 |
| 2017.06.29 | 表題を計量標準総合センター 標準物質分析成績書とした。 |
| 2019.09.19 | 【有効期限】を【有効期間】とし、その期限を2020.03.31から2025.03.31に延長した。 |
| 2023.11.24 | 有効期間の期限を2025.03.31から2030.03.31に延長した。 |