JNG320S0601-04

JNLA不確かさの見積もりに関するガイド

登録に係る区分:高分子引張試験

(第4版)

改正:2026年4月1日

独立行政法人製品評価技術基盤機構

適合性評価推進センター認定センター

目次

1 はじめに 3
2 適用範囲 3
3 プラスチックの引張試験の操作例 3
4 測定の不確かさの要因 4
5 不確かさの見積もり方法 5
5.1 計測機器の校正の不確かさについて 5
5.2 測定不確かさのタイプ A 評価(MPa) $ucA(S)$ 5
5.3 測定不確かさのタイプ B 評価 7
5.4 合成標準不確かさ(MPa) $uc(S)$ 10
5.5 拡張不確かさ(MPa) $U(S)$ 10
6 不確かさの見積もり事例 10
6.1 試験所の試験室内評価実験による見積もり事例 10
6.2 依頼試験（試験報告書に不確かさの表示の要求があった場合）の見積もり事例 16
7 参考文献 20

1　はじめに

JNLA における登録試験事業者は、ISO/IEC 17025「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」への適合が要求されており、その要求事項の一つとして測定の不確かさの推定がある。

不確かさの推定については、ISO/IEC Guide 98-3:2008「測定における不確かさの表現のガイド」(Guide to the expression of uncertainty in measurement)（以下「GUM」という。）によって理論的な根拠が確立されているものの、実際の試験において不確かさを算出するには適用が難しい面もあり、詳細については各試験所の判断に委ねられている。そのため、同一の試験であっても、要因分析等の詳細については、試験所ごとに異なるのが現実である。

このガイドでは、JNLA において化学品分野に分類されている試験の中から、JIS K 7161-1:2024「プラスチック－引張特性の求め方－第1部：通則」（以下「JIS K 7161-1」という。）を取り上げ、測定の不確かさの算出について一つの例を示すものである。

なお、このガイドは、あくまでも測定の不確かさについての理解を深めるための一つの例であり、不確かさの算出をここに示す方法に限定しているものではない。

2　適用範囲

このガイドは、化学品分野の高分子引張試験に分類された試験方法のうち、JIS K 7161-1 の 10.1 応力（単位は、メガパスカル(MPa)で示す。）及び 9.2 試験片寸法における測定の不確かさの見積もりに適用することができる。

3　プラスチックの引張試験の操作例

このガイドでは、試験片は、以下の通り操作する。

a)　試験片の作製

試験片は、JIS K 7161-2:2014「プラスチック－引張特性の求め方－第2部：型成形，押出成形及び注型プラスチックの試験条件」（以下「JIS K 7161-2」という。）の 6.2 にしたがって作製される。

b)　状態調節及び試験環境

試験片は、JIS K 7100:1999「プラスチック－状態調節及び試験のための標準雰囲気」（以下「JIS K 7100」という。）の 4. 標準雰囲気の表 1 の標準雰囲気（23/50）及び 5.2 標準雰囲気の 2 級許容差（±2 ℃、±10%）にしたがって、温度 23 ℃±2 ℃、相対湿度 50 %±10 %で状態調節及び試験される。

c)　試験片の寸法

このガイドでは、JIS K 7161-2 の表 1 に規定する「1B 形」(狭い部分の幅 10.0 mm(呼び)及び厚さ 3.0 mm(呼び)([1]))を用いた。また、寸法の測定について、JIS K 7161-1 の 9.2 試験片寸法では、「JIS K 6250 又は JIS K 7153 に従って、求める」と規定されているため、JIS K 7153:2008 の 5.2 の表 1－寸法測定の正確度に規定する必要な正確度に従い、各試験片の中央及び標準間距離の両端から 5 mm 以内のところで、幅 b が 0.1 mm まで、厚さ h が 0.02 mm まで測定することとした。

d)　応力の計算

特性値のうち、JIS K 7161-1 の 10.1 応力のみを取り扱う。このガイドで適用する不確かさの伝播則を参考にひずみの計算、弾性率の計算及びポアッソン比の計算にも適用できる。

引張応力は、次の式(1)によって算出する。

$$S = \frac{F}{A} \qquad (1)$$

ここで、

S ：引張応力（MPa）(2)
F ：測定荷重(N)
A ：試験の初めの断面積(mm^2)

である。

e) 有効数字

引張応力は、JIS K 7161-1 の 10.6 有効数字にしたがって 3 けたまで計算する。

注(1): 推奨厚さは、4.0 mm±0.2 mm である。

注(2): 引張応力「S」について、JIS K 6171-1 では、「σ」と表記されているが、このガイドで標準偏差に同じく「σ」で表記すると記号の衝突が起こるため、「S」と表記する。

4 測定の不確かさの要因

一般に、試験方法の不確かさの要因を考えるときは、操作手順、方法の妥当性、測定のトレーサビリティ等を考慮することとしているが、妥当性を評価した結果 JIS 規格として制定されているので、不確かさの見積もりのため改めて方法の妥当性を検討する必要はない。JNLA 化学品分野の高分子引張試験における不確かさの要因としては、以下のとおり 5 種類に大別する。

a) 試験環境に起因する不確かさ

1) 状態調節及び試験室の試験温度

2) 状態調節及び試験室の相対湿度

b) 計測機器に起因する不確かさ

1) 温度計の校正

2) 温度計の分解能

3) 測長器の校正

3.1) ノギスの校正

3.2) マイクロメータの校正

4) 測長器の分解能

4.1) ノギスの分解能

4.2) マイクロメータの分解能

5) 引張試験機の校正

6) 引張試験機の分解能

7) 引張試験機のクロスヘッド速度精度

c) 試験者に起因する不確かさ

1) 試験片に対する測長器の当て方又は強さ

2) 測長器の目盛りの読み方

3) 試験片作製作業

4) 引張試験機への試験片の取り付け作業

5) 予備荷重

6) つかみ具間距離

7) 試験作業

d) 繰り返し測定に起因する不確かさ

1) 厚さ測定の繰り返し

2) 幅測定の繰り返し

3) 引張強さ試験の繰り返し

e) 試験方法の結果の表示に起因する不確かさ

1) 寸法表示(幅)

2) 寸法表示(厚さ)

5 不確かさの見積もり方法

5.1 計測機器の校正の不確かさについて

試験所は、計測機器の校正の不確かさを見積もる場合、計測機器の校正結果を試験にどのように反映しているかによって以下の二つのケースから選択して見積もることができる。

a) 試験所が校正された計測機器又は標準物質の校正値で測定機器を補正する場合

計測機器の校正証明書等から入手した不確かさを適用する。本ガイドでは、校正を要する測定機器を引張試験機及び測長器として、校正証明書等から入手した不確かさを適用する。

b) 試験所が計測機器の校正値を補正しない場合

試験所が計測機器の校正値で補正せずに読み値をそのまま試験結果として採用し、同時に計測機器の校正値がその不確かさも含めて試験所自身が取り決めた管理範囲内にあれば使用可と判断していることがしばしばある。特に、同一仕様の計測機器を多数保有している試験所においては、計測機器の校正値を補正し、試験結果に反映させることは作業が繁雑となり、ヒューマンエラーを起こす可能性も高くなる。この場合、計測機器の校正の不確かさは試験所自身が取り決めた計測機器の管理範囲において矩形分布すると仮定して求める。

5.2 測定不確かさのタイプ A 評価(MPa) $u_{cA}(S)$

引張試験は、破壊試験であることから、一個の試験片で繰り返しの不確かさを評価できないので、できる限り均質な試験片を作製したという条件で、同一ロットから無作為に取られたばらつきの少ないサンプルの繰り返し性を評価する必要がある。

本ガイドの引張試験は、JIS K 7161-2 の 6.2 の規定にしたがって作製され、同一ロットから無作為に取られた試験片は、採取部位による特性値(引張強さ及びひずみ等)のばらつきを無視できると仮定する。

試験片を *n* 個採取し、引張り強さS_i (MPa, *i* = 1, 2, 3,･･･, *n*)が得られれば、この数値群に対して、平均値及び推定母標準偏差$\hat{\sigma}$を計算することができる。これらから繰り返しの測定不確かさの$u_{\mathrm{cA}}(S)$は、

$$\bar{S} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i \tag{2}$$

$$\hat{\sigma}(S) = \frac{1}{\sqrt{n-1}}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(S_i - \bar{S})^2} \tag{3}$$

$$u_{\mathrm{cA}}(S) = \frac{\hat{\sigma}(S)}{\sqrt{n_{\mathrm{a}}}} \tag{4}$$

によって求められる。

ここで、

$\bar{S}$: 引張強さの平均値(MPa)

n : 試験片の個数

$\hat{\sigma}(S)$: 引張強さの推定母標準偏差(MPa)

$u_{\mathrm{cA}}(S)$: 試験片 n_{a} 個を想定したときの平均値の引張強さの標準不確かさ(MPa)

である。

この測定不確かさを評価するためには、試験片 10 個以上の繰り返し測定を行うことを推奨する。

a) 試験所の試験室内評価実験と中間測定精度の解析

試験所では、4 つの重要な因子(時間、校正、オペレータ、装置)が測定のばらつきに寄与していると考え、試験所の状態を以下のとおり、表 1 にまとめた。

表 1 4 つの重要な因子とその状態

因子	試験室内の測定条件	
	状態 1(同じ)	状態 2(異なる)
時間(T)	同じときに行われた測定(該当)	時間を変えて行われた測定
校正(C)	測定の間には校正は行わない(該当)	測定の間には校正が行われる
オペレータ(O)	同一オペレータ	異なるオペレータ(該当)
装置(E)	再校正を行わない同一装置(該当)	異なる装置

試験所では、4 つの因子を全ての条件を検討する再現精度を求めるのではなく、中間条件として均一と仮定した測定試料、同じ時間、同じ校正を用い、同じ装置で、オペレータ(O)が異なるものを用いて独立な測定結果を測定の中間条件とした。

[オペレータ]が異なる中間標準偏差の推定値は、次のとおり定義する。

$$s_{\mathrm{I(O)}} = \frac{1}{\sqrt{n-1}}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(S_i - \bar{S})^2} \tag{3.1}$$

1) 状態調節及び試験環境の要因

試験片が温度 23 ℃±2 ℃、相対湿度 50 %±10 %で状態調節及び試験環境の要因は、引張強さ試験の繰り返し不確かさ$u_{\mathrm{cA}}(S)$に含めることとした。ただし、このガイドでは、温度環境の変動が寸法に与える要因として温度変動による寸法標準不確か

さ（mm）$u(b\mathrm{T})$及び$u(h\mathrm{T})$を特定し、タイプ B の不確かさとして考慮することとした。温度変動による寸法標準不確かさ(mm) $u(b\mathrm{T})$ 及び$u(h\mathrm{T})$は、幅 b 及び厚さ h の不確かさに及ぼす影響が十分小さいことが確認できれば省略できる。

2） 試験者

以下の不確かさの要因は、引張強さ試験の繰り返し不確かさ$u_{\mathrm{cA}}(S)$に含めることとした。

2.1） 試験片に対する測長器の当て方又は強さ

2.2） 測長器の目盛りの読み方

2.3） 試験片作製作業

2.4） 引張試験機への試験片の取り付け作業

2.5） 予備荷重

2.6） つかみ具間距離

2.7） 試験作業

3） 寸法測定の繰り返し不確かさ

以下の不確かさの要因は、引張強さ試験の繰り返し不確かさ$u_{\mathrm{cA}}(S)$に含めることとした。なお、このガイドの 3 c） 試験片の寸法に従って「幅 b が 0.1 mm まで、厚さ h は 0.02 mm まで測定することとした。」のとき、寸法測定の繰り返し不確かさは、ほぼ無視できる。ただし、寸法表示の不確かさは、タイプ B の評価を行う。

3.1） 厚さ測定の繰り返し

3.2） 幅測定の繰り返し

b） 依頼試験（試験報告書に不確かさの表示の要求があった場合）

状態調節及び試験環境(温度及び相対湿度)、試験者及び寸法測定の繰り返しのそれぞれの不確かさについては、5.2 a） 1)から 3)と同様である。

引張強さ及び不確かさの算出を要求する依頼試験を受託した場合、測定不確かさのタイプ A 評価には、原則 1 名の試験片作製オペレータ及び1名の引張試験オペレータで行い、採取試験片の個数を 10 個の繰り返し測定を行うこととした。

5.3 測定不確かさのタイプ B 評価

5.3.1 評価項目

このガイドに示す引張試験の不確かさの見積もり事例は、数式モデルとして表現できる試験方法であり、「JNLA の試験における測定不確かさの適用に関する方針」で規定するカテゴリー分類第Ⅲ類「定量試験 B」に該当すると考えられる。

引張強さの不確かさのタイプ A 評価以外のすべての得られる情報には、校正証明書、製造者の仕様書、計算、公表されている情報(JIS 規格類の結果の表示方法等)がある。これらの情報の値の単位は、質量、力、長さ及び環境（温度）があり、そのままでは引張強さ(MPa)の合成標準不確かさを求めることができない。

このガイドでは、複数作製された試験片から得られる繰り返しの測定不確かさのタイプ A 評価以外の方法で決定される測定成分の評価をタイプ B 評価として、式(1)に不確かさの伝播則を適用し、以下の順に標準不確かさを求めることとした。

a） 測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$

b） 断面積の標準不確かさ(mm^2) $u(A)$

c） 引張応力の標準不確かさ(MPa) $u_{\mathrm{cB}}(S)$

5.3.2 不確かさ見積もり手順

5.3.2.1 測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$

引張試験機の校正の標準不確かさ(N) $u(\mathrm{uc})$及び引張試験機の分解能の標準不確かさ(N) $u(\mathrm{ur})$を考慮する。クロスヘッド速度精度の不確かさは、考慮しないで、繰り返しの不確かさに含める。

よって、測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$は、以下の式から求められる。

$$u^2(F) = u^2(\mathrm{uc}) + u^2(\mathrm{ur}) \tag{5}$$

5.3.2.2 断面積の標準不確かさ(mm^2) $u(A)$

a) 測定のモデル式

試験の初めの断面積 A(mm^2)は、以下の式から求められる。

$$A = bh \tag{6}$$

ここで、

A :試験の初めの断面積(mm^2)

b :幅(mm)

h :厚さ(mm)

である。

b) 不確かさ要因

1) 幅測定の標準不確かさ(mm) $u(b)$

標準不確かさ $u(b)$の要因は、以下の通りとした。

1.1) 測長器(例:ノギス)の校正標準不確かさ(mm) $u(\mathrm{cc})$

測長器の校正証明書より求める。

1.2) 測長器(例:ノギス)の分解能の標準不確かさ(mm) $u(\mathrm{cr})$

測長器の最小目盛りの半値幅とする。

1.3) 温度変動による寸法(幅)の標準不確かさ(mm) $u(b\mathrm{T})$

状態調節及び試験室の試験温度の変動及び膨張係数から求める。

温度計の校正の標準不確かさ(℃)については、幅測定の標準不確かさ $u(b)$に対して、その校正の不確かさに熱膨張係数を乗じた値の影響が十分小さいので無視することとする。

1.4) 寸法表示(幅)の標準不確かさ(mm) $u(bs)$

規格票又は手順書に規定された表示から求める。

2) 厚さ測定の標準不確かさ(mm) $u(h)$

標準不確かさ $u(h)$の要因は、以下の通りとした。

2.1) 測長器(例:マイクロメータ)の校正標準不確かさ(mm) $u(\mathrm{mc})$

測長器の校正証明書より求める。

2.2) 測長器(例:マイクロメータ)の分解能の標準不確かさ(mm) $u(\mathrm{mr})$

測長器の最小目盛りの半値幅とする。

2.3) 温度変動による寸法(厚さ)の標準不確かさ(mm) $u(h\mathrm{T})$

状態調節及び試験室の試験温度の変動及び膨張係数から求める。

温度計の校正の標準不確かさ(℃)については、幅測定の標準不確かさ $u(h)$に対して、その校正の不確かさに熱膨張係数を乗じた値の影響が十分小さいので無視することとする。

2.4) 寸法表示(厚さ)の標準不確かさ(mm) $u(hs)$

規格票又は手順書に規定された表示から求める。

c) 不確かさの伝播則

式(6)に不確かさの伝播則を適用した式を式(6.1)に示す。

$$u^2(A) = \left(\frac{\partial A}{\partial b}\right)^2 u^2(b) + \left(\frac{\partial A}{\partial h}\right)^2 u^2(h)$$

$$= h^2u^2(b) + b^2u^2(h) \qquad (6.1)$$

ここで、$u^2(b)$及び$u^2(h)$について、以下の算出式により求められる。

$$u^2(b) = u^2(\mathrm{cc}) + u^2(\mathrm{cr}) + u^2(b\mathrm{T}) + u^2(bs) \qquad (6.1.1)$$

$$u^2(h) = u^2(\mathrm{mc}) + u^2(\mathrm{mr}) + u^2(h\mathrm{T}) + u^2(hs) \qquad (6.1.2)$$

5.3.2.3 引張応力の標準不確かさ(MPa) $u_{\mathrm{cB}}(S)$

a) 引張応力測定のモデル式

式(1)を引張応力測定のモデル式とする。

b) 不確かさの要因

1) 測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$

式(5)で求めた測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$

2) 断面積の標準不確かさ(mm²) $u(A)$

式(6.1)で求めた断面積の標準不確かさ(mm²) $u(A)$

c) 不確かさの伝播則

式(1)に不確かさの伝播則を適用した式を式(1.1)に示す。

$$u_{\mathrm{cB}}^2(S) = \left(\frac{\partial S}{\partial F}\right)^2 u^2(F) + \left(\frac{\partial S}{\partial A}\right)^2 u^2(A)$$

$$= \left(\frac{1}{A}\right)^2 u^2(F) + \left(-\frac{F}{A^2}\right)^2 u^2(A) \qquad (1.1)$$

ここに、

$u_{\mathrm{cB}}(S)$: 引張応力の標準不確かさ(MPa)

F :測定荷重の平均値(N)

A :試験片の初めの断面積の平均値(mm²)

$u(F)$:測定荷重の標準不確かさ(N)

$u(A)$:断面積測定の標準不確かさ(mm²)

5.4 合成標準不確かさ(MPa) $u_c(S)$

合成標準不確かさ $u_c(S)$は、式(4)及び式(1.1)から求めた値を合成して、

$$u_c^2(S) = u_{cA}^2(S) + u_{cB}^2(S) \quad (7)$$

によって求められる。

ここで、

$u_c(S)$:合成標準不確かさ(MPa)

$u_{cA}(S)$:繰り返し採取した試料測定の推定標準不確かさ(MPa)

$u_{cB}(S)$:引張試験における測定不確かさのタイプ A 評価以外のすべての得られる情報(校正証明書、製造者の仕様書、JIS 規格の表示方法及び温度等から合成した標準不確かさ(MPa)

である。

5.5 拡張不確かさ(MPa) $U(S)$

拡張不確かさ $U(S)$は、式(7)から求めた合成標準不確かさ $u_c(S)$に包含係数 k=2 を乗じた値とする。

$$U(S) = k \times u_c(S) \quad \text{包含係数 } k\text{=2 とした拡張不確かさ} \quad (8)$$

6 不確かさの見積もり事例

ここでは、実際の不確かさ算出事例について、2 例示す。

6.1 試験所の試験室内評価実験による見積もり事例

6.1.1 測定不確かさのタイプ A 評価の標準不確かさ(MPa) $u_{cA}(S)$

ある試験所では、定義された測定条件下で得られる測定された値の統計解析による測定不確かさの成分の評価を、以下のとおり実施した。

a) 中間測定精度

試験所では、4 つの重要な因子(時間、校正、オペレータ、装置)が測定のばらつきに寄与していると考え、均一と仮定した測定試料について同じ方法を用い、同じ試験室で、同じ時間で、オペレータが異なるものを用いて独立な測定結果を測定の中間条件(4 つの因子のうち 1 つの因子に限定)とした。

試験片作製オペレータ 2 名(W=2)及び引張試験オペレータ 3 名(D=2)により、採取試料 5 個ずつ測定を行い合計 30 回(>10 回)の実験を実施し、表 2 に示す結果を得た。

表 2 試験所内比較試験結果[3]

	試験片作製者 W_1		試験片作製者 W_2	
	MPa	試験の順番	MPa	試験の順番
試験者 D_1	38.5	(20)	38.9	(5)
	38.4	(21)	38.9	(27)
	36.4	(6)	38.5	(17)
	37.9	(14)	39.2	(23)
	38.3	(7)	38.8	(15)
試験者 D_2	38.2	(3)	38.7	(22)
	38.2	(29)	39.1	(12)
	38.5	(26)	38.9	(25)
	38.6	(18)	38.4	(24)
	39.1	(11)	38.5	(30)
試験者 D_3	38.5	(16)	38.4	(4)
	38.0	(1)	37.6	(2)
	39.0	(8)	38.1	(10)
	38.8	(13)	37.6	(9)
	38.8	(28)	37.6	(19)

試験全体の繰り返し回数	30
試験者の人数(水準)	3
試験片作製者の人数(水準)	2
一人当たりの繰り返し回数	5
引張強さの和	1152.4 MPa
測定荷重の平均値	1124 N
試験片の初めの断面積の平均値	29.2530 mm^2
引張強さの平均値	38.41 MPa
引張強さの標準偏差	0.584 MPa
試験報告書あたりの試験片作製者の人数	1
試験報告書あたりの試験者の人数	1
試験報告書に記載する報告値の平均値の個数	5

注[3] 表中のデータは実際の測定に基づくものではなく、架空のデータである。

b) 繰り返しの標準不確かさ(MPa) $u_{cA}(S)$

表 2 の結果から、複数採取した試験片の引張強さ測定値が 30 個(W×D×n=30)あり、その全体の推定母平均値 $\hat{\mu}$ 及び中間標準偏差の推定値 $s_{I(O)}$ を求めたところ、

$$\hat{\mu} = 38.41 \text{ MPa}$$

$$s_{I(O)} = 0.584 \text{ MPa}$$

であった。

試験所の受託試験にけるルーチン業務の手順書では、1 名の試験片作製オペレータが 5 個を採取作製し、1 名の引張試験オペレータが 5 個測定し、n=5 の平均値を求めて試験報告値を作成することになっていた。よって、ルーチン業務での採取試験片 5 個の測定の標準不確かさ $u_{cA}(S)$ を想定して、式(3.1)及び式(4)を適用し $\sqrt{5}$ で除して求めた。

$$u_{cA}(S) = \frac{s_{I(O)}}{\sqrt{n}} = \frac{0.584}{\sqrt{5}} = 0.261 \text{ MPa} \quad (9)$$

6.1.2 引張応力の標準不確かさ(MPa) $u_{\mathrm{cB}}(S)$

6.1.2.1 測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$

測定荷重の標準不確かさ $u(F)$は、以下の手順で二つの標準不確かさの合成として求められる。クロスヘッド速度精度、予備荷重及びつかみ具間距離は試験結果のばらつきに含め、タイプ B 評価の対象から除外した。

a) 引張試験機の校正不確かさ(N) $u(\mathrm{uc})$

引張試験機の校正証明書より、拡張不確かさ(U)は 0.14 %(包含係数 k=2)であった。表 2 試験所内比較試験結果で引張強さ試験の繰り返し不確かさを求めたとき測定荷重の平均値が 1124 N であった。よって、

$$u(\mathrm{uc}) = \frac{U(\%)}{2} \times \frac{1}{100(\%)} \times 1124\ \mathrm{N} = \frac{0.14\%}{2} \times \frac{1}{100(\%)} \times 1124\ \mathrm{N} = 0.787\ \mathrm{N}$$

である。

b) 引張試験機の分解能の標準不確かさ(N) $u(\mathrm{ur})$

引張試験機の分解能は、1 N であった。その半値幅から標準不確かさ $u(\mathrm{ur})$を求めると、

$$u(\mathrm{ur}) = \frac{1\ \mathrm{N}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.289\ \mathrm{N}$$

である。

c) 標準不確かさ(N) $u(F)$

これまで求めた標準不確かさ $u(\mathrm{uc})$及び$u(\mathrm{ur})$を式(5)に代入し、測定荷重の標準不確かさを求めると、

$$u(F) = \sqrt{u^2(\mathrm{uc}) + u^2(\mathrm{ur})} = \sqrt{0.787^2 + 0.289^2} = 0.838\ \mathrm{N} \qquad (10)$$

である。

d) バジェットシート

バジェットシート 1

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(\mathrm{uc})$	引張試験機の校正不確かさ	0.787 N			引張試験機の校正証明書より、拡張不確かさ(U)は0.14 %(包含係数k=2)であった。測定荷重の平均値が1124 Nであった。
$u(\mathrm{ur})$	引張試験機の分解能の標準不確かさ	0.289 N			引張試験機の分解能は、1 N
$u(F)$	測定荷重の標準不確かさ	0.838 N	1	0.838 N	

6.1.2.2 断面積測定の標準不確かさ(mm²) $u(A)$

a) 幅測定の標準不確かさ(mm) $u(b)$

標準不確かさ $u(b)$は、以下の手順で四つの標準不確かさの合成として求められる。

1) 測長器(例:ノギス)の校正標準不確かさ(mm) $u(\mathrm{cc})$

ノギスの校正証明書より、拡張不確かさ(U)は 0.02 mm(包含係数 k=2)であった。よって、

$$u(\mathrm{cc}) = \frac{U}{2} = \frac{0.02}{2} = 0.01\ \mathrm{mm}$$

である。

2) ノギスの分解能の標準不確かさ(N) $u(\mathrm{cr})$

ノギスの分解能は、0.01 mm であった。その半値幅から標準不確かさ $u(\mathrm{cr})$を求めると、

$$u(\mathrm{cr}) = \frac{0.01\ \mathrm{mm}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.00289\ \mathrm{mm}$$

である。

3) 温度変動による寸法(幅)の標準不確かさ(mm) $u(b\mathrm{T})$

試験片は、室温の変化によって体積が変動する。ここでは 2 級許容差での状態調節及び試験環境によって引き起こされる不確かさについて評価する。室温の変動の標準不確かさ(℃) $u(\mathrm{t})$は、23 ℃±2 ℃で矩形分布していると仮定。よって、

$$u(\mathrm{t}) = \frac{2\ ℃}{\sqrt{3}} = 1.155\ ℃$$

となる。

温度変動による寸法(幅)の標準不確かさ(mm) $u(b\mathrm{T})$は、試験室温の標準不確かさ(℃) $u(\mathrm{t})$から変換する感度係数が(プラスチックの熱膨張係数)×(試験片の幅の呼び長)となる。このとき、プラスチックの熱膨張係数は、23 ℃付近の熱膨張係数$\rho_{23} = 0.0008$ /℃を用い、試験片の幅の呼び長さ *b*=10 mm であるので、標準不確かさ$u(b\mathrm{T})$は、

$$u(b\mathrm{T}) = \rho_{23} \times b \times u(\mathrm{t}) = \mathbf{0.0008}\ /℃ \times \mathbf{10\ m}\mathrm{m} \times 1.155℃ = 0.00924\ \mathrm{mm}$$

となる。

4) 寸法表示(幅)の標準不確かさ(mm) $u(bs)$

寸法表示(幅)は、0.1 mm であった。その半値幅から標準不確かさ $u(bs)$を求めると、

$$u(bs) = \frac{0.1\ \mathrm{mm}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.0289\ \mathrm{mm}$$

である。

5) 標準不確かさ $u(b)$

これまで求めた標準不確かさ $u(\mathrm{cc})$、$u(\mathrm{cr})$、$u(b\mathrm{T})$及び$u(bs)$を式(6.1.1)に代入し、幅測定の標準不確かさを求めると、

$$u(b) = \sqrt{u^2(\mathrm{cc}) + u^2(\mathrm{cr}) + u^2(b\mathrm{T}) + u^2(bs)} = \sqrt{0.01^2 + 0.00289^2 + 0.00924^2 + 0.0289^2} = 0.0321\ \mathrm{mm} \qquad (11)$$

である。

6) バジェットシート

バジェットシート 2

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(\mathrm{cc})$	ノギスの校正	0.01 mm			ノギスの校正証明書より、拡張不確かさ(*U*)は0.02 mm(包含係数*k*=2)であった。
$u(\mathrm{cr})$	ノギスの分解能	0.00289 mm			ノギスの分解能は、0.01 mm
$u(b\mathrm{T})$	温度変動による寸法(幅)	0.00924 mm			プラスチックの膨張係数は、0.0008 /℃であった。温度変動は±2 ℃ 幅(呼び)=10 mm
$u(bs)$	寸法表示(幅)	0.0289 mm			寸法表示(幅)は、0.1 mmまで測定した。
$u(b)$	幅測定	0.0321 mm	1	0.0321 mm	

b) 厚さ測定の標準不確かさ(mm) $u(h)$

標準不確かさ $u(h)$は、以下の手順で四つの標準不確かさの合成として求められる。

1) 測長器(例：マイクロメータ)の校正標準不確かさ(mm) $u(\mathrm{mc})$

マイクロメータの校正証明書より、拡張不確かさ(*U*)は 0.02 mm（包含係数 *k*=2）であった。よって、

$$u(\mathrm{mc}) = \frac{U}{2} = \frac{0.02}{2} = 0.01\ \mathrm{mm}$$

である。

2) マイクロメータの分解能の標準不確かさ(N) $u(\mathrm{mr})$

マイクロメータの分解能は、0.01 mm であった。その半値幅から標準不確かさ $u(\mathrm{mr})$を求めると、

$$u(\mathrm{mr}) = \frac{0.01\ \mathrm{mm}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.00289\ \mathrm{mm}$$

である。

3) 温度変動による寸法(厚さ)の標準不確かさ(mm) $u(h\mathrm{T})$

試験片は、室温の変化によって体積が変動する。ここでは 2 級許容差での状態調節及び試験環境によって引き起こされる不確かさについて評価する。室温の変動の標準不確かさ $u(\mathrm{t})$は、23 ℃±2 ℃で矩形分布していると仮定。よって、

$$u(\mathrm{t}) = \frac{2\ ℃}{\sqrt{3}} = 1.155\ ℃$$

となる。

温度変動による寸法(厚さ)の標準不確かさ(mm) $u(h\mathrm{T})$は、試験室温の標準不確かさ(℃) $u(\mathrm{t})$から変換する感度係数が（プラスチックの熱膨張係数）×（試験片の厚さの呼び長）となる。このとき、プラスチックの熱膨張係数は、23 ℃付近の熱膨張係数 $\rho_{23} = 0.0008$ /℃を用い、試験片の幅の呼び長さ *h*=3 mm であるので、標準不確かさ $u(h\mathrm{T})$は、

$$u(h\mathrm{T}) = \rho_{23} \times h \times u(\mathrm{t}) = \mathbf{0.0008}\ /℃ \times \mathbf{3\ m}\mathrm{m} \times 1.155℃ = 0.00277\ \mathrm{mm}$$

となる。

4) 寸法表示(厚さ)の標準不確かさ(mm) $u(hs)$

寸法表示(厚さ)は、0.02 mm であった。その半値幅から標準不確かさ $u(hs)$を求めると、

$$u(hs) = \frac{0.02\ \mathrm{mm}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.00577\ \mathrm{mm}$$

である。

5) 標準不確かさ $u(h)$

これまで求めた標準不確かさ $u(\mathrm{mc})$、$u(\mathrm{mr})$、$u(h\mathrm{T})$及び$u(hs)$を式(6.1.2)に代入し、厚さ測定の標準不確かさを求めると、

$$\begin{aligned} u(h) &= \sqrt{u^2(\mathrm{mc}) + u^2(\mathrm{mr}) + u^2(h\mathrm{T}) + u^2(hs)} = \sqrt{0.01^2 + 0.00289^2 + 0.00277^2 + 0.00577^2} \\ &= 0.0122\ \mathrm{mm} \end{aligned} \quad (12)$$

である。

6) バジェットシート

バジェットシート 3

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(\mathrm{cc})$	マイクロメータの校正	0.01 mm			マイクロメータの校正証明書より、拡張不確かさ(*U*)は0.02 mm(包含係数*k*=2)であった。
$u(\mathrm{cr})$	マイクロメータの分解能	0.00289 mm			マイクロメータの分解能は、0.01 mm
$u(h\mathrm{T})$	温度変動による寸法(厚さ)	0.00277 mm			プラスチックの膨張係数は、0.0008 /℃であった。温度変動は±2 ℃ 厚さ(呼び)=3 mm
$u(h\mathrm{s})$	寸法表示(厚さ)	0.00577 mm			寸法表示(厚さ)は、0.02 mmまで測定した。
$u(h)$	厚さ測定	0.0122 mm	1	0.00122 mm	

c) 標準不確かさ(mm) $u(A)$

これまで求めた標準不確かさ $u(b)$及び$u(h)$を式(6.1)に代入して断面積測定の標準不確かさ $u(A)$を求めると、

$$u(A)=\sqrt{h^2u^2(b)+b^2u^2(h)}=\sqrt{3^2\times0.0321^2+10^2\times0.0122^2}=0.1554\ \mathrm{mm}^2 \qquad (13)$$

d) バジェットシート

バジェットシート 4

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(b)$	幅測定	0.0321 mm	3 mm	0.0963 mm^2	厚さ3 mm(呼び)が感度係数
$u(h)$	厚さ測定	0.0122 mm	10 mm	0.122 mm^2	幅10 mm(呼び)が感度係数
$u(A)$				0.1554 mm^2	

6.1.2.3 標準不確かさ(MPa) $u_{\mathrm{cB}}(S)$

これまで求めた$u(F)$及び$u(A)$を式(1.1)に代入して、引張応力の標準不確かさを求めると、

$$u_{\mathrm{cB}}(S)=\sqrt{\left(\frac{1}{A}\right)^2u^2(F)+\left(-\frac{F}{A^2}\right)^2u^2(A)}=\sqrt{\left(\frac{1}{29.2530}\right)^2\times0.838^2+\left(-\frac{1124}{29.2530^2}\right)^2\times0.1554^2}=0.2061\ \mathrm{MPa} \qquad (14)$$

6.1.2.4 バジェットシート

バジェットシート 5

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(F)$	測定荷重	0.838 N	0.034185 / mm^2	0.02865 MPa	表2の試験片の初めの断面積の平均値29.2530 mm^2 感度係数は$\frac{1}{29.2530}=0.34185\ /\mathrm{mm}^2$
$u(A)$	断面積測定	0.1554 mm^2	1.31349 N/ mm^4	0.20412 MPa	表2の試験片の初めの断面積の平均値29.2530 mm^2 表2の測定荷重の平均値1124 N 感度係数は$\frac{1124}{29.2530^2}=1.31349\ \mathrm{N/mm}^4$
$u_{\mathrm{cB}}(S)$				0.2061 MPa	

6.1.3　合成標準不確かさ(MPa)　$u_c(S)$

これまで求めた式(9)及び式(14)を式(7)に代入して、合成標準不確かさ $u_c(S)$を求めると、

$$u_c(S) = \sqrt{u_{\mathrm{cA}}^2(S) + u_{\mathrm{cB}}^2(S)} = \sqrt{0.261^2 + 0.206^2} = 0.3325 \text{ MPa} \quad (15)$$

6.1.4　拡張不確かさ(MPa)　$U(S)$

式(15)を式(8)に代入して、拡張不確かさ $U(S)$を求めると、

$$U(S) = k \times u_c(S) = 2 \times 0.3325 = 0.665 \fallingdotseq 0.7 \text{ MPa} \quad (16)$$

6.1.5　バジェットシート

バジェットシート 6

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u_{\mathrm{cA}}(S)$	タイプA評価	0.261 MPa			
$u_{\mathrm{cB}}(S)$	引張応力	0.261 MPa			
$u_{\mathrm{c}}(S)$	合成標準不確かさ	0.3325 MPa		0.3325 MPa	
$U(S)$	引張強さの拡張不確かさ（*k*=2）			0.665 MPa	

6.1.6　拡張不確かさの表記

試験所内比較試験の拡張不確かさの表記の方法を以下のとおりとした。

表記例

> 試験結果及びその不確かさ 38.4 MPa ± 0.7 MPa(ここで「MPa」は単位)、記号±に続く数は、包含係数 *k*=2 とした拡張不確かさである。

6.2　依頼試験（試験報告書に不確かさの表示の要求があった場合）の見積もり事例

6.2.1　測定不確かさのタイプ A 評価の標準不確かさ(MPa)　$u_{\mathrm{cA}}(S)$

ある試験所では、試験を受託した際に、顧客の要求に「試験報告書に不確かさの表示をすること。」が記載されていた。受託試験の手順書では試験回数 *n*=5 としていたが、試験回数 *n*=10 として測定不確かさのタイプ A 評価 $u_{\mathrm{cA}}(S)$を見積もることとした。

このガイドでは、6.1 試験所内評価実験を行ったときと同じ試験片の規格、試験条件、校正、オペレータ及び装置であったと仮定する。

a) 試験結果

表 3 に示す結果を得た。

表 3 (4) 試験片 10 個繰り返し測定データ

依頼品のプラスチックの試験片 10 個繰り返しの標準不確かさ $u_{cA}(S)$を算出するためのデータ			備考
10 個の繰り返しデータ(MPa)	1	41.5	
	2	42.1	
	3	41.7	
	4	41.8	
	5	41.2	
	6	41.9	
	7	41.1	
	8	41.7	
	9	41.1	
	10	41.7	
試験全体の繰り返し回数		10	
引張強さの和		415.8 MPa	
測定荷重の平均値		1217 N	
試験片の初めの断面積の平均値		29.2653 mm^2	試験片の呼びの厚さ 3 mm、幅 10 mm のものを使用した。
引張強さの平均値		41.58 MPa	
引張強さの標準偏差		0.346 MPa	

注 (4):表中のデータは実際の測定に基づくものではなく、架空のデータである。

b) 繰り返しの標準不確かさ(MPa) $u_{cA}(S)$

表 3 の結果から、複数採取した試験片の引張強さ測定値が 10 個で、その全体の推定母平均値 $\hat{\mu}$ 及び推定母標準偏差$\hat{\sigma}(S)$を求めたところ、

$$\hat{\mu} = 41.58 \text{ MPa}$$

$$\hat{\sigma}(S) = 0.346 \text{ MPa}$$

であった。

試験所の受託試験にけるルーチン業務の手順書では、1 名の試験片作製オペレータが 5 個を採取作製し、1 名の引張試験オペレータが 5 個測定し、n=5 の平均値を求めて試験報告値を作成することになっていた。よって、ルーチン業務での採取試験片 5 個の測定の標準不確かさ $u_{cA}(S)$ を想定して、式(3)を適用し $\sqrt{5}$ で除して求めた。

$$u_{cA}(S) = \frac{\hat{\sigma}(S)}{\sqrt{n}} = \frac{0.346}{\sqrt{5}} = 0.155 \text{ MPa} \qquad (17)$$

6.2.2 引張応力の標準不確かさ(MPa) $u_{\mathrm{cB}}(S)$

6.2.2.1 測定荷重の標準不確かさ(N) $u(F)$

測定荷重の標準不確かさ $u(F)$は、以下の手順で二つの標準不確かさの合成として求められる。

a) 引張試験機の校正不確かさ(N) $u(\mathrm{uc})$

引張試験機の校正証明書より、拡張不確かさ(U)は 0.14 %(包含係数 k=2)であった。表 3 試験片 10 個繰り返し測定データで引張強さ試験の繰り返し不確かさを求めたとき測定荷重の平均値が 1217 N であった。よって、

$$u(\mathrm{uc}) = \frac{U(\%)}{2} \times \frac{1}{100(\%)} \times 1217\ \mathrm{N} = \frac{0.14\%}{2} \times \frac{1}{100(\%)} \times 1217\ \mathrm{N} = 0.852\ \mathrm{N}$$

である。

b) 引張試験機の分解能の標準不確かさ(N) $u(\mathrm{ur})$

引張試験機の分解能は、1 N であった。その半値幅から標準不確かさ $u(\mathrm{ur})$を求めると、

$$u(\mathrm{ur}) = \frac{1\ \mathrm{N}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.289\ \mathrm{N}$$

である。

c) 標準不確かさ(N) $u(F)$

これまで求めた標準不確かさ $u(\mathrm{uc})$及び$u(\mathrm{ur})$を式(5)に代入し、測定荷重の標準不確かさを求めると、

$$u(F) = \sqrt{u^2(\mathrm{uc}) + u^2(\mathrm{ur})} = \sqrt{0.852^2 + 0.289^2} = 0.900\ \mathrm{N} \qquad (18)$$

である。

d) バジェットシート

バジェットシート 7

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(\mathrm{uc})$	引張試験機の校正不確かさ	0.852 N			引張試験機の校正証明書より、拡張不確かさ(U)は0.14 %(包含係数k=2)であった。測定荷重の平均値が1217 Nであった。
$u(\mathrm{ur})$	引張試験機の分解能の標準不確かさ	0.289 N			引張試験機の分解能は、1 N
$u(F)$	測定荷重の標準不確かさ	0.900 N	1	0.900 N	

6.2.2.2 断面積測定の標準不確かさ(mm^2) $u(A)$

ノギス及びマイクロメータは、6.1 試験所内評価実験と同じものを使用し、校正値も同じであった。同様に試験条件も同じであった。このとき標準不確かさ $u(A)$は、式(13)と同じ値であるので、

$$u(A) = \sqrt{h^2u^2(b) + b^2u^2(h)} = 0.1554\ \mathrm{mm}^2 \qquad (19)$$

となる。

6.2.2.3 標準不確かさ(MPa) $u_{\mathrm{cB}}(S)$

これまで求めた$u(F)$及び$u(A)$を式(1.1)に代入して、引張応力の標準不確かさを求めると、

$$u_{\mathrm{cB}}(S)=\sqrt{\left(\frac{1}{A}\right)^2 u^2(F)+\left(-\frac{F}{A^2}\right)^2 u^2(A)}=\sqrt{\left(\frac{1}{29.2653}\right)^2\times 0.900^2+\left(-\frac{1217}{29.2653^2}\right)^2\times 0.1554^2}=0.2229\ \mathrm{MPa} \tag{20}$$

6.2.2.4 バジェットシート

バジェットシート 8

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u(F)$	測定荷重	0.900 N	0.034170 / mm^2	0.03075 MPa	表3の試験片の初めの断面積の平均値29.2530 mm^2 感度係数は$\frac{1}{29.2653}=0.34170\ /\mathrm{mm}^2$
$u(A)$	断面積測定	0.1554 mm^2	1.42097 N/ mm^4	0.2208 MPa	表3の試験片の初めの断面積の平均値29.2530 mm^2 表3の測定荷重の平均値1124 N 感度係数は$\frac{1217}{29.2653^2}=1.42097\ \mathrm{N/mm}^4$
$u_{\mathrm{cB}}(S)$				0.2229 MPa	

6.2.3 合成標準不確かさ(MPa) $u_c(S)$

これまで求めた式(17)及び式(20)を式(7)に代入して、合成標準不確かさ $u_c(S)$を求めると、

$$u_c(S)=\sqrt{u_{\mathrm{cA}}^2(S)+u_{\mathrm{cB}}^2(S)}=\sqrt{0.155^2+0.2229^2}=0.271\ \mathrm{MPa} \tag{21}$$

6.2.4 拡張不確かさ(MPa) $U(S)$

式(21)を式(8)に代入して、拡張不確かさ $U(S)$を求めると、

$$U(S)=k\times u_c(S)=2\times 0.271=0.542\fallingdotseq 0.6\ \mathrm{MPa} \tag{22}$$

6.2.5 バジェットシート

バジェットシート 9

記号	不確かさの要因	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ	備考
$u_{\mathrm{cA}}(S)$	タイプA評価	0.155 MPa			
$u_{\mathrm{cB}}(S)$	引張応力	0.2229 MPa			
$u_{\mathrm{c}}(S)$	合成標準不確かさ	0.271 MPa		0.271 MPa	
$U(S)$	引張強さの拡張不確かさ（*k*=2）			0.542 MPa	

6.2.6 拡張不確かさの表記

試験所内比較試験の拡張不確かさの表記の方法を以下のとおりとした。

表記例

試験結果及びその不確かさ 41.6 MPa ± 0.6 MPa(ここで「MPa」は単位)、記号±に続く数は、包含係数 k=2 とした拡張不確かさである。

7 参考文献

ISO/IEC Guide 98-3:2008	測定における不確かさの表現のガイド
ISO/IEC Guide 99:2007	国際計量計測用語－基本及び一般概念並びに関連用語(VIM)
JIS K 7100:1999	プラスチック－状態調節及び試験のための標準雰囲気
JIS K 7153:2008	プラスチック－試験片の直線寸法の求め方
JIS K 7161-1:2024	プラスチック－引張特性の求め方－第1部:通則
JIS K 7161-2:2014	プラスチック－引張特性の求め方－第2部:型成形，押出成形及び注型プラスチックの試験条件
JIS Z 8402-3:1999	測定方法及び測定結果の精確さ(真度及び精度)－第3部:標準測定方法の中間精度
ASG104	不確かさの入門ガイド

今回の改正のポイント

主な改正内容

◆組織改編に伴う名称の変更等

内容の変更を伴う改正箇所には、下線を付しています。

以上