

# ゴムのヤング率、硬度、エネルギー係数の関係

エネルギー表現の一般式として代表的なものは下記のようにになります。

## Neo-Hookeanモデル

$$W = C_{10}(I_1 - 3)$$

$$I_1 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 \quad \text{[対角線効果]}$$

$$I_2 = \lambda_1^2 \lambda_2^2 + \lambda_2^2 \lambda_3^2 + \lambda_3^2 \lambda_1^2 \quad \text{[面積効果]}$$

$$I_3 = \lambda_1^2 \lambda_2^2 \lambda_3^2 = 1 \quad \text{[体積効果]}$$

$\lambda$ は各主軸方向の伸張比(=ひずみ $\varepsilon + 1$ )です。

## Mooney高次式

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3)$$

$$+ C_{20}(I_1 - 3)^2 + C_{30}(I_1 - 3)^3$$

## Ogden式

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 1)$$

寺子屋/CAE解援隊

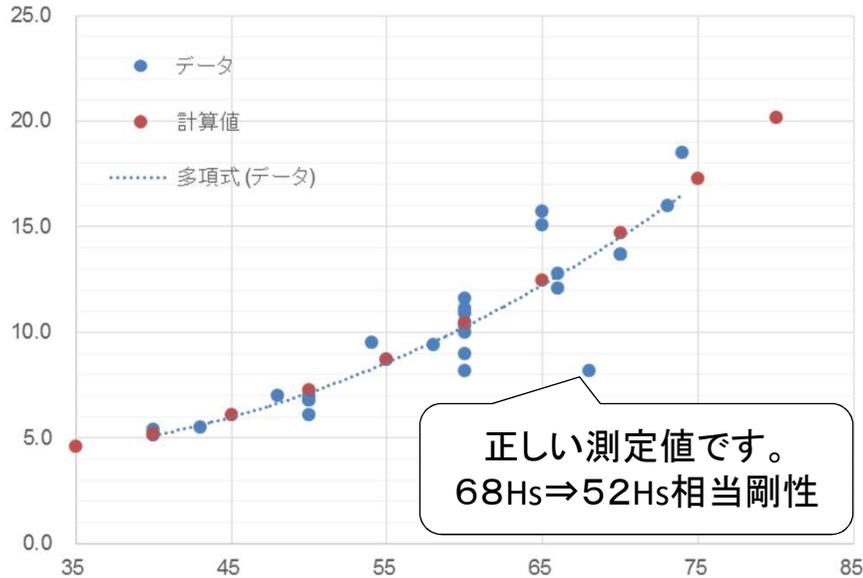
URL <https://terakoya2018.com>

連絡先 [hagi@terakoya2018.com](mailto:hagi@terakoya2018.com)

080-2230-8785

# 必ずしも硬度と剛性の関係はありません

硬度(Hs)vsせん断弾性率(kg/cm2)



硬度とせん断弾性率の関係を左に示します。  
●印は実際のデータで、硬度とのグラフに  
プロットしています。  
硬度68Hsの材料も実際には、平均的な52Hs  
相当の剛性しか持たない場合があります。  
(実際のデータです)

ヤング率  $E = 3 \times$  せん断弾性率  $G$

## 最も単純な材料表現

Neo-Hookeanモデル

$$W = C_{10}(I_1 - 3)$$

Mooney-Rivlinモデル

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3)$$



一定の経験則

$$E = 6(C_{10} + C_{01}) = 3G$$

# 硬度とヤング率の関係

(株)メカニカルデザイン様  
テクニカルレポート(引用)

## Hs 硬度、横弾性係数、Mooney 定数の関係

Hs 硬度と横弾性係数  $G$  の関係は次の近似式で表すことができる。Hs 硬度と JIS A 硬度はほぼ同値である。

$$Hs = \frac{G}{G + G_{50}} \times 100 \dots (1)$$

$G_{50}$  は  $Hs=50$  のゴムの横弾性係数をあらわす。ゴムの種類によって多少の差があるが、シリコンラバーのデータが無かったので、ここでは NR(天然ゴム)について記述する。

NR の  $G_{50}$  は  $G_{50}=7.45$  である。よって

$$Hs = \frac{G}{G + 7.45} \times 100 \dots (2)$$

となる。この (2) 式に今回のシリコンラバ

$$40 = \frac{G}{G + 7.45} \times 100$$

$$\therefore G = 4.967 [kg/cm^2] \dots (3)$$

Mooney 定数と  $G$  の関係は次式で表すことができる

$$G = 2(C_{10} + C_{01}) \dots (4)$$

横弾性係数  $G$  をエネルギー関数に換算する方法として、Neo-Hookean なる。(4) 式に  $G=4.967$ 、 $C_{01}=0$  を代入すると

$$\therefore C_{10} = \frac{G}{2} = 2.483 [kg/cm^2] = 0.243 [MPa]$$

硬度とせん断弾性率  
ヤング率の関係式

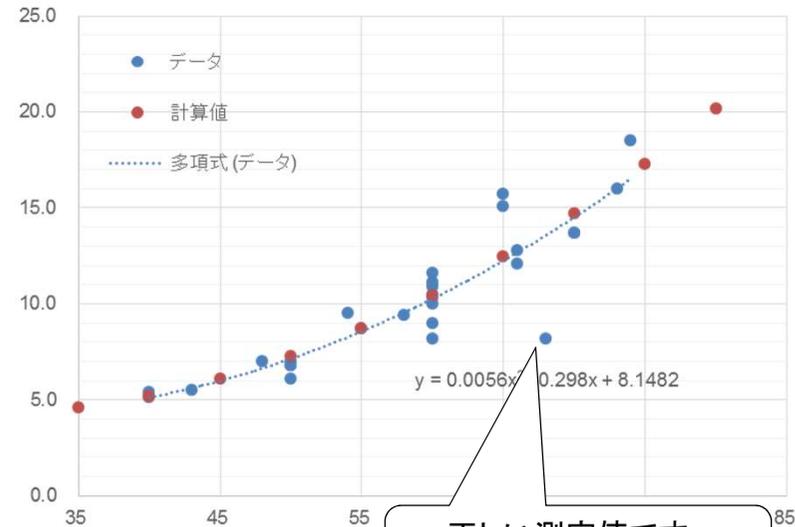
せん断弾性率は、

伸張-保持 戻し 伸張-保持 ..

の測定のため時間依存の値

硬度vs剛性の一般的な線に乗らないものもあります。

硬度(Hs)vsせん断弾性率(kg/cm2)



正しい測定値です。  
68Hs⇒49Hs相当剛性

硬度とヤング率、係数の関係は定式のようになります。  
実測できない方には、上記式から算出した値が、有効に利用できます。

寺子屋

<https://terakoya2018.com/>

CAE 解 援 隊

<http://www.kaientai2008.com/>