

盲目の科学者ゴフとエントロピー弾性

「ゴムの最も著しい性質は、応力がかかったとき壊れないで大きな変形に耐え、応力を除いたら元の形にかえることが出来ることである」とW.J.Mooreはその名著“新物理化学(藤代亮一訳)”の中で述べています。これを私たちは通常「ゴム弾性」と呼んでいます。このゴム弾性はエントロピー変化による「エントロピー弾性」であるということもよくご存じだと思います。しかし、エントロピーと言うだけで熱力学のややこしい式が頭に浮かび、日頃の仕事の中ではエントロピー弾性なるものを頭の中から抹殺しているゴム技術者も多いのではないのでしょうか。このゴムの最も特徴的で重要な性質に初めて気づいたのがイギリスの盲目の科学者ゴフ(J.Gough)です。ゴフはガフ、ガウフ、またはグーなどとも呼ばれています。今からおよそ200年前の1805年のことでした。

P.J.フローリの“高分子化学(岡小天, 金丸競共訳)”から、論文¹⁾の中のゴフの言葉を拾い上げます。ゴフは最初の実験を次のように記述しています。

「ゴムの細片の両端を両手の親指と人差し指で挟んで持ち、細片の中央部を軽く唇に触れる。急にこの細片を引き伸ばすと直ちに、唇に暖かみを感じず。なぜならこの樹脂は引き伸ばされれば引き伸ばされるほど明らかに暖かになるが、唇へのりは感じが鋭いので、体のどの部分よりずっと楽にこの変化を見出すことが出来るからである。この温度の増加は細片を縮ませるとその瞬間に失われる。張力を十分かけてすぐ離すたびに、ゴムは自分の持っているバネで速やかに縮むのである」。今なら当たり前ですが、ゴムを5倍に伸ばしてもやっと1℃程度にしかならない温度上昇を発見した鋭い感性に驚くばかりです。

第二の実験では、「ゴムの細片の一端を金属とか木の棒にとめて、他の端におもりを結びつけたとき、ゴム紐に熱を与えると短くなり冷やすと長くなる」と述べています。また、ゴムを引き伸ばすと比重が増大することも認めています。

これらの簡単な実験は定性的なものでしたが、天然ゴムの弾性的性質の中で熱力学的に重要な面は全て含んでいるのです。ゴムの物理学の始まりとあってよいでしょう。

熱力学第一法則が確立されるのが1847年、熱力学第二法則が発展するのが1850年の初頭です。熱力学の確立によって適当な理論式を用いることが可能となり、1839年のGoodyearの加硫の発見によってより完全な弾性体に近い架橋ゴムを実験に用いることが可能となったジュール(J.P.Joule)が、詳細な検討によって50年前のゴフの観察を確認し、ゴム弾性がエントロピー弾性であることを発見したのは1857年のことといわれています。更に1930年代にドイツのK.MeyerやW.Kuhnが、ゴム弾性係数が絶対温度に比例することを統計力学の理論から導いて理論が出来あがりました。ゴフの発見から理論的な解明には130年もの年月を要したことになります。

生ゴムしか使えず熱力学理論も持たないゴフは、盲目の研ぎすまされた感性だからこそかもしれません。「温度が上がると弾性率が大きくなる」という世にも不思議なゴムの性質を発見しました。このゴフの研究を記憶するために、ゴム弾性の熱特性のことを私たちはゴフ-ジュール効果と呼んでいます。

参考文献 1) Proc. Lit. and Phil. Soc., Manchester, 2d ser., 1,288(1806)