



〈巻頭言〉

## ゴム材料開発のロマン



東京理科大学大学院 理学研究科 教授 伊藤 眞義

グッドイヤーが、ゴムの加硫を発見（1839年）したことによりゴム材料が工業用材料としてゆるぎない地位を築いて約170年になる。加硫の発見やカーボンブラックによるゴム補強の発見（1904年）でアメリカやヨーロッパでゴム化学工業が誕生し産業革命の担い手となったが、この工業を支えたゴムの原料は、ゴムの樹から得られるラテックスである。この樹がコロンブスによって南米アマゾンで1495年に発見されたときにゴム材料開発の原点とすると500年以上が経過した。

ゴム材料は、一般にゴム弾性を有する高分子物質を主体に微粒子補強材と数種類の配合剤からなる複合材料であり、現代用語で表現すれば、加硫あるいは架橋操作を含むリアクティブプロセスで製造されたナノコンポジットである。このようなゴム材料は、他の複合材料に比較して、複合効果により、材料を構成している素材単体の物性とよりも大きく異なる物性が期待できるユニークな特徴を有している。先人たちは、このような複雑な製造方法により作製された複合材料について、ニーズに応じた物性を発現させるために努力を積み重ねてきたが、その中には偶然と必然の組み合わせで予期以上の成果が得られたところにゴム材料開発のロマンがあるように思われる。

私見ではあるが、研究開発におけるロマンには二種類あると思う。一つは、理想を求めた果てしない旅路であり、もう一つは、研究開発の過程で生まれた予期せぬ結果が、すぐれた材料開発への道を開くことである。特に後者は、企業における研究開発のドライビングフォースとなり得ることから大切であると思われる。

予期せぬ結果の解釈は状況により異なる。すなわち、得られた結果がこれまでに解明された科学的解釈では説明できない場合と、知識不足が原因の場合がある。ここでの議論はもちろん前者についてである。

ゴムに補強材を配合して架橋操作をほどこしたゴム材料中におけるゴム分子鎖の状態は、補強材近傍とそこから離れた場所では大きく異なり、その差は補強材の種類に依存する。このような不均一な構造を有するゴム材料は、一般に大変形下で使用される機会が多く、その時の力学的挙動を定量的に扱える理論はまだ確立していない。

ゴムが弾性体であることを見出したのは、シュタウディンガー博士が、高分子が鎖状巨大分子であることを提案する100年以上も前の1800年代である。1940年代に入り、高分子鎖の特徴を基本にしたゴム弾性に関する理論が多く研究者たちによって提案され、これらがその後の加硫ゴムの物性評価に大きな役割を果たしてきたと同時に現在でもゴム弾性を論じる上での基本となっている。しかし、これまでに提案されたゴムの弾性理論は、ゴム分子鎖一本についてのエントロピー弾性、かつアフィン変形を前提として組み立てられているため、実在鎖の弾性挙動を定量的には表現できていない。

最近、分析機器の急激な進歩により、分子鎖一本が本当にエントロピー弾性を示すのか、またゴム分子鎖の伸張にともなう変形がアフィン変形かどうかの実験的検証が可能となりつつある。これらの検証が成功した暁には、ゴム弾性理論に大きな転機が訪れ、それが契機となってロマンがさらに広がる可能性がある。

前述のように、ゴム材料は、一般にフィラーを充てんした加硫ゴムでありその構造は複雑である。充てん材の種類を変えただけで材料の力学物性は大きく変化するため、このことを利用して自動車用タイヤの高性能化を目指した開発研究が活発化している。しかし、フィラー種が充てん系加硫ゴムの力学物性に与える影響についての理論的解明はできていない。

ゴム材料は、一般に非晶体であり、かつその構造は不均一である。このような構造を制御することにより上述の問題も解明できる可能性があるが非晶体の構造決定は、現存の分析機器ではかなり困難であるため、実験先行型の研究に頼らざるを得ない面がある。それだけにロマンの要素が多い分野でもある。

分析機器の進歩は著しい。その結果、今まではロマンの対象であったものが目の前に現れることになる。しかし、これにより新たなロマンの対象が生み出される可能性がある。自然科学を相手にする場合、限りないロマンがあり、これが研究開発のドライビングフォースになっている。