

第64回秋期ゴム技術講習会

「ゴム超入門講座Ⅳ ～ゴムってどんなもの?～」

ガイドンス：超入門への第一歩

2024年11月12日

戸知技術研究所

戸知光喜

(tochi-tech-labo@zpost.plala.or.jp)



20

ゴムの配合

ゴムの三大発明

- ① 加硫の発見 (硫黄による架橋構造がべたつきや流動を抑える)
- ② カーボンの補強効果 (ゴムを強靱にする)
- ③ 加硫促進剤 (硫黄の添加量、加硫の温度・時間を低減)

原料ゴム

フィラー（カーボン、シリカなど）
 加硫剤（硫黄など）
 加硫促進剤
 加硫助剤（亜鉛華など）
 加工助剤（可塑剤、オイルなど）
 老化防止剤

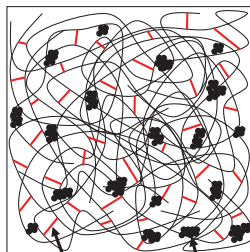
配合によって、構造が変化し、
 多様な物性が実現できる。

混練

成形加工
(圧延、押出)

加硫

ゴム製品



架橋

CB

ゴムの歴史

- 1493 ~1496 C. Columbusは、ジャマイカで、子供たちが**黒いゴムボール**で遊んでいるのを見た。
 (原住民は、水筒やゴム靴などに使用)
- 1736 C. M. Condamineは、王立アカデミーに「**カウチュー** (caoutchouc) : 涙を流す木」と報告。
- 1772 J. Priestleyは、文字を消すのに適していることを発見。「**Rub out** (文字を消す)」。
 (「**ゴム (gom)**」は、鎖国時代にオランダから) **ゴムの名前の由来**
- 1806 J. Goughは、**ゴムの力学に関する重要な実験**を行った。
 ① 重りを下げたゴムひもの加熱によるゴム収縮
 ② ゴム試験片の急速伸長による発熱
 ③ 伸長したまま、冷却すると、収縮しない
 1859 ジュール → 熱力学により、ゴフの実験を証明 (**ゴフ-ジュール効果**)
- 1820 T. Hancockは、**婦人用ガーター、胴締め**を販売。**素練り、加工、成形を開発。「ゴム工業の父」**
- 1823 C. Macintoshは、**防水コート**を開発。 **工業製品への利用**
- 1825 T. C. Welesは、**ゴム靴**を開発
- 1826 M. Faradayは、天然ゴムの組成が、**C₅H₈**であることを見出した

$$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \underset{\text{H}}{\text{C}} - \text{CH}_2 \right]_n$$

 ポリイソプレン (天然ゴム)
- 1839 C. Goodyearが、**加硫**を発見
 硫黄を混ぜた生ゴムがストーブの熱で変性。
 夏のべたつき（流動）、冬の硬化（結晶化の抑制）を解決
ゴムの三大発明：①加硫の発見

資料提供：赤坂修一（東京科学大学）

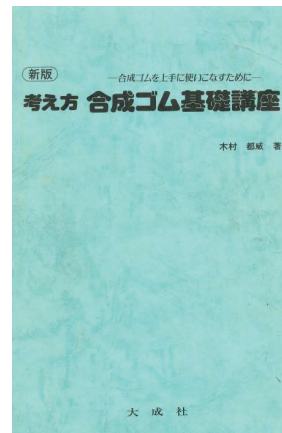
ゴムの基本特性を支配する4つの因子の解説

結晶性・極性・安定性・柔軟性

一般財団法人化学物質評価研究機構
高分子技術部
近藤寛朗

1

各種ゴムの特性を理解するには、
結晶性・極性・安定性・柔軟性の4つの基本因子を
理解するのが近道



新版：考え方・合成ゴム基礎講座
昭和63年7月初版
発行者 (株)大成社
著者 木村都威

3

【結晶性】

高分子とは

ブタジエン
 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
低分子化合物

結合

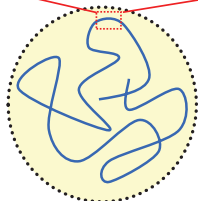
ポリブタジエン

$\text{-(CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{)}_n \leftarrow n \sim 100 \text{以上}$

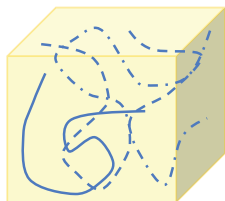
高分子化合物

低分子のブタジエンが結合し
ポリブタジエンになる

$\text{-(CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{)}_n$



ゴムの一本鎖（高分子鎖）



ゴムは色々な長さの高分子が絡まりあった状態
パスタのイ 極性 ジ 小 大
0 ~ 4

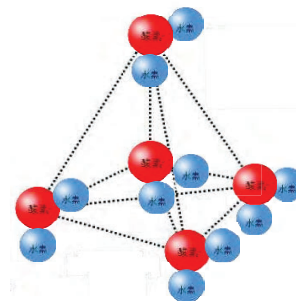


6

CERI 【結晶性】

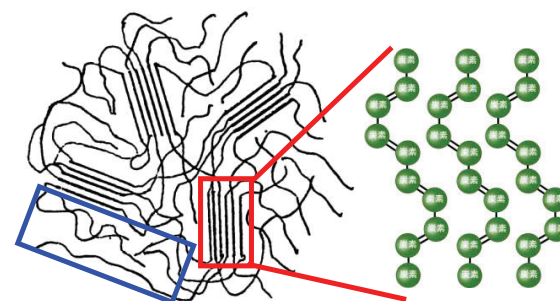
ゴムの結晶はどのような構造？

水の結晶構造



水分子が規則的に配置

ゴムの結晶



高分子鎖が
無秩序（乱雑）配置
【非晶】

高分子鎖が
規則的に配置
【結晶】

$\text{-(CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{)}_n$

高分子は、分子が繋がった長い鎖（高分子）が絡まりあった状態のため
規則的に並んだ「結晶」と無秩序に配置された「非晶」が存在する。

7

第64回 秋季ゴム技術講習会

ゴム配合

2024年11月12日
興国インテック(株)
菊池 裕

1

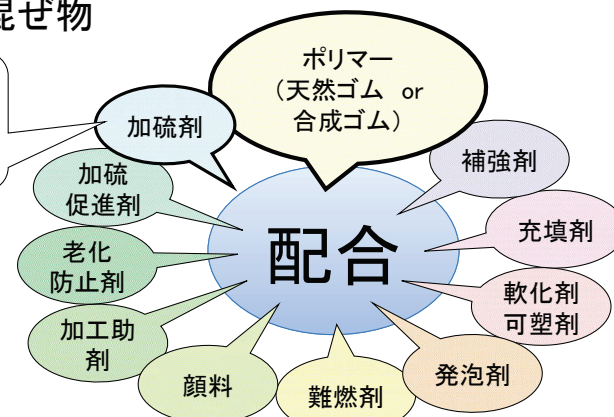
1.2. ゴム材料の開発

・ 配合： ゴムは混ぜ物

- ・加硫剤はポリマーを架橋させる
- ・ゴムをゴムたらしめる重要な薬品



ポリマー



加硫剤、酸化防止剤など



補強剤



充填剤

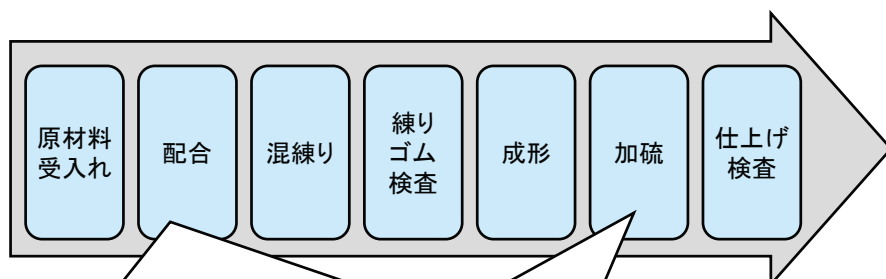


軟化剤

4

1.4. ゴム製造と配合

・ ゴムの製造工程



配合

- ・ 定められた原料ゴム、配合薬品を正しく計量する
- ・ 配合はゴム材料の組成を定める重要情報

加硫

- ・ ポリマーに加硫剤を作用させ、分子鎖を三次元網目構造に変化させる
- ・ ゴム弾性発現の重要工程

6

3.2.1. 極端な配合: ゴム分(RHC)

・ 高い例

－ 純ゴム配合物

NR	100 phr
S	3
ZnO	5
ステアリン酸	1
促進剤M	1
Total	110
RHC	90.9
Ts(MPa)	24
Eb(%)	800

※加硫条件 141°Cx30分

「ゴム配合ハンドブック」 p1

・ 低い例

－ 消しゴム

生サブ	100 phr
白サブ	300
軟化剤	250
酸化亜鉛	25
チタン白	100
炭酸カルシウム	400
硫黄	11.25
有機加硫促進剤	1.25
無機加硫促進剤	62.5
Total	1250
RHC	8

「ゴム工業便覧」 p819

19

「ゴムの力学特性」

～ゴムの伸び縮みはどう起こる、どう測る？～

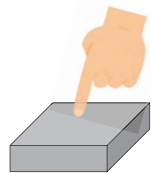
赤坂 修一

東京科学大学（旧 東京工業大学） 物質理工学院 材料系



第64回秋期ゴム技術講習会「ゴム超入門講座Ⅳ ～ゴムってどんなもの？～」 (2024.11.13)

本講演の内容



硬度測定
(押し込み)



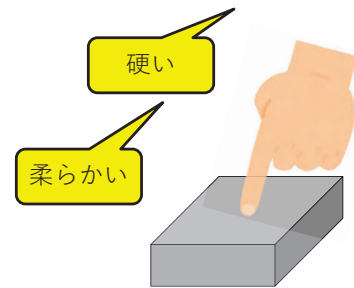
引張試験
(引張ひずみ)



粘弾性測定
(周期的ひずみ)

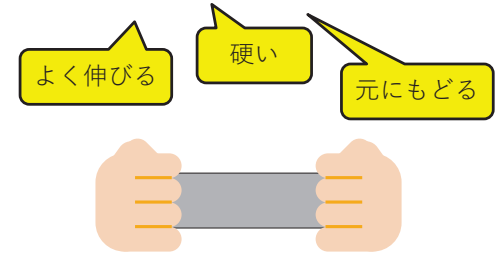
1. 力学物性とは
2. 高分子の構造とゴム弾性
3. 硬度測定
4. 引張試験
5. 粘弾性測定

力学物性とは・・・



指で押す

押す力
押し込み深さ



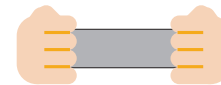
手でつかんで、引っばる

力
変形量
引っばる力
伸び（長さ）

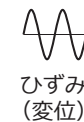
力学物性とは、力と変形量（速度、加速度）との関係を表す物性

粘弾性測定

粘弾性とは、弾性と粘性を併せ持った性質



引張った（変位を与えた）時の
力の大きさと応答の遅れ



ひずみ
(変位)



粘弾性
(弾性+粘性)



応力
(力)

周期的なひずみを与えた時の応力を測定し、材料の粘弾性を調べる測定

⇒ 材料の弾性、粘性の温度依存性、周波数依存性を簡便に評価できる

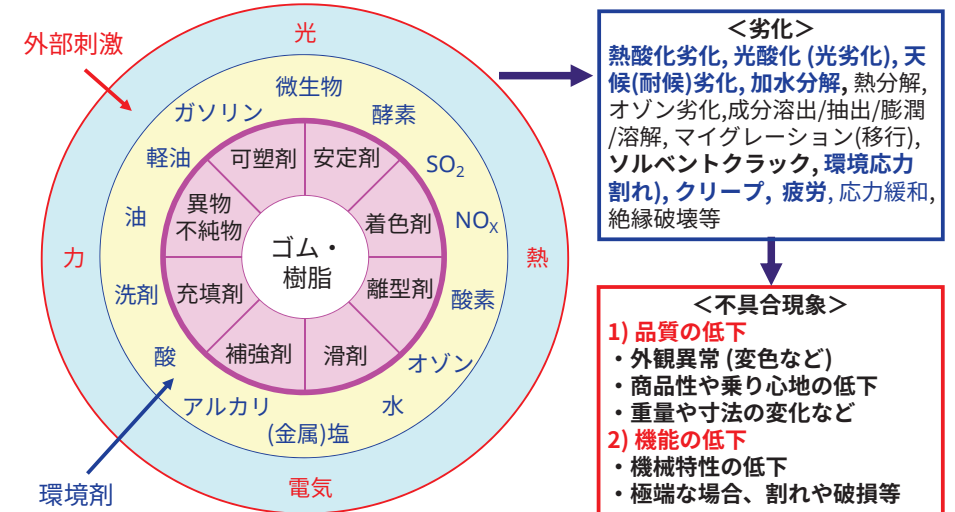
第64回秋期ゴム技術講習会
「ゴム超入門講座Ⅳ～ゴムってどんなもの?～」

環境や時間経過などによりゴムや樹脂の 品質や機能が低下するのはなぜ？



(株)日産アーク
高分子解析チーム 加藤 淳
〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町1番地
TEL. 046-867-5280
FAX. 046-865-5699
kato@nissan-arc.co.jp

自動車用ゴム・樹脂部品の劣化要因と不具合現象*

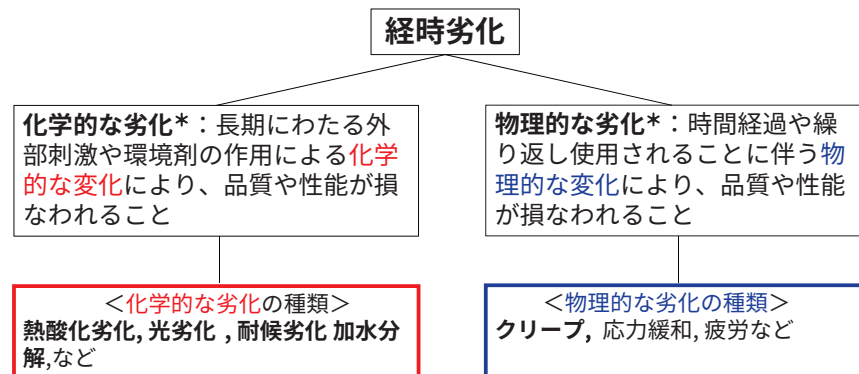


*加藤淳, 田村優編, “ゴム・樹脂製品における故障解析と寿命予測 第4章 故障メカニズム, 第5章 分析方法”, 2002, 日本テクノセンター, pp.53-135, pp.136-170.

10 © 2024 NISSAN ARC, LTD.



4. 時間経過に伴う劣化(経時劣化)とは？



* (独法)製品評価技術基盤機構, “プラスチック製品の事故原因解析手法と実際の解析事例について (平成25年11月)”

4.2 物理的な劣化 (1) ヘタリと疲労

1) ヘタリとは、長期使用における部材・部品が永久変形(元の状態に戻らない変形、塑性変形)することや、これに伴い性能が劣化すること

例えば、ゴムブッシュ(車の足回りであるサスペンションアームのジョイント(関節)部分に取り付けられたゴム製部品)のヘタリは車の安定性や乗り心地に大きく影響する。

ヘタリは、以降で説明する、長期の荷重や変形下における粘弾性現象(クリープや応力緩和)として現れる。
・クリープ: 材料に一定の応力が継続的に作用した時に、徐々に変形が進む現象
・応力緩和: ひずみ(変形)を一定にした時に、材料内部で発生する応力が時間の経過とともに小さくなる現象

2) 疲労・疲労破壊: 引張試験で破壊する強度よりもはるかに小さい力(または、ひずみ)でも、繰り返しの負荷により、機械特性や機能が低下し、最終的に破壊する現象

「ゴム超入門講座IV～ゴムってどんなもの？～」

ゴムの化学分析

一般財団法人 化学物質評価研究機構

三輪 怜史

© 2024 CERI, Japan

ゴム製品の化学分析

材料の中身



どんな材料？

- ゴムの種類
- 加硫方法
- カーボンブラック量
- 添加剤

不具合の原因



破損、寸法変化の原因は？

- 劣化
- 成形不良
- ブルーム
- 永久変形
- 組成変化

規制物質の有無

- 化学物質審査規制法
- RoHS指令
- REACH規則
- 米国TSCA関連規制

法令に適合している？

参考
chemSHERPA（上記の法令を含む様々な物質の規制を網羅したツール）



© 2024 CERI, Japan 2

化学分析とは

化学的な手法により、物質を構成する原子や原子団・分子・同位体などの検出・確認、存在量や存在状態の決定をすること。目的成分の検出・確認だけをおこなうものを**定性分析**、その量を決定するものを**定量分析**と呼ぶ。

化学分析にどのようなイメージを持っていますか？



- 何でも分かる？
- 専門的で難しそう？
- とにかくお金と時間がかかる。

© 2024 CERI, Japan 3

何でも分かる？

答え・・・（全部は）**分かりません**。

分析法は調べたい化合物、部位によって、得手不得手がある。したがって、**適切な方法を選ぶ**必要がある。

- 赤外分光分析・・・主に含まれる成分の種類（データベースが必要）
- ガスクロマトグラフィー・・・添加剤（ガス化可能な化合物のみ。データベースも必要）
- 蛍光X線分析・・・材料を構成する元素（ナトリウムよりも大きな原子、大まかな量）

中身の情報が一切ない、使用履歴が不明の場合、材質、劣化、規制物質など、ある程度予想して分析方法を選ぶ必要がある。すなわち・・・

予想が外れたら、見逃す可能性がある

例：輸入した未知組成の製品を分析して、安全データシート（SDS）を作りたい
・・・組成を100%明らかにできる確証はないので、基本は実施不可。

© 2024 CERI, Japan 4

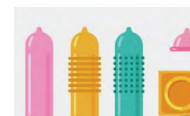
第64回秋期ゴム技術講習会
ゴム超入門講座Ⅳ ～ゴムってどんなもの？～

業界紙からみた 今後のゴム産業

(株)ゴムタイムス社 松田洋明

02 ゴム産業について①

ゴム材料が使用される業界



主な用途

- ・自動車産業: タイヤ、ベルト、ホース、防振ゴム
- ・医療用: 手袋、カテーテル、ゴム栓
- ・日常生活: 靴の底、ゴムバンド

03 24年の業界動向①

ゴム製品の生産概況

JRMA
一般社団法人日本ゴム工業会

① 鉱工業生産指数の推移 2022年1月～2024年7月 <速報値> (2020年=100, 季節調整済み)

