

## 1. S S 氏

昨日はありがとうございました。

質問なのですが、

フォークリフトや荷車、タレーの様にゴム素材で中に空気の入っていないタイヤ、

或いはトラクターなどでタイヤ内に水バラスト等を使う例

など他にもタイヤ内に空気以外に詰めていたりする物はあるのでしょうか？

ご回答頂けたら幸いです。

フォークリフトのタイヤは、空気が入っていません。ゴムのみで出来ています。そのためソリッドタイヤと言われています。パンクしないことが最大の長所ですが、高速走行不可&乗り心地不良などのため、フォークリフトのような工場内利用に限られます。

タイヤに水を入れることは、聞いたことがありません。内部から水の影響でスチールコードが腐食するのでタイヤに水を入れることは推奨しないと思います。（Web で調べるとミシュランタイヤには水バラストが紹介されていますが、個人の責任と記載されていました）

空気以外の物質をタイヤに入れることはないと思います。空気の代わりに窒素ガスを入れることがあります。窒素は空気よりゴムへの透過性が低いので空気圧の低下（リーク）が少ないようですが、有料なので自分の車でやったことはありません。自分としては、二ヵ月に一回はガソリンスタンドで空気を補充しています。燃費を良くするためにわずかに空気圧も高めにしています。

## 2. K 氏

### 2-1 ゴムとプラスチックの明確な違い（境界）は何でしょうか？

ゴムとプラスチックは同じ高分子材料（ポリマー）ですが、架橋の有無で大きく異なります。ゴムは架橋（加硫）させる使い方が大半ですが、プラスチックは非架橋（熱可塑性）が大半で大きな違いです。

|       | ゴム                                                                                                                                                                                                                                                   | プラスチック                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 概要    | <p>一般的なゴムは架橋されて使用されますが、プラスチックのように加温して軟化させて成型させた後冷めたら成形体になる熱可塑性エラストマーという材料もあります。</p> <p>熱可塑性エラストマーが使われているゴム製品としては、シリンジのシール部分、ゴムチューブ、靴底などがあります。熱可塑性エラストマーは温度が上がるとクリープや応力緩和が起こるため室温付近で使用される製品にのみ使用されています。また、には熱可塑性エラストマーは、カーボンブラックなどの補強充填材は使用されません。</p> | <p>プラスチックは、ポリエチレン、ポリプロピレン、塩ビ、P E T、ナイロン、ポリカーボネート、等熱可塑性プラスチックを意味しています。これらの材料は、加温して軟化させて成型し冷めたら成形体になります。架橋構造を持たないため、温めると変形したり、軟化して初期性能を維持できません。</p> <p>架橋構造を有するプラスチックは熱硬化性プラスチックです。浴槽などの F R P、架橋ポリエチレン配管（給湯用）などがあり、耐熱性（熱変形など）があります。</p> |
| 分 子 構 | 分子鎖がスムーズに動けるために素早く変形できる。                                                                                                                                                                                                                             | 結晶を有するために動きにくい。結晶を持たないポリ                                                                                                                                                                                                               |

|        |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                              |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 造      | 適度な架橋であればポリマーの分子運動は影響されないので大変形に追従できます。                                                                                                                        | カーボネートなどは分子中に芳香環（ベンゼン環）を持つため分子鎖が剛直で動き難いために変形が苦手です。                                                                                           |
| 架橋     | 適度な架橋（加硫）をしているために変形したのち、元の形状に戻る。<br>架橋していない熱可塑性エラストマーは、化学架橋していないが、ハードセグメントが架橋と同じ効果を有しているので、原理原則からすると架橋構造と言えます。（今回熱可塑性エラストマーはゴムの一覧表に示しましたが説明が複雑になるため説明しておりません） | ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエステルなどプラスチックは非架橋材料です（熱可塑性プラスチックと言います）<br>架橋したプラスチックとしては、架橋ポリエチレン、架橋ポリエステル樹脂などがあります。これらは、高い温度で使用する製品に使用されます。 |
| リサイクル性 | 架橋構造を有するため現状ではリサイクルは難しいです（研究中）                                                                                                                                | 熱可塑性プラスチックは熱を加えれば熔融するので再度成形することでリサイクルが容易です。                                                                                                  |

2-2 数十年前、泥水を扱う往復動ポンプ（吐出圧 max 40 MPa）のピストンパッキンを開発していたことがありました。その材料として、良かったのは確か天然ゴムとポリウレタンゴムでした。現在の技術はいかがでしょうか？

よろしくお願いします。

パッキンには様々なゴム材料が使われています。耐ガソリン性、耐溶媒性が必要な場合は、NBR などが使われています。耐熱性が必要な場合は EPDM やフッ素ゴムが使われます。泥水用ポンプの場合、泥水中の砂などの摩耗に耐える必要があるため、タイヤと同じような耐摩耗性に優れる天然ゴムやウレタンが選択されたのだと思います。ウレタンはカーボンブラックを入れないでも耐摩耗性が良いので自転車や台車などのタイヤに使われています（加水分解による劣化も課題です）。天然ゴム系でもカーボンブラックの選択によりさらに良いパッキンはできると考えます。但し天然ゴムは生分解性があるため、微生物により生分解する可能性があります。

### 3. SK氏

土曜日は本当にありがとうございました。時間配分をミスって、質疑応答の時間が取れず、申し訳ございませんでした。久しぶりに業界の生の声を聴いた気がしました。

3-1 6月にタイヤを変えたばかりでした。残念ながらBSではなく、ダンロップ製でした。新しいタイヤのサイド部に髭のようなものがたくさん出ておりますが、あれはなにか意味があるのでしょうか？また、赤丸がサイド部位に押されておりますが、あの意味は？

サイドの髭のようなゴムはスピーーというものです。タイヤは、加硫する際にモールド（金型）よりわずかに大きく作り、モールドに確り充填させたときに、ゴム中の空気がモールドの穴から排気され同時に余分なゴムが髭のようにはみだします。それがスピーーというものです。通常、仕上げ工程で髭のようなスピーーはカットして処理されます。

3-2 タイヤは接地部、サイド部、ホイール取り付け部など部位により配合処方異なることを聞き、

ノウハウの塊だなおもい感心しました。同系統のタイヤの価格がピンキリである理由として、ネームバリュー、生ゴム/合成ゴム比率とか、高価な合成ゴム種使用(塗料でいうフッ素樹脂、シリコン樹脂)、添加剤(老化防止、酸化防止・・・)、いろいろとあると思いますが、最も価格に効いてくる因子は何でしょうか？

タイヤの価格は、材料費、製造コスト、人件費、販管費、物流費等様々なコストから決まります。もちろんブランド戦略に基づく価格設定もされます。最も価格に効くのは材料費だと思います。例えばブリヂストンのプレミアムタイヤのレグノの場合、スチールコードの代わりにアラミド繊維が使われています。スチールをアラミドに変えることで、軽量化と乗り心地が格段に良くなりますが高価になります。また、アラミド繊維とゴムの接着技術も特殊になります。大型タイヤの場合、加硫時間が長くなります。そのため、大型タイヤは製造コストの比率が高くなります。

3-3 タイヤの製造で、カーボン、シリカ、ゴム配合、添加剤、加硫架橋剤など原材料を仕込んで、混練する工程があると思います。昔はロールなどで練っていると聞きましたが、時間的な問題(効率)があると思います。現在ではどのような方法で(例えば高シェアのニーダーみたいな)混練をしているのでしょうか？

ゴムの混練りは、A 練り、B 練りの2段階の練りを行います。A 練りでは、加硫関係の材料は入れないので、ポリマーにカーボンブラックやシリカを高せん断で分散させます。せん断力をかけて十分に練るために温度が高くなるために加硫剤は入れることが出来ません。このような A 練りゴムは一旦冷却させた後、マイルドな B 練りで硫黄や加硫促進剤を混合します。B 練りでは、温度を上げないで練る工夫をしています。

このような特殊な練り方をするために、A 練りではバンバリーミキサーというミキサーを使います。ニーダーではせん断力が小さいのでタイヤでは使いません。ロール配合を、やったことがあります。カーボンブラックの飛散など問題が多いので工業的にはやりません。

B 練りは、マイルドな練りで行うため、バンバリーミキサー、ニーダー、ロール練りなど各社様々なミキサーを使っているはずです。

3-4 お話を聞いていて、ゴムと漆がかぶってきます。植物から得られる天然樹脂で採取形態も同じです。ただし、ゴムがまだタイヤ用途が主とはいえ、十分な供給量を保っているのに対して、漆は、中国、東南アジア、日本の極一部でしか採れず供給量としては風前の灯火で、文化芸術産業での特殊仕様となっていました。産業は異なりますが、ゴムと漆のこの隆盛の差は、いったいどこにあると思われますか？

個人的な見解ですが、漆は塗料と考えると、汎用分野が合成塗料に置き換わり、付加価値の高い工芸品向けにすみ分けられたためだと思います。天然ゴムは、合成ゴムに置換できないために多量に利用されています。そのような代替材料の有無の違いだと思います。

#### 4. G氏

大変勉強になりました。

大昔、ゴムを取り扱うこととなり、

大変苦勞したことを覚えています。

以下の3点 お教えいただければ幸いです。

4-1 先生が学生に勧めているゴムの良い教科書があれば

ご紹介いただければ幸いです。

ゴムの情報源としては、日本ゴム協会誌を勧めます。入会しなくても J-Stage で無料で検索できます。成書としては、日本ゴム協会発行の「ゴム技術入門」をお勧めします。少し難しくなりますが「新版ゴム技術の基礎」などもお勧めします。

4-2 カーボンブラックとラバーの混合状態の図（P25）を

拝見しましたが、化学結合しているのでしょうか？

ファンデルワールス力のような固いでしょうか？

また、シリカの場合も同様でしょうか？

カーボンブラックとポリマーはラジカル結合で化学結合していると考えています。実際にカーボンブラックとゴムを混練りすると、多量のラジカルが発生していることが ESR 測定で確認されています。

一方、シリカの場合、ラジカル結合は期待できないため、特殊なゴム用シランカップリング剤が使われます。ゴム用シランカップリング剤は、アルコキシシランとポリスルフィド構造を化合物中に有しています。そのため、アルコキシシランの部分がシリカ粒子と反応し、ポリスルフィド部がポリマーと反応することでシリカとポリマーが化学的な結合を形成します。

4-3 ゴムに可塑剤を添加しますが、これが原因で劣化や

表面に出てきてベタベタ感が出るのを見たことがあります。

何故こうなるのでしょうか？最近はあまりみませんが、

どのような対策をどのようなメカニズムで行っているのでしょうか？

ゴムへの可塑剤の添加は、加工性改良（ゴムの粘度を下げて押出加工性が改良されます）、低温特性改良（低温で柔らかさ保つため）を目的として添加されます。可塑剤は、多種類のオイルが選択されますが、表面への移行（ブリードと言います）を避けるために、オイル種、量は慎重に選ばれます。科学的には、ポリマーとオイルの SP 値（溶解度パラメーター）を合わせることが重要です。ブリードはゴム製品のトラブルになるのでタイヤでは起きないように開発しています。表面ベタベタ感については、可塑剤選択ミス、コストダウンでオイル多量配合などが原因として考えられますが、いずれも好ましい現象ではないと思います。

余談ですが、ゴム表面にブリードアウトするものとして、老化防止剤、耐オゾン剤などもあります。これらは、ブリードすることで安定剤の効果を発現するのでそのような成分が異常にブリードしてベタベタ感になってしまう可能性はあると思います。

以上