ストレスフリー　ソフトマテリアル（工業用の架橋ゲル）について

小林 達也　　株式会社アブソラボ　CEO
静岡県島田市横井2-22-35，Tel：050-3557-5884，E-mail :tkobayashi@absorlabo.com

1　はじめに

身近なゲル状製品は，こんにゃく，プリン，寒天等の食品であり独特の感触と食感が特長である。又，紙オムツに適用の膨潤性ゲルや芳香剤の衛生用品，口紅等の化粧品，風邪による発熱緩和目的の頭寒シート，人工筋肉など，あらゆる分野でゲル状製品の研究利用が活性化されて久しい。

2　コンセプトと製品技術要旨

弊社は極めて高い安全衛生性，環境変化含め耐候性に優れ，高機能材として工業用途に最適な材質：シリコーンに着目し，図１記載のシリコーンをベースに無数の架橋点から構成の３次元の網目構造のセル内部に「粘性体」を吸収膨潤させ「固体と液体の中間的な性質」を併せ持ち，著しく安定度の高い「粘弾性体」を工業用途に具現化し事業展開中の研究開発型メーカーであり，「共に創る高付加価値製品」がコンセプトである。又，「GEL」付与名称は製品シリーズ　イコール　社名の旨も補足する。

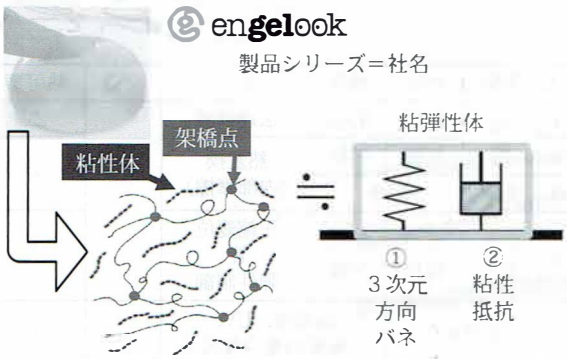


図１　架橋仕様ゲル＝ソフトマテリアル要旨

尚，工業用ゲル製品は多々存在しているが，「多機能×優れたコストパフォーマンス×極めて高い安全衛生性」を３両立は，架橋仕様ゲル「engelook（エンジェルック）」唯一無二が過言ではなきため，類似品と明確に区別目的から，総称としてストレスフリーな「ソフトマテリアル」と定義している。

3　柔軟性の指標

「engelook」はポリマー分子量，架橋密度／架橋点間の分子量調節により，非常に柔軟構造（≒ペースト）～ゴム硬度近似まで，幅広い設計が可能である。

図２の通り，複数の硬度計測器の適用を前提とするが，細部が異なるため，（学術上の）ゲル～プラスチックまでの「硬さ」を同一測定法での定量化は不可能である。これは「硬さ＝弾性率」であるが，複数既存の硬度測定法が弾性率と単純に比例関係でなきため，硬度（弾性率）の物理値ではなく相対比較となる。ちょう度，針入度，アスカーＣゴム硬度計，JIS Ａゴム硬度計がそれら代表例であり，いずれも測定可能範囲が存在する。

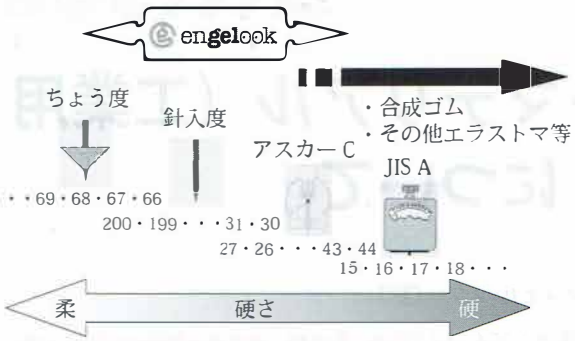


図2　柔軟性の指標

4　ベースは，安全安定性に優れたシリコーン

無数の架橋点を有するシリコーンゴムにシリコーンオイル（粘性体）を吸収膨潤させた「柔軟仕様」がシリコーンゲルであり，弊社が展開中の総称「ソフトマテリアル」である。図3に構造原理を示す。尚，シリコーンゲル（＝ソフトマテリアル）は付加反応型であり，2液材料の混合～真空脱法後，加熱硬化（架橋）し任意形状成型が基本である。

定義：シリコーンゴムにシリコーンオイル（粘性体）を吸収膨潤させた柔軟仕様が「シリコーンゲル」

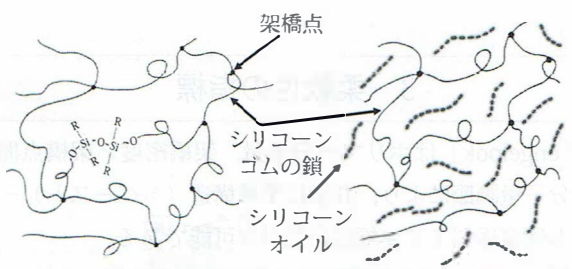


図3　シリコーンゴム＆ゲルの相違

5　工業用ゲルの比較とソフトマテリアルの強み

図4に「粘性体」部を簡略化した工業用ゲル比較を示す。極々一般的にこれまでの体感と経験，感覚等から「柔らかいモノ」は，一定範囲エネルギーの「絶縁」認識から不要な振動，衝撃対策に有効と思われがちである。

しかしながら，ウレタン系，オリフィン系，スチレン系に代表される「熱可塑」仕様の工業用ゲル製品（一例：地震時のTV，家具固定に特化「耐震マット」等の日用品）は，基本構造とメカニズムから不要振動や衝撃エネルギーの効率対策には限界あり，温湿度変化含めた環境変化に性能依存など，安定性と精度追求の（精密）システム製品の「品質と付加価値向上」目的の機能製品には適用し難い事実は，意外と知られていない。これは不要（振動，衝撃）エネルギー吸収（変換）のメカニズムが，一般的には正しく認識されていない現状からでは？・・・と推測の旨を追記する。

以降に詳細を記載するが，架橋仕様は不要な振動，衝撃（所謂，動的）エネルギーを効率的に内部で「熱エネルギー」変換タイプの機能性マテリアルである。微細凹凸追従機能との併用から，圧力を効率的に分散させ，局部応力集中が要因の痛みや精密製品の破損対策にも有効である。

又，「engelook」はシリコーンベースゆえに，温湿度含めた複合的な環境変化においても，性能と形状維持が大きな特長となる。そのため，機能と精度安定性，耐久性能を追求の（精密）システム製品の高機能材としての適用により，それらの更なる品質と付加価値向上への貢献が「強み」となる。

NG 現象		対策	機能	要旨	架橋	熱可塑
1	振動	絶縁	防振	伝達低減	○	△
2	振動	制御	制振	熱変換（内部摩擦）	○	×
3	衝撃	緩衝		熱変換（内部摩擦）	○	×
4	応力集中	応力緩和	圧力分散	圧縮変位＆弾性制御	○	△
5	環境変化		温湿度，UV，現象の複合など		◎	×

図4　工業用ゲルの比較

6　不要な動的エネルギー吸収メカニズム

図５に示す通り，シリンダ内部の粘性体とピストン相似機構の「粘性抵抗」により，高速 or 大きい（動的）振動／衝撃の不要エネルギーに比例の抵抗力が発生から，内部で「熱エネルギー」変換（摩擦効果）を発揮する。

又，高耐久性の指標である復元力とエネルギー貯蔵機能の３次元方向の「バネ」成分との複合効果により，抜群な長期間安定のエネルギー吸収効果を維持発揮の「粘弾性体」である。これにより極短時間での安定性を実現目的の「素早い収束効果」を発揮から，図６に示す通りに既存技術（温度依存性の熱可塑エラストマ，合成ゴム，金属バネ）では対応が難しく，昨今の重要な技術課題である精密製品の品質低下の要因の一つ，高周波数帯域での不安定要要素（所謂，n 次 共振対策）にも抜群な安定性能を維持発揮する。

参考までに「engelook」シリーズの代表例の粘弾性（周波数）特性をグラフ１に，熱可塑仕様ゲル製品（熱可塑エラストマと定義）含めた，一般的な既存技術製品との簡易比較を表１に示す。

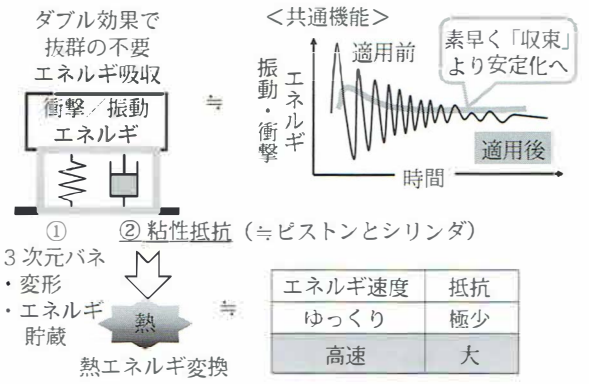


図５　エネルギー吸収のメカニズム　その１

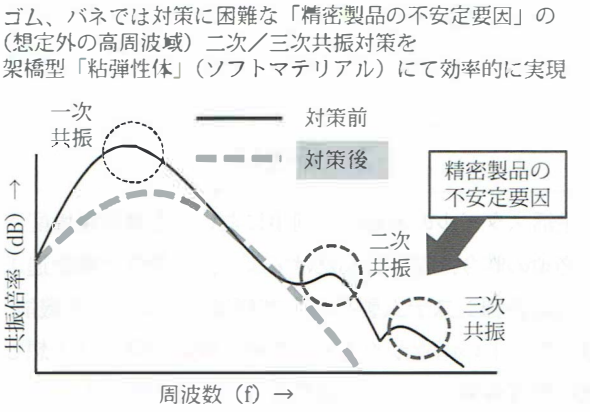
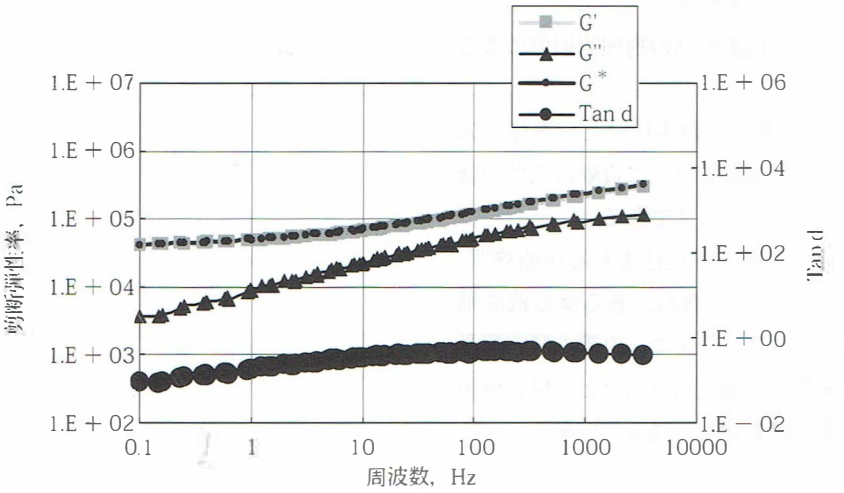


図６　エネルギー吸収メカニズム　その２



グラフ１　周波数特性の代表例

表1　既存技術製品との比較

指標		engelook	熱可塑エラストマ	発泡ウレタン	バネ	合成ゴム	発泡スチロール	エアキャップ
弊害	衝撃	○	×		○		○	
	振動		△	×			×	
	応力集中			△	×	△		
共振騒音			○		発生	○		
耐久性		○	×		○	△		△
耐水性					△	○		
耐候性					○			
安全衛生性					△			
温度℃範囲		－40～200	－10～80		－15～150	－20～100	－40～80	－10～80
総合評価		○	×	×	△	△	△	×

7　最後に

生活スタイルの多様化と何事においても地球環境配慮が必須の昨今，安全安心だけでなく，利便性と機能追求目的の各種システム製品の小型軽量，省エネ，多機能，意匠性向上の両立が不可欠のため，検討段階では予想し難い弊害現象の発生の可能性も高く，その中でも以下の対策に日々苦慮の開発設計者，デザイナーの方々は非常に多い。

・小型軽量精密の高性能部品を高密度実装のため，衝撃や振動が要因による信頼性低下。

・局部的な応力集中から精密製品の物理的損傷による信頼性低下。

「engelook」は，それら解決のお手伝いとお客様システム製品の更なる品質と付加価値向上に貢献目的型の機能性マテリアル技術＆製品シリーズである。

特に著しい技術革新と需要増が見込まれる医療機器，カメラ＆レーザ光に代表の光学機器，あらゆる機能補間ロボット等に適用の各種アクチュエータ等の精密駆動部，高付加価値の精密製品の輸送品質向上と高付加価値サービスの両立への適用にも現在，邁進中である。