

●高反発インテグラルスキンフォーム

ウレタン研究所 機能性フォーム第1グループ

田口 享史
伊東 浩幸
榎田 健
小柳 哲平

1. はじめに

インテグラルスキンフォーム (ISF) とは、硬い表層部 (スキン層) と柔軟な芯部 (コア層) を有するポリウレタンモールド成形品の一種である。

ISF は、ポリウレタンを形成するための原料であるイソシアネート成分とポリオール成分とを発泡機を用いて混合・吐出するワンショット発泡プロセスにてモールド (金型) を用いて成形される。吐出された混合液中では反応による高分子量化と発泡とが同時に進行するが、発泡の際に比較的溫度が低い金型付近では、発泡が抑制されるために密度が高くなり、厚く耐久性の高いスキン層が形成される。一方、内部は密度が低くクッション性のあるコア層となる (図1)。

ISF はモールド形状の再現性やインモールドコート (あらかじめ金型に塗料を塗布する着色法) によるカラーリングの自由度の高さを兼ね備えている上、優れた弾性と触感を持つため、ステアリングホイール、クラッシュパッド、ヘッドレスト、アームレスト等の自動車用内装部品、家具部品、靴底など様々な部材に使用されている。

近年、スポーツシューズにおいて、靴底樹脂に反発性の高い素材を使うことがトレンドとなっている。本稿では、従来にない高い反発弾性率と、靴底に求め

られる機械強度を両立した高反発 ISF システムを中心に、当社が開発した ISF システムを紹介する。

2. 靴底用素材と高反発 ISF

スポーツシューズは大きく分けると、足を包み込むアッパーとソール (底材) からなり、ソールは路面に接触するアウトソールと緩衝部材であるミッドソールに大別できる (図2)。

ミッドソールがスポーツシューズに採用されたのは1970年代であり、その主な目的は走行時に足にかかる衝撃の吸収であった。

近年、走行時に生じるエネルギーを走力に変換する発想から大手スポーツ用品メーカーがランニング向けシューズのミッドソールに高い反発性を有する熱可塑性ポリウレタン (TPU) 発泡体を採用した。これにより、高反発化の波が他メーカーにも広がっている。

一方で、当初の TPU 発泡体は、部分的な機械強度のバラツキが大きく、低強度部が裂けやすいという課題があった。

これらの背景から、当社では高い反発弾性率と機械強度を両立する高反発 ISF システムとして、『CEI-314 (イソシアネート成分) / NEI-090 (ポリオール成分)』を開発した。

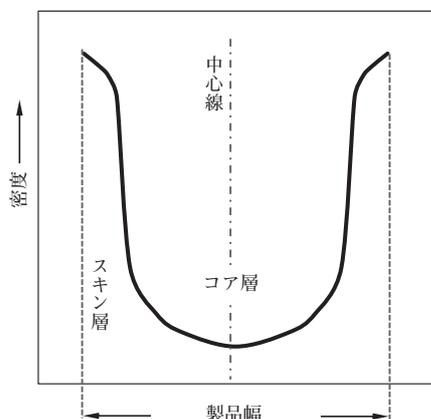


図1 ISFの密度分布イメージ



図2 スポーツシューズの構造例

3. 高反発 ISF の特長

[1] 高反発 ISF システム『CEI-314/NEI-090』

当社が開発した高反発 ISF は高い反発弾性率と機械強度を両立していることが特長である。

表 1 に、当社が以前開発した汎用 ISF と高反発 ISF の各種性能を例示する。

2 液混合型のポリウレタンシステムは、イソシアネートとポリオール配合比率を変更することにより、硬度などの物性を変化させることが可能である。同一硬度で比較すると、高反発 ISF は汎用 ISF よりも大幅に高い反発弾性を有する（図 3）。また、高い引裂強度を有しており機械強度にも優れた材料である（図 4）。

[2] 粘弾性特性とヒステリシス曲線

図 5～7 に高反発 ISF と汎用 ISF の動的粘弾性挙動を示す。

高反発 ISF では、主骨格の検討に加えハードセグメントの量や架橋密度を最適化することにより常温付近での $\tan \delta$ 値（損失弾性率/貯蔵弾性率）が低く抑え

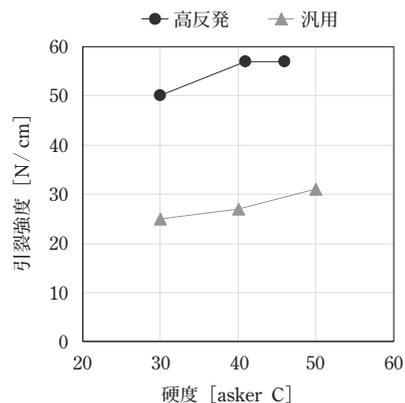


図 4 硬度と引裂強度の関係

られている（図 7）。

それにより、外部から与えられた運動エネルギーの熱エネルギーへの変換が抑制され、高い反発弾性率を実現することが可能となった。

また、圧縮時のヒステリシス曲線を比較すると（図 8）、高反発 ISF は、圧縮時のエネルギー損失（ヒステリシスロス）が小さく、耐久性にも優れた材料である。

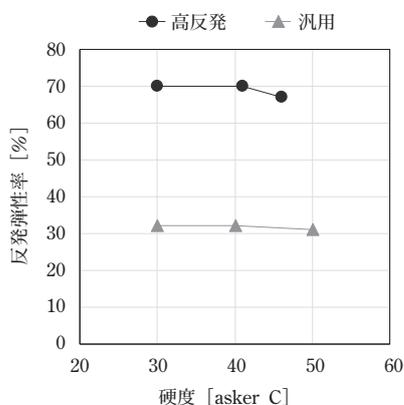


図 3 硬度と反発弾性率の関係

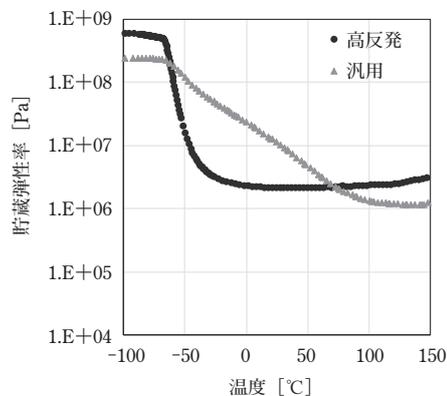


図 5 貯蔵弾性率の温度依存性

表 1 高反発 ISF システムと汎用 ISF システムの物性値比較

イソシアネート成分 ポリオール成分	高反発システム CEI-314 NEI-090			汎用システム CEI-299 NEI-076		
	60	70	75	80	90	100
NCO INDEX	60	70	75	80	90	100
イソシアネート配合量*	34.9	40.7	44.2	33.8	38.0	42.3
全密度 [kg/m ³]	300	300	300	300	300	300
硬度 [AskerC]	30	41	46	30	40	50
反発弾性 [%]	70	70	67	32	32	31
引張強度 [MPa]	1.4	1.4	1.5	0.5	0.6	0.7
伸び率 [%]	37.3	270	255	130	124	104
引裂強度 [N/cm]	50	57	57	25	27	31

*ポリオール成分=100に対する配合量（重量ベース）

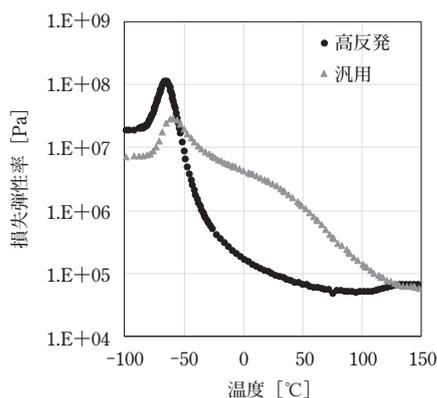


図6 損失弾性率の温度依存性

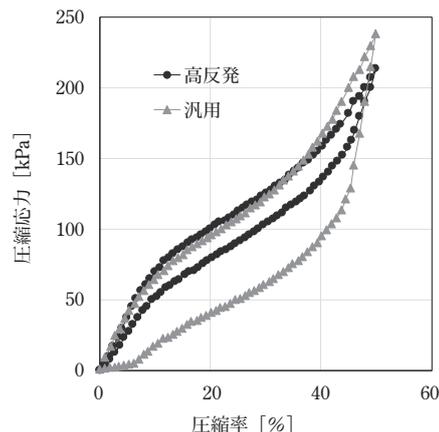


図8 圧縮時のヒステリシス曲線

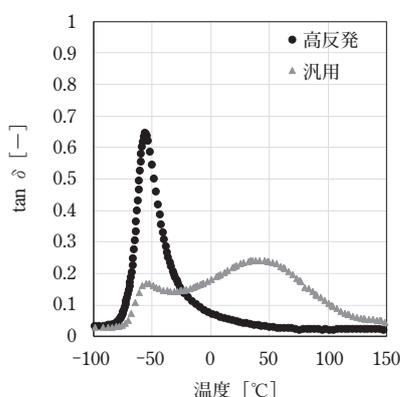


図7 tan δ の温度依存性

4. 高反発 ISF および特殊 ISF のラインナップ

当社の高反発 ISF システムは、標準的な『CEI-314/NEI-090』の他にも様々なラインナップを取り揃えている。

反発性能を重視した超高反発タイプや、靴底用として更に引裂強度を向上させた機械強度重視タイプに加

え、一般的な芳香族系イソシアネートに代え脂肪族系イソシアネートを使用することでフォームの変色を抑えた無黄変タイプなどがある(表2)。

これらのシステムをベースに組成や配合を変更することで、物性や硬度の微調整が可能となっており、幅広い要望に対応することができると考えている。

5. おわりに

本稿で紹介した『CEI-314/NEI-090』をはじめとする高反発 ISF システムは、反発性能と機械強度を高レベルで両立し、ランニング向けシューズを始めとする幅広いニーズに対応することができるものと期待している。

現在では、本格的アスリートに限らず、一般市民ランナーにも高反発系シューズの人気の高まっている。高反発 ISF が性能向上に寄与することで、全ての人の健康維持に貢献することができると考えている。

今後も、顧客の成形条件や要求特性に合わせ、積極的なグレード開発を継続していく。

表2 高反発システムグレード

イソシアネート成分 ポリオール成分	超高反発タイプ			機械強度重視タイプ			無黄変タイプ		
	CEI-290 NEI-067	CEI-321 NEI-100	CEI-322 NEI-103	CEI-290 NEI-067	CEI-321 NEI-100	CEI-322 NEI-103	CEI-290 NEI-067	CEI-321 NEI-100	CEI-322 NEI-103
NCO INDEX	90	100	110	60	65	70	60	70	80
イソシアネート配合量*	44.6	49.5	54.5	42.0	45.5	49.0	74.3	86.7	99.1
全密度 [kg/m ³]	400	400	400	325	325	325	325	325	325
硬度 [AskerC]	33	36	40	47	51	54	46	59	65
反発弾性 [%]	76	81	81	56	57	58	43	48	47
引張強度 [MPa]	0.9	0.7	0.7	1.6	1.9	2	0.6	0.8	1.0
伸び率 [%]	373	225	184	508	506	431	186	143	136
引裂強度 [N/cm]	44	44	45	101	114	119	33	39	43

*ポリオール成分=100に対する配合量(重量ベース)

6. 参考文献

- 1) 今井嘉夫、ポリウレタンフォーム、高分子刊行会、
93-103 (1987)
- 2) 藪下仁宏、繊維機械学会誌、49 (12)、581-586
(1996)