2019 年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「接着剤とプライマーとの複合化技術の開発により、高減衰免震装置の減衰機能向上及び大型化に不可欠な「高減衰ゴム-金属」間の高強度の接着を可能にする接着シート及び接着剤の開発」

研究開発成果等報告書

令和２年５月

担当局	九州経済産業局
補助事業者	公益財団法人　福岡県産業・科学技術振興財団
間接補助事業者	中島ゴム工業株式会社
	株式会社ラボ
	福岡県工業技術センター化学繊維研究所
	学校法人　福岡大学

目　次

第１章 研究開発の概要

１－１　研究開発の背景・研究目的及び目標　３

１－２　研究体制　８

１－３　成果概要　９

１－４　当該研究開発の連絡窓口　９

第２章　本論

２－１　高減衰ゴム用接着剤の開発（サブテーマ【１】）　１０

２－２　高減衰ゴム用接着シートの開発　１２

・基布の表面処理技術の確立（サブテーマ【2-1】）

・プライマーの分散性・強度向上（サブテーマ【2-2】）

・シート化技術の確立（サブテーマ【2-3】）

２－３　接着シートの性能評価と加熱成形条件の確立（サブテーマ【３】）　１７

第３章　全体総括　１９

第１章　研究開発の概要

１－１　研究開発の背景・研究目的及び目標

〇研究開発の概要

現在日本では、度重なる大型地震を経験し、大型建築物の免震化のための高減衰免震装置（図１）の開発が喫緊の課題となっている。ゴム素材メーカー各社はゴムに減衰性を付与した高減衰ゴムを開発しているが、その性能を免震装置へ十分に反映できていない。その原因の１つは、「高減衰ゴム－金属」間の接着力が強くないことにある。高減衰ゴムは、減衰性を向上させるために添加する薬剤が接着を阻害するものが多く、通常のゴムに比べ金属との接着が困難な素材である。この高減衰ゴムに対応する専用接着剤はなく、既存のもので代用されており、高減衰免震装置の製造には多くの課題を抱えている。具体的には、接着工程において、接着界面の金属腐食（錆）や低温・長時間成形などの問題がある。結果、十分な接着強度が得られない、不良率や製造コストの上昇、市場が要望する大型化への対応が制限される等の課題を抱えている。本事業では、高温・短時間成形を可能にする「高減衰ゴム－金属」間専用接着剤及びプライマー（下塗り剤）とこれらを一体化した工法の開発を行った。これにより、川下企業である免震装置メーカーが、ゴムの減衰性能を十分に発揮した免震装置を低価格で市場に供給できるようにするとともに、大型の免震装置も製造可能となる事を目指した。

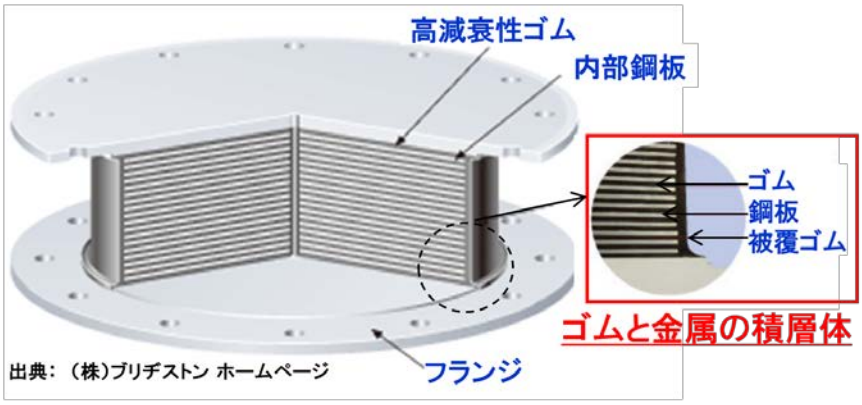
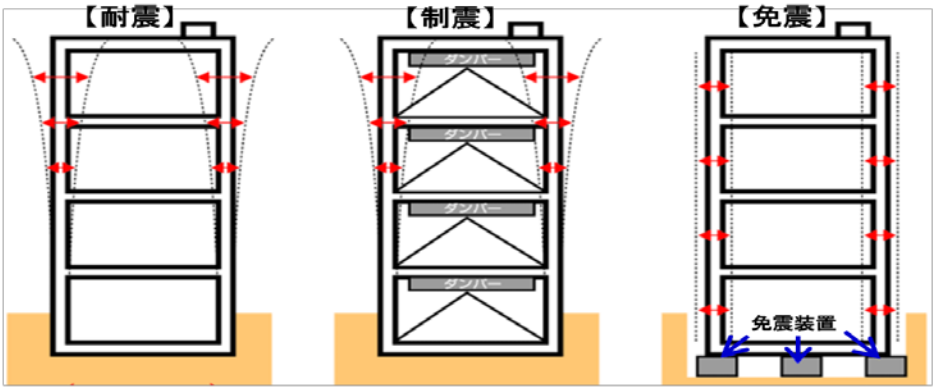


図１　免震装置及びゴムと金属の積層体

○ 研究開発の背景

免震建築物は、１９８３年に第１号が建設されて以降、１９９５年の阪神・淡路大震災を契機に急増し、２０１４年には、戸建て住宅から中低層建築物を中心に約４，０００棟を数えている（出典：（一社）日本免震構造協会編「設計者のための免震・制震構造ハンドブック」）。東日本大震災において、免震装置はその性能を十分に発揮し、これを導入した石巻赤十字病院はすぐに治療を再開できるほどに室内被害も少なく、免震構造の有効性を広く世界に知らしめた（図２）。以降、各地の拠点病院では免震建築が標準となりつつあり、官公庁においても建替え時には免震装置が多く採用されている（出典：（一社）日本免震構造協会資料「免震建物の最近の動向」）。



	耐震建築物	制震建築物	免震建築物
建築物の揺れ方	上層階ほど大きくなる	揺れは抑えられるが、地表面の揺れより小さくならない	地表面の揺れが直接伝わらないため、地表面より小さい
駆体損傷	高い	低い	きわめて低い
室内被害	高い	高い	低い
適用建築	低中層建築	低層～超高層建築	低層～中層建築物が主
構造例	壁・柱等の補強等	「高減衰ゴム－金属」構造を含む制震装置等	「高減衰ゴム－金属」積層体等
コスト	安価	比較的高価	高価

図２　耐震構造、制震構造及び免震構造と震度６レベルでの状況

しかしながら、「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策について」（国土交通省報道発表資料、平成２８年６月２４日）において、高さ６０ｍを超える超高層建築物や免震建築物は長周期地震動や、長時間の繰り返し累積変形の影響を考慮した安全性の検証を行う等の対策が必要となった。免震装置はゴムと金属の積層体からなり（図１）、金属の剛性で建物を支え、ゴムのバネ機能で地震の激しい揺れを減衰させる。免震装置メーカー各社は、長周期地震動にも耐えうる超高層建築や大型建築向けの

高減衰免震装置を開発するため、今以上に減衰性能を強化した高減衰ゴムを開発しているが、高減衰ゴムと金属間の接着は架橋点が少なく、接着剤から腐食性ガス発生して接着阻害が起こる等の技術的課題を抱えている。そのため、川下企業はゴムの減衰性能を損なわず強固に接着できる接着剤を切望しており（開発ニーズ）、接着技術の高度化により「高減衰ゴムー金属」間を強固かつ安価に接着可能な接着シート及び接着剤（加硫接着剤）が必要とされている。

○ 研究開発の目的及び目標

はじめに、本研究開発における中小ものづくり高度化法及び中小ものづくり高度化指針の目標は以下のとおり設定した。

（五）接合･実装に係る技術に関する事項

１ 接合･実装に係る技術において達成すべき高度化目標

（４）川下分野特有の事項　４）その他の川下分野に関する事項　b．住宅・建築物・構造物分野等に関する事項　①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア．環境負荷低減、耐環境性　イ．高機能化、多機能化、長寿命化　ウ．免震性、耐震性、制震性

前項の背景で示した課題を解決し、高度化目標に設定した免震装置の減衰性能を強化するには、高減衰ゴムと金属との強固な接着が不可欠である。すなわち、水平方向の応力である「引張せん断接着力」と、垂直方向の応力である「引張接着強度」の双方ともに保持させる必要がある。さらに、免震装置（積層体）を試作して、減衰性能の評価を行う必要がある。そこで、開発に必要となる以下の技術課題に対する解決を目的に課題毎にサブテーマを設定して目標値を定めた。

サブテーマ【１】：高減衰ゴム用接着剤の開発

課題 1-①：腐食性ガスの発生と成形温度

課題 1-②：接着強度

一般的にゴムと金属との接着は、金属面との接着性を向上させるためのプライマー（下塗り剤）、及び、ゴムやプライマーと架橋（化学的な結合）するための接着剤を用いて行う。一方、高減衰ゴムは減衰性能を高めるため、原料となるゴムに数種類の充填剤等を添加している。そのため、充填剤からの腐食性ガスの発生や架橋点が減少する事が原因で接着強度の

低下につながっているとされている。

ゴムと金属間を強固に、かつ、短時間で接着させるためには、１００℃以上の高温で十分な架橋（化学的な結合）を形成させる必要がある。しかしながら、現行接着剤では腐食性ガスが発生し、これが金属表面で化学反応し、腐食（錆）を起こすため接着が阻害される。また、市販の接着剤は、原料のゴムと架橋剤、添加剤等を溶剤と混ぜた溶液として販売されている。接着工程においては、これを金属表面に塗工・乾燥して用いられるが、充填剤の分散が不十分で、膜厚も均一でないことから、「接着ムラ」や「剥離」が生じ、歩留まり低下の要因となっている。

本事業では、これらの技術課題を根本的に解決するため、中島ゴム工業㈱が出願中の特許技術を基に高温成形でも腐食性ガスが発生せず、耐熱性に優れ、架橋形成に必要な極性基を含む新規開発ポリマーを原料とする接着剤および付随するプライマーの開発を行った。さらに、接着剤及びプライマーに用いる充填剤の均一分散を目的にゴムメーカーならではの混練技術による均一分散技術を確立し、「接着ムラ」や「剥離」を解消するばかりでなく、接着剤の強度を向上させるこれまでにない発想と技術で開発を行った。

目標：引張せん断接着力（接着面の水平方向の強度）及び引張接着強度（接着面の垂直方向の強度）２５MPa 以上、または材料破壊すること

サブテーマ【２】：高減衰ゴム用接着シートの開発

現行の接着工程は、金属側にプライマー及び接着剤の塗工・乾燥工程を繰り返し、最後にゴムと重ね合わせて金型による加熱成形を行う。この塗工・乾燥工程は工数が免震装置の積層枚数が増える程に多くなるばかりでなく、接着剤に含まれるVOC（volatile organic compounds：揮発性有機化合物）が大量に発生する問題を抱えている。したがって、接着剤を予めシート化できれば、製造現場での塗工と乾燥工程を大幅に削減でき、積層体を低コストかつ環境負荷を大幅に少なく製造することが可能となる。

課題 2-①：基布の表面処理技術の確立

シート化に必要な基布には、耐溶剤性、耐熱性、機械的強度に優れ、膜厚の制御が容易なＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）製の不織布を用いる。中島ゴム工業（株）では、繊維とゴムとを強固に結合させることができるＲＦＬ（レゾルシン・ホルマリン・ラテックス）処理を施したＰＥＴを基布として用いることで、ゴムと金属間の接着強度が向上するこ

とを明らかにした。本提案ではＲＦＬ処理に加え、ＰＥＴのコロナ処理により、基布表面へ極性基（水酸基等）を導入し、濡れ性（基布と薬剤との化学的な親和性）を向上させることで、接着剤及びプライマーとの結合をさらに強固にするという新たな発想で、接着強度の増強を実現し、積層体の減衰性能向上に寄与する事を目指した。

目標： 表面処理基布の引張せん断接着力　未処理基布より８MPa 以上向上

課題２-②：プライマーの分散性・強度向上

高減衰ゴムと金属間の接着において、本提案では、金属面との接着性を向上させるためのプライマーを接着剤と架橋させることで、強固な接着を実現させる。そのため、プライマーの開発においては、接着剤との架橋に最適な配合とする必要があり、その配合技術を確立する。また、接着強度向上の観点から、1-②と同様、混合技術を確立し、プライマー自身に強度を持たせ、引張せん断接着力、引張接着強度の向上を行った。

目標：引張せん断接着力及び引張接着強度 25MPa 以上、または材料破壊すること。

課題２-③：シート化技術の確立

本事業では、新たな「接着シート」を開発し、その製造方法を確立した。これにより、プライマー及び接着剤の塗工・乾燥工程を削減し、接着工程の低コスト化方法を図る事を可能とした。

目標：接着シートの膜厚誤差が目標膜厚みに対し±１５％（量産想定 3,000 m 塗工時）

サブテーマ【３】 接着シートの性能評価と加熱成形条件の確立

新たに接着剤を開発した場合にエンドユーザーに対して性能を保証するためには、評価用に配合が開示された高減衰ゴムと金属との積層体を製作し、その減衰性能を評価する必要がある。そこで、開発した接着シートについても、積層体の製造における加熱成形条件を検討した。また試作した積層体の減衰性能評価を行った。

目標：　・高減衰ゴム標準５種との加熱成形条件検討

・接着シートで試作した積層体の減衰性能評価（目標値は非公開）

１－２　研究体制

図３に研究体制を示す。

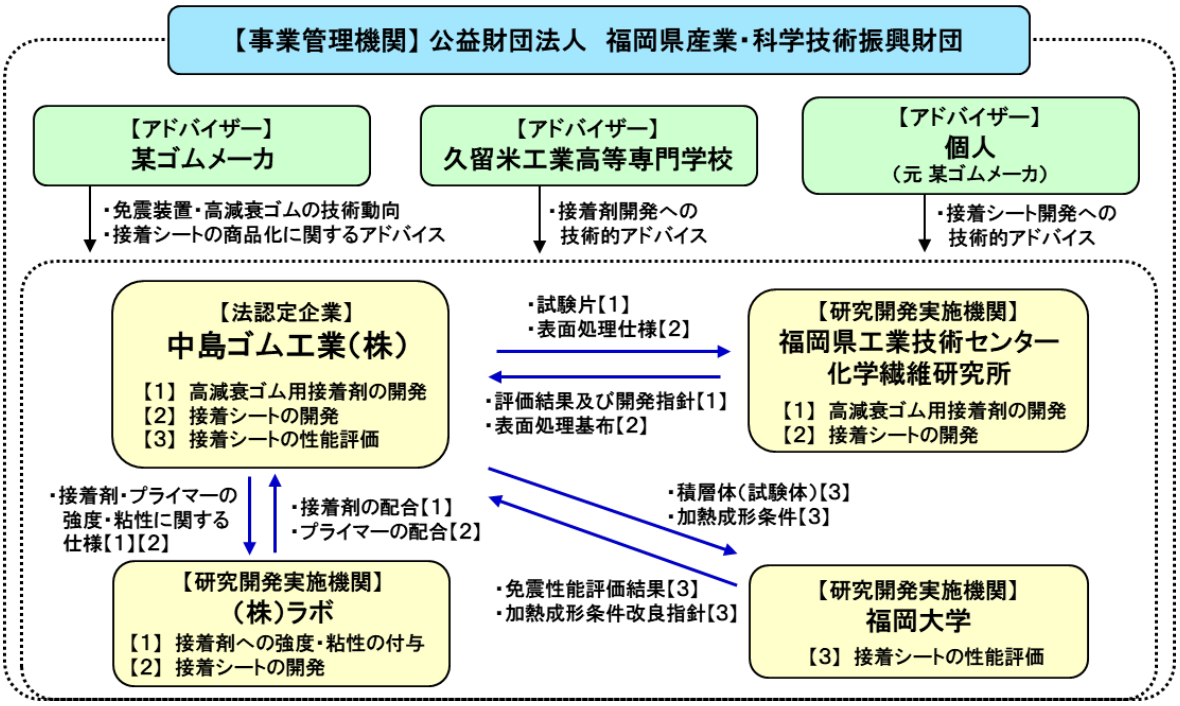


図３　研究実施体制

１－３　成果概要

開発の結果、事業目標に対する達成度は表１のとおりであった。

表１　サブテーマ毎の開発目標と達成度

サブテーマ		目標値	達成度	開発結果
【1】 高減衰ゴム用接着剤の開発		接着剤配合、混練技術を確立し、最終目標値を達成 目標値：25MPa または材料破壊	100%	開発したプロトタイプ接着剤と高減衰ゴムと金属との接着性能を確認しながら配合を最適化 **最終目標の材料破壊を達成**
【2】	【2－1】 基布の表面処理技術の確立	プラズマ・コロナ処理、およびＲＦＬ処理で最終目標値を達成 目標値：接着力 8MPa 以上向上	100%	コロナ処理、ＲＦＬ処理基布の最適処理条件を決定 **接着力８MPa 以上向上を達成**
	【2－2】 プライマーの分散性・強度向上	プライマー配合、混練技術を確立し、最終目標値を達成 目標値：25MPa または材料破壊	100%	開発したプロトタイププライマー接着剤と高減衰ゴムと金属との接着性能を確認しながら配合を最適化 **最終目標の材料破壊を達成**
	【2－3】 シート化技術の確立	3,000m 塗工時において、接着シート製造条件確立 目標値：膜厚誤差±15%	100%	サブテーマ【1】、【2-2】で試作したプロトタイプの接着剤及びプライマーのシート化条件を確立 **膜厚誤差±3.5%以内（3,000m）を達成**
【3】 接着シートの性能評価と加熱成形条件の確立		開発した接着シートを用いて高減衰ゴムと金属との接着による積層体（免震装置）の加熱成形条件を確立 目標値：高減衰ゴム標準５種との加熱成形条件検討	100%	開発した接着シートを用いて、標準高減衰ゴム５種で、加熱成形条件（5 条件）を検討。試作した積層体で減衰性能の**目標値を達成**

１－４　当該研究開発の連絡窓口

中島ゴム工業株式会社

代表取締役　中島幹雄

E-mail：ngomu@mocha.ocn.ne.jp

TEL：0942-37-1500

FAX：0942-31-3939

第２章　本論

本研究開発で実施した接着困難とされている高減衰ゴムと金属を接着可能とする接着剤および接着シート化を実現するために設定したサブテーマを示す（図４）。サブテーマ【１】では、接着強度向上に不可欠な高温での加熱成形を可能にする「高減衰ゴム用接着剤」の開発を、サブテーマ【２】では、積層体製造工程削減と接着強度の向上に不可欠な、接着剤とプライマーを一体化させた「接着シート」の開発を、また、サブテーマ【３】では、積層体の減衰性能を向上させる「加熱成形条件」の確立を目標とする開発を行った。

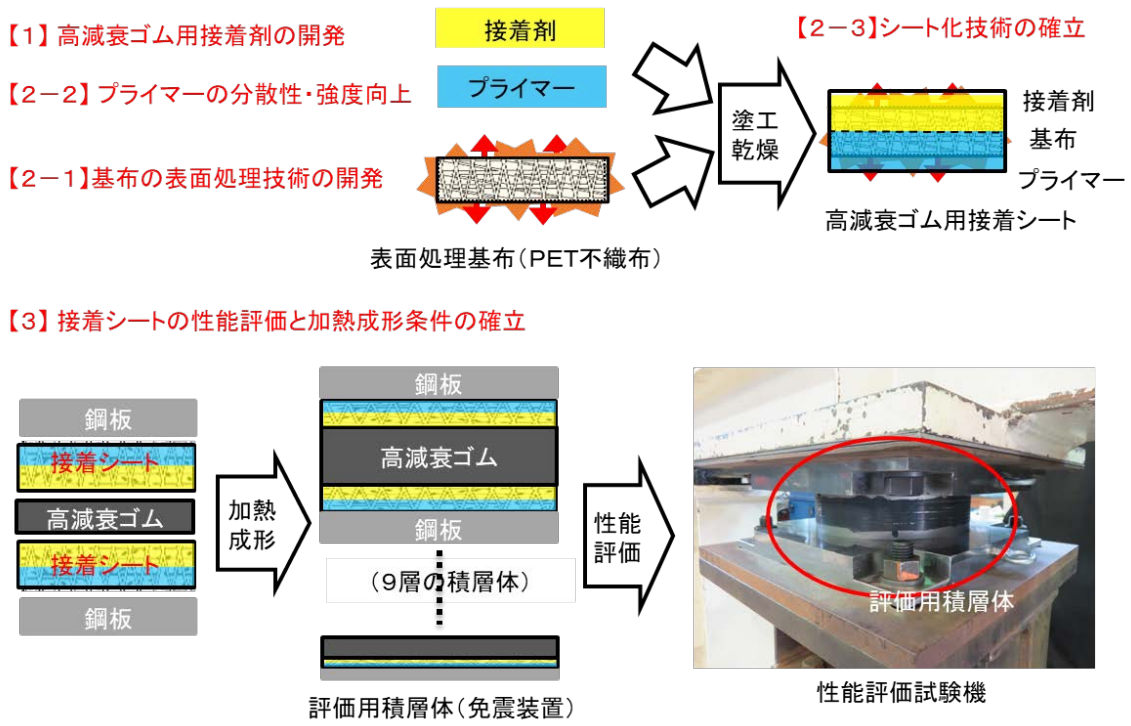


図４　研究テーマ概要

２－１　高減衰ゴム用接着剤の開発（サブテーマ【１】）

現行の市販接着剤は、接着成分（主原料）・架橋剤・添加剤等の分散が不十分である事が、接着強度が得られない原因の一つとなっている。そこで、開発する接着剤は、分散性向上はもとより、接着剤自体の強度を高める目的で、高極性ポリオレフィン系樹脂及び架橋剤を添加し、混練することでカーボンゲルを発生させるという新たな発想で開発に取り組み、これを実現する事を試みた。具体的には、高極性ポリオレフィン系樹脂及び架橋剤等の配合条件

や、混練条件（温度、回転数、練り返し回数等）を検討し、これらの技術確立を目指した。なお、接着剤の評価については、試作した接着剤を別途開発するプライマーと共にシート化し、高減衰ゴムと金属間の接着に用い、引張せん断接着力、引張接着強度を測定した。

■平成 29 年度

新規開発したポリマーをベースとした接着剤配合の検討を行った。新たに導入した分散装置を用いて混合を行い、分散計を用いて分散度が 85%以上のコンパウンドを試作した。試作されたコンパウンドを接着剤用撹拌釜で溶解することで、相溶性が高減衰ゴムと近似のプロトタイプの接着剤を開発した。

評価は JIS K 6256 に従って金属とゴムを加硫接着した試験片を用いて引張試験機で剥離試験を行い、接着力および試験片剥離後のゴムと金属界面の状態から接着性を評価した。接着力の判断は、ゴムがせん断するまで接着面に剥がれが生じなければ接着力はゴムの引張強さ以上と判断し「材料破壊（完全接着）」と見なした。この結果、開発したプロトタイプの引張せん断接着力は材料破壊となり、目標を達成した。

■平成 30 年度

接着性能を向上させるために、平成２９年度に開発したプロトタイプの接着剤を基に、架橋剤や充填剤の増量を行うなど配合最適化を図るとともに、必要となる混練条件の検討を行った。最終的にはプロトタイプ接着剤（S001）が最適配合と結論づけた。

開発した接着剤（S001）を用いて、標準の高減衰ゴム５種（それぞれ硬度と伸びが異なる）と金属からなる試験片を作製し、その接着性能を評価した。また、老化試験（40℃、湿度 100%、500 時間処理）後の接着性能の評価を行った。結果、老化試験後も含め、全ての標準高減衰ゴムで材料破壊がみられ、最終目標値を達成する接着剤を開発した。なお、市販の接着剤を用いて同様の試験を実施したが、全ての場合において接着界面での剥離が観測された。さらに精密研削機を使用して接着断面試料を切り出し、接着界面の状態を電子顕微鏡やＥＤＸ、ＥＰＭＡを用いて観察した。結果、開発した接着剤 S001 は市販の接着剤と比較して接着剤-ゴム層界面近傍の硫黄元素が緩やかな傾斜で拡散しており、均一な加硫接着層が形成されている事を確認した（図５）。以上の結果から、開発した接着剤 S001 の接着性能を明らかにした。

■令和元年度

既存の市販接着剤およびプライマーを用いた接着試験片の他、従来接着剤塗工方法で調整した接着試験片についても精密研削機を使用した接着界面の断面観察評価を行い、界面の硫黄濃度の分布から本事業で開発した接着シートの優位性を確認した。また、各機関が連携してサブテーマ【２－３】【３】の結果に応じて必要となった接着剤の微調整に対応した。

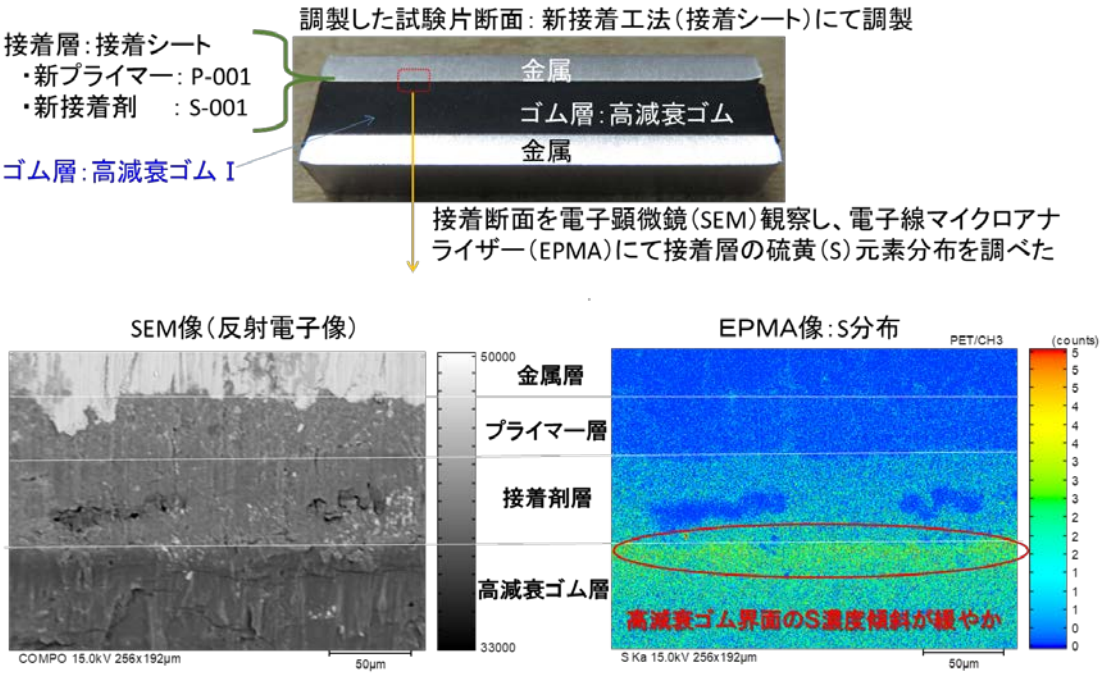


図５　接着断面の解析結果

２－２　高減衰ゴム用接着シートの開発（サブテーマ【２】）

免震装置の低コスト化を目的に接着工程の削減を目指し、接着剤及びプライマーを一体化したシートを開発するとともに、シート化用基布を接着強度の増強に活用する試みを行った。接着性を高めるために、まず基布繊維の濡れ性を向上させる表面処理技術を検討した（サブテーマ【２－１】）。加えて、プライマーは、接着剤と同様、混練により分散性・強度の向上を図り（サブテーマ【２－２】）、接着剤とプライマーを一体化する接着シート化の開発を行った（サブテーマ【２－３】）。

・基布の表面処理技術の確立（サブテーマ【2-1】）

■平成２９年度

プラズマ処理装置およびコロナ放電処理装置で基布への表面処理を行った（図６）。その

際に照射プラズマ・コロナ強度、照射時間といった条件の検討を行った。表面処理基布を、市販の接着剤及びプライマーを用いてシート化し、高減衰ゴムと金属とを接着した試験片について引張せん断接着力を測定したところ、コロナ処理で 3.8 MPa、プラズマ処理で 3.2 MPa を達成した（目標：未処理基布より 2 MPa 以上）。

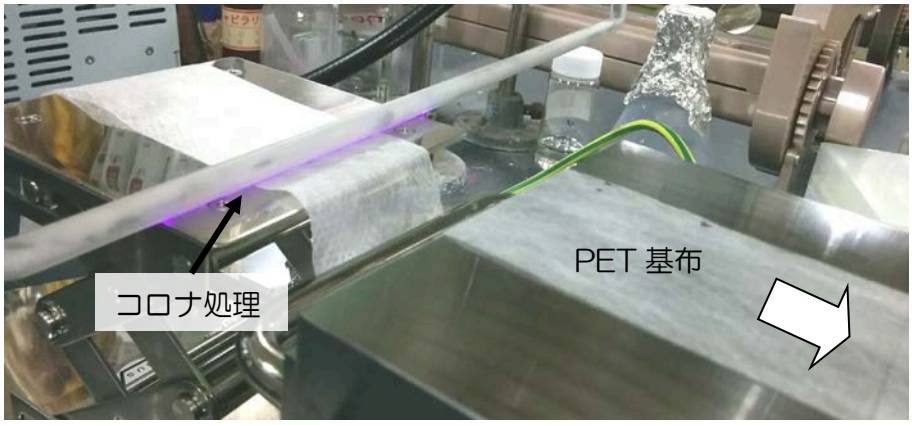


図６　コロナ処理による基布の表面処理

更に基布をＲＦＬ処理装置にて含浸処理を行い、その際のＲＦＬ処理条件（ＲＦＬ液濃度、処理時間）の検討を行い、同様に試験片を作製した。その結果、試験片の引張せん断接着力は 8.2 MPa となり目標（5 MPa 以上）を達成した。

■平成 30 年度

更なる接着性能の向上を目的に、接着強度及び操作性に優れるコロナ処理条件及びＲＦＬ処理条件を中心に、ＰＥＴ製基布の処理条件の最適化を行うとともに、量産化を考慮した連続処理プロセスの検討を行った。

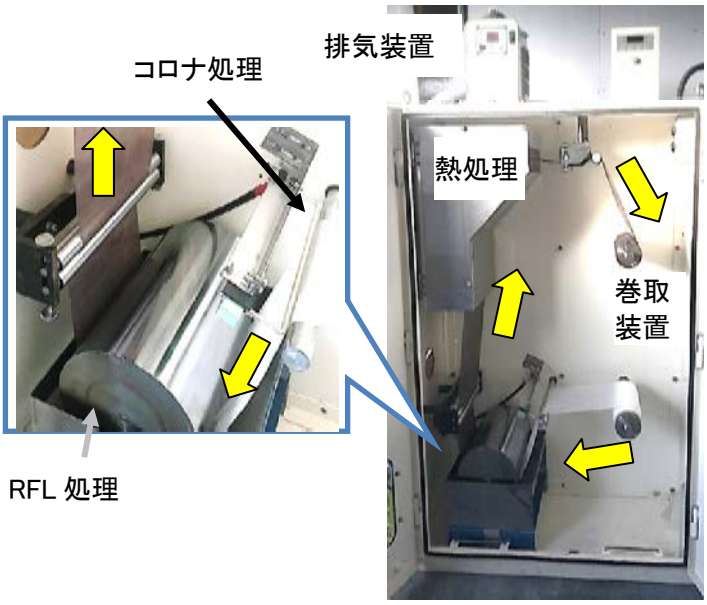
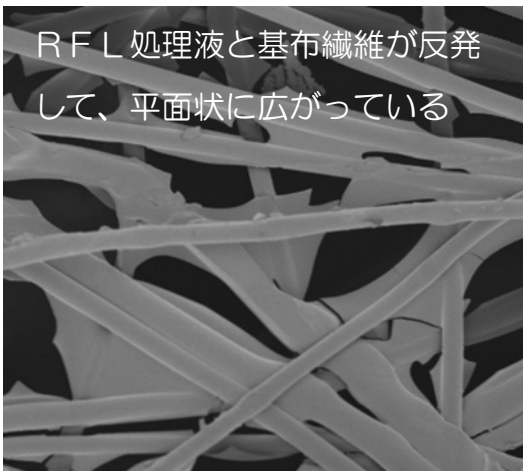
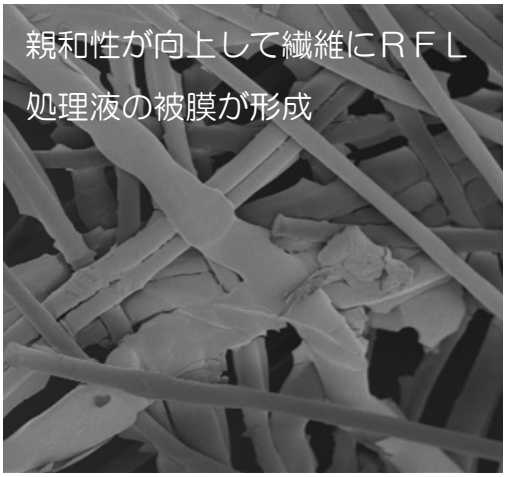


図７　表面処理試験装置

量産化を考慮して、コロナ処理と RFL 処理を連続処理・自動化できるように改良した試験装置（図７）を用いて、コロナ処理条件（電圧など）とＲＦＬ処理条件（濃度など）を検討した。試作した表面処理基布について、試験用ゴムを用いて金属との試験片を作製し接着性能を評価した結果から、コロナ処理電圧、RFL 処理の連続最適処理条件を見出した。この条件において、引張せん断接着力は、未処理基布に比べ最大 13.8 MPa 向上し、目標値の 8MPa 以上を達成した。また、電子顕微鏡による表面観察から RFL 処理液と基布繊維との親和性向上が接着力に寄与していることが判明した（図８）。



未処理基布



コロナーRFL 処理基布

図８　基布の電子顕微鏡観察結果

・プライマーの分散性・強度向上（サブテーマ【2-2】）

■平成２９年度

４種類のプライマー配合を検討した。プライマー配合はサブテーマ【１】で検討した新規開発ポリマーをベースポリマーに用い、それに各種受酸剤や硫黄などのゴム架橋剤の種類や配合量を検討した。これらの配合剤をサブテーマ【１】と同様に混合を行い、試作した４種類のプライマー配合から、目標値を実現するプロトタイプ１種を完成させた。

■平成 30 年度

接着性能を向上させるために、平成２９年度に開発したプロトタイプのプライマーを基に、架橋剤や充填剤の増量を行うなど配合の最適化を図るとともに、これにあわせた混練条件の検討を行った。最終的にはプロトタイププライマー（P001）を最適配合とした。

開発したプライマー（P001）を用いて、硬度と伸びが異なる標準の高減衰ゴム５種と金属を接着した試験片を調製し、その接着性能を評価した。また、老化試験（40℃、湿度 100%、500 時間処理）後の接着性能の評価を行った。結果、老化試験後も含め、全ての標準高減衰ゴムで材料破壊がみられ、最終目標値を達成するプライマーを開発した。なお、従来品の市販プライマーを用いて同様の比較試験を実施したが、全ての場合において接着界面での剥離が観測された。これらの結果から、接着剤同様、開発したプライマーの性能優位性を明らかとした。

・シート化技術の確立（サブテーマ【2-3】）

■平成２９年度

開発したプロトタイプの接着剤およびプライマーをシート化し、塗工条件・乾燥条件を検討した。塗工条件として、塗工ヘッドへ接着剤とプライマーを送り込む吐出圧６条件、塗工速度（＝塗工量）６条件、さらに接着剤とプライマーを塗工した後の乾燥温度と乾燥時間４条件を検討することにより、基布上にプライマーと接着剤を精度良く塗工可能な目標接着剤膜厚み 15μm となる最適条件を見出した。

■平成 30 年度

平成２９年度の結果を基に、長さ 100m（幅 25cm）塗工において、目標膜厚み（15μm）に対して±15%の膜厚み精度を実現する接着シートの量産技術を確立した。具体的には、塗工ヘッドへ接着剤とプライマーを送り込むエアー圧力である吐出圧について９条件、塗工量について６条件、さらに接着剤とプライマーを塗工した後の乾燥温度と乾燥時間について４条件で検討を行った。結果、上記目標公差を満足する５条件を見出し、最適条件を１種選定した。なお、このときの 100m の平均塗工膜厚みが、目標膜厚み 15μm に対して 15.53μm であり、公差が＋0.53μm（+3.5 %）で目標値を達成した。

■2019 年度

接着シートの事業化を想定した量産条件の検討を行った。目標とした長さ 3,000m（幅 25cm）における膜厚み誤差±15%の接着剤シートの試作製造を検討した。平成 30 年度の３０倍の塗工長となるため、塗工機（コーター）に送り込まれる接着剤中の溶剤が揮発することによる粘度変化が原因で、膜厚みに影響が生じた事から、課題点の抽出を行い、必要となった装置仕様や溶剤種類の調整をサブテーマ【１】【２】にフィードバックして対応を行った。その結果、最終目標である長さ 3,000m（幅 25cm）における膜厚み誤差±15%の接着剤シートの調製条件を確立した（図９）。

図９　試作調製した接着シート

２－３　接着シートの性能評価と加熱成形条件の確立（サブテーマ【３】）

高減衰ゴム用接着剤及び接着シートを免震装置メーカー各社に事業展開していくための客観性を担保するうえでも、また、国交省認定を取得するうえでも、免震装置（積層体）の性能評価が不可欠である。そこで、福岡大学が所有するＪＩＳ規格（JIS K 6410-1 及び６410-2）に準拠した免震装置（積層体）を用いて性能評価を行った。高減衰ゴムと金属とを接着シートで９層積層させた試験体（50 cm×50 cm×厚さ 42 cm）の調製を中島ゴム工業（株）が実施し、減衰性能試験を福岡大学が行って評価を分担した。

■平成２９年度

顧客候補となる免震装置、制振装置、防振ゴムメーカー各社との接触を図り、事業化を見据えた接着剤、プライマー開発のための最新動向の調査・情報収集を行った。また、現行のプライマー及び接着剤、及び事業で試作した接着シートを用いて調製した免震装置積層体を試作し、この積層体について福岡大学が評価試験機で減衰性能データを取得した（図１０）。得られた結果は個々の開発テーマにフィードバックさせた。

■平成 30 年度

試作した接着シートによる高減衰ゴムと金属との積層体製造の加熱成形条件に関する知見を得るとともに、事業化に向けて必須となる積層体の減衰性能データを取得する目的で検討を行った。

積層体の加熱成形条件として、温度 100℃から 200℃、加硫時間 1 時間から 20 時間の範囲から５条件を検討した結果、３条件において良好な積層体を作製することができた。これらの積層体について、免震装置の減衰性能評価を行った結果、全てにおいて目標値以上となり、その中で最大値を示した加熱成形条件を最終選定した。

■2019 年度

平成３０年度に決定した加熱成形条件を基に、引き続き、加熱成形条件と接着シートを用いて調製した免震装置（「高減衰ゴム-金属」積層体）の減衰性能との関係を調べた。

減衰性能評価の結果、全ての目標値を達成し、高減衰免震装置として必要とされる能力を有する事を確認した。

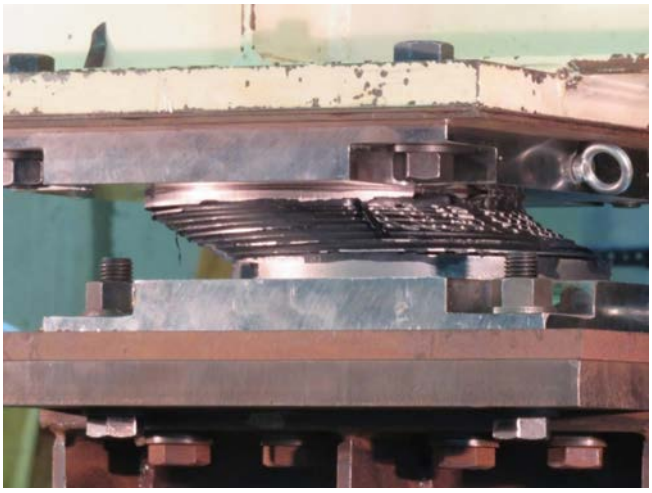


図１０　免震装置（「高減衰ゴム-金属」積層体）と減衰性能評価の様子

第３章　全体総括

３－１　研究開発成果の総括

難接着性の高減衰ゴムに対応した新規な接着剤とプライマーの開発、およびそれらを基布上に塗工して一体化した接着シートの開発という困難なテーマであったが、３年間にわたり４つの研究機関（中島ゴム工業（株）、（株）ラボ、福岡県工業技術センター化学繊維研究所、福岡大学工学部 高山研究室）が連携し、また有益な知見を提供いただいたアドバイザーのおかげで当初の計画以上の成果を達成することが出来た。

最新の免震装置用として用いられる高減衰ゴムと金属との接着力を飛躍的に向上させる接着剤だけでなく、接着シートという形にすることでコスト削減や不良率の低減を達成する技術開発を完了できた。また、接着工程で VOC が発生しないため作業者や環境に優しい製品としての優位点も付与できた。これらの他に類を見ない製品メリットを川下ユーザーである潜在顧客へ訴求し、製品事業化を強力に進めていく方針である。

３－２　事業化方針と研究開発後の課題

今後の事業化においては、開発した「接着剤・プライマー」、およびこれらの薬剤を取扱いし易くシート化した「接着シート」を有望な潜在顧客に対して順次供給を開始する。続いて各々のユーザー側から得られる性能評価結果を、ユーザー毎に異なる詳細仕様への改良にフィードバックし、さらに顧客にとって使い勝手が良く魅力的な製品展開へ導く方針である。

次に、事業化で想定される技術課題は、高減衰ゴムのさらなる高性能化とそれに伴う難接着化への対応である。超長周期地震動への対応や、高い耐震性能が要求される超高層建築物に対応した免震装置の開発は今後も日進月歩で改良が進むと考えられ、必要となるゴムー金属間の接着力もさらに高い性能が必要になると予想される。これらの厳しい市場要求に追随出来る接着剤への改良は今後も常に必要となるであろう。したがって、これらの市場要求を予測して柔軟に対応していくため今後も免震装置メーカーとの連携を密にして研究開発を行っていく必要があると考えられる。

３－３　事業化展開

【事業化の体制と販売先】

事業化体制図を図１１に示す。第１顧客である免震装置メーカーには既にサンプル提供を行っており、採用に向けて有益な情報交換を進めており、早期の製品採用を目指す。その後、

第１顧客からの採用で生じる波及効果、既存の販売ルート及び加硫接着剤の専門商社を利用し、第２顧客への販売先開拓を行う。並行して第３顧客へは既存の取引ルートの応用、横展開を図る体制で開拓する。なお、第１顧客から第３顧客は、中島ゴム工業（株）の現行製品である加硫接着剤フィルム ACULAH®の販売ルートを用いる事ができるため、精度の高い顧客開拓が実現できると予想される

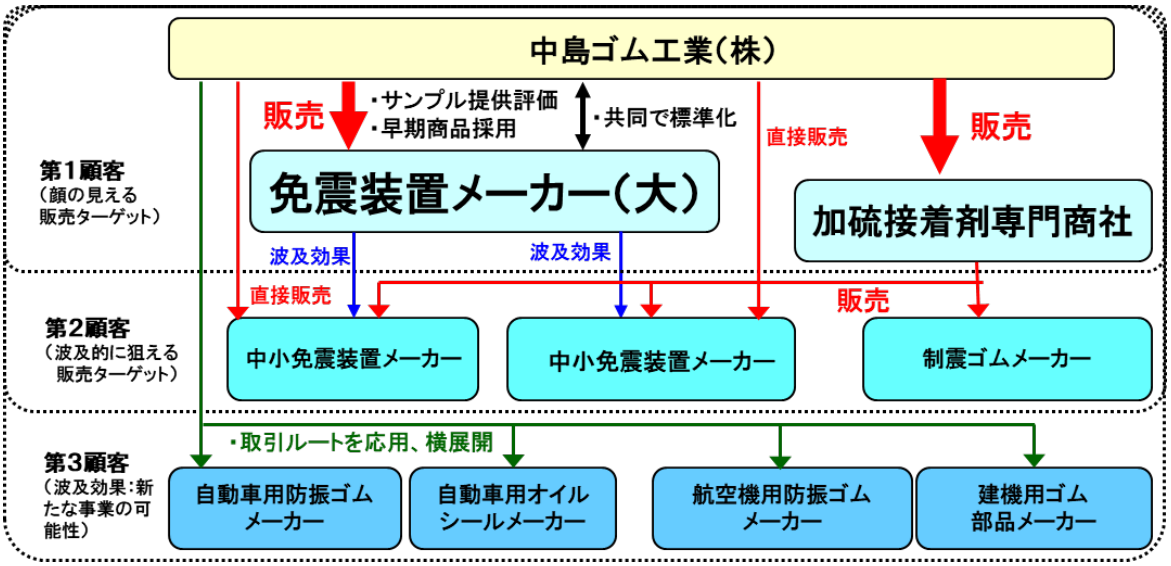


図１１　事業化体制図

「接着シート」及び「接着剤・プライマー」の製品群について、用途、販売先を表２に示す。

表２　製品群の用途および販売先

顧客分類	製品名/用途	販売主体	販売先
第1顧客 （明確な販売ターゲット）	高減衰ゴム用接着シート	中島ゴム工業㈱ or　専門商社	大手免震・制震装置メーカー
	高減衰ゴム用接着剤		
第２顧客 （波及後に狙える販売ターゲット）	自動車用防振ゴム		大手自動車用防振ゴムメーカー
第３顧客 （波及効果：想定できる新たな事業の可能性）	産業用・航空機用防振ゴム		建機用ゴム部品メーカー・航空機部品メーカー

【事業化へのスケジュールと売上について】

今回新たに開発を行った接着剤、プライマーおよび接着シートは、従来型の減衰性ゴムだけでなく、さらに各社が開発している高性能タイプの高減衰ゴムのほぼ全てで使用できると考えられ、顧客は広範囲に及ぶと想定している。価格は薬剤からシート化まで一貫して製造できる中島ゴム工業(株)の強みを活かして競合他社よりも安価に提供可能である。ユーザー側も接着シートを利用する事で接着剤の塗工が必要なくなる事から作業工程を大幅に軽減できるため、積層体の製造コストを削減でき、市販接着剤との競争力はさらに高まると考えられる。

事業化スケジュールは、2021 年度までに生産体制の構築とサンプル出荷によるユーザー評価に注力し、2022 年度より本格的な製品販売へ移行する予定である。想定するスケジュールが順調に進めば 2024 年度に売上高 2 億円の生産規模への拡大を目指して市場開拓を進めていく計画である（表３）。

表３　事業化スケジュールと想定される売上高

製品などの名称 開発事業者	高減衰ゴムシート 中島ゴム工業株式会社				
想定するサンプル出荷先	大手免震装置メーカー				
事業年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
サンプルの出荷・評価	→	→			
追加研究	→	→			
設備投資		→	→	→	
製品などの生産		→	→	→	→
製品等の販売		→	→	→	→
特許出願		→	→	→	→
出願公開		→	→	→	→
特許権設定		→	→	→	→
ライセンス付与		→	→	→	→
売上高（千円）	120	960	11,200	75,200	200,000

以上