

## 第4回「中部圏ものづくり企業の稼ぐ力」研究会

### 中部圏の企業の「稼ぐ力」研究

人口減少に伴う国内市場や労働力の縮小、AI・ビッグデータ解析やIoTの活用などをきっかけにした第4次産業革命と言われる大きな変革の動きなど、中部圏の製造業を取り巻く環境は一層不透明になりつつあります。こうした中でも、中部圏のものづくり企業が持続的に事業を維持し継続し拡大していくために求められることは何か、その先に目指すべき姿はどのようなものかを検討するため、参考となり示唆に富むであろう企業の事例を集め、『中部圏ものづくり企業の稼ぐ力』研究会（座長：新宅純二郎 東京大学大学院教授）にてこうした企業の方からプレゼンテーションいただき、学識経験者や有識者による議論・分析を経ながら、今後の中部圏ものづくり企業の目指すべき方向性について、研究を進めていきます。

第4回研究会（2018年9月10日開催）は、岐阜県の伝統産業である「いぶし瓦」の熱分解技術を生かして炭素繊維のリサイクル事業を開始した、カーボンファイバーリサイクル工業株式会社（岐阜県可児郡御嵩町）、環境規制を追い風に樹脂材料のリサイクル事業を進める、いその株式会社（愛知県名古屋市）の2社を訪問し、トップのご講演と工場見学を行ないましたので、以下の通り報告いたします。

公益財団法人中部圏社会経済研究所企画調査部部长 今村 諭司

### 「中部発！世界へ！！ 炭素繊維を環境配慮型循環素材とするために」

カーボンファイバーリサイクル工業株式会社

代表取締役 板津 秀人氏



1988年 中濃セテック株式会社（現東レACE株式会社）入社  
 2008年 カーボンファイバーリサイクル工業株式会社を設立し、代表取締役に就任  
 2011年 ベンチャー支援ネットワーク「NOBUNAG21/ニュービジネズプラン」最優秀賞  
 公益財団法人三菱UFJ技術育成財団「平成23年度研究開発助成金」「第16回資源循環型ものづくり研究会」技術賞  
 2013年 廃棄物資源循環学会 有功賞

カーボンファイバーリサイクル工業株式会社（以下、「CFRI」）は、炭素繊維のリサイクル事業を確立するため、思いをそのまま会社名にしたベンチャー企業です。私は、かつて東証一部上場企業の子会社で、ビルの外壁用のタイルの開発をおこなっていましたが、年功序列に嫌気がさして脱サラして会社を立ちあげました。7年ほど勤めましたが、数字を上げて、なかなか給与は上がらず、ついに耐えきれなくなって、脱サラしました。

#### 1. 会社設立の背景

父親がいぶし瓦を焼く窯のメーカーの社長で、弊社にも、東大寺の大仏殿に使われた屋根と同じものがあります。いぶし瓦は、100年に1回しかふき替えしません。100年もってしまうから、いぶし瓦は商売としては全く成り立ちません。山から掘ってきた土をこねて、押し出し成形して、針金で切ったものです。それを1,300度で焼いた後に、900度に冷却して、カプセルをかぶせて酸素を遮断します。そしてプロパンガスを吹きつけて、10ミクロンの炭素繊維のカーボン焼き付けます。これがいぶし瓦の焼き方です。いぶし瓦は、残念ながら産業としては衰退しましたが、酸素を遮断して熱を加える熱分解技術が当社のベースです。「いぶし銀」というシルバーの光沢とはっ水性が特徴で、雨が降っても水をはじき、日本の神社仏閣や皇居の屋根に使用され、あの風合いを出していきます。100年もつ建材は他になくて、年月とともに風合いを増す建材で、日本の文化を象徴する建材だと思います。

当社は、日本の文化であるいぶし瓦の熱分解焼成技術を、先端素材である炭素繊維リサイクル事

業に応用しました。全国の7割の焼き物を焼いているのが岐阜県で、岐阜県の地場産業の1つです。

#### <委員との質疑応答>

**新宅：**瓦にコーティングをするカーボンとは、どのような材料ですか。

**板津：**家庭用のプロパンガスです。

**新宅：**カーボンというのはどういうものですか。

**板津：**冬場に石油ストーブから「すす」が勢いよく出ている状態を、カプセルの中で強制的に作るようなイメージ。カプセルを引き上げて触ると、手が真っ黒になります。2018年5月までに当社は11億円の資金調達をおこないましたが、そのうちの1億円はエアバス・ベンチャーズ社（エアバス社のファンド部門）からの出資です。エアバス・ジャパン社にいぶし瓦の説明をしたところ、技術に納得していただき、投資に至りました。

## 2. 地場の伝統産業の応用

岐阜県の4つの地場産業の技術を応用しています。1つはいぶし瓦に代表される陶器の技術、2つめは古くからの繊維の技術、3つめは岐阜県関市の刃物の金属加工技術です。炭素繊維だけでは商売にならず、他にも廃材から糸を取り出し、不織布をシートにして、それに樹脂を浸透してプレス成形して、自動車部品や航空機部品を製造しています。これらに繊維の技術、金属加工技術が活かされています。4つめは、先頃ユネスコの無形文化遺産に登録された「美濃の和紙の紙すき技術」を活かしてシートを作り、積層して熱をかけてプレスします。和紙の成形技術も当社には重要な技術です。まとめると、「焼き物、金属加工、繊維、和紙」、これらの加工技術を集めて、炭素繊維のリサイクル事業が成り立っています。

役員を含めて19名と小規模で、100年に1度の不況といわれたリーマン・ショックのときに、100年に1度のチャンスと考えて、立ち上げました。中部地方には、東レ株式会社（以下、「東レ」）、帝人株式会社、株式会社三菱ケミカルホールディングス（以下、「三菱ケミカル」）など、炭素繊維メーカーの工場があります。ボーイング787の1

次サプライヤーの三菱重工業株式会社、株式会社SUBARU、川崎重工業株式会社も中部地方に工場があります。トヨタ自動車株式会社（以下、「トヨタ」）と多くの1次、2次、3次のサプライヤーもあります。川上から川下まで「動脈産業、静脈産業」が集積しており、世界中を探してもこんな地域はありません。炭素繊維のリサイクル事業を立ち上げるには、最適の地域と考えて、「中部発！世界へ！！」とスローガンを掲げて、「中部の技術でぜひ世界一のリサイクラーになりたい」と考えています

## 3. 会社紹介

**会社概要**

**カーボンファイバーリサイクル工業(株)**

設立：2008年4月1日

事業内容：①炭素繊維複合材料の再生加工  
 ②同上再生加工に関する装置の設計・製作・販売・メンテナンス  
 ③非鉄金属・特殊金属等の再生加工  
 ④建設資材の再生加工  
 ⑤各種工業用の設計・製作・販売・メンテナンス  
 ⑥各色巧みに染め又は関連する一切の事業  
 ⑦使用済み活性炭の再生加工

代表者：代表取締役 板津 秀人

資本金：88,000,000円

売上高：116百万円（平成30年度/3月）

従業員数：16名

本社：岐阜県可児郡御嵩町御嵩 Tel: 0574-49-9836 Fax: 0574-49-9837

©Carbon Fiber Recycled Industry Co., Ltd. All right reserved. 2

設立は2008年4月1日です。設立して10年存続する会社は5%とも10%とも言われていますが、弊社は、おかげさまで何とか生き延びています。①の「炭素繊維複合材料の再生加工」が事業の柱ですが、立上げ当初は売り上げがなかったので、③の非鉄金属・特殊金属の再生加工や、⑦の使用済み活性炭の再生加工などが、即収益に結び付く事業でした。

具体的には、リチウムイオン電池事業で、大手自動車メーカー、大手EVメーカーや携帯電話メーカー等の4社から、製造途中で出るリチウムイオン電池の廃材を支給いただき、熱分解処理して返品します。現在、リチウムイオン電池の原材料であるコバルト、アルミ、銅などのレアメタルが、2～3倍に高騰しており、自動車関連産業ではリサイクルへの取り組みが重要で、材料再生業務に取り組んでいます。使用済み活性炭は、西日本豪

雨などで「リサイクル活性炭」の需要が高まっています。

廃材から「糸」を取り出すリサイクル技術は確立したので、2018年5月に実施した11億円の資金を使って、今後、本格的な事業化を進めます。昨年は、残念ながら減収、赤字決算となりましたが、実力は、売り上げ2～3億円程度と考えています。

#### 4. 炭素繊維リサイクル材の実績



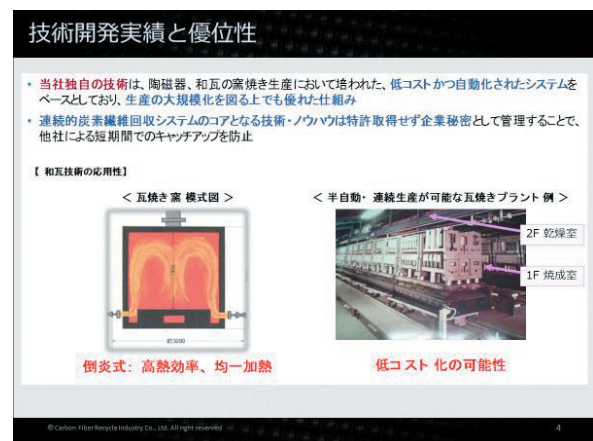
2006年に大手自動車メーカーの3車種の内装部品に弊社のリサイクル材料が採用されました。これは、リサイクルカーボンファイバーを不織布にして、PPフィルムを表裏に張って、ホットプレスして作った材料です。BMWのi3が天井にリサイクル材を使用していますが、それ以前で、量産車では世界初採用でした。ところが、安定供給ができなかったため、1年でガラス繊維に逆戻りしてしまいました。熱可塑性樹脂のプロペラシャフト（エンジンで発生した駆動力をデファレンシャルギアに伝達するシャフトでFR車や4WD車に使用される）からは、長繊維を取り出しています。大手自動車メーカーから「この廃材の中から糸を取り出してくれ」と頼まれて、何とか廃材の中から糸を取り出して、それをつないで部品にしたことがあり、それが発端です。

内装ボードは、弊社から岐阜県可児市にある自動車内装部品メーカーに炭素繊維を供給して、不織布（織っていない布）にして、PPフィルムでサンドイッチして、ホットプレスして製造しています。炭素繊維を「かつら」のようにして、コン

ベアーに入れると、ギロチンが粗切りして、その先に不織布マシンがあり、手前のところで「エアレイド」といいますが、綿菓子みたいに綿にして吹き上げ、沈降させてシートにします。その後剣山のような針でたたいて（ニードルパンチ）、完全には織り込まずに、糸を絡ませてシート状にしていきます。

ヨーロッパのリサイクラーは、廃材を粉砕して粉やチョップドにしますが、大手自動車メーカーからは「不織布にするために、切らずに長いまま取り出してほしい」と要望されて、廃材のまま樹脂を抜く必要がありました。機械の開発にあたり、瓦焼き技術が生かされました。

#### 5. リサイクルへの瓦焼き技術の応用



いぶし瓦の瓦焼き窯は倒炎式で、熱は上へ行きますが、上に行った熱を下に引っ張り込むことによって上下の温度差をなくし、均一に発色させるものです。色むらがあると、建物用の瓦としては商品になりません。均一な発色をさせるため、温度むらが厳禁で、1,300度の温度を均一に素材にかける必要があります。右が瓦の機械で、トロッコ台車に積んで、トロッコ台車ごとカプセルをかぶせて、プロパンガスを吹き込む工程が焼成の後にあります。2階の乾燥室は、1階の焼成室からの排熱を利用し水分を飛ばします。窯本体に水分があると炉を傷め、温度が下がってしまうので、排熱で乾燥させ効率的に焼成する。これは、いぶし瓦を大量に低コストで焼く技術です。

自動車が重量1トン、価格は100万円とすると、

コンビニエンスストアのおにぎりは1個100グラムで、換算すると1トン100万円です。自動車とコンビニのおにぎりは、重量当たり付加価値が同じで、1トン100万円です。おにぎりは意外に付加価値が高いです。残念ながら、瓦は1トン焼いても、工場出荷額は1万7,000円～2万円未満でした。かつては、そんな出荷価格でも利益を出す技術がありました。私は、カーメーカーへの納入を拡大するためには、窯業の技術が不可欠と考えています。ヨーロッパにも勝てるような「安く大量に焼く技術」が、中部の焼き物にはあります。

### 6. 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の市場

CFRPの世界市場見通しでは、2015年10万トンから、2030年には48万トンと、約5倍に拡大します。自動車、航空機、風車、水素タンクなどが伸びるとされています。バージン材市場の約3割が焼却、埋め立てされる廃材になっています。最近、スターバックスが「プラスチックのストローを使用しない」と宣言したように、生活ごみである廃プラスチックの規制には、数値目標が課せられるような流れですが、CFRPもストローと同じ「廃プラスチック類」に産業廃棄物処理法上は分類されます。急に数値目標化は難しいですが、世界の

潮流は「プラスチックごみもリサイクルに」という流れです。

#### <委員との質疑応答>

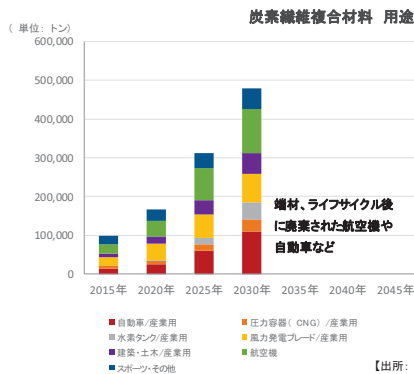
**今村：**市場拡大には、自動車や航空機市場の拡大とそれぞれの使用部位の拡大がありますがどちらが主要因ですか。自動車も航空機も軽量化は大きな課題だと思います。炭素繊維は軽いので、増やせるものだったら、増やしたいと思っています。

**板津：**9月8日付の新聞に東レが2割増産という報道がありました。ラージトウ（フィラメント数が40千本以上の炭素繊維で風力発電等の産業用途の材料）は生産効率がよく、レギュラートウ（フィラメント数が24千本以下で航空機、圧力容器等の高性能が要求される製品用）に対して、強度は落ちますが、安価で生産性が良い。ラージトウを水素タンクとか、風車ブレードに使用できれば、仕様部位も増えます。増産の背景には、自動車分野への進出であり、自動車メーカーの採用拡大が見込まれます。

中国も「FCV（燃料電池車）を中国で走らせる条件は何か」と大変興味を持っており、日本の強みである炭素繊維の技術は今後、拡大していくと思います。自動車業界はコスト要求が厳しいので、どの程度のペースで広がっていくか不透明で

## 炭素繊維需要の爆発的な増加

- 富士経済予測によれば、**炭素繊維複合材料の用途別市場規模**では、**自動車向け用途の成長が著しく**、2030年には航空機用途に匹敵する規模への成長する見込み（富士経済）
- ライフサイクル後に廃棄された炭素繊維複合材料がバージン炭素繊維市場の拡大からやや遅れて増加するため、**今後リサイクル炭素繊維需要は加速度的に高まると想定**



	2015年	2020年	2025年	2030年	年平均成長率
自動車	14,400	24,800	60,600	110,600	14.6%
圧力容器 (CNG)	6,500	9,800	16,800	30,300	10.8%
水素タンク	150	1,910	14,900	44,200	46.1%
風力発電ブレード	22,500	42,000	62,300	72,700	8.1%
建築・土木	9,100	18,100	35,700	55,000	12.7%
航空機	23,500	41,200	83,000	114,000	11.1%
スポーツ・その他	23,000	29,500	38,900	52,200	5.6%
合計 (t)	99,150	167,310	312,200	479,000	11.1%

【出所：富士経済「炭素繊維複合材料 (CFRP/CFRTP) 関連技術・用途市場の展望2017」よりJCFRI作成】

ですが、リサイクルで弊社が貢献できると考えています。リサイクルできないものは普及しづらいですが、水素タンクはリサイクルが義務づけられると聞いています。

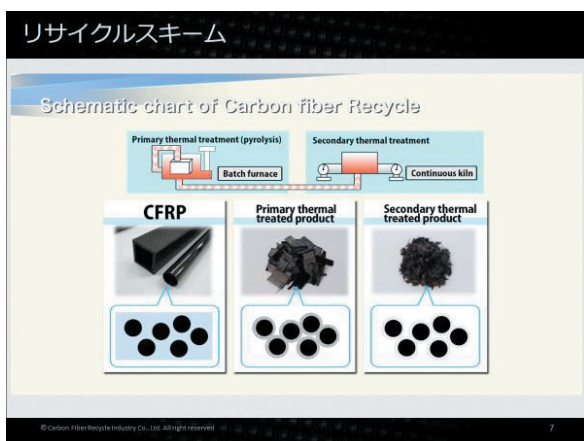
### 7. 世界の事業化例

	企業名/団体名	方法	備考
日本	事業化 ウイスカ株式会社 (スポーツメーカーのアシックス技術)	熱分解法	バッチ式
	今後本格事業化 カーボンファイバーリサイクル工業株式会社 岐阜大学	熱分解法	二段階熱分解法 灯油の消費量を50%、 電気代70%減..
米国	事業化 Carbon Conversions, Inc. (旧: MIT-RCF, LLC)	熱分解法	-
独	事業化 CFK Valley Stade Recycling GmbH & Co KG (主筆株主Karl Meyer AG.)	熱分解法	-
	事業化 SGL Automotive Carbon Fibers / BMW (工場内)	熱分解法	※ CFK Valley Stade Recycling が熱分解を行う
	事業化 Hadeg Recycling GmbH	熱分解法	-
英	事業化 ELG Carbon Fibre (旧: Recycled Carbon Fibre Ltd.; RCFは元々Milled Carbon Group という名前でた。ELG Hanielに2011年9月に買収され、ELG Carbon Fibreになる)	熱分解法	(二段階熱分解法に近い)
伊	事業化 BoeingとAlenia Aeronauticaによるプラント (ELG等の協力により建設)	熱分解法	-
	事業化 KARBOREK Recycled Carbon Fibres	熱分解法	-

© Carbon Fiber Recycle Industry Co., Ltd. All right reserved. 出展: エネルギー資源 Vol.37 No.5(2016) 自動車リサイクルへの取組み(伊藤友知氏)

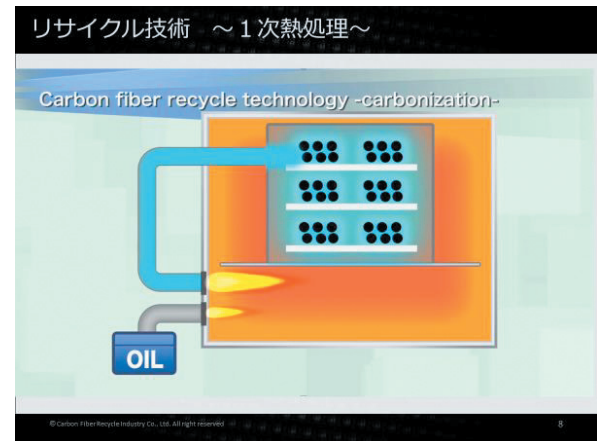
世界の事業化例では、アメリカには豊田通商株式会社（以下、「豊通」）が出資するCarbon Conversions社があり、ドイツにはKarl Meyerグループの中にあるCarboNXT社があります。イギリスのELG Carbon Fibre社は歴史も長く、親会社のELG Haniel社は、金属リサイクルの大手で、ステンレスでは世界ナンバー1で3,000億円売り上げがあります。共通点は熱分解技術で、樹脂との相性に優れて、大量生産に向いていることです。熱分解が世界の主流技術になっています。

### 8. エネルギー自立型 2 段階熱分解法



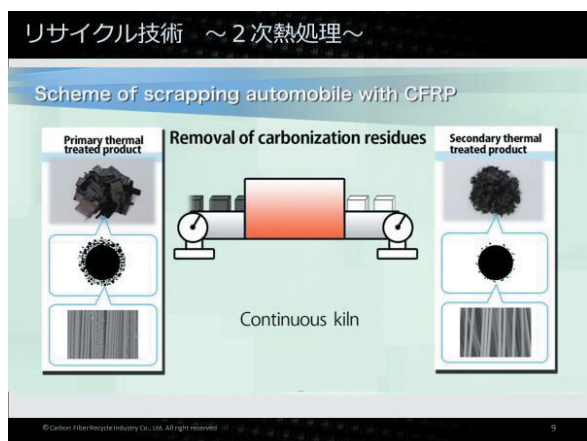
エネルギー自立型 2 段階熱分解法（以下、「2 段階熱分解法」）は、素材の持つエネルギーを利

用して繊維状のまま、かつ炭素繊維が有する特性を維持したまま再生できるエネルギー自立型のリサイクル技術です。ヨーロッパは、最初に粉碎ありきです。粉碎すれば粒状になって、性状が一定するからです。弊社は、大手自動車メーカーの「長いまま取り出せ」という要請を達成するため、独自の 2 段階熱分解法を開発しました。



2 段階熱分解法について説明します。1 次熱処理工程では、2 重構造のカプセルの中で蒸し焼きにしてガスを取り出し、そのガスを熱源にして 2 次加熱をおこないます。今は電気を使っていますが、排熱を使えば、外部エネルギーを使う必要がありません。成形廃材は 4 割が樹脂なので、樹脂をガス化して、そのガスをエネルギーにしたら、廃材が持っているエネルギーだけで再生できます。これで自己燃焼方式が達成できます。

カプセルは、幅 7 メートル、高さ 3 メートル、奥行き 3 メートルと大型です。灯油バーナーで加熱され、カプセルの外側を 1,400 度にまで上げ、内部温度が 400 度を超えると樹脂が溶け始めます。それから、突沸、沸騰して、固体が液体に、液体が気体になります。気体は配管から押し出されて、バーナーの口に戻り、酸素を供給すると、混合気になって着火し、ここがバーナーになります。そうすると、灯油のバーナーは自動的に停止し、空気だけ送れば、加熱が継続される。廃材が持っているエネルギーをうまく取り込んで加熱をする装置が一段階目の加熱です。したがって、水素タンクを放り込んでおくと、水素タンクが丸ごと処理ができて、長いまま糸が取り出せます。



新品の炭素繊維と同じような柔らかい状態にする場合には、2段階目の処理が必要です。加熱すると固まり、糸の表面に樹脂中の残留炭素が付着して、「エビフライの衣」のような状態になります。先ほどは無酸素でしたが、大気中で加熱をして、「エビフライの衣」だけを焼いて、エビ（糸）を取り出します。これが二段階目の加熱です。こうして、硬い状態でも表面がツルツルになり、人の髪のようなしなやかな糸になります。シート状にするために、こういう2段階加熱をおこないます。

1段階目で製造できるのは、ペレットの強化材です。粒状にするためには、樹脂と混ざりやすいので硬いほうがいいです。従ってペレットメーカー納入用には1次熱処理しただけの、硬い状態のものがいいです。不織布にして、シート状にするためには2段階加熱までおこないます。自動車のエンジンアンダーカバー向けに開発中ですが、今後空気抵抗を減らすために採用が拡大していく予定です。2段階加熱は、1段階目の製品でも、2段階目の製品でも市場があり、どちらにも提供できる利点があります。ヨーロッパのリサイクラーは「うちは1段階だから、うちのほうが効率がいい」と言いますが、彼らはエンドユーザーである自動車メーカーのニーズを受け止めていません。

#### <委員との質疑応答>

**新宅：**ヨーロッパのリサイクラーは、粉碎したやつを一発焼いて、あの状態になるんですか。

**板津：**ヨーロッパのリサイクラーは、コストは当社よりも高い。弊社は、将来的に仕組みが完成す

れば空気だけで再生できるのでコストでは負けません。

**新宅：**機械への投入前の廃材は形状が違いますね。粉碎してから加工するヨーロッパと比べて、貴社は製品をそのまま焼いているわけですね。

**藤井：**自動車メーカーは、繊維状で出荷するが、ヨーロッパの粉碎したものでは、不織布はできませんね？

**板津：**できますが、私は「リユース」といっています。例えば競合のある1社は、98%はボビンに糸を巻いた状態のものを切って使用しており、リサイクルではなく、リユースです。混乱するので、リサイクルとリユースは分けるべきです。

**藤井：**粒状のものを繊維にできますか。

**板津：**弊社はプラスチックの成形体に埋もれた糸を取り出して、廃棄物業者に出す直前で買って、糸を取り出し自動車部品にしています。

**板津：**ヨーロッパは、生産工程から出たボビンから巻いた糸を回収して、切って使用しており、熱処理していません。

## 9. 自動車まるごと処理



BMWのi3は、人間の体を守るところはCFRPで覆われていますが、前後の下面のところは金属です。車を丸ごと炭化すると、中は無酸素状態ですから、金属は酸化せず残るので外販できます。カーボンは耐衝撃性に優れ、人間を衝撃から守るために有用ですが、金属のように圧縮できないのでリサイクルが難しい。弊社では「車丸ごと処理」する方針で、金属、カーボン、CFRP全て、一石

二鳥で再生できます。

<委員との質疑応答>

新宅：窯からどういう形で出てきますか。

板津：カーボンボディ本体はそのままの状態、金属は下に落ちています。

新宅：中の樹脂が全部気化して、樹脂が全部落ちた状態ですね。

板津：そうです。一定の保形性はあるが、簡単にクシャクシャとなってしまう。二段階加熱でしかできない強みは、水素タンク丸ごと処理、カーボン車の一括処理です。ゾルテック社の風車用のブレードは羽根1本が半径164メートルで、直径は300メートルを超えます。東京タワーがグルグル回るような規模の風車がこれから建設されます。幅は2種類で、10センチと20センチです。バームクーヘンみたいにグルグル巻いて出荷します。炭素繊維の強みを生かしたこん包形態です。ドーナツ状にグルグルグルグル巻いても折れません。プリウスのバックドアは、三菱ケミカルの25ミリ長のチョップドファイバーが採用されています。奥様が買い物袋を提げていても、指一本ですっと上がる。鉄に比べて強度もあるので、開口面積がとれ、買い物袋をポンと載せられるということで、

バックドアはカーボンになったと聞いています。25ミリの糸しか使われていないので、樹脂を抜けば、簡単にほぐれるわけです。そうすると、25ミリでしか回収できないので、自動車メーカーの社内循環みたいになる可能性があります。

10. 優れた省エネ性能

リサイクル技術 ～省エネ性～

省エネ・用途比較 (NEDO)		圧倒的な省エネ性能	
	バージン繊維	従来技術 (熱分解)	当社技術 (熱分解)
生産エネルギー (MJ/kg)	290.0	48.0	8.5
繊維強度	100%	-	More than 80%
繊維長	長繊維 (~km)	繊維粉末 (<1mm)	粉末~長繊維 (数メートルまで)
適用範囲	全用途	充填剤(ファイバー)	湿紡糸・不織布 充填剤(ファイバー)

処理能力 年間約2,000 t の処理能力 (世界最大級)

9台の一次熱分解炉 1台: 1t/day

弊社は、1キロの糸を取り出すのに必要なエネルギーは8.5メガジュールで済みますが、バージン繊維材の場合は290メガジュール、従来技術(熱分解)では48メガジュール必要です。東レのT700がバージン繊維材の一般産業用途の定番ですが、これが1キログラム約3,000円だそうです。

特許技術一例

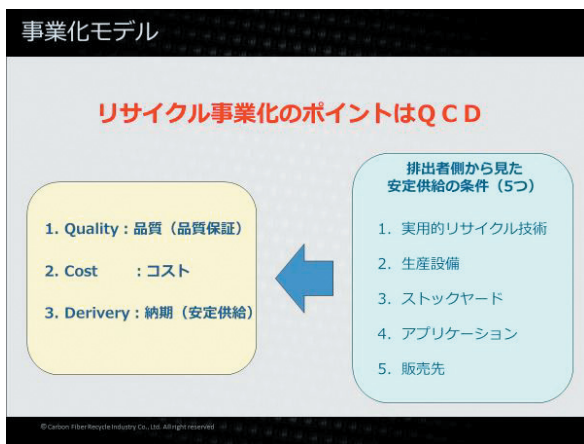
No.	特許の名称 (最新状況)	出願番号(出願日) (公開・公告・登録のいずれのもの)	出願人	発明者	係争有無
1	炭素繊維の再生処理装置	特許第4949123号 (出願日 H19.05.18)	板津秀人、板津雅春	板津秀人、板津雅春、神吉肇	無
2	炭素繊維の再生処理方法	特許第5941747号 (出願日 H24.05.11)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
3	再生炭素繊維の製造装置及び再生炭素繊維の製造方法	特許第5347056号 (出願日 H24.08.29)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇、守富 寛	無
4	再生炭素繊維の製造装置および再生炭素繊維の製造方法(各国移行済)	PCT/JP2012/072532 (国際出願日 H24.08.29)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
5	再生炭素繊維の製造装置および再生炭素繊維の製造方法 (PCT/JP2012/072532の米国移行)	特許番号9463979 (国際出願日 H24.08.29)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
6	再生炭素繊維の製造装置および再生炭素繊維の製造方法 (PCT/JP2012/072532の韓国移行)	特許第10-158432 (国際出願日 H24.08.29)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
7	再生炭素繊維の製造装置および再生炭素繊維の製造方法 (PCT/JP2012/072532のEP移行)	特許番号2752445 (国際出願日 H24.08.29)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
8	再生炭素繊維の製造装置、再生炭素繊維の製造方法及び再生炭素繊維 (国際出願、国際段階)	PCT/JP2012/073762 (国際出願日 H24.09.10)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
9	再生炭素繊維の製造装置および製造方法	特願2015-209016 (出願日 H27.10.23)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
10	再生炭素繊維の製造方法および再生炭素繊維	特願2015-209017 (出願日 H27.10.23)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
11	炭素繊維およびその製造方法	特願2016-099433 (出願日 H28.05.18)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無
12	再生繊維の製造装置及び再生繊維の製造方法	特願2016-151862 (出願日 H28.08.02)	カーボンファイバーリサイクル工業(株)	板津秀人、神吉肇	無

© Carbon Fiber Recycle Industry Co., Ltd. All right reserved

すなわち、1 キログラムのバージン繊維材を焼くのにエネルギーが3,000円弱かかるが、当社は85円で再生できる計算です。将来は、この炭化装置が世界標準になると思います。

そのためには、加熱装置の技術の囲い込みが重要で、特許を多数出願し、権利化ができています。ハードとソフト両方で権利化できて、海外の韓国、北米、ヨーロッパで権利化できています。

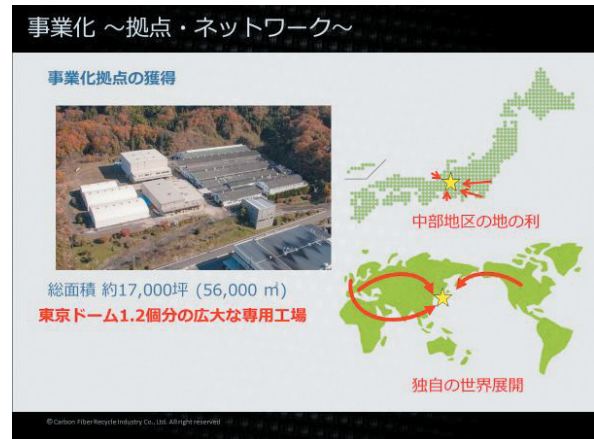
### 11. 事業化構想



事業化について説明します。まず、QCDの3点で競争力をつける事で、安定した品質のものを、安く、安定的に生産することです。冒頭に話したように、安定供給ができず、1年後にガラス繊維に変更された苦い経験から、安定供給のために、5つのポイントが必要だと学びました。

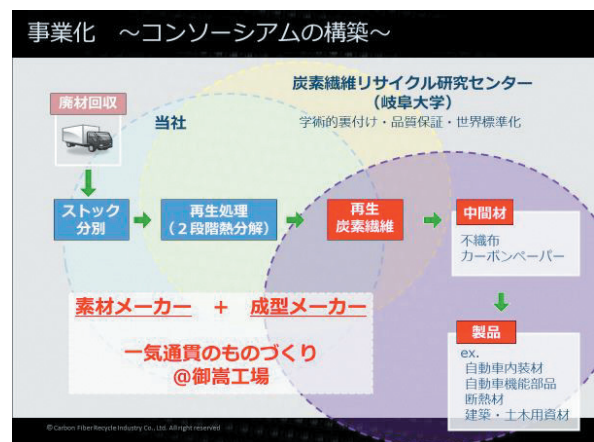
まずは、実用的なリサイクル技術の確立です。高度な技術ではなく、安く大量生産できる技術です。そして、量産できる生産設備を保有する事です。量産機を持たない大学の先生には廃材を出してくれません。また、ストックヤードも必要です。販売先も確保できると、排出者は「お宅に長期的に安定的に材料を提供しましょう」となります。

競合3社に対しても、弊社の機械を使用するよう提案しています。弊社は最終エンドユーザーの確保、材料を供給する排出業者の確保に特化し、リサイクル工程は海外の業者に任せてもいいと考えています。エンドユーザーと廃材の排出元を確保できれば、このビジネスは成立します。



弊社は、56千平方メートル、東京ドーム1.2倍の敷地があり、左半分は旧所有者のTOTOマテリアル株式会社に貸与しています。中古の工場を、路線価の2割程度で取得しました。設備にコストをかけたいので、土地や建屋のコストは抑えています。中部地方は、客先に近く、地の利を生かし、事業化の有利な条件は揃いました。

### 12. コンソーシアムの構築

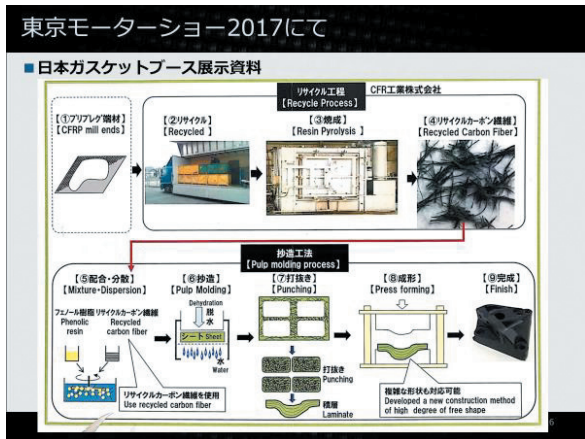


事業化の目的は、一気通貫のものづくりです。炭素繊維は、10トン車に3トンしか積めない軽い素材ですが梱包輸送費がかかります。弊社のような素材供給先と成形業者が「アンダー・ワン・ルーフ」すなわち、廃材の調達からストック、糸の取り出し、シート化、最終成形まで、全部一気通貫で同一場所でおこなうのが理想です。

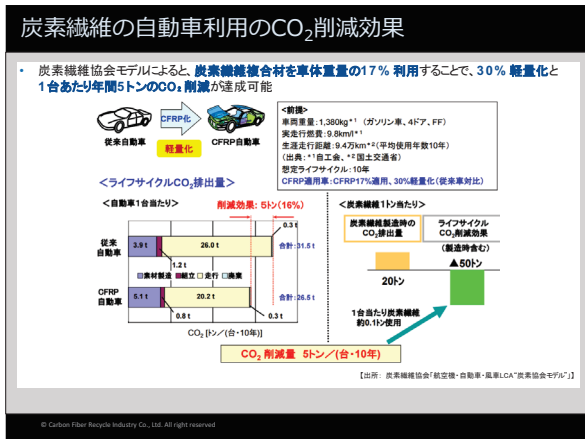
### 13. 自動車部品への採用

日本ガスケツト株式会社は、「抄造成形」という特殊な、美濃和紙の成形方法を活用したものづ





くりをおこなっています。すでにクラウン、レクサスのエンジン内部の樹脂ギヤに採用されている技術ですが、そこにリサイクルカーボンも使います。弊社の糸をフェノール樹脂と水槽の中でかはんして、金網ですき上げて、脱水しシート状にします。それをくりぬいて、何枚か重ねてホットプレスして、自動車部品にします。エンジン部品としての耐熱要求も満たしています。



＜委員との質疑応答＞

今村：エンジンのガスケットに使用すると、どういいうれしさがありますか。例えば、軽いとか。

板津：ガスケットは、内燃系エンジン撤廃にともない、需要が減っていくので、金属から樹脂に変更していく流れになると思います。エンジン周辺の耐熱性、強度、軽量化が必要な部位に提案していきます。

14. 金属部品からの変更例

1つの事例ですが、高級車だと25個ほどスピーカーがありますが、金属からリサイクル炭素繊維



に変更して軽量化できました。まだまだこういう部位が出てくる余地があると考えています。

15. 将来展開



現在は再生材料売りが主ですが、中間材から最終成形品まで、事業領域を拡大していきます。

この技術が評価されて、2017年には、中部ベンチャー大賞を受賞、コンポジットハイウェイ・アワード2017でグランプリを受賞しました。

【質疑応答】

新宅：排出者とは、どのような会社ですか

板津：国内で最も廃材を出すのは、炭素繊維メーカーと航空機部品メーカーです。排出者は、不法投棄されたら困るので、技術があり、量産機があり、保管場所もあって、セキュリティーが担保されたところに提供したい。弊社も以前は、外の青空工場でしたので、大手炭素繊維メーカーから苦情を受けました。盗難事件も発生して、大手炭素繊維メーカーの商品名のステッカーが貼ってある

が、中身は中国産の二流、三流の炭素繊維であったり、そんなものがアリババサイトで売っていたりしました。

**新宅**：中古車で車両として調達するのではなく、加工業者、素材業者が端材として出したものが、原材料になるわけですね。

**板津**：そのとおりです。廃材は3つあり、1つは炭素繊維メーカーが糸を作る段階で出る生産工程くず、次に、その糸の出荷された航空機や航空機部品メーカー、自動車メーカーで出る工程くず、3つ目は、廃車や事故車などです。廃車になるまで、自動車で10～15年、飛行機では15～20年先になり、これらを調達するのは、しばらく先です。工程廃材でまずは実績を積んで、仕組みを作り、飛行機が出る頃に確立したい。飛行機のまま飛んできて、中部で飛行機ごとリサイクルする構想もあります。飛行機リサイクルの会社から「ボディは何ともしようがない」と言われたので、「そこはうちに任せてよ」と相談しています。

**新宅**：工程廃材にも樹脂が入っていますか。

**板津**：入っていたり、入っていなかったり、両方出ます。航空機から出るのは、ウォータージェットで切り抜かれた成形廃材がほとんどです。

**藤井**：東レの関係会社でこういうのをつくったりされるでしょう。ライバル会社が日本にありますか。

**板津**：東レは豊通と組んで、独自のリサイクル技術は持っています。愛知県半田市に豊通の100%子会社である豊田ケミカルエンジニアリング株式会社があり実証実験しています。

**板津**：大手繊維メーカーに7年、子会社に6年、合計13年勤めましたが、リサイクル事業は、炭素繊維メーカーの社風にはなじまないと思います。リサイクルは隙間産業なので、大手企業よりも弊社のようなベンチャーに任せたほうがよい。

**浜松**：QCDのうち、ボトルネックになるのは何ですか。

**板津**：品質の安定です。廃材は多種多様で、厚みも長さも違い、いろんな糸メーカーのものが混在する場合があります。多種多様なものをユーザー

に供給していくので、入口（調達）と出口（生産）をバランスさせることが課題です。電話で注文したら、材料が届くわけではなく、例えばボーイングB787やエアバスA320などの航空機を製造したら出るもので、計画的に廃材を作っている会社はありません。排出者と2年前から長期契約を結んで備蓄する必要があり、先に資金が必要です。逆に2年前に受注は確定しないので、商社機能を入れて、ベンチャーの負担を軽減して頂きたい。そうしなければ、2～3年後に破綻するリスクがあります。年間販売1,200トン、調達は2,500～3,000トンあるが、リサイクル過程で樹脂はなくなるので、1,200トンの販売です。材料の備蓄コストをどうするか、日本では2,500トンしか総材料がなくて、東レは9割を輸出している。ヨーロッパ、北米からの材料を確保しないと事業は継続できません。入口と出口をいかにバランスさせるかです。

**今村**：廃材を海外から調達しますか。中国とか。

**板津**：中国はまだ構想段階で、とりあえずヨーロッパ、北米を考えます。

**中沢**：競合他社を見ていると、勝負どころは技術プラスストックヤードの広さです。何年分のストックが置けるかが勝敗の分岐点で、景気動向の波があっても、広いヤードがあれば意外と強い。熱処理の前の材料のところが大事で、欧米の場合は粉にするが、こちらはそのまま取り出す。例えば、ポテトフライを作るには2通りあり、1つはポテトを全部粉にして、ポテトフライの形にし直して揚げる方法と、ポテトを切って、それを揚げてポテトフライにする、2通りあります。丈夫でおいしいのはポテトそのものを切って揚げる方法です。

**新宅**：特許は、中身はお聞きませんが、プロセスとしてはどの辺にありますか。

**板津**：いちばんは、一次加熱のコンピュータの中にあるところです。箱形の機械に1日1トン入れる、と説明しましたが、積み込めば2トンぐらい入ります。特に水素タンクは肉厚で、重量物が入ります。2トン処理できますが、半分は樹脂とすれば、1トンの樹脂の塊を1,100度でガス化させて、黒煙を出さず完全燃焼させる。こんな技術は

世界的にもないと思います。加熱水蒸気という技術を使います。熱交換器で水道水を700度にして、50度ドロップするので、650度の加熱水蒸気を打ち込んでいます。最近、料理でも、おいしく料理ができる加熱水蒸気があります。排熱で650度の加熱水蒸気を打ち込めば、上下左右、手前、奥、正確に温度がそろいます。樹脂が均一に抜けて、必要なときに必要なだけ濃いガスとして取り出すことができる。

加熱器は四角ですからスプーン曲げの要領で、膨張収縮させて、普通金属は膨張収縮しますから、劣化して亀裂が入って酸素が入ってしまう。実はこれは平面のところはどこもなく、蛇腹構造です。コーナーはアールにしてあります。ジグザグの蛇腹構造にしてある。隙間が上下左右にできてしまうので、四角でありながら、常温と1,100度を毎日繰り返してもひび割れしない蛇腹構造にしてあります。

実は温度むらが200度あり、樹脂が抜けたと思って扉を開けたら、まだ樹脂が残っていて、空気中の酸素と反応して、炎が一気に天井まで上がりました。そうならないように、上下左右、手前、奥、どこをとっても樹脂が均一に抜けてくれるように、加熱水蒸気で均一加熱をしています。

コンピュータにソフトが入っており、作業者は火を入れたら、翌朝まで何もする必要がありません。センサー、温度計があちこちにあり、管理しています。電子レンジでコンビニ弁当を温める感覚で、スイッチひとつのシンプルな構造になっています。

**新宅：**それはもともと瓦の技術ですか。

**板津：**そうです。樹脂の世界では、せいぜい200度、400度辺りの温度領域です。われわれは1,300度の領域で耐久性、耐熱性を学んできて、1,200～1,300度の温度域で鍛えられたという、その温度コントロール技術がベースです。それは、気体のシール性です。酸素が入ったら爆発します。爆発の3要素は理科の実験で習いましたガスと温度と酸素です。瓦焼きの場合は酸素を除きます。この3つの要素のうち1つだけ奪っておけば、絶対

に爆発しない。瓦焼きの場合は酸素を奪います。温度がある、ガスがある、しかし酸素がないから爆発せずに、きれいな瓦が出来上がる。

端的に言うと、技術の肝は気体のシール性です。「カーボンファイバーリサイクル工業の技術のポイントは何ですか」と聞かれたとき、私は「気体のシール性です。それは瓦焼き技術に根ざしています」とお答えしています。1,300度というと、人間の骨も残らない温度で、大手企業も判断つかないレベルです。

**新宅：**実家ではこういう窯、瓦用の窯を売っていたのですか。

**板津：**そうです。製造販売です。瓦の値段が急落して、自分で自分の首を絞めてしまった。プラントメーカーとしてはやってはいけないこと、売れるから、味をしめて、たくさん売ってしまった。とどめは阪神淡路の地震です。屋根の上に重たいものがあると、皆さん怖がります。若いご夫婦は、瓦の家は建てず、軽量屋根材に替わってきています。

**新宅：**将来こちらの事業で、こういう窯を海外のメーカーに売っていく構想はありますか。

**板津：**急激なEV化の流れがあり、日銭稼ぎでリチウムイオン電池リサイクルの1次処理もしてますが、リチウムイオン電池は重たいので、あれこそ分散配置が必要です。標準化と申し上げたのも、1つの機械で両方できるわけです。炭素繊維の製造機械は1ラインで20億円もかかるそうです。この機械は事業規模拡大と同時に増設していけるため、現在、11台ありますが、段階投資ができます。炭素繊維の売り上げでは不足の場合、リチウムイオン電池のリサイクルも同時並行でやり、会社全体としてペイする。

**新宅：**そういうときはコンピュータ制御しているソフト部分をいかにブラックボックスにするか。

**板津：**そのとおりです。分解すると、燃えてしまうとか。常にモニターできるようにしておいて、分解しようとしたらこちらで分かるとか、そういうのをしっかり契約条項に入れておくとか。

いちばん心配しているのは中国です。瓦の窯も

同じことがあったそうで、1台出荷して、何年かしたら似たようなものが4、5台できていた。中国も変わったので、いい会社と組んで、中国人同士を競わせるようにしてもよいと思います。但し、社内には反対意見もあって迷っています。

**新宅：**世界でもこんな加工ができるのはうちしかないんだけど、1社では展開力がどうしても限られる。どこかとパートナーを組み合わせながら、世界標準的な、この加工では世界標準みたいな、そういうのをとれると、ものすごく飛躍的に伸びると思いますが、中国にどういう出方をすればよいか、というモデルがつかれなくて悩んでいるところが多いです。

**坂津：**中小企業のおやじは自分で開発した技術がかわいいので、囲い込みがちですが、それをやっている、業界全体が小さく、広がりが見られない。2022年3月期にマザーズ上場を目指している、公の会社にしたいと思っています。

## 「マテリアルリサイクルの現状」

### いその株式会社

代表取締役社長 磯野 正幸 氏



1985年4月 磯野樹脂産業(株) 入社  
 1994年11月 いその株式会社 取締役 就任  
 2001年5月 星和化成株式会社 代表取締役社長 就任  
 2006年10月 いその株式会社 代表取締役社長 就任  
 2011年3月 ISONO POLYONE (タイ 磯野) 代表取締役社長 就任  
 2013年4月 中部日本プラスチック製品工業協会副会長 就任  
 2017年3月 上海帆野塑膠有限公司 副董事長 就任  
 2017年4月 愛知県プラスチックリサイクル協同組合 副理事長 就任  
 2017年4月 稲沢商工会議所 副会頭 就任

### 1. いその株式会社の歴史

いその株式会社（以下、「ISONO」）は、1958年に創業者の磯野俊雄がビニールとの運命的な出会いをして始まりました。1961年には、豊田合成株式会社（以下、「豊合」）から出る、スーパーカブのフェンダー成形クズを回収して、エクストラルーダー（2軸スクリーとバレルで固体分散体を押し出して成形する機械）初号機を開発して、リサイクル材を生産しました。1965年には、自動

### いその株式会社の歴史

1958年	創業者 磯野俊雄がビニールと運命の出会い
1961年	スーパーカブのフェンダー成形クズの回収
1961年	エクストラルーダー初号機の稼働
1965年	自動車成形メーカーの廃プラ回収及び改質の始まり
1988年	大手材料メーカーとの共同事業の進展。新材と再生材の技術の融合
1997年	社会的なグリーン購入の潮流
2012年	愛知環境賞 優秀賞の受賞

ISONO

車成形メーカーの廃プラ回収が始まり、豊合から毎月100トン回収して、リサイクルして納入しました。1988年には、東ソー株式会社との共同事業で、新材と再生材の再生コンパウンド事業を始めました。1997年には、京都議定書などで、社会的な「グリーン購入」の潮流が起こり事業を加速化しました。2012年には愛知環境賞優秀賞（資源循環型社会の形成を促進し、愛知の環境技術のレベルの高さを発信する目的で創設）を受賞し、ISONOの技術の高さが認められました。

### 2. ISONOの概要

#### いその株式会社 概要

本社	名古屋市東区相生町55番地 TEL.052-931-1211	創業年月日	1957年3月1日
稲沢工場	愛知県稲沢市石橋6丁目52番地 営業本部 TEL.0587-32-8181 製造部 TEL.0587-32-772	資本金	9,600万円
九州工場	福岡県北九州市若松区響町一丁目102番地6 (2008.9月操業開始)	従業員	100名
営業所	東京 TEL.03-3258-8171 長野 TEL.0263-54-5331	年商	108億円
主要販売先	自動車関連 :トヨタ、日産、ホンダ、マツダ、三菱、スズキ、ダイハツ、ヤマハ 家電関連 :パナソニック、三菱電機、NEC、ダイキン工業、シャープ 事務機器関連 :コクヨ、三菱鉛筆、ゼブラ、シャチハタ、稲葉製作所		
グループ会社	星和化成 SHANGHAI ISONO PLASTICS CO.,LTD THAI ISONO POLYONE CO.,LTD		

ISONO

現在は、プラスチック素材の専門メーカーとして、従業員100名で、108億円の売上があります。主要販売先は自動車関連、家電関連、事務機器関連の企業が販売先となっています。

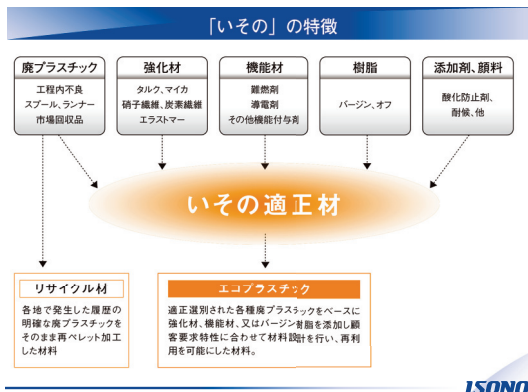
資源の有効活用や環境保全に取り組んでいます。「我々の働きで我々の生活を向上し、よりよいISONOグループを作り、社会に貢献しよう」これがISONOの企業理念です。さらなる豊かな暮

らしの実現と地球への恩返しによる理想的な環境づくりが使命であると考えます。

高付加価値化を可能にする複合材である高機能樹脂、この高機能樹脂専門の稲沢工場では一貫したライン生産によって破碎から洗浄を実施し、ペレット加工を行う九州工場には、大型破碎機、粉碎機などが設置されています。子会社には大型成形機を持ち、自動車業界のエコプラスチックニーズに応える星和化成株式会社と、中国の上海磯野塑膠有限公司があります。

### 3. ISONOの事業

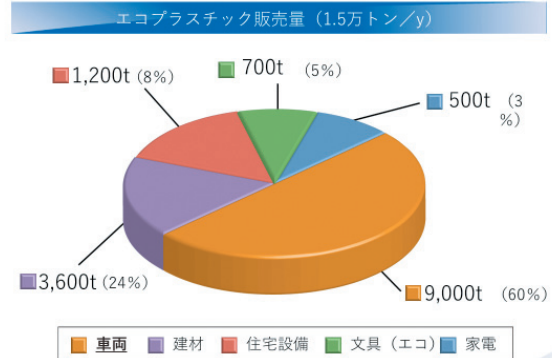
ISONOの事業は次の3つに分類できます。再生コンパウンド事業は、回収した多種多様なプラスチックを分析して、顧客ニーズに合わせた再生コンパウンドを生産します。次に、着色コンパウンド事業では、ユーザーと一体となって製品を開発する共生の精神に基づいておこなわれます。3つ目は、在庫販売の事業です。各メーカーのバージン材を販売します。



弊社は、再利用可能な適正材を「エコプラスチック」と呼んでいます。特徴は、廃プラスチック（工程内不良、スプール、ランナー、市場回収品）や強化材（タルク、マイカ、エラストマー）、機能材（難燃剤、導電剤）、樹脂（バージン、オフ）、添加剤・顔料、この5つをコンパウンドして、「いその適正材」と呼びます。「オフ材」とは、メーカーから出る規格から外れた材料で、「オフグレード」と呼んだりします。これに対して、単に廃プラスチックからそのままペレット加工しただけの

ものは、「単純リサイクル材」と呼んでいます。

販売量は年間1万5,000トンで、車両が約60%、建材24%、住宅設備8%、文具5%、家電3%です。



### 4. リサイクル市場の現状

リサイクル活用事例①

現行商品	現行使用樹脂	付加価値化方法	新商品
自動車内装品	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	自動車用リサイクル材
自動車内装品	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	マッドガード材
自動車内装品	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	自動車用ランナーボード
自動車内装品	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	エアコン室外機部品
自動車内装品(コナナ)	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加) / 流動性改良	トランクルームフィルム取付
自動車バンパー	PP+エラストマー	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	バンパーカバー
バンパーケース	PP/プロク	着色・流動性改良	バンパーケース
バンパーケース	PP/プロク	着色・衝撃改良(エラストマー添加) / 流動性改良 / 耐光性改良	自動車内装部品
家電リサイクル材	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	エアコン室外機部品
家電リサイクル材	PP/プロクナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	家電部品(フタ/ラック)
工業用コンテナ	PP/プロク	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	家電製品
工業用シート	PP+EE	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	家庭用品
食品シート	PP/プロク	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	ホームベンチキャップ
食品容器	LLDPE	着色	テラス材
農機部品	PP/ホモナチル	着色・衝撃改良(エラストマー添加)	官能部品
ICトレー	PP+マイカ+CF	剛性改良(マイカ添加) / 導電性改良(カーボン繊維添加)	ICトレー
ガス管	HDPE	着色	ICトレー

リサイクル活用事例として、自動車のバッテリーケースからOA機器、自動車バンパーカバーからエンジンアンダーカバー、家電リサイクル材料からエアコン室外機部品、工業用コンテナ材料から家電製品などを製造します。これらがオレフィン

リサイクル活用事例② (スチレン系/エンブラ)

現行商品	現行使用樹脂	付加価値化方法	新商品
成形シート	PS	着色・衝撃改良	ホームベンチ
受輪トレー	PS	着色・衝撃改良	ホームベンチケース
遊接用ドラム	PS	着色・衝撃改良	ベンチケース
遊接用ドラム	PS	着色・衝撃改良	手巻椅子の軸
遊接用ドラム	ABS	着色	文具
遊接用ドラム	ABS	着色・流動性改良	スタンプ台
自動車部品	ABS	着色	自動車内装部品
自動車部品	ABS	着色・衝撃改良 / 耐光性改良	プリンターカートリッジ
自動車部品	ABS	着色・衝撃改良	下駄箱の壁
成形シート	ABS	着色・衝撃改良	線路
成形シート	PC	着色	工業用シート
タイルレンズ	PC	分子結晶型	ガラスカー
ICトレー	PPE	導電性改良(CF添加)	ICトレー

系の材料（炭化水素で二重結合した材料）です。

スチレン系の材料では、ABSでは自動車部品から自動車内装部品、プリンターカートリッジ、げた箱、漆器など、PS（ポリエチレン）では成形シートからボールペン、ペンケースなどが生産されます。

## 5. 自動車業界の動向

樹脂リサイクル市場の現状（自動車業界）		
1 各社の行動指針		
	プラン/計画名	再生機能/資源循環に関する目標
トヨタ自動車	第6次トヨタ環境取組プラン(2016～2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 石油由来の樹脂の使用量低減                     <ul style="list-style-type: none"> <li>— 品質・性能要件を満たすリサイクル樹脂・エコプラスチックの技術開発</li> <li>— 使用済み樹脂の回収システム構築</li> </ul> </li> <li>● 希少資源/リサイクル材の再利用推進                     <ul style="list-style-type: none"> <li>— CFRPリサイクル技術の開発</li> <li>— 希土類の使用量削減技術とリサイクル技術の開発</li> </ul> </li> </ul>
日産自動車	ニッサン・グリーンプログラム 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2016年度までに、再生材利用率を25%まで高める(鋼材、アルミ、樹脂等)</li> <li>● ビジネスパートナーと連携し、材料生産から使用済み自動車回収までのバリューチェーン全体で再生材を採用</li> </ul>
本田技研工業	製品に関する中期環境取組計画(2014年度～2016年度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3R事前評価システム</li> <li>● 3R設計</li> <li>● 使用済み部品のリサイクル</li> <li>● 日本:四輪車ASRリサイクル率を70%以上で維持。二輪車リサイクル率を2015年までに95%以上に向上</li> </ul>

出所:各社報道資料およびホームページより

ISONO

樹脂リサイクル市場の現状について説明します。まず、自動車業界各社の行動指針について説明します。トヨタ自動車株式会社（以下、「トヨタ」）は、第6次「トヨタ環境取組プラン」で、石油由来の樹脂の使用量低減、希少資源・リサイクル材の再利用を進めています。日産自動車株式会社（以下、「日産」）は、「ニッサン・グリーンプログラム2016」で、2016年度までに再生材利用を25%に高め、関係会社と連携し、材料生産から使用済

み自動車回収までのバリューチェーン全体で、再生材の採用を進めています。本田技研工業株式会社（以下、「ホンダ」）は、「製品に関する中期環境取組み計画」で、3R（reduce、reuse、recycleの順で廃棄物の削減に努めるという考え方）事前評価システム、3R設計、使用済み製品のリサイクル、四輪車ASRリサイクル率（使用済み自動車からのシュレッダーダストをリサイクルする比率）を70%以上で維持する二輪車リサイクル率を2015年までに95%に向上するなど目標を掲げています。

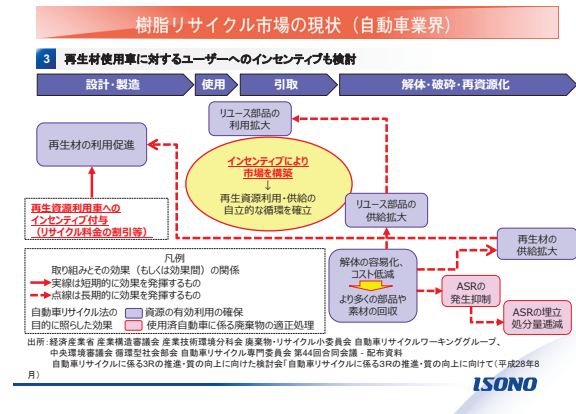
次に、自動車業界の再生樹脂に関する取り組みを説明します。トヨタは、90年代から廃バンパーの回収を開始し、最近では年間約100万本を回収し、リサイクルしています。生産車種のSAI（2009～2017年）ではエコプラスチック・リサイクル樹脂材の使用率20%を達成しましたが、弊社は初めてトヨタから再生材の認定を取得して、SAIでは1台当たり20キロ弊社の材料が使用されました。日産は、販売店から回収した廃バンパーを、アンダーカバーや内装部品に活用しています。生産車種のリーフでは、廃バンパーや内装材といった自動車部品だけでなく、廃家電やペットボトル、ボトルキャップから製造した再生材を、部品に活用しています。ホンダは、修理・交換などで発生する使用済みバンパーを全国の販売店などから回収し、バンパー材（塗装剥離後）やアンダーカバー、

樹脂リサイクル市場の現状（自動車業界）	
2 各社の再生樹脂に関する取組み	
	樹脂再生材の使用例
トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 販売店等の廃バンパー回収・再利用技術開発等により、リサイクル材を積極的に活用</li> <li>● 90年代から回収を開始し、近年では年間約100万本を回収・リサイクル</li> <li>● リサイクル材の部品への採用事例としては、エアシールドプレート、フロントフロアカバー、ディファレンシャルサポートカバー、エンジンアンダーカバー、リヤフロアカバー、ディファレンシャル前エアプレート、フェューエルタンクプロテクタ等に及ぶ</li> <li>● SAIではエコプラスチック・リサイクル樹脂材の使用率20%を達成 (当社製造・ベレットを使ってつくられたパーツ30品目を活用)</li> </ul>
日産自動車	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 販売店等から回収した廃バンパーをアンダーカバーや内装部品といった部品に活用</li> <li>● 廃バンパーから製造した樹脂再生材を新車バンパーにも活用</li> <li>● リーフでは、廃バンパーや内装材といった自動車部品だけでなく、廃家電やペットボトル、ボトルキャップから製造した再生材を多様な部品に活用。バンパーやエアロン、ナンパープレートホルトホルダーは廃バンパー、廃家電から製造。</li> <li>● PETリサイクル材は室内のクロス表皮等に採用</li> </ul>
本田技研工業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 修理・交換などで発生する使用済みバンパーを全国の販売店などから回収し、バンパー材(塗装剥離後)やアンダーカバー、スプラッシュガード等に活用</li> <li>● 使用済みバンパーの回収数は2015年度で約16万本に及ぶ</li> </ul>

出所:各社の報道資料およびホームページより

ISONO

スプラッシュガード等に活用しており、使用済みバンパーの回収数は2015年度で約16万本に及びます。



樹脂リサイクル市場の現状を説明します。解体の容易化、コスト低減、部品や素材の回収の広がり、リユース部品の供給拡大ができると、自動車メーカーもインセンティブで市場構築ができる。再生材の供給拡大をすると、設計製造段階でスペックが出来て、さらに自動車メーカーが再生材を積極的に活用する。また、リサイクル料金の割引など、再生材利用車へのインセンティブが付与されると思います。

## 6. 家電業界の動向

**樹脂リサイクル市場の現状 (家電業界)**

各社の行動指針と資源循環に関する取組み

各社	プラン/計画名	再生樹脂/資源循環に関する取組み
Panasonic	環境行動計画「グリーンプラン2018」	<ul style="list-style-type: none"> <li>再生樹脂の利用範囲拡大の取組み</li> <li>再生材の「高機能化」、「外観品質の向上」の取組みを強化</li> <li>高機能化(耐熱化、電感化)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>再生樹脂→耐熱・電感部品</li> <li>外観品質の向上(インジウム加工)</li> </ul> </li> <li>再生樹脂→外観部品</li> <li>再生樹脂材使用率                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ドラム式洗濯乾燥機: 約26%</li> <li>スチームアイー乾燥器: 約20%</li> <li>サイクロン式掃除機: 約17%</li> </ul> </li> </ul>
三菱電機	長期ビジョン「環境ビジョン2021」	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチック自己循環製品の拡大を目指す「自己循環リサイクル100%」</li> <li>「ハイパーリサイクルテクノロジー」: 異なる種類のプラスチックを破砕・自動選別して自己循環</li> <li>家電製品の70%を廃家電からリサイクル可能との予測</li> <li>「大規模・高純度プラスチックリサイクル」の根本気</li> </ul>

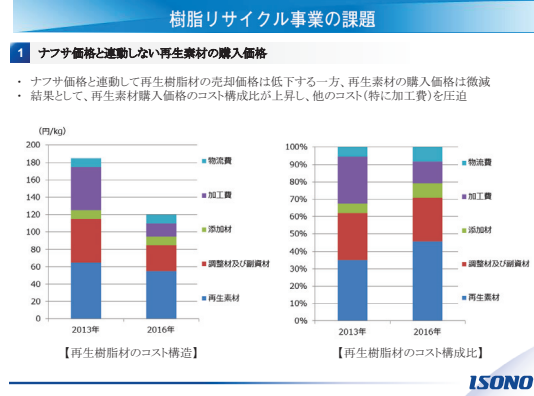
出所: 各社の報道資料およびホームページより

ISONO

家電業界では、パナソニック株式会社は環境行動計画「グリーンプラン2018」で、再生樹脂の利用拡大を方針として掲げ、同様に、三菱電機株式会社は「環境ビジョン2021」でプラスチック自己循環製品の拡大と自己循環リサイクル100%を目指し、「ハイパーリサイクルテクノロジー」では、異なる種類のプラスチックを破砕・自動選別して

自己循環することを目指します。家電製品の70%は廃家電からリサイクル可能と考えています。

## 7. リサイクルの課題



課題は、ナフサ価格と再生素材の購入価格が連動しないことです。粉砕品や成形不良品などの再生素材の価格はナフサ価格と連動しません。ナフサ価格は、2010年はキロリットル当たり5万円、2014年は7万円、2016年は3万円、2018年は5万円とここ数年変動が激しいですが、再生材価格は変動していません。すなわちバージン材のナフサ価格の変動が、再生材の競争力が左右するという事です。



リサイクル材の販売価格の安定と再生樹脂材の調達コスト低減のため、業界を越えた廃プラスチック回収システムを構築して対応しています。販売先の自動車メーカーには、ナフサ連動しない販売単価をお願いしています。再生樹脂のコスト低減は、回収の手間を効率化することに加え、物流費の削減に他事業者と連携して進めています。

業界を超えた廃プラスチック回収システムの構築

■ 使用済み自動車から生まれる廃プラスチックの有効利用(自動車解体業者との取組み)



ISONO

廃プラスチックには写真のような異物が付いており、自動車解体業者から破碎メーカーには、積載効率が悪い状態で引き取られます。空気を運ぶような低積載率です。

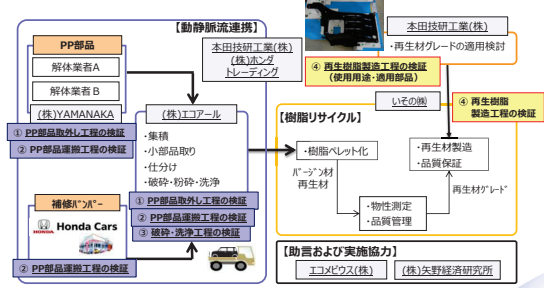
8. 環境省の実証事業

弊社は、環境省の低炭素型3R技術・システム実証事業に2015年、2016年、2017年と3年連続で取り組んでいます。

2015年の取り組みは、PP部品を解体業者A、B、株式会社YAMANAKAから回収し、補修バンパーはHonda Cars株式会社から回収、これらを株式会社エコアール(以下、「エコアール」)で、集積、部品仕分け、破碎をおこないます。どうやったら取り外し工程が少なくなるのか、運搬工程が少なくなるのか、破碎・洗浄工程がうまくいくのか、エコアールが検討したうえで、弊社に納入し

環境省 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業

1 動静脈の連携による自動車樹脂部品リサイクルスキームの構築



出所:「平成27年度環境省委託事業 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業」

ISONO

ます。弊社では、物性を測定し、材料が使用できるか検証するため、再生樹脂製造の検証、樹脂製造工程の検証をホンダと連携しておこないます。

環境省 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業

■ 解体済み自動車との混載による輸送効率化(自動車破碎業者との協力)



■ 集荷拠点となる解体業者での集積破碎(自動車解体業者との協力)



出所:「平成27年度環境省委託事業 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業」

ISONO

破碎事業者からの物流費を削減するため、解体済みの自動車と混載で、50~90キログラムの樹脂を混載する「ついで物流」で効率化を図っています。集めてきて、集荷拠点となる解体業者で集積・

環境省 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業

■ 本事業で回収した使用済み自動車由来のバンパー材から試作した自動車向けアンダーカバーの生産コスト

- ・ 市況により、再生材との比較対象であるバージン 価格が変動
- ・ コンパウンドなしの再生材の場合、バージン材との価格差は、**-13.2~+6.8円/kg**
- ・ コンパウンド再生材の場合、バージン材との価格差は、**+47.1~+59.1円/kg**



出所:「平成27年度環境省委託事業 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業」

ISONO

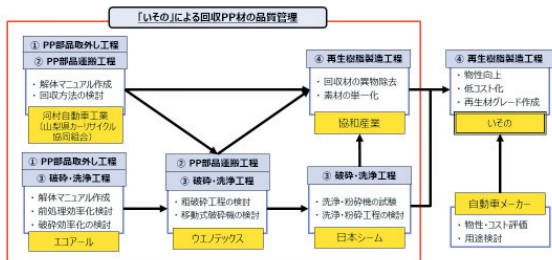


破碎を実施して、物流形状をよくしています。

自動車のバンパーカバーからリサイクルしたエンジンアンダーカバーのコストは以下の通りです。初年度の2016年1月時点では、バージン材が190円に対し、調整剤なしの再生材は、6円80銭高く、調整剤を添加したものは、47～59円高かったです。全く市場価格に合わず、1年目は「なかなか難しいね」という結論でした。

環境省 平成28年度低炭素型3R技術・システム実証事業

2 使用済自動車由来PP部品の効率的な再生材生産プロセスの検証



出所：「平成28年度環境省委託事業 平成28年度低炭素型3R技術・システム実証事業」



2016年度は、一部業者を変更し、素材の安い購入方法、運搬方法などを改善しました。

環境省 平成28年度低炭素型3R技術・システム実証事業

■ 破碎前作業および粉碎・洗浄効率化（自動車解体業者・破碎機メーカーとの協力）



■ アンダーカバー向け再生材グレードへの自動車メーカー4社の評価（自動車メーカーとの協力）

3R-D	3R-D	シャトル-集積機	引込機	引込機	引込機	評価項目				コスト	検証可否	
						品質	生産性	コスト	環境			
A社	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	可
B社	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	可
C社	○	△	△	△	△	×	×	×	×	×	×	可
D社	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	可

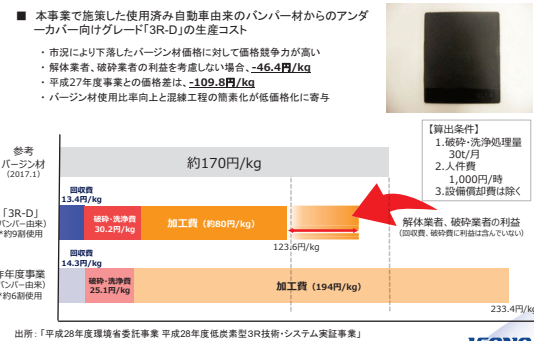
出所：「平成28年度環境省委託事業 平成28年度低炭素型3R技術・システム実証事業」



また、自動車解体業者と粉碎機メーカーと協力して、破碎前作業および粉碎・洗浄の効率化に取り組みました。

この結果、バージン材170円に対し、バンパー材の回収費を13円40銭、破碎・洗浄費が30円20銭、加工賃が80円に低減できたので、バージン材よりも46円40銭安くなりました。品質は新材と同等ながら価格が安いので、「これは使える」と活用の方向に向かっています。バージン材の使用比率向上、混練工程の簡素化、物流費の低減が寄与しました。

環境省 平成28年度低炭素型3R技術・システム実証事業



出所：「平成28年度環境省委託事業 平成28年度低炭素型3R技術・システム実証事業」



9. まとめ

まとめ

- いそはは再生樹脂の大手サプライヤーとして業界を牽引
- 自動車や家電業界を中心にリサイクル材の需要が増加
- 今後は自動車における再生材利用のインセンティブ導入にも期待
- 一方で、再生材原料の安価かつ安定的な調達に課題
- バージン材の市況変動や密度の低い成形品の輸送コストがネック
- 業界を超えて、リサイクルプロセス全体での効率化が必要
- いそはでは環境省事業に代表される他業界との協力を活発化
- 再生材に注目が集まれば、安定的な材料供給も達成可能



ISONOは再生樹脂の大手サプライヤーとして業界を牽引しています。自動車や家電業界ではリサイクル材の需要が増えており、今後は自動車における再生材利用のインセンティブ導入にも期待しています。これは、リサイクル材を使用した自動車のユーザーは、再生材生産のためユーザーの負担金が低減されるインセンティブと聞いています。一方で、再生材原料の安価かつ安定的な調達に課題を残しています。バージン材の市況変動や密度の低い成形品の輸送コストがネックであり、業界を越えてリサイクルプロセス全体の効率化が必要です。

ISONOでは環境省事業に代表される他業界との協力を活発化していきます。再生材に注目が集まれば、安定的な材料供給も達成可能です。ISONOの苦難の歴史は、バージン材が安い時期が長く、その時期は「再生材は高い、悪い」ので販売も不振です。利益率が低迷した時期もあったが今は

石油も高くなり、順風が吹いています。自動車メーカーに期待するのは、ナフサ変動に関わらない一定の単価での取り引きです。再生材は、グリーン購入、CO2削減に貢献しており、社会的信用と責任を果たすことへの貢献は大きいと思います。環境によってリサイクル業は右往左往しますが、「地球に恩返し」という企業理念を持って、ISONOの発展につなげていきたいと考えています。

### 【質疑応答】

**竹野**：回収費、破碎費、加工費など、具体的に物流の改善は、どう進めましたか

**河田**：物流コストについては、空気を運ぶようなものは、近場でお願いし、破碎して密度を抑えた状態で物流コストを下げました。洗浄は、メインにELV (end of life vehicle：廃棄車両) の関係は、解体業者に工程を一連で実施いただいています。金属、異物は弊社内の工場、金属分別、洗浄します。今の流れでかなり精度はアップしています。基本的に解体業者に実施頂き、弊社は、品質管理のうえで、必要なときには同じ工程を実施しています。

**竹野**：配合はどうしていますか

**磯野**：工程を経て分別できたものは、顧客のニーズに合わせて配合しています。事前に生産を確認することで、工程内で発生する不適合品の確率が減って、物流、品質対応など無駄なコストが低減できました。

**藤井**：年間1.5万トン、年商100億円は、業界では大きいと思うが、会社の規模はいかがですか

**磯野**：トータルで年間5万トンで、うち1万5,000トンが再生材です。残りの3万5,000トンはバージン材です。全国的にも業界トップクラスの規模です。

**今村**：2015～2016年のコスト低減で、バージン材の使用比率向上とありますが、「リサイクル材」とうたうために、バージン材をこれ以下に抑えないといけないとか、そういう基準がありますか

**河田**：それは顧客との取り決めが多いです。

**今村**：このときはたまたまバージンの市況が下がっ

たときだったので、たくさんバージン材を入れれば、原価が下がるんでしょうが。

**河田**：基本的には、再生材よりはバージンのほうが高いので再生材です。顧客がリサイクル材を要望する理由は、グリーン調達だけです。車にしろ、家電にしろ、コストとグリーンの両立で要望され、再生材とバージン材の品質と物性の調整は、弊社が許容範囲内で調整します。

**中沢**：再生材の調達対象は増えるので、調達コストが下がるのではないですか。

**河田**：逆だと思います。「ごみを少なくしなさい」という状況で、リサイクル材の発生量が少ないです。また、産業廃棄物も出さないようにしていますので、以前に比べると、逆に減ってきています。

**中沢**：「プラスチックごみが廃棄され、それが海を荒らす」といわれますが、その対応のため、全部貴社と周辺企業に持ち込んで処理するのではなく、地域地域で処理して、小さな1次処理の工場が全国にできればいいと思いますが、そういうことでもないですか。

**河田**：1つの市に2～3軒業者があるそうで、回収するコストの量と処理の問題だと思います。例えば、「毎月、1社10トン車が集まりますよ」ということなら、1社ずつコンスタントに回ってもらってきますが、倍に増えたり、半分に減ったり発生量のばらつきが大きい。量と件数のバランスが難しい。

**中沢**：量があっても、例えばトラックに積める量は決まっていますから、安いものをいっぱい運んでも効率が悪い。運ばずに処理する仕組みを作ることにはできないということでしょうか。

**河田**：発生する場所で1拠点ずつ処理業者があり、リサイクル後に発生場所に返して使ってもらえるのであれば、全然問題ない。それが使ってもらえるかが問題です。「うちは要らないよ。」といわれるとトラックでどこかへ行ってしまふ。そうすると「A社、B社、C社から集めた材料を調査して、X社へ売っていきこう」となる。需要と供給先のバランスがいちばん問題です。苦労しているのは、顧客から「ISONOの材料はいいから、ください

よ」と言われても、供給が担保できない。なぜかという、「発生するものがどんなものか分からない、量が分からない」からです。逆に、発生元から「いっぱいあるんだけど引き取って」と言われても、納入先がなかったりする。このバランスがいちばん難しい。

**磯野**：発生するものにかに価値があるかです。価値があれば、「物流費を抑えて、粉碎、減量処理をして弊社に持ってきてください。これだけのお金で買います」と取引が成立しますが、残念ながら、弊社が欲しい製品が市場に出てくることは少ない。業界には競合がいて、「ここから出るものはここ、ここから出るものはここ」と決められて、「ポストコンシューマー」といわれる自動車製造工場から出てくるものについては、業者、どの業者が何を取るかがはっきりしています。かつては、皆が欲しがらないものは、全部中国に行っていたが、今では、「廃プラを輸入しない」と宣言したので、行き所がなくコンテナで山積みになったりします。うまく循環がいなくなっているのが現状です。新しいようで古臭い商習慣があり、入手が難しい。

**今村**：欲しいものというのは、バンパー、ワイパーとか、品質が安定しているものですか。

**磯野**：そうです。加えて、家庭から出てくる洗面器、ごみ箱、家庭用具、キッチンの三角のごみ箱などです。ペットボトルのキャップは、弊社もボトルキャップ運動をやっていて、非常にありがたい。PPとポリエチレンでできていて、PPとポリエチレンを混ぜたものは、自動車部品に使われています。ユニー株式会社の中中部地区で出るキャップは全部弊社にいただいて、月7トンになります。以前は近くの豊合から100トン入手していたが、社内でリサイクルしており、今は月4～5キロしか出てきません。

**新宅**：工程内不良の比率は減っているわけですね。

**磯野**：少なくなっています。ティア1でやっているのは豊合だけで、ほかのティア1はわれわれの同業者に出しています。

**河田**：ホンダも同じで、工程不良品は0にしたい

というのが永遠のテーマで、「工程不良品は本当に要らないものだ」という考え方です。

**磯野**：ELVで自動車解体は手解体が必要になっています。手間暇がかかって高い材料になりますが、ぎりぎり採算が合いますので、月100トンで自動車解体業と連携しています。遠くは沖縄、北海道から素材がきます。

**新宅**：家電メーカーはいかがですか

**河田**：家電も、彼らの工場の中で手分解や比重分離してPPだけに分けていただいています。分別のレベルが上がってきています。

**磯野**：家電メーカーは、自社でグリーンリサイクルして、自社内で製品から製品に戻っている事例が多い。

**河田**：もともと逆有償からスタートしました。処理して有価になれば、マージンをつけて販売します。家電リサイクル法です。車の場合は、ASR (automobile shredder residue：使用済み自動車から生じる最終処分物であるシュレッターダスト) は、お金になっていない。自動車リサイクル法も、ASR、エアバッグなどフロン処理の対象に廃プラも入れれば、お金が回せるので活発になります。法律を変える必要があります。

**中沢**：自動化や、いろんなチェーンを作れば、作業が速くなると思います。

**磯野**：トヨタは、自動車リサイクル研究所があり、「穴を開けると、ガソリンが出てくるよ」とか、「どこの配線、ハーネスを取ると簡単に切れる」とか、分別しやすい設計を検討しています。バンパーもここを取れば、バンパーの形状で取れるとかです。金属選別機とか開発できればいい。

**河田**：自主事業で、バンパーを車種別に、秒を測り、ビデオを撮って、取りやすさの検討をしています。

自動車メーカーに提案しており、リサイクルしやすい車ができることを、期待しています。

**竹野**：自動車修理のバイトをしている学生が、オイルをこぼしたりするのを、道具を換えるとスピードが速くなり、評判がいいようです。改善工夫でコストを下げています。

**浜松**：上海とタイに出られている目的は何ですか。

**磯野**：上海では再生は全くやらず、ABSの加工をしています。フロントグリルとかめっき部品用です。タイは月300トンですが、全部PPの単純再生です。

**今村**：事業という視点でいくと、海外と国内を比較するとどうですか。

**磯野**：上海、タイともに順調です。上海は、20年以上前に始めて、先見性があったと思います。当初、リサイクルで出たんですが、「まだプラスチックが少ない時代に何がリサイクルだ」と恥をかいて帰ってきましたが、いいパートナーに巡り合って、ABSとPPを始めました。

**中沢**：会社の歴史を見ると、1961年から始めていてかなり早いんですね？プラスチックめっきは、50年代の終わりから始まったわけですから。1950年代には、車は解体屋さんが解体して、金属部品がほとんどでした。10年前、例えば墨田区の立川辺りの車の解体屋が集積していた地域がなくなり、一方インドネシアでは解体業が100軒並んでいました。

**磯野**：中古パーツは、日本でも厳然として成り立っています。中古パーツの取った後、センターピラーとか、ドアトリムとか、中古としては取れませんが、そういうものを弊社が取って、プラスチックだけをいただきます。中古パーツは中古パーツで価値がある。丁寧に取って、現行の車に付けていくという商売でしょうから、

**新宅**：88年に共同事業で新材と再生材のコンパウンドが始まったそうですが、それまではリサイクル材だけのビジネスだったんですか。

**磯野**：ほとんど単純リサイクルと、よく入れてもタルクぐらいでした。

**河田**：弊社は、自動車メーカーがPPのコンパウンドを車業界に出すため、立ち上げましたが、技術者の交流を通じて、配合技術などをリサイクル材にうまく活用できた。どちらかというと、コンパウンドはコンパウンドだけの業界と、再生材は再生材だけの業界というのが多いと思いますが、弊社はまず、コンパウンドに進もうということ

始めたが、コンパウンドだけでなく、リサイクル材も併用した。

**磯野**：技術を教えてくれたメーカーは、今は新材コンパウンドはやっていません。ポリプロピレンの技術を提供して、事業としては完全に撤退しました。

**新宅**：最初のころはリサイクル材を売った売り先がコンパウンドをしていたんですか。

**磯野**：売り先ではなく、仕入先です。もともと仕入れたところが「さらに自動車向けのコンパウンドをPPでやるよ」と立ち上げた新たな事業に弊社が加わりました。ただし、競合で不採算になってしまい、事業から撤退しました。弊社は、はしごをかけられて、取られたというような感じです。ただし、技術は残りました。いろいろな再生の材料と何の材料を配合すれば、こういうものになるというのを学びました。

**河田**：弊社の適正材は、メーカーさんのバージン材に品質では引けを取りません。リサイクル材で物性を確保しますので、「適正材」と謳っています。本来ならば性質の「性」ですが、「正しい」という字を書いているのもそのためです。材料も、十分正しい材料ということです。

**中沢**：いわゆる純正部品と同じという意味ですね。

**河田**：自動車部品では、持ってきていただければ、全く同じものを作ります。コンパウンド技術はあり、なおかつ、リサイクル材を活用します、メーカーはできないリサイクル技術も持っています、これが弊社の強みです。