Deloitte.
デロイト トーマツ



扉 Vol. 37
Strategy insight for chemical industry
サーキュラー時代の新・自動車リサイクル

はじめに

サステイナビリティの概念が普及しはじめ、様々な事業者がサーキュラーエコノミー（以下、CE）、カーボンニュートラル（以下、CN）における貢献余地を本格的に検討している。モノづくりのスケールが大きく、環境負荷の高い自動車業界も例外ではなく、これまで「あまり日の当たらない領域」とも言われていた自動車リサイクル業界が、改めて注目を集めている。

日本の自動車リサイクル業界は、自動車リサイクル法を基盤として2005年頃から「適正処理」が進められてきた成熟業界でありながら、中小様々な解体事業者が、それぞれで処理を行う寄り合い所帯のような業界でもあり、旧態依然としている感は否めなかった。故に、これからのサステイナビリティ時代の到来において、業界全体での進化／革新が期待される領域であり、それらが実現されなければ、「日の当たらない領域」に逆戻りしてしまうだろう。

本稿は、こうした自動車リサイクル業界の全体俯瞰を導入としながら、実際の自動車リサイクルの現場工程の具体取材で得られた情報を踏まえ、自動車リサイクル業界が向かうべき将来の考察を試みたものである。

サーキュラー化のトレンドと自動車リサイクル

1-1. サーキュラーエコノミー進展と自動車リサイクル高度化の意義

CEという概念は欧州発で提唱され、最近はその重要性の認識が定着してきた。まずは改めて、CE進展の意味合いと自動車リサイクル業界への影響／高度化の意義について考察したい。

大きな文脈では、資源枯渇への対応がCEの本質である。経済発展を背景に、各国各都市における資源利用量は今後も拡大していくことは自明であるが、資源埋蔵量が限界に近づくにつれて資源の希少性が高まり、これまでの価格水準では資源が使用できなくなっていく。そうした事態に陥らないようCEへの取り組みは不可欠であり、これにより資源の希少性が一定水準で維持され、社会維持のコストが保たれることとなる。

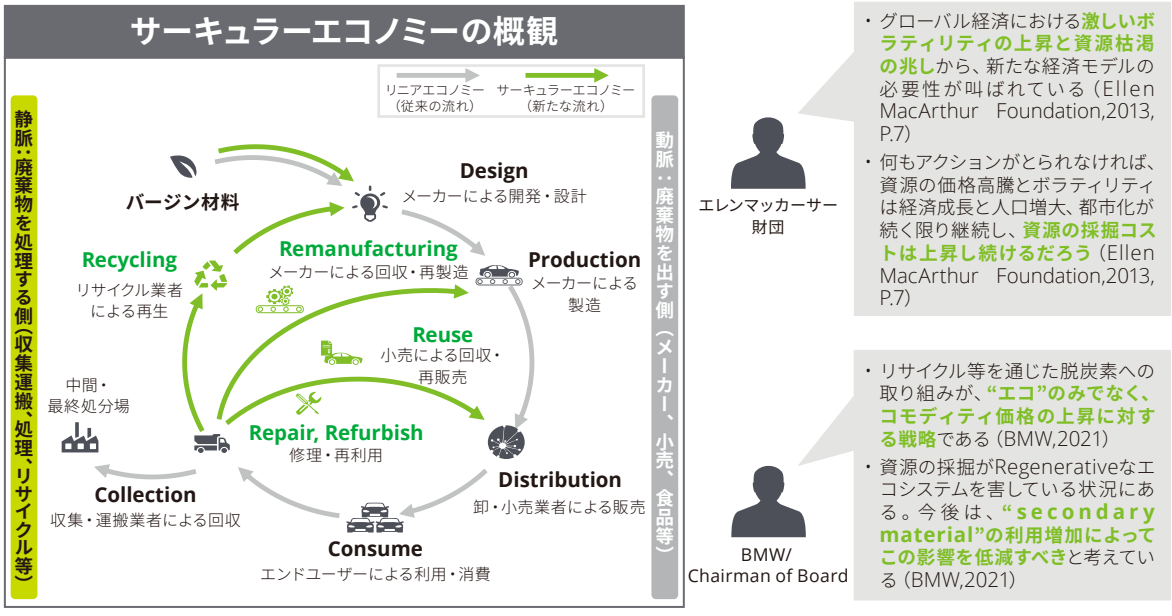
また、近年ではCNとの連関性もCE推進の1つの題目として挙がっている。GHG排出量の算定は、算定条件の設定により結果が大きく異なるため公的なコンセンサスは確立されていないものの、少なくとも、バージン資源製造時のGHG排出量と比較して、再生資源のGHG排出量は限定的であることはそのプロセスを踏まえると明白であり、よって再生資源の活用推進はCNへも寄与するといわれている。

こうしたCEの取り組みを効果的に進めていくにあたっては、資源消費量が多い分野に注力する必要がある。欧州のCE推進における指針となっている“サーキュラーエコノミーアクションプラン”においては、2020年段階での重点分野として「輸送」「建築」「消費財」などが設定されており、自動車産業は製造工程自体における資源使用量も多いことからその注目度が高く、CEの推進が求められている。

CEが進展しているか、という指標にはいくつかの考え方があるが、よく目にするものは「リサイクル率」の指標である。現在、自動車のリサイクル率は日本国内で80%を超えており、これはマテリアルやパーツとして何らかの用途向け（自動車以外の産業を含む）に再利用されている比率が自動車1台の重量あたりで8割を超えてきているということだ（図3）。

すなわち、自動車リサイクルという分野はそれなりに成熟しているといえるわけであるが、一方でこの自動車リサイクル率を引き上げていく取り組みは今もなお求められている。国内の年間廃車台数（リサイクル対象となる台数）は、2021年度で300万台を超える水準[1]であるが、例えば1台当たりの重量を1トンと仮定すると、年間で300万台×1トン＝300万トンの廃棄資源が発生することとなる。現在のリサイクル率は80%以上であるため、全体では240万トンを超える程度が再資源化されている状況である。一方で、60万トン程度は現状廃棄に回っているため、仮にこのリサイクル率が1%でも引き上がれば、3万トンもの資源が廃棄から再利用に回ることになる。

図1. サーキュラーエコノミー進展の意義



エレンマッカーサー財団

- グローバル経済における**激しいボラティリティの上昇と資源枯渇の兆し**から、新たな経済モデルの必要性が叫ばれている（Ellen MacArthur Foundation,2013, P.7）
- 何もアクションがとられなければ、資源の価格高騰とボラティリティは経済成長と人口増大、都市化が続く限り継続し、**資源の採掘コストは上昇し続けるだろう**（Ellen MacArthur Foundation,2013, P.7）

BMW/ Chairman of Board

- リサイクル等を通じた脱炭素への取り組みが、**“エコ”のみでなく、コモディティ価格の上昇に対する戦略**である（BMW,2021）
- 資源の採掘がRegenerativeなエコシステムを害している状況にある。今後は、**“secondary material”の利用増加によってこの影響を低減すべき**と考えている（BMW,2021）

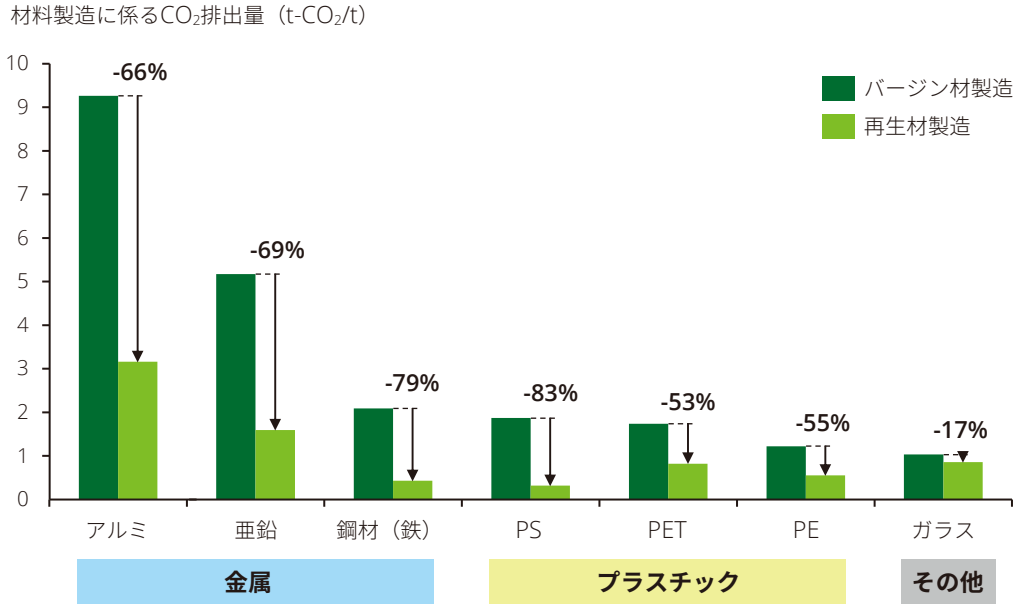
出所：Ellen MacArthur Foundation「Towards the Circular Economy（2013）」を基にDTC作成
引用：『Towards the Circular Economy（2013）』, Ellen MacArthur Foundation,2013,P.7、『BMW Group accelerates CO2 reduction and focuses consistently on a circular economy with the Neue Klasse』,BMW,2021を基にDTC翻訳

さらにここまでの数的試算は日本国内に限ったものであるため、世界全体で見れば、発展途上国を中心として自動車資源のリサイクル率改善の余白はさらに大きなものになるだろう。

自動車業界におけるCEの取り組みの具体化については、他分野と同様に、規制による強制力によってさらに進展していくことが想定されている。EuRIC（欧州リサイクル産業連盟）は、2023年現在リサイクル率が5%未満にとどまる自動車用樹脂に対して、そのリサイクル率を引き上げるために、「新車に搭載される樹脂のうち、再生樹脂の最低搭載比率を規制により指定する」取り組みを推奨している。そして、これに応える形で、欧州委員会はELV指令の改正案に再生樹脂の採用義務化を織り込む方向で検討を進めている。自動車用樹脂は、リサイクル率の高い金属と比較し、選別・再生に手間がかかるにもかかわらずその再販価格は低位にとどまっているため、リサイクル率はこれまで継続して低調であった。樹脂再生の進展は市場原理に任せることでは見込まれないことから、こうした規制によるリサイクル進展を促していくことになったものと思われる。

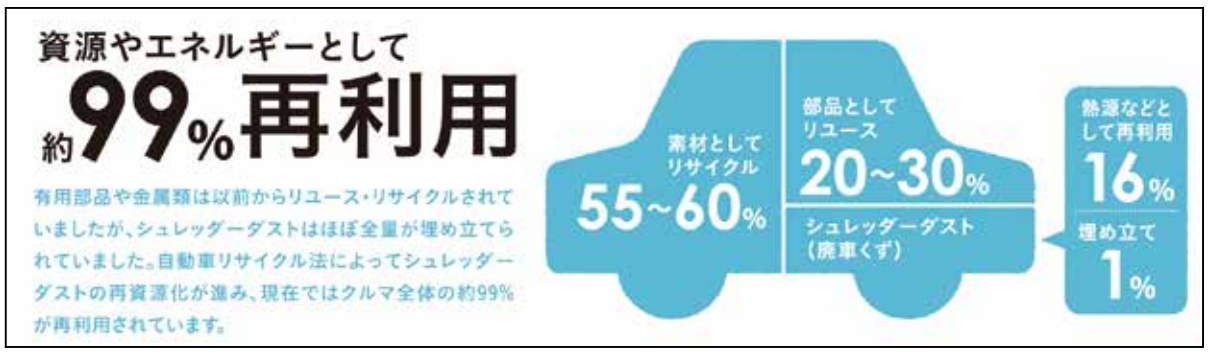
こうした規制化の動きを踏まえ、複数社の自動車関連企業から「樹脂等のリサイクルに適切に対応していかなければ、今後自動車OEMが求める品質の良い再生資源を安価に集めることができなくなる」という声が聞こえてきている。規制への対応を背景に、多くの企業が資源再生に注力して取り組むこととなり、その結果、さらなる自動車リサイクルの高度化が進展していくと考えられる。

図2. バージン材と再生材の製造時におけるCO_2排出量比較



出所：「成長志向型の資源自律経済戦略（本文）」（経済産業省）（https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/shigen_jiritsu/pdf/20230331_1.pdf）を基にDTC作成

図3. 日本の自動車再資源化率



出所：環境省HP（https://www.env.go.jp/content/000040411.pdf）を基にDTC作成

1-2. 世界の自動車リサイクル動向と関係者の思惑

このように自動車リサイクルへの注目が高まる一方で、世界の自動車リサイクルの進展度には、各国・地域の経済発展の度合に応じて明確な差が存在している。

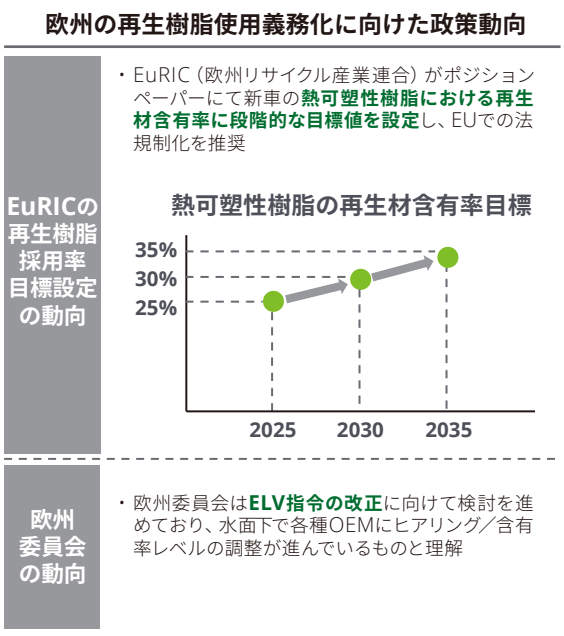
先進国においては自動車リサイクル産業は一定成熟しており、日本や欧州を筆頭にリサイクル率（マテリアルリサイクル）はおおむね８割を超える水準である。一方、途上国においては、リサイクル率はきわめて低い水準であり、廃車解体推計台数（解体され再資源化される車体数）も先進国に比べて少ない。これは廃車処理のスキームやリサイクルに関する法整備がなされていないこと、所謂インフォーマルセクターが回収や解体の大部分を担っていること等により、自動車リサイクル産業が未成熟であるためと推測される。

自動車リサイクルの高度化が一定進んでいるリサイクル先進国では、その進展は“国が主導する自動車リサイクル規制の普及”と“自動車OEMをはじめとした適正処理へのモチベーション”によるところが大きい。例えば日本では、2005年に施行された自動車リサイクル法を背景とした自動車リサイクルの登録・許可制度（正確には、廃車引取り／フロン回収／解体業／破砕業については自治体の許可が必要となる）が普及しており、標準的な解体手順なども含めて、適正処理に関する情報発信も進んでいる。また、大手自動車OEMをはじめとして、廃車の適正処理に関する研究も意欲的に行われている。取り組みが特に進んでいる企業群としてはトヨタグループが挙げられ、解体企業への資本参画も含めて取り組みが手厚い。例えば、豊田通商、愛知製鋼との共同出資により設立された豊田メタル[2]を通じて、トヨタ車を中心とした廃車解体～破砕／選別を行っているなど、他自動車OEMと比較しリサイクルへの取り組みでは一歩リードしているといえる。

また欧州では、欧州連合法におけるELV指令によって、自動車リサイクルの適正処理が具体的なリサイクル目標値を以て推進されている。欧州で自動車リサイクル率がトップクラスに高いフランスでは、国内法により欧州委員会のELV指令におけるリサイクル率目標（95%以上のリユース／リカバリー率、85%以上のリユース／リサイクル率）の達成をOEMに義務化させており、前述のELV指令におけるリサイクル目標の達成度も高い状態となっている。同じくドイツでも自動車リサイクル率は高い状態であり、フランスとならび、欧州における自動車リサイクル先進国といえる。これらリサイクル率の高い国の特徴として、特にOEMのおひざ元として古くから“拡大生産者責任”という概念が浸透していることが特徴であり、OEMが適正処理を推進していくことが当たり前であるというスタンスが形成されていることから、今後も自動車リサイクルへの高いモチベーションが維持されるものと想定される。

翻ってリサイクル途上国とよばれる地域では、規制が機能していないことや、適正処理へのモチベーションが低いことから、廃車解体台数が低水準に留まっている。

図4. 新車における再生樹脂搭載率規制予想



出所：EuRIC「Call for recycled plastic content in cars」を基にDTC作成

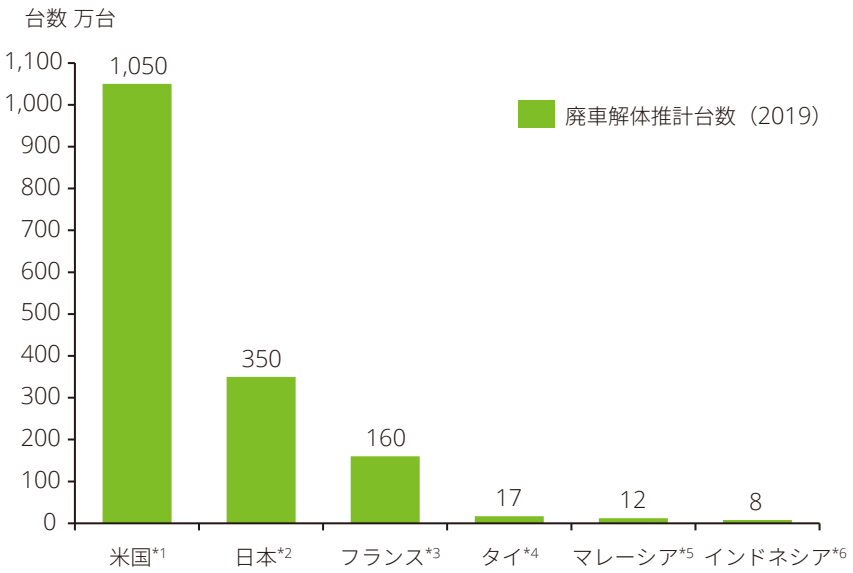
例えばインドネシアは、タイに次ぐASEAN第二位の自動車生産国でありながら、自動車リサイクルへの取り組みは未成熟である。インドネシアでは、「乗用車の車検制度・登録抹消制度」が存在しないことから、廃車という概念が国内に浸透していない。そのため、古くなった車でも走ることができなくなるまで使い続けられることが一般的であり、故障部品を入れ替えながら、また所有者も変わりながら30年以上使用され続けることが多い。こうした車両は劣化が激しく、リサイクルされた際の「資源価値」が、先進国でリサイクルされる車両と比較して低減しているため、自動車リサイクル事業者からすると事業を活発に行うモチベーションにはつながらない。

そして、仮に車が走れなくなったとしても、「自動車リサイクルの義務を課す法律」や「自動車リサイクルの適正処理の規定」も存在しないため、自動車の廃棄に責任を持つ主体がおらず、廃車を適切に資源に還すことへの積極性に乏しい。また、自動車から有価物資源を取り出すようなことが行われたとしても、「有害物質処理等の適正処理に対する法律や規則」が遵守されていないことから、自動車から発生する有害物質処理ですら適切に行われていない状況である（遵守を確認する監視機能や、違反した場合の実効的な罰則がないため機能不全に陥っている）。

また、廃車解体作業自体の熟練度向上などの取り組みも進みづらい状況である。業界構造として、インドネシアの一民族であるマドゥラ族が国内の自動車解体作業の9割以上を担っているなど、家族経営を中心とする零細事業者が大部分であり、設備や技術に乏しく手作業による解体が主であるため、その生産性や解体品質は低い。またそれらの改善や適正処理に対するモチベーションも低い状態である。

このような現状ではあるが、インドネシアにおける今後のリサイクル進展の見通しについては、DTCでは非常に前向きに捉えている。インドネシアでは2019年に公布された大統領令に基づいてガソリン車からEVへの置換えが大きく進んでいく見込みであり（2035年に全生産台数の30%をEVに、2050年にはガソリン車生産を中止）、これに伴いEV関連部品の代表例であるバッテリーのリサイクルスキーム構築が活発に議論されるなど、各事業者が参入機会を伺っている。EVのバッテリーは寿命が7〜8年と短く、OEMが製造者責任を持って追跡・回収可能であること、インドネシアが世界最大のニッケル産出国でありバッテリー領域で国際的なプレゼンスを発揮しやすいことなどが背景として挙げられる。こうしたEV注力の動きを契機に、既存の廃車リサイクルフローのテコ入れも将来的に行われるのではとDTCでは推測している。ガソリン車からEVへの置き換えを急速に進めるため、インドネシア政府は「ガソリン車への走行上限年数の設定」を検討しており、当該年数は20〜25年と現行の耐用年数より短く設定される見通しである。そうなれば、副次的に廃車が増えてくるため、廃車リサイクルフローの高度化が検討されるようになると思われる。また、これに加えて、インドネシアには古くからの放置車両が200万台以上存在しているといわれており、これらの車両も埋蔵資源のような状態であると考えれば、インドネシアにおける自動車リサイクルのポテンシャルは高いといえるだろう。

図5. 各国の廃車解体推計台数（2019）



出所：
*1：米国運輸省「Motor Vehicles Scrapped」
*2：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクルデータBook 2019」
*3：Eurostat「End-of-life vehicle statistics」
*4：自動車リサイクル促進センター「国内外における自動車リサイクル・資源循環に関連する基礎調査報告書」
*5：令和元年度経済産業省委託事業「マレーシアへの使用済自動車リサイクルインフラ及び使用済自動車管理システムの展開可能性調査事業報告書」（https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000096.pdf）
*6：平成30年度経済産業省委託事業「インドネシア国における使用済自動車リサイクル事業の展開可能性調査報告書」（https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000298.pdf）

このように、自動車リサイクルの先進国と途上国では成熟度が大きく異なり、規制の強制力や資源への意識の差が影響していることがわかる。途上国についてはこれまでインドネシアについて述べてきたが、ASEAN各国は概ねインドネシア同様の課題を抱えおり、自動車生産台数の多いタイ、マレーシアといった国々でもインドネシアに近しい状況にある。一方で、章の中ほどでも述べたが今後も途上国でこのような自動車リサイクルが未成熟な状況が続くとは考えづらく、各国での経済発展やEVの普及などを契機として、現在の先進国同様に処理の高度化が求められてくることは間違いない。

では、こうした自動車リサイクルの高度化はどのようなレベルを目指して取り組まれていくのであろうか。2章では自動車リサイクルの先端工程を捉え、現在の水準／今後の目指される方向性について俯瞰していきたい。

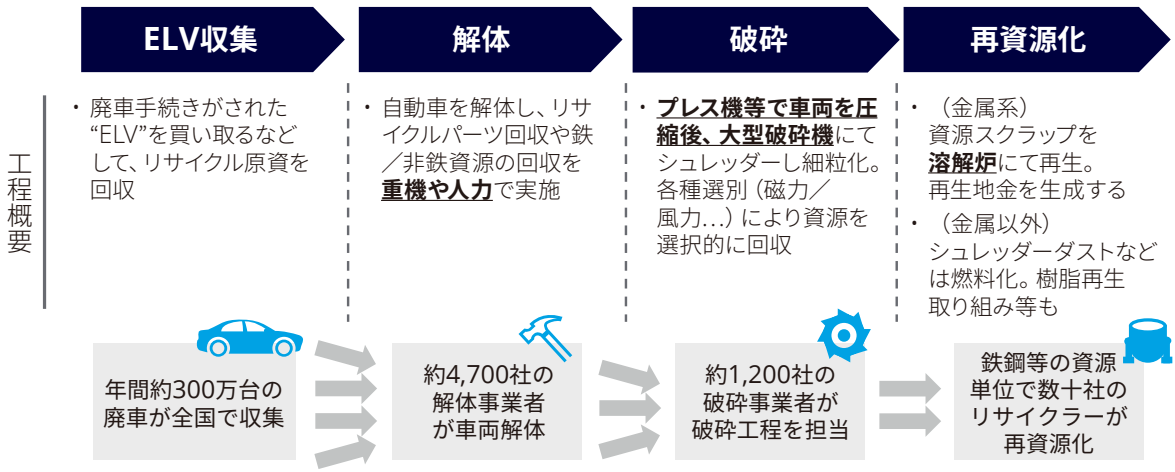
自動車リサイクルの最前線

2-1. 自動車リサイクルの標準的フローの全体像

本章では実際の自動車リサイクルのフローを概説し、自動車リサイクルという事業の概念と、今後の進化の方向性をご紹介できればと思う。本章の執筆にあたり、DTCでは沖縄県を本拠として活動している拓南商事[3]（以下、拓南社）への取材を行わせていただいた。本稿では、拓南社のご厚意のもと、自動車リサイクル工程をイメージと合わせてご紹介できればと思う。多くの事業ノウハウを含む工程のご紹介をご快諾いただいた拓南社に、ここで改めて御礼を申し上げる。

まず、自動車リサイクルは、廃車収集→解体→破砕→再資源化という４つの工程を経て、廃車が資源へと戻っていくフローが一般的であり、このフローは先進国のものを標準として今後も大きくは変化しない。この４ステップにおいて、先進国と途上国ではその作業の効率性が大きく異なり、リサイクル率にも差が発生している。大まかには、先進国ではこれらのフローが整備されており、大量同時処理や機械を活用した自動処理により、効率の良い自動車リサイクルを実現しているという事である。

図6. 一般的な自動車リサイクルフロー全体像



出所：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクルデータBook 2021」

2-2. 廃車収集工程

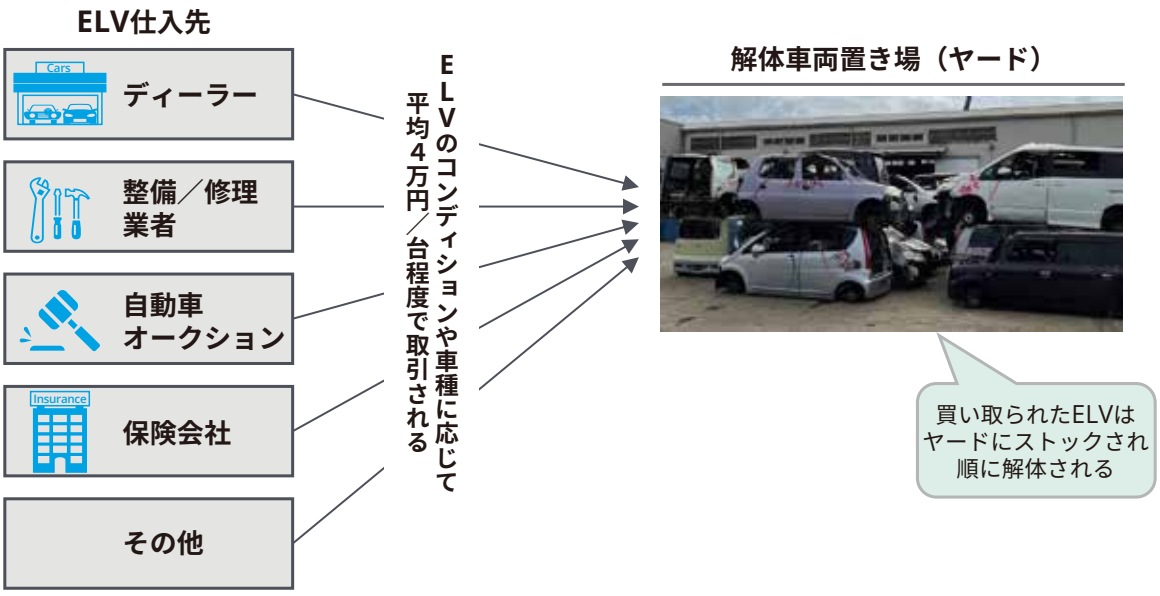
廃車収集工程では、廃車（エンドユーザーにて使用されなくなった車両）が買い付けられたのち、自動車解体工場の置き場（ヤード）までの運搬が行われる。

図７のとおり、廃車の回収元（廃車が持ち込まれる／売られる先）については、いくつかのパターンが存在している。先進国では、こうした車両の取引市場は発達しており、廃車を手放す主体（消費者など）においても「カーディーラーに廃車を持ち込む」形などが定着しているが、近年はとくにインターネットオークションなどの発達により、デジタルプラットフォーム上での取引比率が増加しているようである。

これらの廃車流通ルートの変化は解体事業者へ一定以上の影響がある。従来は家族経営的な解体事業者が多く存在しており、走れなくなった車を縁故などの独自ネットワークで収集することで解体業を営んでいた。廃車は本来全国様々な箇所で発生するうえ、その収集ネットワークも公に発達していなかったため、様々な小口事業者が独自に生計を立てるだけの余白があったといえる。しかし、現代においては、知名度の高い大手の自動車修理事業者やディーラーに廃車が持ち込まれるケースが増えており、前述の通りデジタル化も進展していることから、多くの解体事業者が“廃車の仕入れ競争”にさらされている。こうした中で、車をいかに効率よく集めることができるかが解体事業者の競争力の源泉となっており、家族経営的な解体事業者の数は減少傾向にあるといわれている。

その点で、今回取材を行った拓南社は沖縄県の小規模な解体事業者と共生する道を選んでいるユニークな事業者である。沖縄県では支配的といえる廃車取り扱い規模を有する同社であるが、この廃車収集の取り組みの大半を「沖縄県地場の解体事業者」に任せており、拓南社はこれらの解体事業者が解体した後の車両（一次解体済車両）の引き取りに注力している。拓南社自らが、一次解体前の車両を集めて一次解体を行うことは企業規模を踏まえると不可能ではないが、それらをあえて小規模事業者に任せることにより、拓南社が得意とする廃車の大量処理に集中でき、また地場の事業者との共生を実現しているのである。

図7. 廃車の回収パターン



出所：拓南社にてDTC撮影

2-3. 解体工程

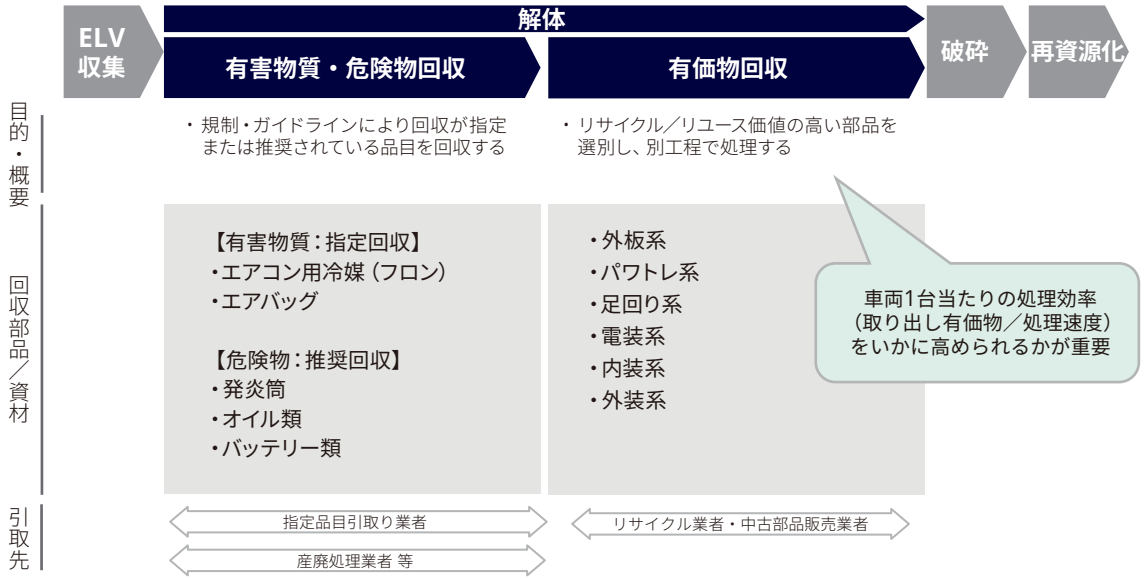
続いて集めてきた廃車の解体工程であるが、当該工程の目的は「①自動車リサイクル法で指定されている有害物質や危険物を回収する」「②人手で直接取り外すことで売却益が見込まれる有価物を回収する」という2つに大別される。前者については、エアコンの冷媒で温室効果が高いフロンの回収や、作動時の危険性が高いため解体作業中で必ず作動をさせておくエアバッグの回収などが該当する。

また後者の有価物回収においては、有価で売れる物品を回収することが目的となるため、解体事業者の解体作業ポリシーや車両の状態に応じて回収対象物が異なることが特徴である。一般的には、内燃機関車（パワートレインがエンジン）であれば、リユースまたはベースメタル回収目的の「エンジン」や「ドア」などの大物パーツ、または高価な貴金属やレアメタルを含んでいる「排ガス触媒」などは、有価物としての取引価格が高いため、必ず回収されるパーツであるが、「内装材」や取り出しに工数がかかる小さな「電子基板」などは回収されないケースが多い。当該工程は、重機（マルチ解体機とよばれる）を活用するなどして大手の解体事業者では効率化が図られているものの、基本的には熟練者による「取り出し可能な有価物の目利き」や「人の手でなければ取り出しづらい有価物取り出し」など、作業員の実工数を必要とする工程が大半であるため、いかに効率よく「売れるモノ」を取り出していくかが事業者にとっては重要である。

拓南社での取り扱い車両の大半は、前述のとおり一次解体済車両（ほかの解体事業者によって、事前に「有害物や危険物」「売れそうな有価物」が取り外された車両）であるため、比較的この解体工程の工数は少ないが、それでも他の解体事業者が取り外していないような内装部品（PP等）やガラスなどの回収を行ったり、一次解体で取り損ねた物品の回収（廃液等も含む）を行っている。とくにガラスについては沖縄県内のガラス事業者と連携して“琉球ガラスへの再生”に取り組むなど、有価物としての再販価値が低く採算性が厳しい樹脂やガラス等を回収することによるリサイクル率の向上にも気を配っている。

将来的に、この工程ではEVの解体車両が多く発生するようになると想定されており、解体現場ではEVに対しての新たな解体対応が求められることとなる。例えばEV特有のパーツである「リチウムイオンバッテリー」は火災の危険がある危険物品であり取り扱い難易度が高い。また「駆動用モーター」は構造が複雑であるため解体のノウハウに乏しい事業者では工数が非常にかかり、収益性に悪影響を及ぼすことが想定されるなど、EVの解体数量が増えてくる将来に向けて、これらの部品への対応は多くの解体業者にとって大きな課題である。

図8. 一般的な解体工程とその回収物



2-4. 破砕工程

解体工程で様々なモノが取り外された車両は、車両の原型をとどめているものの中身が少ない状態となるため、廃車ガラとよばれる。この廃車ガラを大型の破砕機（シュレッダー機械）に投入してさらに細かく破砕し、そこから出てきた破砕くずを、選別機械によってそれぞれの資源の形で取り出していくのが当該工程の全体像である。

まず、廃車ガラを破砕機に投入するための前処理を行うが、事業者によって保有する破砕機の仕様が異なるため、前処理も各社で対応が異なる。拓南社ではマルチ解体機を活用してこの工程に対応しており、熟練者がこの重機を手足のように操作することで、廃車ガラからさらに回収可能な物品（例.サイドミラーに付随する小型モーター、ハーネスなど）を回収しながら車両を押し潰してサイズを圧縮する。このようにサイズを小さくすることで、同社の破砕機に投入し易くなるうえ、車両の保管スペース低減にも寄与している。

図9. 一般的な破砕工程とその回収物

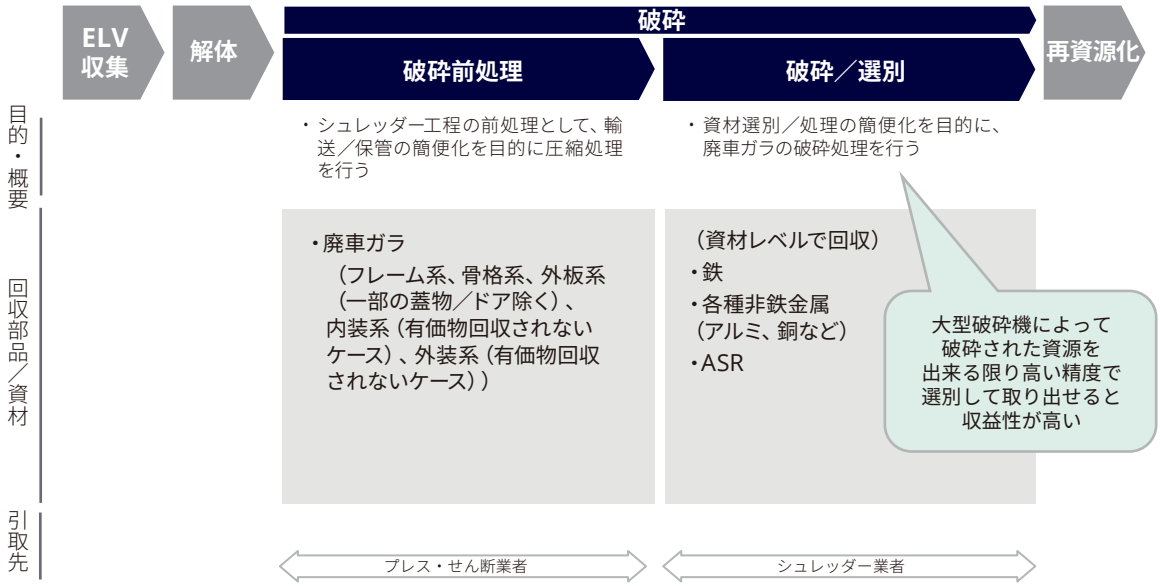
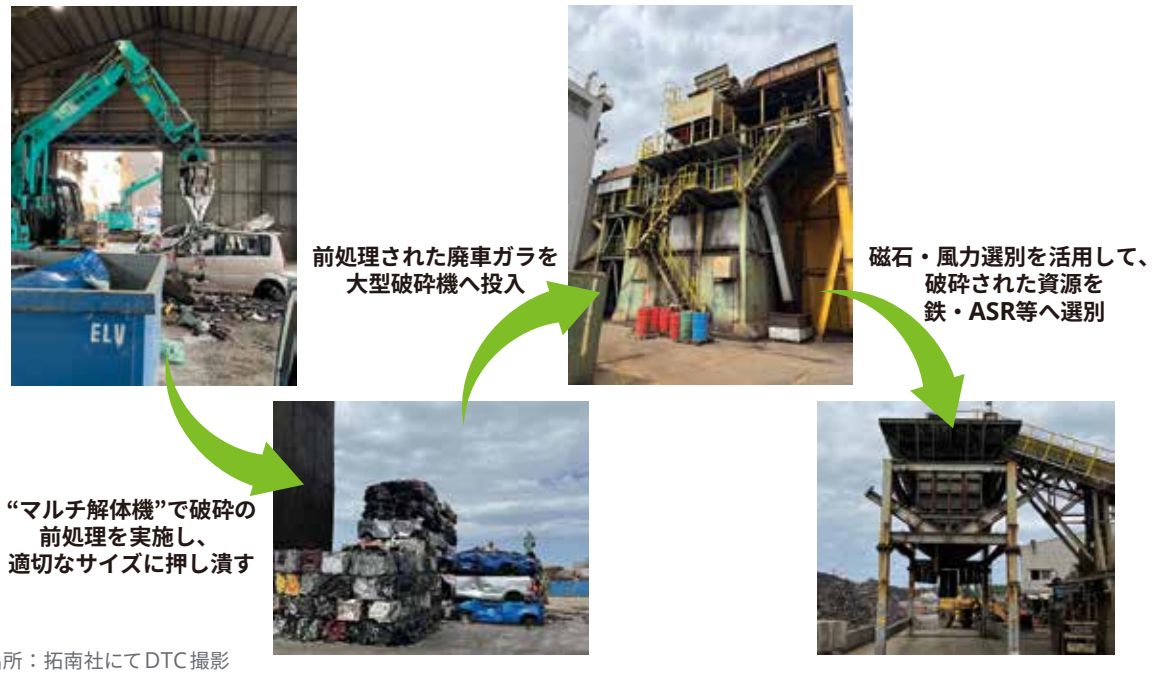


図10. マルチ解体機による解体の様子と圧縮後廃車ガラ



出所：拓南社にてDTC撮影

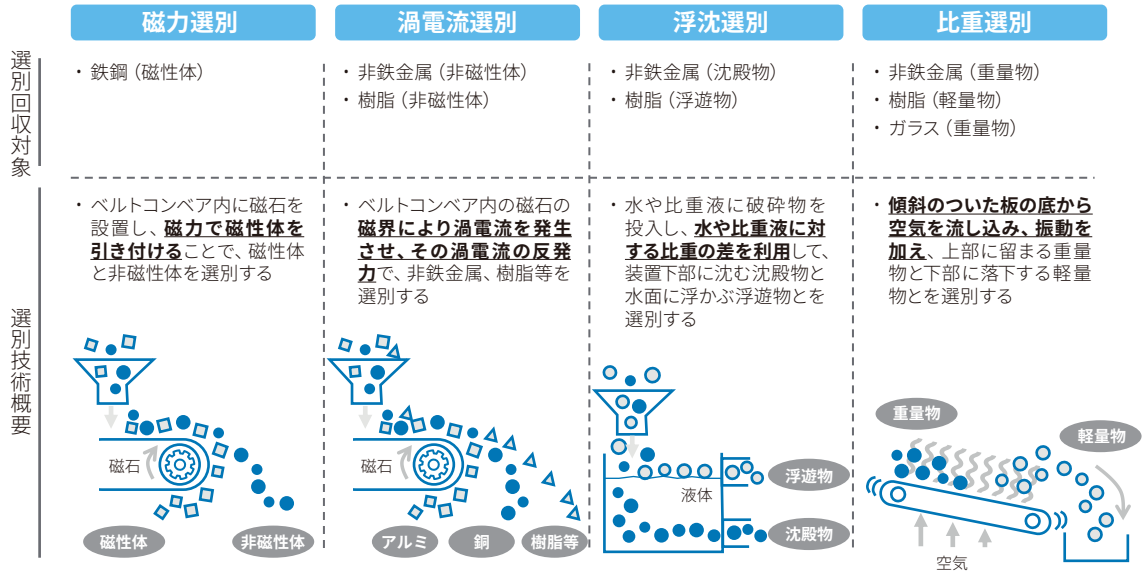
そして、この前処理後に大型の破砕機に投入され細かく破砕されたのちに、様々な選別手法により資源選別が行われる。図11にあるような複数の選別技術を適用しながら所望の資源を回収しており、磁力選別による鉄鋼製品の回収や、風力選別による樹脂や非鉄金属の分別など、各事業者によって独自の工程が構成されている。

選別工程を経て、鉄鋼や銅／アルミといった金属系資源が中心に取り出されるが、それ以外の選別後に残ったダスト成分は、ASR（Automobile Shredder Residue）とよばれる。このASRは、これ以上選別しても有用な資源が取り出しづらいいわゆる“残りくず”であるため、日本ではASRを効率的に処理するべく、自動車OEMを中心とした専門組織が存在している（THチーム、ARTチーム）。破砕事業者は、発生したASRをこの専門組織に引き取り／処理を依頼することができ、またその処理要請を自動車リサイクル促進センターがとりまとめて各組織にASR処理を振り分ける（実際には、これら組織が契約する“指定取引場所”として認定された各事業者が処理を実施）仕組みが成立している。ASRは有価物資源に換えることが困難であるため、主にセメント原料の代替や燃料代替として利用されることになるが、処理コストは自動車リサイクル料金から賄われており、これによりASR処理の経済性が成立している。

拓南社は、これまでに挙げたような破砕工程を有しており、解体から破砕まで一貫して対応可能な事業者である。また同社では樹脂製バンパーおよび内装樹脂材（PP由来品）を処理する専門のラインを、主要破砕ラインとは別で有していることも特徴的である。樹脂部品は自動車に数多く使われているが、小物部品が中心で、個別に取り出して処理をするには効率が悪い部品の代表格とされている。一方で、前述の破砕機にかけてしまうと様々な樹脂種別やシュレッダー屑が入り混じり選別に苦労するため、破砕事業者は樹脂をそのまま取り出すことをあきらめ、ASRとして処理する方向で対応していた。

その点拓南社では、解体工程から一貫して処理を行うことができるため、解体工程にて樹脂バンパーを取り外して、樹脂バンパーのみを破砕処理するラインを構築している。樹脂バンパーは数ある樹脂部品の中でも外装に使われていることから比較的容易に取り外せるうえ、樹脂部品としては重量があり（3~5kg）、各社の樹脂バンパーの母材はPPで構成されるケースが大半であるなど、専用の処理工程を設けても経済性を担保し易い部材といえる。同社では、この樹脂バンパーを専門に処理する専用破砕機を開発のうえ導入しており、樹脂のリサイクル率向上にも貢献している。

図11. 主要な選別技術



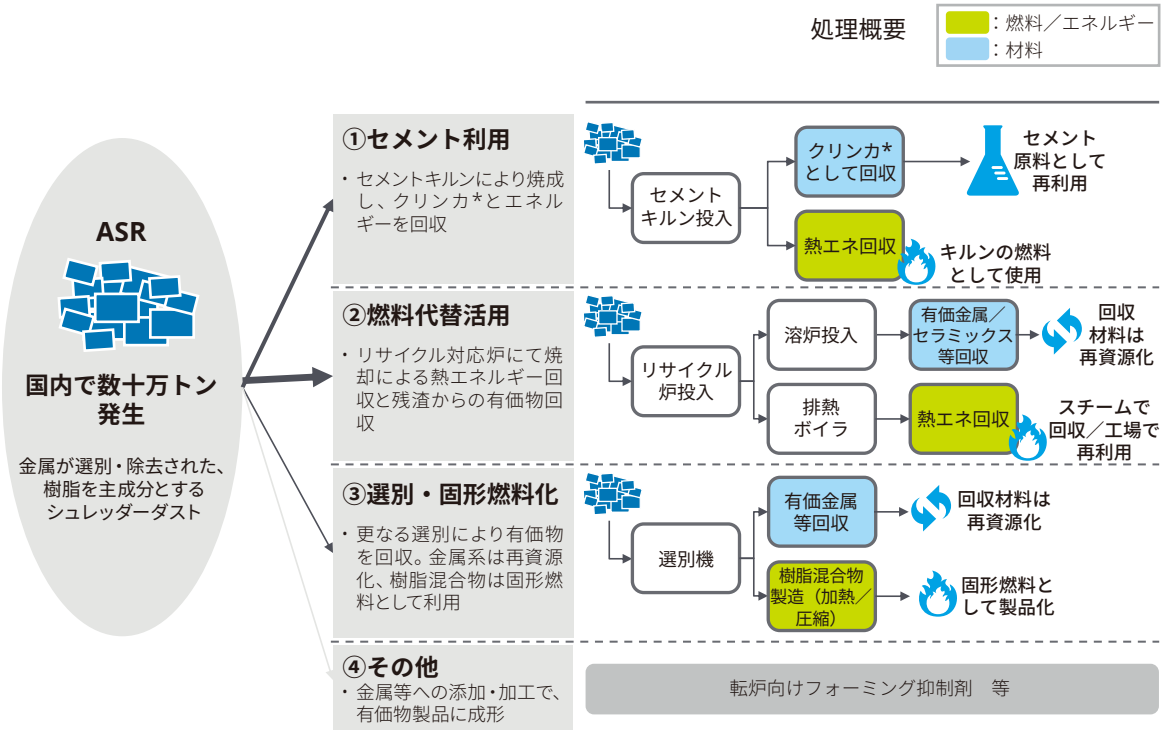
2-5. 再資源化工程

最後に破砕選別により取り出された各種資源を再資源化する工程であるが、この工程は資源の種類によって、再生工程そのものならびに再生を行うプレイヤーは様々である。

金属資源の代表である鉄鋼は、解体～破砕までの工程で出た鉄スクラップを鉄鋼資源リサイクラーが引き取り、再生を行っている。鉄鉱石から鉄鋼を作る「高炉」ではなく、鉄スクラップから鉄鋼を作る「電炉」においてスクラップ品が原料として用いられるため、いわゆる電炉メーカー＝鉄鋼資源リサイクラーである。電炉メーカーは、市中から発生する鉄スクラップを広く集めることで規模の経済を利かせているため、自動車由来の鉄鋼のほかにも建材から発生する鉄スクラップなど、様々な産業から発生する鉄スクラップが一緒くたになって電炉にて再生処理がなされる。

一方で、樹脂のような資源については、大きくは「①単一樹脂種のフレークとして再生」または「②ASRとして燃料化」に処理が分かれることとなる。先に述べたような、樹脂製バンパーとしてPPが取り出されるような工程を経る場合は前者に該当する。この場合、単一の樹脂を破砕して樹脂フレーク状態に処理し、それらを樹脂リサイクラーが引き取り、バージンの樹脂と混ぜて品質を一定以上に引き上げたうえで、再生樹脂として市中に販売されることとなる。後者のASRとして燃料化される樹脂については、単一の樹脂として取り出しきれずに破砕工程で処理された樹脂混合物（ASR化した少量多種の樹脂）を指している。例えば、拓南社ではASRの中から金属類を選別して固形燃料化する処理をしており、これを関係会社の拓南製鐵[4]で使用することによって、鉄鋼の資材であるコークスの代替品としての再利用を行っている。

図12. ASR処理スキーム

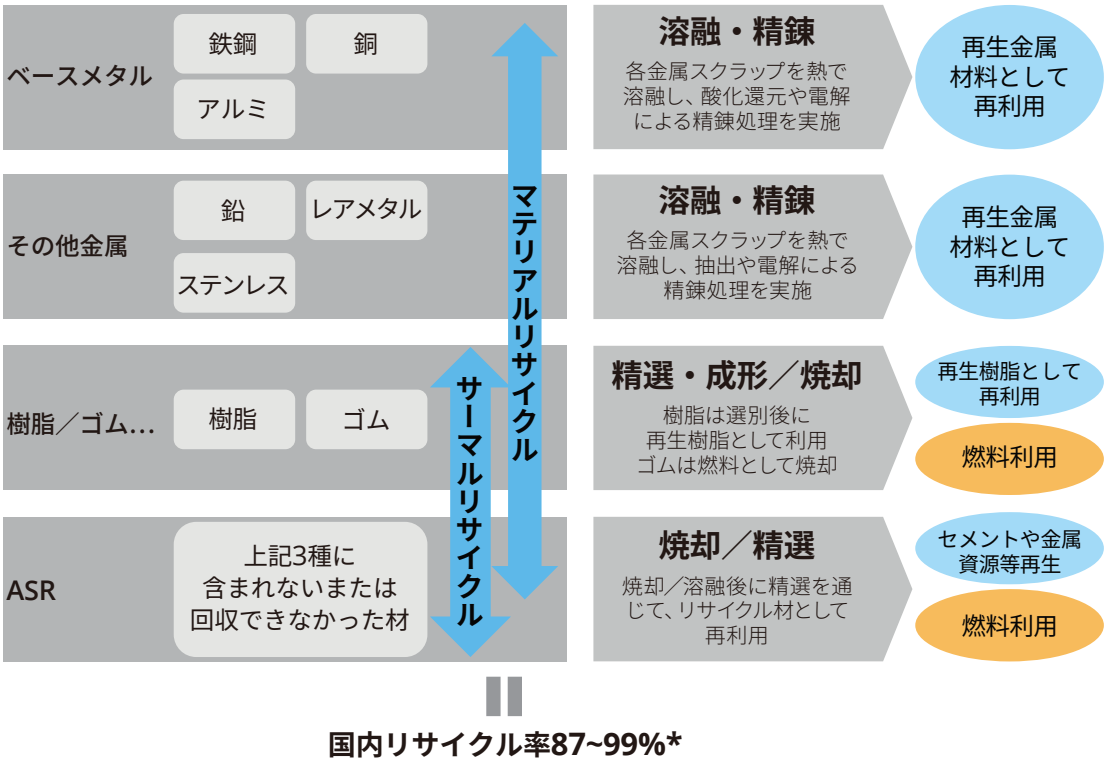


*セメント原料をキルンで焼成して得られた焼塊

出所：「自動車リサイクルの現状」（経済産業省・環境省）（https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/048_04_00.pdf）を基にDTC作成

本稿では割愛するが、当然鉄鋼や樹脂以外にも、自動車を構成する主要な材料ごとに処理方法が確立されており、図13のとおりアルミ／銅／レアメタル系などが再資源化工程を経て再生処理されることで、再び市中に「再生資源」として戻っていくのである。この再資源化工程においても、解体工程で挙げたようなEV化の波による新たな再資源化対応が課題としてあげられている。バッテリーに含まれるリチウム、ニッケル、コバルトや、モーター磁石に含まれるネオジム、ジスプロシウムは、これまでの内燃機関車ではリサイクルしてこなかった材料であり、新たに対応が必要な資源の代表格である。加えて車体のマルチマテリアル化に伴い、CFRPなどの新規構造材料の資源再生も今後取り組むべき課題として存在している。

図13. 再資源化工程の材料種別ごとの処理概況



*処理工程で発生する塵やASRの燃焼後残渣など、一定量は廃棄になる

自動車リサイクルの未来考察

本章では、自動車リサイクルの変化点を挙げ、その変化点ごとに企業が注目すべき事業機会について考察していきたい。まず、自動車リサイクル業界全体としては、4つの大きな変化点が存在する。リサイクルの対象資源に着目した切り口としては、「3-1. 低価格資源のリサイクル対応進展」「3-2. レアメタル等の新たなリサイクル領域確立」。リサイクルが行われるエリアに着目すると、「3-3. 発展途上国における自動車リサイクル事業の発展」「3-4. 先進国における自動車リサイクルの高度化」の計4つをあげることができる。

3-1. 低価格資源のリサイクル対応進展

いわゆる樹脂や繊維、ガラスといった“価値が低い資源”については、コストをかけてまでリサイクルをするインセンティブが事業者側に存在しないため、大半がASRの状態で処理されており、再生資源として利用するような処理はできていなかった。しかし今後、欧州のルール形成を皮切りに、こうした低価格資源でも、再生材活用の目標%がKPIとして設定されることとなるだろう。多くの自動車OEMが「自社の製造する車両では、再生材をXX%使用していること」を目標として掲げ、これを満たすような取り組みを推進していくと想定される。樹脂の再生材使用比率が規制化されるだろう、という欧州の動向を1章でご紹介したが、繊維やガラスといった資源についても今後規制の対象となりえるものと考えられる。

一方、現実的にはこれらの繊維やガラスといった材料は、樹脂よりも重量あたりの材料価格が低く、また材料再生の取り組みも現状限定的であることから、再生資源としての「市況価格にあった再利用推進」へのハードルは高い。これらの資源を再生材として使用しなくてはならないということを拙速にルールで縛れば縛るほど、自動車OEMのモノづくりに追加的なコストが上乗せされるため、消費者への価格転嫁が避けられない状態となる。再生資源を利用する設計を突き詰めるあまり、モノづくりと消費者の需給バランスを壊してはならず、その点を考慮したスピード感で再生資源活用が進んでいくことであろう。

この変化点において、低価格資源のリサイクルについてのマネタイズ／経済性改善がニーズであり、資源回収／資源再生の各ステップで、どのようにそれらを確立していくべきかが事業機会のカギとなっている。

取り組みが先行している樹脂のリサイクルでは、欧州が大きくリードしている状態である。ベルギーのGalloo Plastics[5]や、フランスのComet Group[6]など、樹脂のリサイクルに関して高い技術力を有する企業が現れてきており、欧州における再生樹脂の使用率は高まってきている状態である。現在は自動車向けとしてはボリュームの大きいPP/PEのリサイクルがメインではあるが、取り組みの規模感が大きくなってくると、先行して得られているリサイクルノウハウや取り扱いボリュームが武器となってくるため、先行企業はいかに自社の領分を拡げるかが重要であり、また黎明期においても一定の利益を確保し、事業基盤を確立することに注力している。

先進各社の取り組みとしては、「自社工程の拡張」や「技術知見の販売」などを駆使しながら、事業の収益性向上に努めている。例えば、樹脂ケミカルリサイクル事業に取り組んでいるBASF[7]においては、ケミカルリサイクル技術の保有企業であるQuantafuel[8]と資本提携し、従来よりも川上のリサイクル技術そのものを獲得している。Quantafuelもリサイクル技術としてはまだ途上にあるが、政府からの補助金や他社への技術供与も行っていることから一定の収益が獲得できている状態であり、この出資の対価として配当を得ることで、再生樹脂販売事業の収益にアドオンする形で、ケミカルリサイクル事業の収益性改善を図っている。

また、前述のベルギーのGalloo Plasticsは、樹脂のCar to Carのリサイクルを可能にする高度な選別技術・プロセスを有しているが、この技術を日本の樹脂リサイクル事業者であるプラニック[9]に装置販売の形式で提供し、技術知見販売による収益獲得を図っている。

3-2. レアメタル等の新たなリサイクル領域確立

こちらも前項で述べたようなEVの増加に伴い、注目されている領域である。例えばEVのモーターには強力な磁石が必要で、その原材料として多量のネオジム／ジスプロシウムが使われる。内燃機関車と比較して両レアメタルは大まかには5〜6倍の量が使用されるため、このレアメタル資源を適切に回収し再生利用することは資源の有効活用の観点で重要となってくる。加えて、レアメタルの産出国に偏りがあることから、戦略的資源としても重要度が高く、これらのリサイクルが進むことは間違いない。

ネオジムやジスプロシウムのリサイクル技術確立は各国で急がれている状況であり、リサイクルプロセスの実装はこれからとなっている。日本でもレアメタルの再生においては、すでに経済産業省を中心に問題意識をもって取り組みが開始されており、主には再生技術の開発を中心に複数事業者がそれぞれの得意領域で検討を進めている。事業機会としては当然そういった資源再生の技術開発がキーとなってくるが、加えて自治体や他産業と連携した地産地消ループの確立も重要論点である。レアメタルは高価であるが1製品に搭載される量は少量であるため、自動車製品のリサイクルだけで資源を循環することの経済合理性には限界が存在する。一方で、電子機器に代表されるエレクトロニクス産業などにおいてもレアメタル廃材は多く発生するため、複数の産業で発生する資源を束ねて、効率的なループを構築することが1つの全体最適となるであろう。

3-3. 発展途上国における自動車リサイクル事業の発展

自動車リサイクルの発展途上国には、これから自動車リサイクル業界が高度化していく余白が十分にあるため、有望な事業機会が存在する。第一章でも紹介したインドネシアでは、現在でも放置車両が200万台程度存在し、さらにガソリン車からEVへの置換が政府主導で推し進められることで廃車は更に増加する見込みであり、潜在的な資源量が大きい。加えてインドネシア政府は廃車リサイクルの業界改善には手が回っておらず、静脈産業を寡占するマドゥラ族は技術的・規模的に未成熟であることから、増大する廃車のリサイクルを適切に実施できないことが想定される。こうした状況は類似する途上国においても、多数存在するであろうことから、途上国をターゲットに日本の自動車リサイクル技術を輸出し、現地における高度な地産地消型資源循環システム構築の一助とすることは、現地の需要にも合致し、事業機会として有望であろうと考えられる。自動車リサイクルの事業自体は装置に依存する部分もあるが、「どこまでの想いをもって個々人が自動車リサイクルをやり切れるのか」という人的資本に依存する部分も大きい。そのため、形骸的な技術指導にとどまらず、現地企業への資本投下など本腰を入れて企業の思想から変えていくような取り組みが必要になると想定され、当然そのハードルは高い。しかしながら、自動車リサイクル業界は「取り扱う廃車のボリューム」「再資源化効率」「再生資源需要家の確保」といった先行者優位な差別化要因が大きい世界であるため、途上国での事業はリスクを取って進める価値のある有望な新規市場である、とDTCとしては考えている。

3-4. 先進国における自動車リサイクルの高度化

今後も先進国では、自動車リサイクルの更なる高度化が進んでいく。日本においては、自動車リサイクルセンターが管理している「自動車リサイクル情報システム」の刷新（自動車リサイクル情報システム：自動車リサイクルセンターの運用する、現場の自動車リサイクル関連情報を記録し、各種リサイクル料金の請求／支払い／管理等に活用するシステム）を2026年に予定しており、これらを通じて、「解体事業者等の業務効率性向上」「将来のリサイクル環境変化を見据えた拡張性の担保」などの実現に取り組んでいく方向である。さらにドラスティックな変化が起こる可能性があるのがフランスである。フランスでは元来、製造者責任の考えに基づき、OEMが自動車の適正処理について責任を負うためOEM系の解体事業者のプレゼンスが非常に大きいが、このような適正処理の流れを加速させるべく、2025年を目途に全自動車リサイクラーが「自動車OEM系列リサイクラーグループ」または「エコ・オーガニズム（政府の認可を受けて適正処理を行う組織）」のいずれかへ加入を求められる。このいずれかへ加入するには一定水準以上のリサイクル事業のスペックが必要とされるが、このスペックを満たすための設備投資は小規模事業者にとっては困難であるがゆえに、小規模リサイクラーの多くが廃業するのではないかといわれている。

また、自動車のみを対象としたものではないが、昨今欧州においては製品の製造元・使用材料・リサイクル性・解体方法等、サステナビリティ関連の情報を提供するDPP（デジタルプロダクトパスポート）の法制化が進められている。このDPPが実現し静脈産業において活用されるようになると、“再生材に関する様々な情報”がデータベース上で可視化され、動静脈企業間で情報のやり取りが可能となる。このような情報プラットフォーム整備はハードルが高く、実現には一定の時間を要すると想定されるが、サーキュラーの進展度合いに関する情報が可視化されることにより、消費者に対しては行動変容を促しつつ、動静脈企業の再生材利活用に向けた連携の支えとなるため、CE推進の鍵となる取組みとして注目されている。CEビジネス確立における重要な要件は、「データの可視化」、「動静脈企業の連携」、「基盤となるプラットフォームの整備」であり、このような欧州の取組みに見習うべき点は多い。日本国内においても、トレーサビリティを担保したDPP導入等による再生材品質データの蓄積／可視化と、これを共有するプラットフォームを整備することで、動静脈企業の需給マッチングを可能とし、より高度なCEシステムの実現を図っていくべきだろう。

このように先進国では、さらなる高度化を目指すという文脈の中でこのようなCEシステム構築に資する取組みが進展し始めているため、業界への新規参入という意味では一定の事業機会が存在するといえるだろう。また、将来的に自動車OEM同士で再生材の取り合いになることは明らかであるため、先進国の自動車OEMによる再生材確保に向けた独自調達（例えばクローズドループの構築など）の動きなども加速していくものと想定される。

おわりに

社会が大きくサステイナビリティに舵を切りつつある中で、一定以上成熟した仕組みを有する自動車リサイクルは、サーキュラーエコノミーのモデルケースとなり得る興味深い領域である。日本では元来、不法投棄を無くそうという考えから自動車リサイクル法が整備され、実を結びつつある。しかしさらに本質的な「資源を再生する」という観点では改善の余地があり、発展途上国などはいわずもがな、世界的に再生資源への需要が高まる中では注目すべき領域といえるだろう。日本という文脈でいえば、自動車リサイクル業界では明らかにトップランナーに分類され、丁寧に資源を回収していくことは日本企業の気質にもあっているといえるだろう。こうしたノウハウや技術を武器に、いち早く国内においても自動車資源の最適な循環を作っていくこと、他国と比べて競争優位を確立していくこと、その強い再生技術やノウハウを海外へ提供していくことなど、国としての目指す方向性が明確に見える領域であり、民間企業を超えた全体最適の取り組みが検討できると、さらに魅力度が高まるセグメントであると感じ、またそれを期待している。

Endnote

1. 自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクルデータBook 2021」(https://www.jarc.or.jp/data/databook/)
2. 豊田メタル「会社概要」(https://www.toyotametal.com/enterprise/summary/)
3. 拓南商事「ホームページ」(https://www.takunanrecycle.co.jp/)
4. 拓南製鐵「ホームページ」(https://www.takunansteel.co.jp/)
5. Galloo Plastics「Home page」(https://gallooplastics.eu/en/home/)
6. Comet Group「Home page」(https://www.cometgroup.be/?lang=en)
7. BASFプレスリリース「BASF、Quantafuel、REMONDIS、プラスチック廃棄物のケミカルリサイクルで協働」(https://www.basf.com/jp/ja/media/news-releases/global/2021/04/p-21-192.html)
8. Quantafuel「Our Partner」(https://www.quantafuel.com/our-solution/our-partners)
9. プラニック「プラニックの比重選別技術」https://planic.jp/recycling-technology/182/

執筆者



山岸 寛　Hiroshi Yamagishi
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
シニアマネジャー
化学メーカーのご支援を中心に、事業戦略検討／新規事業テーマの提案／成長戦略立案／新業務導入・実行支援など幅広いプロジェクトに従事。



下田 将久　Nobuhisa Shimoda
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
シニアコンサルタント
大手石油元売りの企画・マーケティング職を経て現職。素材系企業を中心とした事業戦略／成長戦略検討、新規事業創出などに従事。



西村 厚人　Atsuhito Nishimura
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
コンサルタント
大手化学企業において自動車OEM向けの営業職を経て現職。主に素材業界における事業戦略検討／新規事業創出などに従事。



井上 和臣　Kazuomi Inoue
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
コンサルタント
大手化学企業において高機能フィルター材料や半導体プロセス用材料の研究開発職を経て現職。主に素材業界における事業戦略検討、新規事業創出支援に従事。

発行人



森田 哲平　Teppei Morita
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
執行役員／パートナー
米系総合ファームを経て、現職。主に化学・素材、消費財等の日本企業のグローバル競争力強化に向けて、全社／事業戦略、M&A戦略・PMI、組織機構改革、新規事業戦略、技術マーケティング、デジタル変革、各種コスト削減など幅広い領域における支援を実施。

バックナンバー

バックナンバー送付をご希望の方はご連絡ください。

Vol.1　グローバル化新時代に突入した化学業界
今求められる次世代経営プラットフォームの確立

Vol.2　高機能化学品における新規事業創出の要諦
イノベーション実現へのチャレンジ

Vol.3　新興国市場での成長機軸構築のポイント
自社最適の“グローカル”オペレーションをいかに確立するのか

Vol.4　更なる投資余力創出に向けた在庫マネジメント
在庫マネジメント力の再構築に向けたSCM改革

Vol.5　グローバル成長戦略を加速するM&A
化学企業をグローバル化へと導く、成功の鍵

Vol.6　数字こそがグローバル経営の共通言語
共通言語構築を担う新たな経営管理の姿

Vol.7　ローカル人材活用に向けた基盤作りのポイント
アジアで「勝つチーム」を作るためのファーストステップ

Vol.8　高収益体質を作り出す戦略的価格マネジメント

Vol.9　グローバル競争に打ち勝つための財務マネジメント力の強化
グループ内の資金を最大限活用できる体制を整える

Vol.10 2013年版 化学企業のグローバルM&A動向

Vol.11 化学企業における“強い物流”への変革
3PL能力の最大活用

Vol.12 シェール革命の製造業へのインパクトを読む
北米回帰のシナリオ点検

Vol.13 海外子会社ガバナンス進化論
グローバル展開を加速させるための3つのポイント

Vol.14 グローバル本社への脱皮に向けた本社間接機能の抜本改革
外部力の内部化の推進

Vol.15 化学企業における購買調達機能の改革
聖域なき改革の実現に向けて

Vol.16 Industrie4.0の衝撃
「製造業の大転換」にそなえ、今、化学企業がとるべき戦略を読み解く

Vol.17 ROE経営を再び考える
ROEから見る日本化学企業の戦略方向性

Vol.18 経営アジェンダとしてのグローバルタックスマネジメント

Vol.19 期待収益の最大刈り取りに向けたクロスボーダーPMI

Vol.20 TPP・AECなどのメガFTAに素材産業はどのように向き合うべきか
※金属業界向けニュースレター「Next Stage」Vol.9との合併号

Vol.21 インダストリー4.0と化学業界
デジタル化によるオペレーション改善と事業成長の実現

Vol.22 化学企業と信用格付
資金調達手段が多様化する時代に向けた考察

Vol.23 外国子会社合算税制の改正による日系化学企業への影響

Vol.24 Global Sales Transformation
真のグローバル営業組織への変革

Vol.25 素材産業における次世代オペレーションプラットフォームの構築
～RPAは変革のカギになりえるか～
※金属業界向けニュースレター「Next Stage」Vol.15との合併号

Vol.26 素材産業における次世代オペレーションプラットフォームの構築
～RPA最新状況と更なる拡大に向けた考察～
※金属業界向けニュースレター「Next Stage」Vol.20との合併号

特別版 グローバル素材メーカーのベンチャー活用を紐解く Vol.1～4
～オープンイノベーションプラットフォーム構築の最前線～

特別版 決戦、素材メーカーにとってのモビリティ革命
～100年に1度の大波に乗るか、呑まれるか～

Vol.27 量子コンピュータによるビジネスモデル変革
～素材業界の未来を描く～
※金属業界向けニュースレター「Next Stage」Vol.23との合併号

Vol.28 素材・化学メーカーの経営管理変革の方向性

Vol.29 中堅化学企業の成長戦略と事業再編の行方

Vol.30 化学企業のポートフォリオ転換
～価値創造と持続可能な長期的成長～

Vol.31 宇宙は素材メーカーにとってのフロンティアとなりえるのか

Vol.32 Chemicals 5.0 on the rise
～欧州にみる化学事業の戦略未来図～

Vol.33 炭素削減と成長への着火：化学業界における排出量削減
化学業界の炭素排出量削減には、包括的かつ持続可能な
ソリューション開発を実現するためにも、化学バリューチェーンの
各パートナーとの連携が不可欠である

特別版 未来のコンビナートとは?
～Future of industrial complex in Japan～

Vol.34 高度な全体最適が求められるサーキュラーエコノミー
～最適化手法としての量子アニーリングのポテンシャルを探る～

Vol.35 化学業界の展望 ― 2023

Vol.36 化学業界における水素の可能性
エネルギーの未来の視点

Webページ

弊社プロセスセクター関連のwebページへは下記よりアクセスが可能です。

弊社プロセスセクターの紹介ページ
https://www2.deloitte.com/jp/ja/pages/energy-and-resources/topics/oil-gas-chemicals.html

弊社プロセスセクターの刊行物の紹介・DLページ
https://www2.deloitte.com/jp/ja/pages/manufacturing/articles/pr/newsletter-tobira.html

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
プロセスセクター
〒100-8361 東京都千代田区丸の内3-2-3 丸の内二重橋ビルディング
Tel 03-5220-8600　Fax 03-5220-8601
www.deloitte.com/jp/dtc

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザリー合同会社、デロイト トーマツ税理士法人、DT弁護士法人およびデロイト トーマツ グループ合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザリー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザリー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市に約1万7千名の専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループWebサイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”）のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTLおよびDTTLの各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。
デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ベンガルール、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、ムンバイ、ニューデリー、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザリー、リスクアドバイザリー、税務、法務などに関連する最先端のサービスを、Fortune Global 500®の約9割の企業や多数のプライベート（非公開）企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的な信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促し、より豊かな経済、公正な社会、持続可能な世界の実現に向けて自ら率先して取り組むことを通じて、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来175年余りの歴史を有し、150を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters”をパーパス（存在理由）として標榜するデロイトの約415,000名のプロフェッショナルの活動の詳細については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、DTTL、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。またDTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2023. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.

IS 669126 / ISO 27001

BCMS 764479 / ISO 22301