

CN／CEによる価値転換 モノづくりのリバランス



佐々木健一



森田拓朗

CONTENTS

- I バランスを意識したモノづくりへのシフト
- II 部品や素材産業など日本製造業の強みを活かした市場創造
- III 素材・部品メーカーが仕掛ける価値転換
- IV 3Dプリンタを用いたサプライチェーン制御による資源循環型社会への加速
- V 新たな価値を提供する経営へ（顧客価値の再定義）

要約

- 1 資源を循環（有効活用）させる社会が到来し、こうした社会ではCASE ver 2.0などのリカーリングビジネスは資源の有効活用を促進することが期待される。
- 2 上記の社会では製品差別化のみならず資源循環を実現するバランスの取れたモノづくりが求められる。
- 3 その実現に向けて「製品の状態・流れの可視化」「デジタル技術によるアップサイクル化」「循環と製品差別化を両立させた設計・生産」が必要となる。
- 4 部品単位での製品設計・リサイクルなどの循環の両方を設計できる素材・部品メーカーがビジネスの主導権を握るPaaS（Parts as a Service）が期待できる。
- 5 3Dプリンタのようなデジタル技術も活用しながら、モノづくりの「アップサイクル化」を実現することで、CN／CE活動は付加価値の高い製品をつくる手段となり得る。
- 6 資源循環の社会では、バランスを取り、持続的な事業を実現するために、このような価値転換を捉えたモノづくりを生かしたサービスが今後求められている。

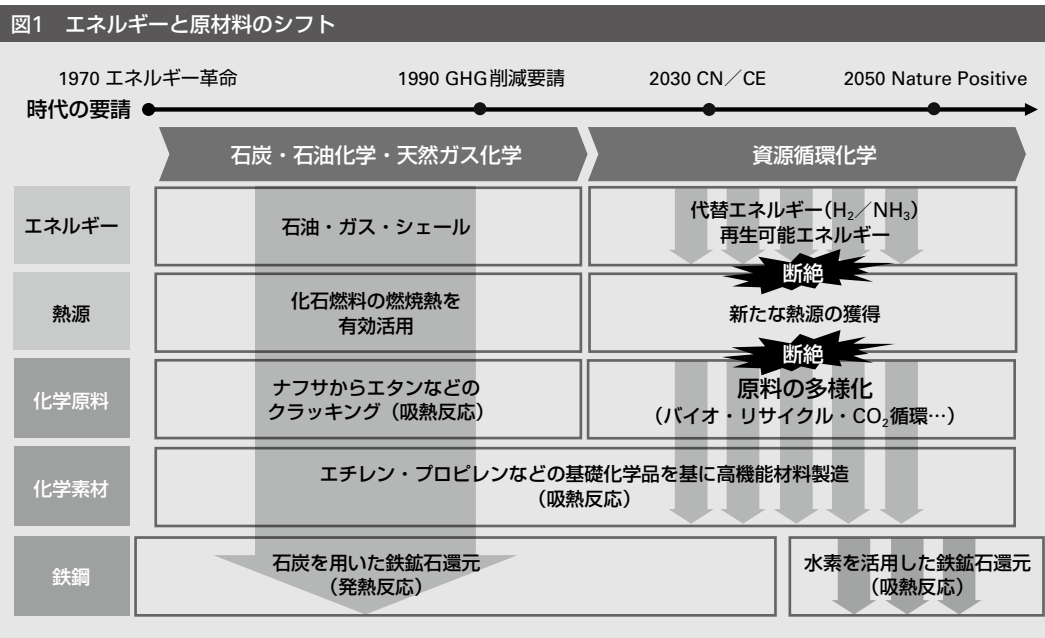
I バランスを意識したモノづくりへのシフト

カーボンニュートラル（CN）社会では、化石燃料からつくられるエネルギーと原料とが分離して、従来の製造に必要なバランスが変わることが予測される。化石燃料の減少とともに再生可能エネルギーの使用が増加し、化石燃料由来の化学製品製造が縮小し、大気中のCO₂や廃棄プラスチック（廃プラ）などを活用（CCU：Carbon Capture Utilizationなど）した代替原料が不足分を補完する（図1）。また、グリーン電力をつくり出す再生可能エネルギーは地産地消の活用が中心となることから、CN化した製品製造は地域ごとに分散した生産体制になると考えられる。また、資源循環型社会では、炭素資源のみならず水をはじめとする天然資源活用を最小限に押さえ、循環させることで、これらを継続的に活用することが求められる。

このような環境下、製造業では、短期的によいモノ（既存製品に対して差別化が図れるモノ）を次々と供給することから、持続的な事業を実現するためのバランスを取ってモノづくりを行うことへの変革が必要となる。多くの先進国および途上国では、安定的に生活するだけの社会インフラ基盤や製品およびサービスは充足されつつある。必要とされるモノのストックは既に満たされており、今後は、この状態を継続するためのバランスを取ることができるモノづくりが必要となる。有限な資源の活用や、そこから排出される温室効果ガスなど、ストックの資源や廃棄物のバランスを取りながら、既存の生活を安定化させるモノづくりが求められてきている。

CASE ver 2.0の普及も、こうした資源の最適化活用を促すことが期待される。

CASE ver 2.0では、自動車の所有から利用へのシフト、EV化に加えてV2H（Vehicle to Home）の普及により、EV内に蓄積され



る電気を家庭内の電化製品や電気系統への電力として活用することにより、従来のような車両内での化石燃料の分散した蓄積から、EVを介した電気エネルギーとして共同利用できるエネルギー源の有効活用が期待される。

また、ビジネスモデルの視点では、所有から利用を促すリカーリングのビジネス（トヨタ自動車提供している「KINTO」など、利用者が継続課金することで、自動車を好きなときに借りることができるサービス）の普及も期待できる。このリカーリングビジネスは、自動車の製造・販売から人の移動の保証という付加価値を提供するビジネスにシフトしており、このビジネスが普及すれば、自動車を活用した人の移動を保証する要素技術を提供する事業（バッテリーやモーターなど）が高い付加価値を持つようになるといえる。

たとえば、自動車が故障した際に移動を継続（保証）するためには、最終製品の交換より要素技術である部品の交換が適切となる。

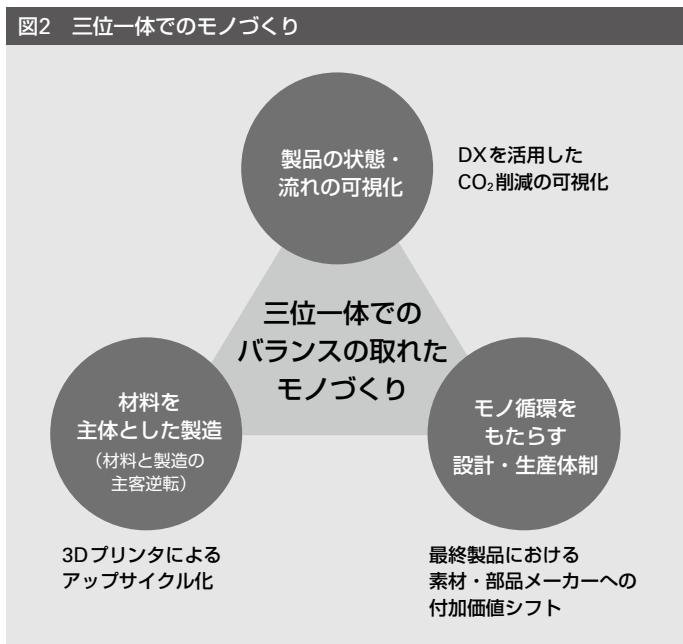
また、部品交換時にアップデートすれば、低価格で現状維持のみならず性能向上を実現することが可能となる。こうした部品を製造する素材・部品メーカーが、消費者需要に応じて稼働保証を調整する部品提供を行えば、最低限のリソースで適切なサービスを提供するビジネスの展開が可能となる。つまりリカーリングビジネスは、市場環境や消費者の需要の変化に対して、より柔軟に対応できるようになる。

そして、CASE ver 2.0によるサービスの変化とともにCNや資源循環型社会を両立させるモノづくりを実現するには、素材や部品の特性を正確に把握する「可視化」、材料をベースに最適なモノづくりを行う「材料を主体とした製造」、モノの循環（リサイクル・リユース・リデュース）が可能な「設計・生産体制」を用いた、三位一体のモノづくりが求められる（図2）。

「可視化」は、素材や部品の特性を正確に把握する手段として今まで以上に必要となる。特に脱炭素社会に向けて、製品製造過程で排出されたCO₂排出量の把握をはじめ、廃棄物として排出された製品の特性を把握して、リサイクルに活用することがより求められるようになる。リサイクル方法の判断のみならず、リサイクルした素材の活用方法を判断するには、状態をデータとして把握・管理するための可視化は必須の条件といえる。素材や部品の特性に関するあらゆる情報のデジタル化（DX）がこれらを推進する。

材料、特に再生材を有効活用し、さらに付加価値を与えていく「デジタル技術によるアップサイクル化」は、有限な資源を再活用して循環させるための手段として必要な機能と

図2 三位一体でのモノづくり



なる。資源を最適に活用するためには、単に最終製品を再利用するだけではなく、素材や部品の不良品や在庫などの再利用やリサイクルが求められる。その際に、同じ最終製品に活用するだけではなく、ほかの製品への適用（一部加工などの生産プロセスの追加を含む）も必要となる。

こうした多様な生産段階でのリサイクルや途中から生産工程を変更するには、需要に応じた多様な製品を製造するサプライチェーンをフレキシブルに制御する機能が必要となる。特に、家電向けのハロゲン系難燃材がリサイクル素材として用いられているケースでは、プロセス装置内壁の腐食やRoHS（Restriction of Hazardous Substances）指令対応が難しいなど、品質面での制約がある。そのため、多くの製造現場では重要部材への活用が避けられている現状はあるものの、3Dプリンタのような多品種製造が可能な生産設備の革新により、多様な材料を用いて多様な製品を製造することが可能になり、前述したような機能の実現が期待される。

そうした中、「可視化」では既にDXを用いて資源埋蔵量やCO₂排出量を可視化する取り組みが世界的な規模で行われている。このため、本稿では「材料を主体とした製造」と「設計・生産体制」にフォーカスを当てて、カーボンニュートラルや資源循環型社会に必要なモノづくりのあるべき姿の検討を行う。

II 部品や素材産業など 日本製造業の強みを活かした 市場創造

「サプライチェーン制御」と「設計・生産体

制」の2点は、日本の産業構造の強みを活用することで変革をリードできる領域であるといえる。

日本では、素材産業から自動車やエレクトロニクス産業に至るまで、川上から川下までの製造業がバリューチェーンとして連結しており、さらに各バリューチェーンを支えるエンジニアリングや産業機械などのサポータインダストリーも多く、バリューチェーン全体として変革に必要となるプレイヤーが存在している。現状では、グローバルでの製造業の水平分業化に伴い川下産業（組立）の一部が海外流出しているものの、依然高い競争力を持つ川上産業のノウハウを活用することで、「サプライチェーン制御」や「設計・生産体制」による新たなモノづくりや市場創造において、日本製造業を主軸とした展開が期待できる。

最終製品の多くは自動車の電子化などをはじめ、電子制御に依存するところが多くなり、ソフトウェアとしての差別化要素が大きくなる一方で、ハードウェアとしてのモノづくりの差別化要素の比重が小さくなりつつある。つまり、バッテリー、モーターやカメラなどのモジュールベースの仕様と、それらを制御するソフトウェアの仕様との組み合わせで最終製品の性能が決まり、モジュールや部品など川上産業のメーカーが生み出す付加価値が、従来に比べて直接的に顧客への訴求ポイントとなりつつある。

さらに、サーキュラーエコノミー（CE）実現のためには、あらかじめ部品や材料単位でのリサイクルが可能な（かつ低消費エネルギーによる）設計が必要となり、素材・部品メーカーをはじめとする川上産業のノウハウ

活用が必須となる。

こうした点から、CNや資源循環型社会の実現に向けてバランスの取れたモノづくりを実現するためには、日本の製造業の強みである素材・部品メーカーによる設計・生産が非常に重要な要素となると考えられる。

こうした変化は、つくり手目線だけではなく購入者目線としても期待されている。

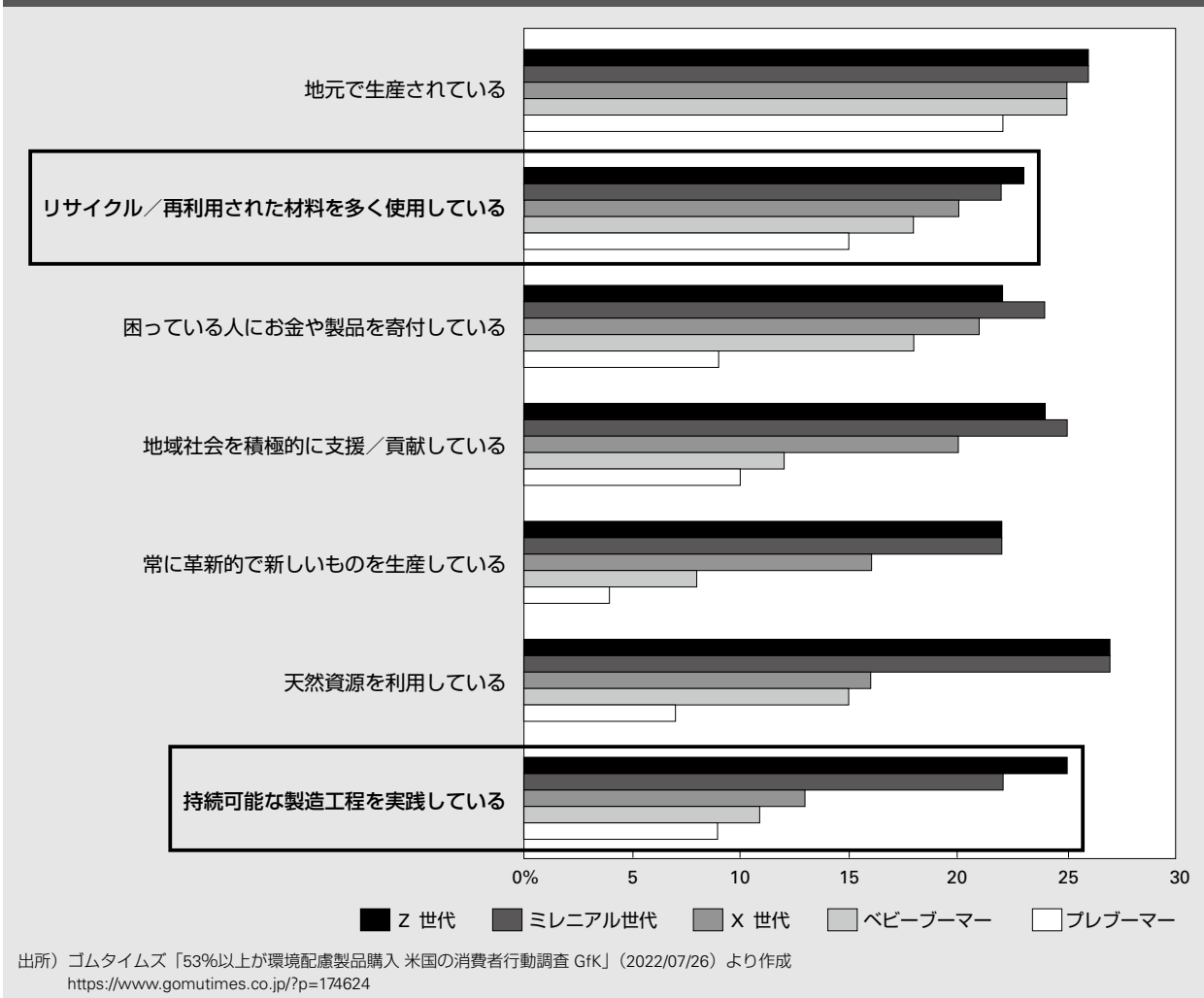
消費者の環境対応への関心の高まりは、製品選択に大きく影響している。最終製品の仕様としての差別化ポイントのみならず、リサ

イクル性が高い製品であることも、製品選択のポイントとなる(図3)。

米国国内での消費者動向では、環境配慮が訴求されている製品の選択がZ世代(1990年代後半から2010年代に生まれた世代)やミレニウム世代(1980年代から2000年初めまでに生まれた若者の世代)など若い世代ほど高く、具体的にはリサイクル・再利用された材料の選択や、持続可能な製造工程を行う企業の製品を選択する傾向が強く見受けられる。

今後の消費者による製品選択においては、

図3 米国での消費者行動調査(2022年)



CNや資源循環型社会への対応が必須となり、製品仕様とともにこれらの対応を実現するバランスの取れたモノづくりを行う企業が求められると考えられる。

こうしたつくり手（メーカー）側の構造変化や、消費者側の消費行動の変化は、製造業にとって新たなビジネス変革をもたらすことになる。

材料や部品が最終製品の仕様の多くを決める要素となることから、消費者は部品や材料に力点を置いた商品選択をすることになる。仮に最終製品の機能が落ちた際にも、素材や部品単位での買い替えを行う（ソフトウェアのアップデートも加える）ことで、最終製品の機能の復活、さらにはアップデートも可能となるビジネスが想像できる。

実際に、テスラのEVにおけるOTA（Over the Air：無線通信を用いてデータを送受信する機能）を用いたサービスでは、地図の更新のみならずADAS（Advanced Driver-Assistance Systems：先進運転支援システム）などのソフトウェア機能のアップデートにより、自動車自体の機能向上とともに、バッテリーなどの部品の交換を行えば常に最先端の自動車機能を維持することが可能となる。

こうした機能がさらに向上すれば、モーターやバッテリーなどの交換によって購入時よりも高性能な機能を獲得することも期待できる。消費者からすると、最終製品を購入後に部品・モジュール交換やソフトウェアのアップデートにより、継続的に自動車の機能向上が実現できる。また、交換後の部品は継続的にリサイクルされることから、消費者も持続的なビジネスに関与できるのである。

企業側から見れば、消費者に対して最先端

の自動車機能の稼働保証を行うリカーリングビジネスを展開できることになり、このビジネスを支える主要な機能の1つとして、高い性能を提供する部品製造が求められる。部品や材料単位でのリカーリングビジネスが可能となり、ひいては、素材・部品メーカーが主導権を握り、製品寿命をコントロールできるようになる。

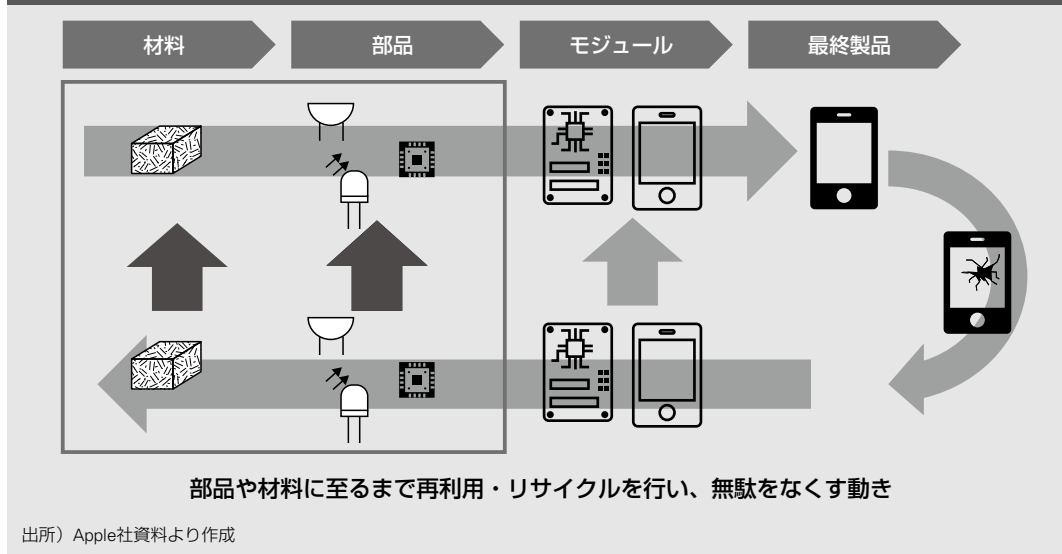
こうした点から、CNや資源循環型社会の実現に向けてバランスの取れたモノづくりを実現するためには、日本の製造業の特性でもある強い素材・部品メーカーによる設計・生産が非常に重要な役割を担うことになる。

Ⅲ 素材・部品メーカーが仕掛ける 価値転換

こうした製品製造とリサイクルとのバランスを取ったビジネス変革の事例として、通信モジュールの製造において最終製品メーカー（以下、セットメーカー）から素材・部品メーカーに付加価値がシフトしつつある事例を取り上げる。CNや資源循環型社会の実現の両立が求められる中で、最終製品の中核の機能提供と、リサイクルを実現する素材・部品メーカーの新規のビジネスモデル構築の可能性を提示する。

通信モジュールなどはセットメーカーが仕様設計を行い、自社の付加価値を最大化する形で製品販売を行ってきたが、環境規制などによって動脈（製品製造）のみならず静脈（リサイクル）も同様に勘案し、素材や部品レベルでの設計が求められるようになった。セットメーカーはモジュール単位の組み合わせによる付加価値提供ができて、材料や部

図4 スマートフォンに見る素材・部品メーカーの重要性の拡大



品の詳細特性までは把握していないため、循環型社会ではその設計の主役は素材・部品メーカーにシフトしつつある。リサイクル性が重視されることで、より緻密な材料や部品単位での設計力を持つ素材・部品メーカーの重要性が増し、今では、主要な付加価値部分は素材・部品メーカーが提供することになっている。

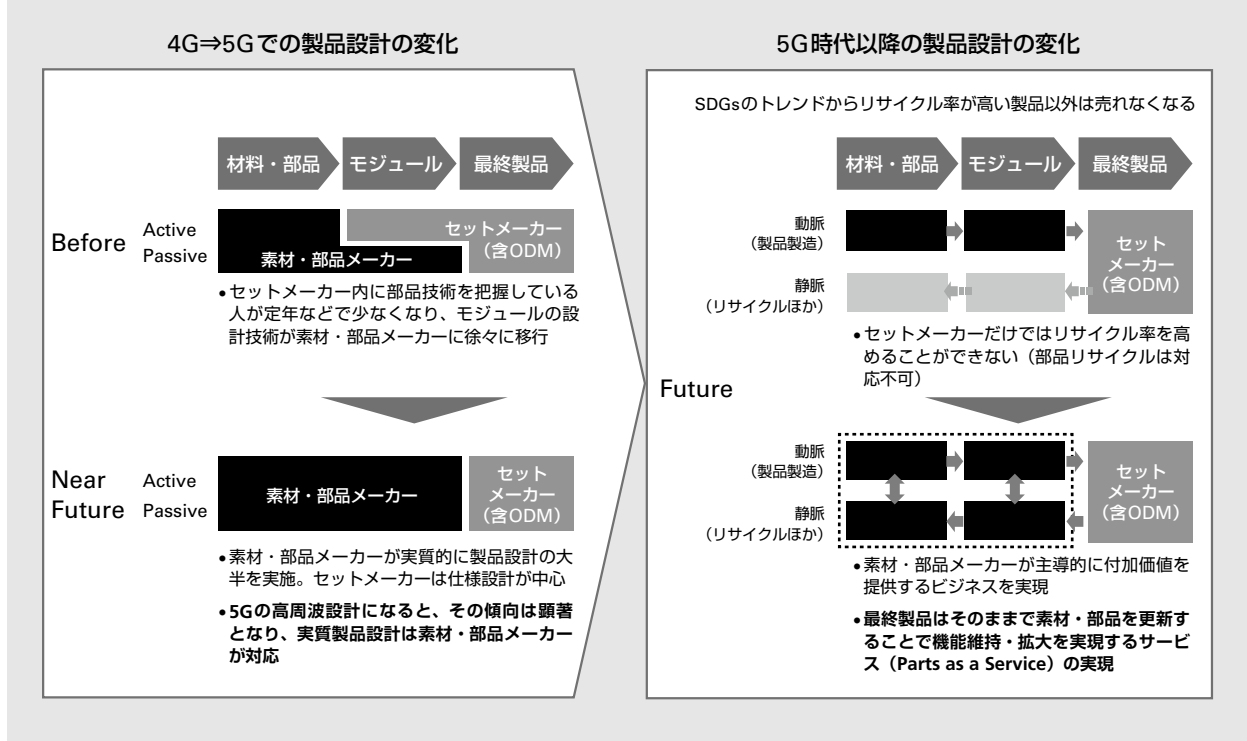
たとえばApple社の「iPhone」は年間3億台近い販売量がある中で、EU市場などでの規制により、リサイクルのニーズが高まっている。こうした市場変化を受けて、Apple社は使用済みiPhoneを分解して部品を抽出するリサイクル作業ロボット「Daisy」を開発・活用し、部品単位でのリサイクルに取り組んでいる（図4）。

この循環のサイクルを実現するために、素材・部品メーカーには、最終製品に必要な機能を発現する役割と、分解・抽出された部品を完全にリサイクルする役割の両方を担うことが求められる。特に、5G通信帯域の

一つであるミリ波での製品製造では、部品特性が非常に複雑であり（理論上5mmの配線がアンテナのように電波を拾いノイズとなる）、部品の組み合わせや個別部品の設計が今まで以上に複雑となるため、素材・部品メーカーには、より緻密な設計力が求められる。

このような高い設計力を生かし、技術革新および環境対応拡大のトリガーとなるビジネスモデルを構築することで、素材・部品メーカーはバランスの取れた継続的なビジネスを拡大することができる。たとえば、最終製品を消費者に販売した後、顧客に最先端機能を保有してもらうため、継続的に部品交換を促すビジネスや、最終製品の機能やリサイクル性を制御し、顧客ニーズに合わせて部品を提供するサービス（Parts as a Service）などの展開が期待できる（図5）。

図5 素材・部品メーカー主導のビジネス (Parts as a Service) への期待



IV 3Dプリンタを用いた サプライチェーン制御による 資源循環型社会への加速

素材・部品メーカーの事例を通して「モノの循環」がどう変わっていくかを前述したが、資源を最適に活用した循環を促進していくためには、「デジタル技術による材料のアップサイクル化」が重要なトリガーとなる。資源や廃棄物のバランスを取る中で、そういったデジタル技術を応用した生産革新を組み合わせることで、CN/CE活動をより促進するだけでなく、付加価値の高いものへ転換することが可能となるのではないだろうか。ここでは「アップサイクル化」を実現する手段の一例として3Dプリンタの事例を基に、高付加価値な製品・部品への展開を紹介する。

そもそも3Dプリンタは、今までは装置のタクトタイム^{※1}の遅さや材料コストの高さ故に、製造現場での採用は「試作」や「ロット数の少ない最終製品」に限られていた。しかし昨今は装置のタクトタイムの向上や、ソフトウェアによる1ショット当たりの製造ロットの向上によって上記課題が徐々に解決されており、モノづくりを抜本的に変革させるためのツールとして再度注目が集まっている。

たとえば、2022年3月には自動車OEMのフォードが自動車の生産ラインに3Dプリンタを組み込み、人間の介入なしに稼働させることに成功している。また、ボストン郊外に本社を置く3Dプリンタのサービスビューロであるバルカンフォームズでは、既に航空機のジェットエンジン向けの部品を1日に数万

点製造している。このように、3Dプリンタのモノづくりの現場での活用が進んでおり、CN/CEの実現に貢献しつつある。

3DプリンタがCN/CEを加速させると考える理由として、①付加製造による廃棄物削減、②オンデマンド/現地生産へのシフトによるCO₂削減、③ソフトウェアによる再生材の最適活用の実現、という3つの要因が存在する(図6)。

①の「付加製造による廃棄物削減」については、そもそも従来の切削などの工法では素材の塊から部品を切り出す形となるので廃棄物やロスが多い。3Dプリンタでは必要な部分を射出成型などで付加的に製造することとなるので、資源を最適に活用でき、建築材料の領域では最大9割の廃棄物削減を実現できたケースも存在する。

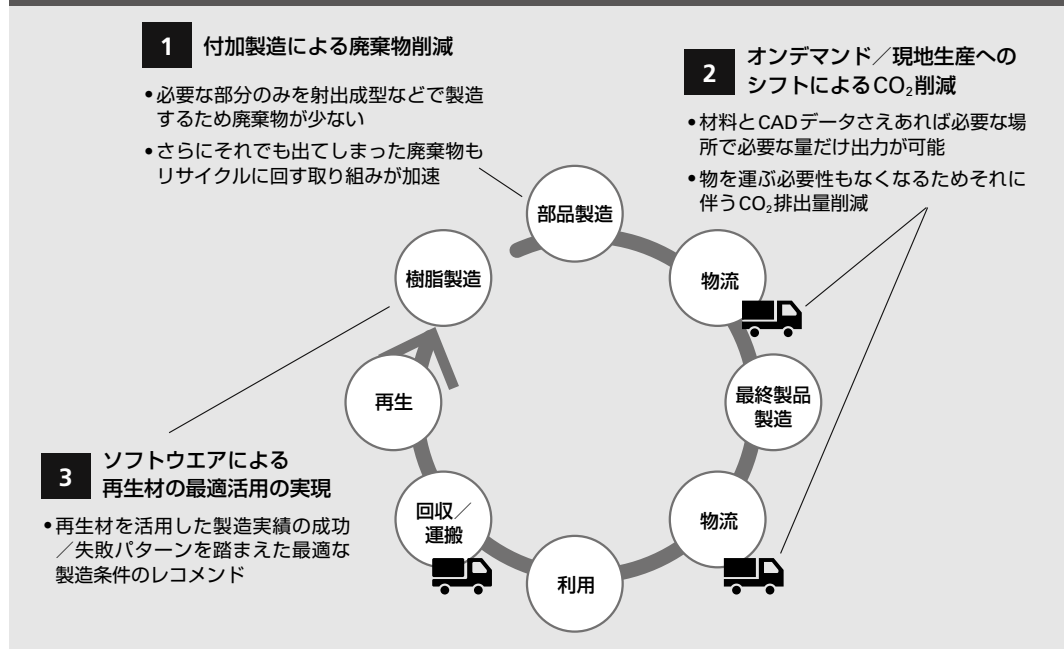
さらに3Dプリンタを活用するに当たって出た廃棄物自体を再活用する動きも活発化し

ており、3Dプリンタを起点としてリサイクルループを構築しているケースも多く存在している。たとえば、アラブ首長国連邦大学では3Dプリントで余ったPLA(ポリ乳酸)と炭素繊維の廃棄物を使用したリサイクル複合材料を開発している。また、電子機器メーカーの米HPと自動車OEMのフォードは提携を発表し、3Dプリンタ活用時に出る粉末などの廃棄物を再利用して、自動車部品に再利用しクローズドループを構築している。

資源に限られる中、なるべく製造上の廃棄物を減らし、それでも出てしまう廃棄物はリサイクルなどで有効活用して、自社の資源がなるべく外に流出しないようにする取り組みは今後も加速すると思われる、3Dプリンタはそのツールの一つとして存在感を増しているといえる。

②の「オンデマンド/現地生産へのシフトによるCO₂削減」も3Dプリンタに当初から

図6 3Dプリンタによって促進されるCN/CE



期待されているメリットである。3Dプリンタは、材料とCADデータさえあれば必要な場所で必要な量だけ出力が可能であるため、現地生産による物流コストやロングテール商材の在庫コストの削減はもちろん、物を運ぶ必要性もなくなるため、それに伴うCO₂排出量削減も見込める。

実際に新型コロナウイルス感染症の影響で、工場閉鎖や物流停止など既存のサプライチェーンが機能不全に陥る中、緊急かつ重要度の高いフェイスシールドや人工呼吸器をはじめとする医療機器向け部品などを、需要地にて3Dプリンタで印刷することが試みられた。また在庫削減の観点から部品や製品の設計図をオープンリソース化する動きも活発化してきており、フォードは自動車の内装部品であるアクセサリー部品の3DCADデータをオープンリソース化し、さらにFord Integrated Tether System (FITS) というシステムも併せて提供して、顧客が自分好みにデザインや色をシステム上でカスタマイズし、出力したデータを3Dプリンタ受託製造者（サービスビューロ）に持っていくことで、自分仕様のカスタム製品を製造できるようにした。

このように、製造機能のレジリエンス向上や在庫リスク削減という観点から、3Dプリンタを活用したオンデマンド／現地生産へのシフトは加速していくと思われ、結果として物流削減によるCO₂排出量削減や過度な在庫を持たないことによる製品ロスの削減につながり、CN／CEに寄与すると思われる。

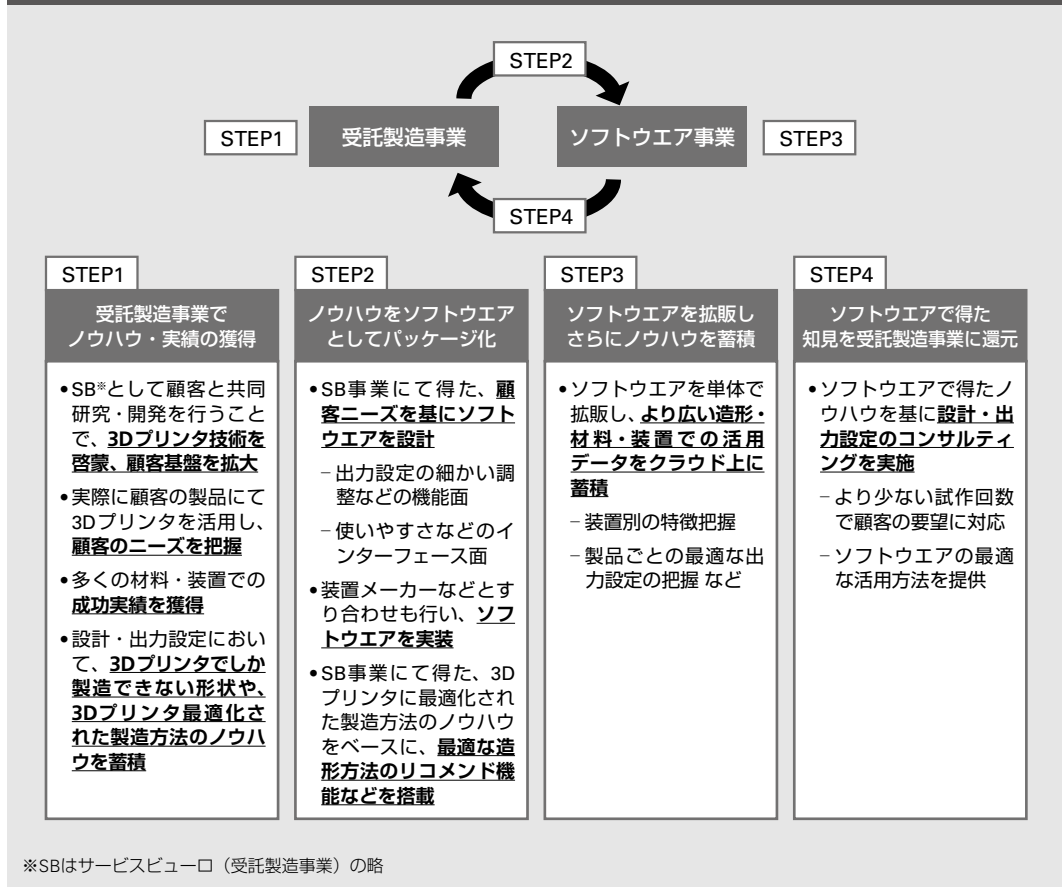
①、②については3Dプリンタが開発された当初から期待されていた効果であり、徐々に実績を積んでいるフェーズであるが、筆者

は③の「ソフトウェアによる再生材の最適活用の実現」こそ、今後「サプライチェーン制御」として、CN／CE活動により付加価値をもたらしていく要因となると考えている。具体的には、3Dプリンタに搭載されているソフトウェアが「成功ケース／失敗ケース」を学習することで、従来、強度や物性の品質的な観点から汎用品にばかり使われていたりサイクル材の、より高付加価値な製品・部品製造への活用を促進できると考える。

現在、3D Systems社や、Stratasys社、Materialise社といったサービスビューロがソフトウェアと併せて提供しているケースが見受けられる。彼らは受託製造を行うサービスビューロとして得た知見を反映することで、よりユーザーの要望を反映したソフトウェアを開発するとともに、そのソフトウェアを広く顧客に展開し、積層構造ごとの成功・失敗パターンをクラウド上で分析・蓄積して、「より成功しやすい製造方法」のレコメンドをソフトウェアの機能で実装できるように進めている。たとえば、積層構造ごとの最適材料や積層温度、最適な積層ルート、サポート材の位置の提案などをソフトウェアからレコメンドし、3Dプリンタのユーザー自身に製造のノウハウが足りなくても3Dプリンタを使ってモノづくりができる世界を目指している（図7）。

こうしたソフトウェアの向上はCN／CEにも大きな影響をもたらすと考えられる。従来工法では実現し得なかった特有の形状を製造できるという観点で、素材の高付加価値化が期待できるのはいうまでもないが、再生材を活用した製造において、今までの失敗パターンをソフトウェアが学習していることによ

図7 3Dプリンタプレイヤーによるソフトウェア循環型ビジネスモデル



て、強度を補強するための設計はどういうものか、この再生材であればどのくらいの温度で出力するのが望ましいのか、といったことをリコメンドできるようになる。

実際に3Dプリンタとリサイクルシステムを一体化する流れも進んでいる。慶應義塾大学KGRI環デザイン&デジタルマニュファクチャリング創造センターは、回収した使用済みプラスチックをフレック状に細かく砕く「粉碎機」、リペレットのための「マテリアル再生装置」、再生したペレット材などを乾燥させて造形時の品質を高める「乾燥機」、造形材料を配合して3Dプリンタに供給する「材料配合・供給機」といった装置を1つのシス

テムとして開発した。これによってリサイクルの過程における材料とフィラー^{※2}の配合やパターンなどのノウハウについてもデータを蓄積しつつ、市販の製品や家電の筐体などにどのような材料が使われているのかといったマテリアル情報のトレーサビリティも合わせて取得している。システムを一体化することで、静脈であるリサイクルと動脈であるモノづくりを連動させながらPDCAサイクルを回すことができ、最適な材料と製造条件のノウハウを蓄積できる。

現状のリサイクルシステムでは、同じ樹脂であっても全く違う物性を持つ樹脂をまとめて回収して再生してしまっているため、でき

上がる製品の性能が不明瞭なままであるケースが多い。素材レベルでのトレーサビリティをしっかりと取得し、事前にどのような物性を持った再生材なのかを把握したうえで、3Dプリンタのようなデジタルを応用した製造ツールを活用すれば、最適な製造を実現することができる。このようなサイクルを回すことが再生材の高付加価値につながるのではないだろうか。

こうした再生機能と製造機能を一体化していく動きは、新しいビジネスモデルの構築を促す可能性がある。

リサイクルでアップサイクルを起こしていくためには、再生工程をデータで可視化して再生材の物性を把握し、その情報をデジタル技術で分析して最適な製造方法を決定していくことが求められる。そうなれば効率性の観点から、従来は製造機能しか保有しなかったメーカーでもリサイクル機能を内製化する動きが活発化すると考えられる。従来のように再生者と製造者が別々のプレイヤーではなく、メーカー自身が最終的な製造用途を意識したうえで再生処理を実施しながら、再生材の特性を踏まえた製造方法を過去のデータに基づいて決定していく形となり、再生と製造が双方に連携し合うモノづくりに変革することが期待できる。

また、リサイクルとモノづくりを一体化したトータルソリューションをパッケージ化するプレイヤーが出てくれば、従来のモノ売りだけではなく、リサイクルから製造までをプラットフォームとしてリカーリングなどのコト売りに転換していける余地もあると考える。

このように、3Dプリンタには従来から期

待されていた「①付加製造による廃棄物削減」や「②オンデマンド／現地生産へのシフトによるCO₂削減」という観点だけでなく、リサイクル素材自体を高付加価値にしていくような「③ソフトウェアによる再生材の最適活用の実現」という側面でもポテンシャルがあると考えられる。3Dプリンタのようなデジタルツールを活用する流れは少しずつ日本の製造業にも到来しつつあるが、現場への実装という観点では米国や欧州にまだ遅れを取っているのが現状である。今後はこうした生産革新を実装しているかどうか、CN/CE活動のレベルにも影響を与える可能性があるため、実装が急務であるといえる。

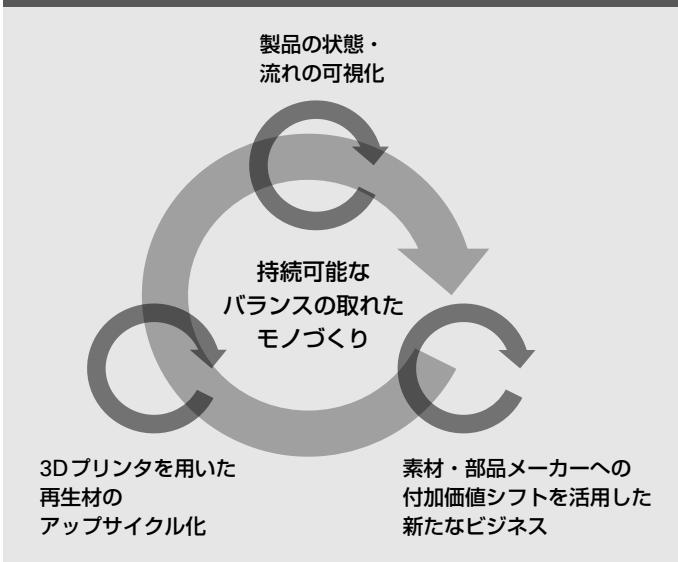
CN/CE活動をただのコストのかかる活動で終わらせてしまうのではなく、トレーサビリティ取得による「サプライチェーン可視化」と、3Dプリンタのような生産革新による「材料のアップサイクル化」を組み合わせる高付加価値化を狙っていくことが、今後、資源のバランスが求められる世界で製造業が取るべき戦略だといえる。

V 新たな価値を提供する 経営へ（顧客価値の再定義）

前章までに紹介してきた事例は、性能面などでは、一見すると現状と大きく変わらない価値提供のように見える。しかし、製品機能としての差別化ポイントの訴求のみならず、100年もしくはそれ以上の年月、あらゆる環境のバランスを取りながら継続的に実現するための取り組みへの訴求が従来と異なる付加価値といえる。

従来の環境対応はコストという側面で語ら

図8 3つの機能を結集した持続可能なバランスの取れたモノづくり



れることが多かったが、環境対応が製品付加価値の一つとして重視される中で、素材や部品、加えて3Dプリンタなどの生産技術により、細かい視点でCNや持続性社会を支えることが求められてきている。日本の製造業の高い技術力と競争優位性を活かし、この社会変化をビジネスにうまく取り込む機会がまさに到来しつつある。

今回紹介した素材・部品メーカーへの付加価値シフトを活用した新たなビジネスや、3Dプリンタを用いた材料のアップサイクル化については、製品の状態・流れの可視化によって実現が可能となり、素材・製品の特性が不明瞭というリサイクルの課題を克服し、あらゆる製品が多様なサプライチェーンの中で循環し、機能拡大を実現することが可能となる（図8）。

そうした社会に向けて、メーカーは従来のように製品をつくって供給するビジネスから、循環させて機能を向上し続けるビジネスをデザインしなければならない。モノを生

産・販売して自社の資源を外に流出させるのではなく、なるべく循環させて自社に還ってくるスキームを構築することが今後のビジネスモデルの肝となる。製品をつくればそれだけ消費者の生活の質向上とともに環境負荷を削減することができる、そのような持続可能なモノづくりを考えていかなければならない。

日本には100年企業は少なくなく、中には、宮大工をはじめとした建築業のように1000年ほど継続したモノづくり企業が存在する。これらの企業は各時代の環境の最適化とその時代の最先端技術を両立させ、持続的に人間社会への付加価値を提供してきた。日本には依然として、素材や部品産業においてグローバルでも技術力が強い企業が多く存在する。それはつまり、100年企業のノウハウと素材・部品産業の技術力を結集し、グローバルでの持続的社会実現に向けたモノづくりを提供できるポテンシャルを、日本企業は保有していることを示しているのではないだろうか。

化石燃料や資源を用いる製造業が同様に継続的に発展するためには、新たな付加価値を再定義し、単に利益だけではない価値を提供し続ける経営を考えていく必要がある。現状、多く取り組まれている製品の状態や流れの可視化に加えて、日本企業は素材・部品事業を中心とした事業展開や、3Dプリンタなどを活用した多様なモノづくりによって持続的付加価値をサービスとして展開することで、新たなモノづくりを発信・提供することが期待されている。

注

- 1 1つの製品を製造するのに必要とする時間のことを指す
- 2 プラスチック添加剤の一種で「充填剤」と呼ばれるもの。補強効果や耐熱性の向上のため活用される

著者

佐々木健一（ささきけんいち）

野村総合研究所（NRI）グローバル製造業コンサルティング部エキスパート

専門はエレクトロニクス産業、素材・化学産業や、それら産業のカーボンニュートラル関連事業化支援など。海外駐在の経験を活かし、日本企業の海外進出および海外企業の日本市場進出支援も手掛ける

森田拓朗（もりたたくろう）

野村総合研究所（NRI）グローバル製造業コンサルティング部コンサルタント

専門は素材・化学産業、石油産業やデジタル技術の活用による製造業の変革支援など。素材・化学業界における事業戦略立案の経験も活かし、国内石油化学業界における再編支援も手掛ける