

令和2年度「調査・研究事業」

カーボンニュートラル時代における中小企業のプラスチック産業に関する調査研究

報 告 書

令和3年2月

一般社団法人 中小企業診断協会

はじめに

令和2年7月1日にレジ袋の有料化が実施された。レジ袋そのものはプラスチックの生産量の中で1～2%程度を占めているに過ぎない。消費者のライフスタイルの変容を目的とした面が大きいと言われている。ただ、レジ袋やストロー、使い捨てカトラリー（スプーンやフォーク）を廃止すればプラスチック問題は解決するように主張するコンサルタントもいる。

日本の中でプラスチックごみに対する意識が低いのを認めざるを得ない状況である。レジ袋やストロー、使い捨てカトラリーの廃止は、欧米で議論されているプラスチック問題をそのまま日本に持ち込んでいるように見受けられる。日本には日本固有のプラスチック問題があり、それが議論されることはない。

日本人で日本特有なプラスチックの使用に対して廃止を主張する人がいない。その一方、欧米で話題になったストロー廃止を声高く主張する。高齢者施設等ではストローが必要になることが多く、使用済みストローも施設が適切に処理し、河川や海に流れることはない。例えば、池で魚を釣る人がテイクアウトの飲み物をストローが付いた状態でポイ捨てしているのを画一的に考え過ぎている。飲食店のストローにしても店内で使用したストローを店外に持ち出す人は皆無に等しい。

プラスチックごみ問題を考えた時、マスコミで言われていることが正しいのかと思ったことがこの調査研究事業を行うきっかけである。

目 次

第1章	コロナ後のプラスチックごみの問題	1
第2章	生分解性プラスチックとバイオマスプラスチック	19
第3章	支援マニュアル	33
第4章	株式会社リプロ	48
第5章	シバセ工業株式会社（ストロー）	60
第6章	横山製網株式会社	70
第7章	丸三化学工業株式会社（PPバンド）	82
第8章	総括	94
おわりに		98

第1章 コロナ後のプラスチックごみの問題

1. プラスチックごみ問題

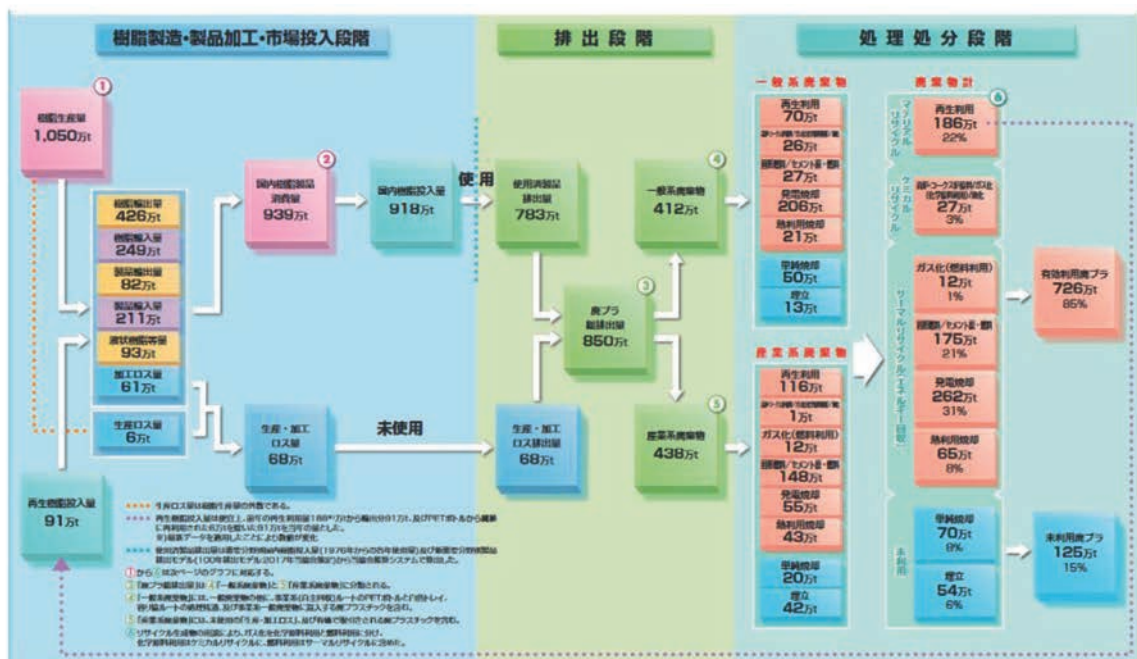
(1) 日米欧のプラスチックのリサイクルについて

2019年のわが国のプラスチック生産量1050万トン、国内製品消費量783万トン、生産・加工ロス量68万トンで、総排出量850万トンとなっている。家庭から排出される一般廃棄物412万トン、企業等から排出される産業系廃棄物438万トンと約半々となっている。

マテリアルリサイクルは186万トン(22%)、高炉・コークス炉等で使用されているケミカルリサイクルが27万トン(3%)、サーマルリサイクルが726万トン(85%)で未利用が125万トン(15%)となっている。わが国のマテリアルリサイクルは数字上186万トンとなっているが、生産工程への再投入量は91万トンにしか過ぎず、残り95万トンは海外に輸出しリサイクルを行っていることになる。

2016年に資源として約140万トン輸出していた廃プラスチックは、輸出先の半分以上を占めていた中国をはじめ、タイ、ベトナム他の禁輸措置により、2019年は約90万トンに減少した。

図表1-1 2019年のプラスチックのマテリアルフロー図



出所：プラスチック循環利用協会

一方、米国はプラスチックごみの90%を埋め立てたり焼却したりしており、リサイクルしているのは10%に達しない。そしてリサイクル可能なプラスチックごみの半分を、30年もの間、海外に輸出してきた。輸出先は中国のほか、ごみ処理のためのインフラが整っていない

い発展途上国であったが、2018年に中国が国内の環境問題改善のために廃プラスチックの輸入を禁止したことで輸出量は大幅に縮小している。

欧州ではリサイクルと堆肥化比率が高く、総じて熱回収と焼却が低く、埋立比率も高い。循環ビジネス研究会では食品廃棄物をプラスチック包装のまま破碎し堆肥化し、その堆肥を畑に撒くドイツの動画を見た。このため、欧州での生分解性プラスチックに関する意識が高いことに納得した。

(2) プラスチックごみ問題の本質

手軽で耐久性に富み、安価に生産できることから、プラスチックは私たちの生活のあらゆる場面で利用されている。プラスチックの多くは「使い捨て」されており、利用後全てがきちんと処理されるとは限らず、環境中に流出してしまうプラスチックもある。手軽に使える分、手軽に捨ててしまう人もいる。

環境中に流出したプラスチックのほとんどが河川などから海へ流れ込み海洋プラスチックになっている。既に世界の海に存在しているプラスチックごみは、合計で1億5,000万トンと推定されている。そこへ少なくとも年間800万トンが新たに流入している。2050年にはプラスチックごみの総量が海の魚の総量を超えると言われている。

海に流出したプラスチックごみは、海岸で波や紫外線等の影響を受けることにより、小さなプラスチックの粒子となる。5mm以下になったプラスチックは、マイクロプラスチックと呼ばれている、これらは、マイクロプラスチックは自然分解することではなく、数百年間以上もの間自然界に残り続ける。

プラスチック製造の際に添加材が使用されたり、海水中に存在する化学物質が吸着したりすることで、マイクロプラスチックには有害物質が含まれていることが少なくない。魚類がマイクロプラスチックを摂取し、食物連鎖により有害物質が濃縮され、それら魚を食べた人に健康被害が出る可能性がある。また、海鳥、アザラシなどの海洋動物、ウミガメが漁網などに絡まったり、ポリ袋を餌と間違えて摂取したりすることで傷ついている。

そのうえマイクロプラスチックが更に細くなり、ボトル入り飲料水や食塩などに含まれている可能性も指摘されている。更に細くなったマイクロプラスチックは、人を含む生物の身体や繁殖などにどのような影響を及ぼすのか、詳細はまだ解明されていない。しかし、本来自然界に存在しない物質が広く生物の体内に取り込まれた結果を楽観視することはできない。2021年は海洋プラスチックごみ問題について、大阪ブルー・オーシャン・ビジョンを踏まえた施策が本格展開される年となる予定である。

(3) 地球温暖化問題

気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) は地球温暖化が現在の度合いで続けば、2030年から2052年の間に気温上昇は1.5°Cに達する可能性が高いとする1.5°C特別報告書を2018年10月8日に公表した。

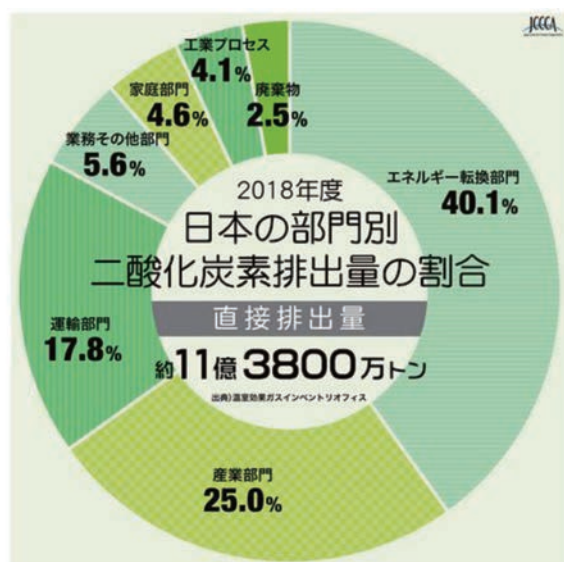
パリ協定は、世界全体の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求することを示した。確信度が中程度の予測としては、1.5°C上昇の場合と2°C上昇の場合では、いくつかの地域で強い降水現象（豪雨）の発生確率に違いがみられる。また、いくつかの地域では干ばつと降水不足の発生確率の増加が異なると予測している。2100年までの海面水位の上昇は1.5°C上昇の場合は、2°C上昇の場合よりも約0.1m低くなると予測されている。

特別報告書では、産業革命以前からの気温上昇を1.5°Cに抑えるための緩和（温室効果ガス削減）経路について、経済成長や技術の進歩、生活様式などを幅広く想定して導き出している。この中で、1.5°C上昇を抑えるモデル排出経路によっては、二酸化炭素（CO2）排出量を2030年までに2010年比約45%削減、2050年前後には正味ゼロに達する必要があると示している。

プラスチックは原材料の石油の採掘・輸送から、精製、生産に係る過程でのエネルギー利用に伴うCO2の排出に加え、焼却によるCO2の排出により気候変動の一因になっている。プラスチックに関係するCO2の排出を抑えるため、リサイクルの推進と再生可能なバイオマス資源を原料に、化学的または生物学的に合成することで得られるプラスチック使用することが求められている。それを焼却処分した場合でも、バイオマスのもつカーボンニュートラル性から大気中のCO2の濃度を上昇させないという特徴がある。

なおプラスチックの焼却に伴うCO2排出量は下図の廃棄物（2.5%）に含まれる。

図表1-2 日本の部門別CO2排出量割合



出所：温室効果ガスインベントリーオフィス

2. 新型コロナウイルス感染症の影響によるプラスチックごみの増加

大手食品容器メーカーは2020年4～9月期決算で増収増益となり、通期予想を上方修正

したうえで増配も決めている。背景には「巣ごもり消費」と「新しい生活様式」がある。スーパーマーケットの精肉・鮮魚向けトレイなどの出荷が大幅に増加している。それに加え、飲食店や中食産業のテイクアウトやデリバリー容器の出荷が急増している。容器の大部分はプラスチック容器である。自治体でも、東京都小平市は4～6月の3ヵ月間の収集プラスチック製容器包装量は前年同期比で約8.9%増えたと発表している。

その一方、プラスチック容器削減へ対策も始まっている。京都府亀岡市では、登録店舗で市民がテイクアウトやデリバリーを利用する際、エコバッグや容器を持参したり、箸やスプーンを辞退したりすると1枚10円分のクーポンがもらえる。「プラごみゼロ」クーポンキャンペーンを実施した。

公益社団法人日本包装技術協会の調べによれば、プラスチック製の包装・容器出荷数量は2015年から19年にかけてやや増える傾向にある。食品トレイでは使用済みトレイ及び使用済みペットボトルを原料にした容器の比率は高まっていて、バージン原料を使うより3割程度は二酸化炭素（CO₂）排出量を減らせると分析されている。

新型コロナウイルス感染症の影響によりプラスチックごみが新たな環境問題を引き起こしている。使い捨てマスクに使用されている不織布に使われているプラスチックもポリエチレンやポリプロピレン、ポリエステル等であり、ごみとなり世界中の川や海で見つかっている。主に医療用に使用されているフェースシールドや防護服も同様にプラスチックでできている。医療現場に使われているマスク等はごみとなり河川や海に捨てられることは少ないと考えられる。しかしながら、医療用マスクはプラスチックの生産を増やす要因となっている。

更に、新型コロナウイルス感染症の影響で在宅勤務や巣籠り消費が増え、ネット通販の利用拡大で、それに使われる梱包材のごみが増えている。

3. セブン&アイ・ホールディングスとウォルマートの環境対策

セブン&アイ・ホールディングスはセブンイレブンなど日米約3万のグループ店舗運営から排出される二酸化炭素（CO₂）を2050年までに実質ゼロとする新たな環境目標を設定する。毎年設備投資の5%以上を環境分野に割り、まず5年で1千億円を再生可能エネルギーや次世代技術に投じる。脱炭素の加速を見据え、世界展開する小売業として環境貢献の経営姿勢を鮮明にする。

米国では2019年9月21日、世界最大のスーパーであるウォルマートが「修復・再生企業（a regenerative company）になる」という宣言を発表した。「40年までに温暖化ガスの排出をゼロにする」と大きなメッセージを掲げた。

- (1) 自社施設で使う電力を35年までに100%再エネにする、
- (2) 長距離トラックを含む自社保有車両の電動化とゼロエミ化を40年までに達成する、
- (3) 40年までにすべての店舗や配送センター、データセンターでの冷熱機器を低負荷なものに転換する、という長期目標を発表した。

ウォルマートは19年2月、プライベートブランド (PB) 商品で、プラスチック包装・容器削減の行動計画を発表している。2025年までにプラスチック包装・容器を100%リサイクル可能、再利用可能、堆肥化可能なものに切り替える。

生鮮食品などでも容器包装の削減に取り組んでおり、例えば精肉販売ではトレイを使わず、真空パッケージ包装をする「ノントレイ商品」の販売を拡大している。

米国中のスーパー「ウォルマート」から集められたプラスチックのレジ袋が、米ジョージア州モンテズマにあるリサイクル施設の外で処理されるのを待つ。ここは閉鎖された食品加工工場であり、リサイクル工場に生まれ変わろうとしている。

4. 新型コロナウイルス感染症の影響によるエネルギー問題

2020年3月初旬、ロシアと巨大な石油カルテル OPEC (石油輸出国機構) との争いが、原油の過剰供給をもたらした。4月にはパンデミックの影響によるロックダウンなどで、世界の人々の移動が止まった。米テキサス州では原油が歴史的といえる低価格をつけ、余剰原油の保管場所に困難になる事態となった。原油価格の低迷の影響は大きく、米国では2016年以降では最多の36社の石油関連企業が破産を申請するに至っている。カナダ・アルバータ州の油田と米メキシコ湾岸の製油所を米中西部経由で結ぶキーストーン XL などの主要なパイプライン建設プロジェクトは中断されたままとなった。なお、バイデン大統領は就任後初の主要な環境保護の行動の1つとして、このパイプライン建設許可を撤回した。キーストーン XL は2015年にオバマ大統領 (当時) が環境面の懸念から却下したが、2017年にトランプ前大統領が就任早々にそれを覆し認可していた。

また、天然ガスの価格も歴史的な低水準まで下落したものの、米国での消費量は増加した。逆に2020年前半の石炭による発電量は30%減少した。

世界的には、再生可能エネルギーが急成長している。2020年前半、風力および太陽光による発電量は14%増加し、初めて全電力の10%近くを占めるようになった。米国でも2020年には再生可能エネルギーの成長が見られ、発電量は2019年から約5%増加している。

5. カーボンニュートラルについて

わが国の政府は50年までに温暖化ガス排出量を実質ゼロにする『カーボンニュートラル』の目標を掲げた。これによってプラスチックごみ対策も大きく変わった。

日本製紙連合会 (東京・中央) は2021年1月20日、2050年までに製紙業界として生産活動での温暖化ガスの排出量を実質ゼロにする方針を発表した。2013年度比で50年に二酸化炭素 (CO₂) を2100万トン削減する。省エネの取り組みを継続するほか、自家発電設備をバイオマスなどの再生可能エネルギーに転換するなどして、目標の達成を目指している。

日本ガス協会は、ガス業界として2050年に温暖化ガス排出を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」を2020年11月2日に宣言した。企業単体での実質ゼロ目標はこれまでも

あったが、業界団体としては珍しい。水素を利用したガスの脱炭素化を軸に、実現に向けた構想を作成する。現状、都市ガス会社は化石燃料を使い、二酸化炭素（CO₂）を排出している。ゼロ宣言の背景には、世界は脱炭素の流れに舵を切っており、業界への風当たりが増し、衰退することへの危機感がある。

温暖化ガスを出さないガスを用いる比率を 30 年に 5～20%、40 年に 30～50%、50 年に 95～100%とする方針を示した。

目標達成のため、3つの具体策を示した。

- ① 技術革新によるガスの脱炭素化、
- ② 天然ガスシフトの徹底、
- ③ 海外へのガス関連技術の移転による国際貢献

特に重視するのは、(1)に関連した水素を利用したガスの脱炭素化だ。業界では「カーボンニュートラルメタン」という呼び名で普及を進める計画である。将来は、太陽光発電の電力で CO₂ を水素と合成してメタンを合成する計画であるが、今はまだコストで天然ガスに全く対抗できない状態である。

「カーボンニュートラルメタン」は CO₂ 排出ゼロのメタンである。メタンは都市ガスの原料である。ガスの燃焼時には CO₂ を排出するが、製造過程で CO₂ を使用することで差し引きゼロにする。具体的にはメタネーションと呼ぶ技術で、CO₂ と水素からメタンを合成する。メタネーションは世界で実用化に向けた開発が進んでいる。

メタネーションの最大の利点は既存のガスパイプラインを利用して供給でき、既存のインフラを利用できることである。2050年の脱炭素社会の実現に至るトランジション（過渡期）の取り組みとして徹底した天然ガスシフト・天然ガスの高度利用により確実な CO₂ 削減を進める。このような取り組みを深化させ、水素やメタネーション等のイノベーションによりガス自体の脱炭素化を進める。

2020年10月13日、国際エネルギー機関（IEA）が、「World Energy Outlook 2020」を公表した。今年の Outlook の特色は、1つはコロナ危機からの回復シナリオを検証したことである。そしてもう1つは、2050年ゼロエミッションのシナリオを示したことである。IEA は Outlook 公表にあたって、ニュースレターをリリースしている。

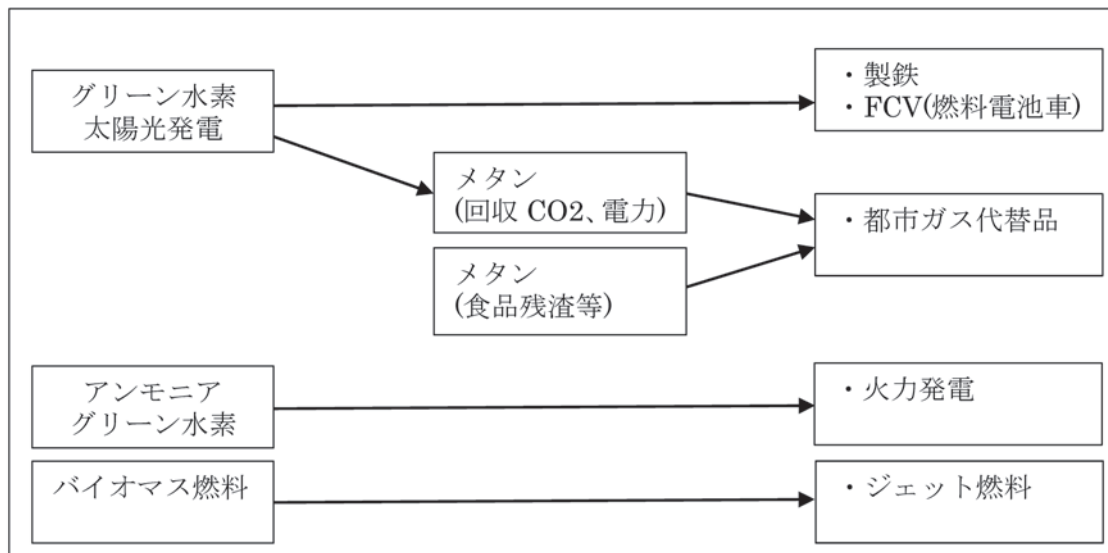
2020年に世界のエネルギー需要が5%減り。エネルギー関連への投資も18%減ると予想している。この変化が再生可能エネルギーへの移行を加速させる方向に働くことを期待しており、今後各国政府がどのように対応するかにかかっている。中でも、太陽光発電は、今後10年間に想定される4通りのシナリオのうち、どの想定でも中心的役割を演ずると予想している。

6. カーボンニュートラルへの方向性

2050年 CO₂ 排出実質ゼロに対して、新しい蓄電池、水素、CO₂ 資源化（回収）が政策目標となっている。変動する再エネ電力には大量蓄電で対処する。水素と蓄電池の組み合わせ

せが最適解となる。水素は過渡期には石油由来のグレー水素で必要なインフラ整備を手掛け、その後太陽光発電で水分解装置によってグリーン水素に変えていく。オーストラリアの砂漠地帯に大規模太陽光発電を設置し、水分解によって水素を生産し、いわゆる新たな“油田”地帯とする計画である。2030年の太陽光パネル設置は45GW超になる目標である。

図表1-3 将来のエネルギー構成



出所:各種報道より作成

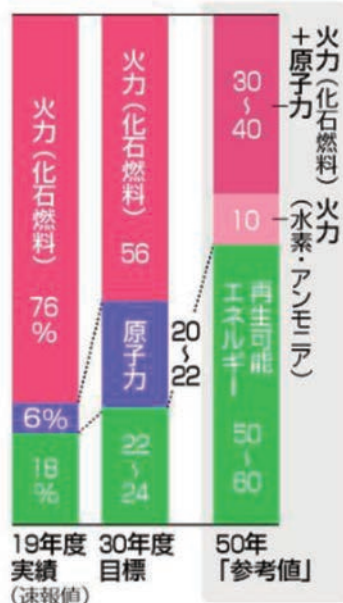
(1) 2050年には再生可能エネルギーは50%~60%

経済産業省は12月21日、有識者会議（総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会）において、今後、エネルギー政策の議論を深める「参考値」として、「2050年に発電電力量の約5~6割を再エネで賄う」という政府案を示し、25日に「グリーン成長戦略」として公表した。

今回、公表された「2050年の再エネ比率・約5~6割」の根拠にしたと思われるのは、日本エネルギー経済研究所による「日本を9地域に区分し、変動性再エネの発電単価7~8円/kWhの場合、再エネ比率約54%が最適」というシミュレーションであり、この発電単価は現時点の太陽光・風力の目標値になっている。

この「再エネ・5~6割」に関しては、再エネ推進派から批判が相次いだ。再エネ比率5~6割は、2030年時点での国際水準で、議論の出発点としても野心に欠ける。エネ研の試算では、不確実性の高い水素発電コストを12円/kWhに固定しており、また系統運用の柔軟性を議論せずに調整力を過度に火力に依存するなど、国際的な議論と乖離している。

図表 1 - 4 2050 年の電源構成



出所:時事ドットコム

(2) 電気自動車

菅義偉首相は第二百四回国会における 2021 年 1 月 18 日の施政方針演説で、全ての新車販売を電動車へと切り替える時期を「2035 年まで」と明言した。それに加え国家のエネルギー政策の大変化なしには、なかなか達成は難しいとした。これを受けて日本自動車工業会(自工会)の豊田章男会長(トヨタ自動車社長)は政府目標に難色を示した。東京都も小池百合子知事が 2020 年 12 月、都内で新車販売される乗用車について 2030 年までにガソリンエンジンだけの車をなくし、すべて電気自動車(EV)やハイブリッド車(HV)などの「非ガソリン車」(電動車)にする新たな目標を明らかにした。

2020 年 11 月、英国がディーゼル車とガソリン車の新車販売禁止を 30 年に前倒した。日本貿易振興機構(ジェトロ)のビジネス短信によれば、同国は、炭素排出ゼロで長距離走行可能なハイブリッド車(HEV)の販売は 35 年まで認めるとしている。

米カリフォルニア州は、州知事が 20 年 9 月に 35 年までに ZEV(ゼロ・エミッション・ビークル)以外の新車販売を禁止する行政命令を発表した。中国も、35 年をめどに新車販売を環境対応車に絞ると表明しており、フランスも 40 年までにエンジン車の新車販売を禁止すると発表している。カナダのケベック州も 35 年までにガソリン車の新車販売を禁止する。

米ゼネラル・モーターズ(GM)は 1 月 28 日、2035 年までにガソリン車の生産と販売を取りやめ、全て電動車に切り替えると発表した。25 年をめどに電動車に計 270 億ドル(約 2 兆 8000 億円)を投資する。

トラックに関しては、いすゞが四半期決算の発表に合わせてカーボンニュートラルへの取

組を発表した。いすゞは電気自動車（EV）の小型トラックを 2022 年度に量産車の販売を開始する。いすゞは小型電気トラックを 2019 年から宅配やコンビニ配送、ごみ収集などのモニター活動を実施し、経済合理性や利便性を検証している。2020 年に本田技術研究所と共同研究している燃料電池大型トラックを 2022 年度にモニターを開始する予定である。乗用車・小型トラックは電気自動車、それより大きなトラックは燃料電池車が本命となるであろう。CNGV（圧縮天然ガス）や LNG トラックは過渡期的技術となる可能性が高い。

（3）水素車

日本は水素で走る燃料電池車をいち早く実用化するなど水素技術で先進国とされてきた。しかし、足元では欧州や中国が猛追している。欧州や中国が掲げるのが、巨額の政府資金を投じて安く水素を調達できるインフラを作ることである。

中国では水素で走る燃料電池車（FCV）のサプライチェーン（供給網）の整備が始まっている。中国政府は関連技術の開発に最大 17 億元（約 270 億円）の奨励金を支給するモデル都市群を募集し、約 20 都市群が応じた。中国政府は 2035 年までに 100 万台の FCV の普及を目指している。

（4）全固体電池

自動車各社は電気自動車（EV）へのシフトを急いでいる。焦点となるのは電池。今はリチウムイオン電池が主体だが、トヨタ自動車は 2020 年代前半に発売する車に全固体電池を搭載すると明らかにした。全固体電池は EV の大本命とされるが、量産には至っていない。安全性が高く、小型化が可能でガソリン車並みの走行距離が得られる。全固体電池はリチウムイオン電池と類似している。大きな違いはリチウムイオン電池が電解液を使用するのに対して、全固体電池が電解液を使用しない点が挙げられる。

（5）水素化社会の形成

欧州連合（EU）は 20 年 7 月、50 年までに 4700 億ユーロ（約 60 兆円）を投じる水素戦略を発表した。60 年に排出の実質ゼロを目指す中国も水素インフラに巨額投資を計画する。国際間競争が激しさを増す中、日本の製造業が自ら、海外の水素製造プロジェクトに直接投資するといった動きも一段と進みそうである。

資源エネルギー庁の資料によると、2014 年の日本における水素の利用は約 150 億 Nm³（約 135 万トン）で、その多くが苛性ソーダ（NaOH）製造、鉄鋼精製や石油精製プロセスで発生した副生水素である。但し、ほとんどが自家消費されており、外販されているのは 3 億 Nm³（約 2.7 万トン）に過ぎない。

大量の水素の利用が開始されると、その水素はどのように生産されるか、そして十分な量を確保できるのか、に関心に移る。世界では水素の生産の際に CO₂ を排出するかどうかによって「色」を付けて呼んでいる。

具体的には、水素を生産する際に多くの CO2 排出を伴う場合は「グレー水素」と呼ぶ。但し、その CO2 を大部分回収して貯蔵などをする場合は「ブルー水素」と呼ぶ。そして、CO2 を当初からほとんど出さない方法、例えば再エネで水を電気分解（水電解）して水素を発生させる場合は「グリーン水素」と呼ばれる。まだ技術の実用性は明らかになっていないが、天然ガスの改質で CO2 を出さない方法も登場してきた。三菱重工業は「ターコイズ水素」と呼ぶ。

水素は燃焼しても温暖化ガスが発生しない。現在は化石燃料から取り出し低コストで大量生成しているがその過程で CO2 を排出する。再生エネルギーで水を電気分解して作る手法は CO2 を出さないが生成コストが割高になる難点があった。

仮に火力発電所で使う大量の水素がグレー水素であれば、発電所で CO2 が出なくても実質的には大量の CO2 を排出していることと同様である。当初は水素社会実現の移行期（過渡期）にはグレー水素の利用もやむなしと考える。まずは水素を流通システムに載せることを優先する。その後ブルー水素を増やし、最終的にはすべてグリーン水素になるとみられる。

水素の量の確保のために経産省傘下の新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）がオーストラリアの褐炭の改質で生産しようとしている水素も当初はグレー水素である。NEDO は CO2 の回収によってブルー水素にする計画だという。実証実験ではまだコストがかなり高い。目標のコストにできるのは少なくとも 2022 年以降になりそうである。

LNG と同様に大量導入が鍵になる。川重は 18 年から丸紅や岩谷産業とともにオーストラリアで「褐炭」と呼ばれる低品位炭から水素を製造、液化し、日本に船で運び、発電などに使う輸送する実証事業を始めた。2020～21 年に最初の水素製造・輸送試験を行う。海外での水素参画を今後も増やし水素関連の事業売上高を 30 年に 1200 億円、40 年に 3 千億円まで高める計画である。

住友商事は英国の水素製造装置メーカーと提携し販売代理店を営んでいる。同社は生成時に二酸化炭素（CO2）を出さないグリーン水素事業に参入する。最初はオーストラリアでのビジネスをテコにグリーン水素の供給網の確立を目指し他の国や地域にも事業を広げる計画である。日揮ホールディングスと組みコンテナ 2 つ分程度の小型の水電解装置を開発する。世界的に太陽光発電のコストが安いオーストラリアに生成設備を設置し 2023 年の稼働を目指す。オーストラリアに水素インフラの拡充を目指す同国は将来的に水素 1 キログラムあたりの生産コストを 2 豪ドル（約 160 円）以下と欧州の 4 分の 1 とする目標を掲げており事業環境が整っているとの判断している。

事業費は 10 億円弱と考えている。1 装置当たり燃料電池車 3000 台程度分の燃料に相当する年間 300 トンの水素を生成する。当面、現地の工場や燃料電池バスなどに限って地元で供給していく。水素の販路拡大に応じて装置生産を増やしていく。なお、日本での展開は今後の課題で、不安定で発電規模が小さい再生エネルギーのコスト引き下げが前提となっている。

グリーン水素を巡っては、30 年をめどに「水素大国」になるオーストラリアが輸出用に

大量生産できるプラントの建設を計画中である。再生エネの普及が進む欧州連合（EU）では欧州委員会が 30 年までにグリーン水素の生産量を 1000 万トンにする目標を打ち出す。これらの事業は大量生産で生成コストを引き下げ、輸送費を吸収しながら水素ビジネスを採算に乗せる計画である。

グリーン水素は独シーメンスなどが欧州で大型の水電解装置を稼働させて事業化を目指している。日本では旭化成などが福島県で実証実験を進めている。採算にあうかたちで水素をつくれるかが焦点となっている。

図表 1－5 各国の 2030 年の水素戦略について

	2030年目標
EU	4000 万キロワットの水の電気分解装置の導入 1000 万トンのグリーン水素の生産
ドイツ	500 万キロワットの水の電気分解装置の導入
フランス	650 万キロワットの水の電気分解装置の導入
日本	ブルー水素やグリーン水素等で計 30 万トン (水素基本計画)

出所：各種報道から作成

水素普及の課題はコストである。現在は 1N 立方メートル（ノルマルリューベ=標準状態での気体の体積）あたり 100 円程度である。発電や製鉄などで経済的に使えるには 10 円を切るレベルにする必要がある。なお、同じ体積の液化天然ガス（LNG）のコストは現在 13 円程度とされ、同じ体積なら燃焼カロリーも多い。

低コストの水素供給には供給網を担う設備メーカーのノウハウも欠かせない。川重は世界で初めて液化水素運搬船を開発したほか、国内最大の液化水素の貯蔵タンクも開発している。神戸製鋼所は水素を気化して運搬や貯蔵するのに使う圧縮機を、日本製鋼所は水素ステーションで水素をため込むのに使う蓄圧器を開発した。素材に高強度の鋼管を使うなどし、かつコストを 2～3 割減らした。旭化成は 25 年にも大型の水素製造装置を商用化する計画である。

20 年 12 月 7 日に民間主導で立ち上がった水素インフラの整備を進める協議会（水素バリューチェーン推進協議会（JH2A））には、多くの国内製造業が名を連ねた。各社が蓄積したノウハウをより経済性の高い水素インフラの構築に生かせるかが課題になる。

三菱重工業は、米国統括拠点である米国三菱重工（Mitsubishi Heavy Industries America, Inc.）を通じて、天然ガスなどに多く含まれるメタン（CH₄）からプラズマ熱分解方式で水素（H₂）と固体炭素（C）を取り出す革新的技術を持つ米国のモノリス社（Monolith Materials, Inc.）に出資した。天然ガスの直接熱分解により、水素製造過程で CO₂ を排出しない、いわゆる "ターコイズ水素" およびカーボンブラックなど利用価値の高い固体炭素を製造で

きる技術を獲得し、当社グループが戦略的に取り組むエネルギー転換（低環境負荷エネルギーへの過渡期事業）における革新的代替技術の一つとして、水素バリューチェーンの強化・多様化につなげていく計画である。

（6）カーボンリサイクルについて

三菱重工業は国内で水素を使い火力発電設備から排出する二酸化炭素（CO₂）を減らす実証を進め、兵庫県の三菱パワー工場内で試験設備を稼働中である。海外でも水素の製造プロジェクトに相次ぎ参画した。グループで水素供給から設備の建設、エンジニアリングまで一体で手がける。

地球温暖化の原因となる二酸化炭素（CO₂）を炭素資源として再利用するカーボンリサイクルがある。実用化へ向けとりわけ大きな期待が寄せられる技術のひとつが、CO₂ と水素からメタンを合成する「メタネーション」である。

天然ガス生産時に生じる CO₂ を都市ガスの原料として再利用するプロジェクトを展開する国際石油開発帝石が、CO₂ からメタン生成する設備を稼働してから 1 年あまりになる。日立造船と国際石油開発帝石がプラントを作り実証試験を始めたり、JFE スチールなどが CO₂ 調達技術の試験をしたりしている。

プロジェクトは新潟県長岡市にある国内最大級のガス田に、国際石油開発帝石が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と日立造船と共同で完成させた試験プラントがある。現時点のメタン生産量は年 47 トン程度だが、権益を保有する海外のガス田などでもこれを展開し、2025 年には約 5 万 9000 トン、2030 年以降の商用段階では年 35 万トン規模に拡大する計画である。反応そのものは 20 世紀初頭から知られていたメタネーションであるが、世界的にも実用化へ向けた動きが加速するのは、脱炭素社会実現の切り札と目されるからである。

住友商事は 2021 年 1 月、オマーンで油ガス田から発生する随伴ガスを使った水素製造の事業化の調査を始めたと発表した。現地財閥系の石油開発会社アラペトロリアムと連携し、水素は燃料として利用する。2023 年の商業運転開始を目指し、オマーン以外での展開も視野に入れる。

両社がアラペトロリアムの鉦区内で原油生産の際に副産物として発生する随伴ガスから、年間 300～400 トンの水素を製造する。原油や天然ガスの生産の際に出てくる随伴ガスは大気中に放出する（煙突の上で燃やす）のが一般的だが、実証実験ではメタンと水の化学反応から水素を取り出す水蒸気改質法を用いる。水素は主に鉦区内で導入する燃料電池車の燃料として主に使用する。

水素製造時に発生した二酸化炭素（CO₂）は現地の企業に提供し使ってもらうことで、全体の CO₂ 排出を抑える。製造装置の電源は新たに併設する太陽光発電パネルから供給を受ける。

メタンは炭素原子 1 個に 4 個の水素原子が結合しているため、1 キロワット時あたり 5 円

の再エネ電力を用いて作った 1 ノルマル立方メートルあたり 25 円の水素を用いた場合、メタン価格は 4 倍にあたる 100 円に跳ね上がってしまう。こうした化学的な構造からも一目瞭然のように、メタンの普及には水素生産コストをいかに抑えるかが鍵となる。

逆に考えれば、昔から知られた技術であるが実用化できていないことは、実用化への壁がいかに高いかということである。その壁はコストの壁であることが多い。太陽光発電等作られた電気を使って水素を生産し、その水素と電気を使いメタンを生産する。

再生エネ電力 → グリーン水素 → メタン

このように 2 段階を経てメタンを生産する方法ではどうしても効率が悪く、コストが高くなってしまふ。そのため、太陽光を用いて二酸化炭素を天然ガスの主成分であるメタンに変換する、人工光合成のための新しい触媒が開発された。この研究はミシガン大学、マギル大学、マックマスター大学が共同で行ったもので、2020 年に科学雑誌に掲載された。

人工光合成は二酸化炭素と水から、天然ガスやガソリンに似た炭化水素燃料を生産することを目指している。しかし、非常に安定な二酸化炭素から炭素を分離するには多くのエネルギーが必要で、効率的な触媒がなければ二酸化炭素をメタンに変えることは非常に難しい。

しかしながら、この研究はまだ研究室レベルの研究であり、これからパイロットプラントで実証実験を行い、量産研究に移っていき、実用化には多くの年数が掛かると感られる。

既に実用化されている技術では、水素を燃焼させ、熱源や電源にするコージェネレーション（熱電併給）の活用を進める。更には自治体と連携して、下水処理場の汚泥から発生するメタンガスを使って発電するバイオマスガス発電も推進する。

JFE エンジニアリングや日立造船がごみ焼却施設の排出ガスから二酸化炭素（CO₂）を回収・利用する実証事業を始める。回収した CO₂ は水素と反応させてメタンに変換するなどして活用する。CO₂ 排出を抑えたい自治体の需要を取り込む。CO₂ 排出が多い他の分野への応用も検討していく。

三菱重工業は世界初となる二酸化炭素（CO₂）運搬船を 2025 年度にも実用化する。工場などから CO₂ を回収して運搬、貯蔵する取り組みが世界的に広がっており輸送需要を取り込む計画である。

また、帝人は自動車メーカーに供給する部材の製造から廃棄まで全ての過程で発生する二酸化炭素（CO₂）排出量を開示する。脱炭素を急ぐ欧州の自動車メーカーの要求に対応する。欧州から製造業は供給網全体で CO₂ 排出量を管理すべき考え方が出ている。製品の燃費や性能だけでなく、生産工程おける CO₂ の排出も管理される。

(7)アンモニア燃料

アンモニアは常温常圧では無色透明の気体です。特有の強い刺激臭があつて、毒性があるために「劇物」に指定されている。アンモニアの分子式は「NH₃」で、水素（H）と窒素（N）で構成されている。世界全体でのアンモニアの用途は、その約 8 割が肥料として消費され

ており、残りの 2 割は工業用で、メラミン樹脂や合成繊維のナイロンなどの原料となっている。

政府はアンモニア燃料の使用量を 2030 年に年 300 万トンとする目標を設ける。燃焼時に二酸化炭素 (CO₂) を出さないため火力発電で利用すれば脱炭素に生かせると考えている。再生可能エネルギーや水素に加え役割分担し、50 年に温暖化ガス排出を「実質ゼロ」とする目標の達成につなげる。

中でも現在最も技術開発が進んでいる分野が、石炭火力発電のボイラーにアンモニアを混ぜて燃焼させる「火力混焼」である。アンモニアの火力混焼は、内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」によって 2014~18 年に技術開発が行われた。

これまでの実証試験では、アンモニアを 20%混焼しても、排気中の NO_x 値を石炭だけを燃やした専焼の場合と同じ程度に保てることが証明されている。2021 年度からは、国内最大の火力発電会社であるが(株)JERA が愛知県に保有する碧南火力発電所 (100 万 kW) で、20%混焼の実証試験を実施する予定である。(株)JERA は東京電力 FP および中部電力の合弁会社である。

石炭火力のボイラーで混焼する以外にも、燃料アンモニアは様々な活用法として直接燃焼させてガスタービン発電に使う方法がある。アンモニアは燃焼の際には CO₂ を排出しないものの、アンモニアの原料となる水素を石炭や天然ガスなどの化石燃料から製造する場合、製造過程で CO₂ が発生する。そこで、化石燃料から水素を製造する過程で生じる CO₂ を回収し地下に貯留する方法 (CCS) や、CO₂ を再利用するカーボンリサイクルのほか、再生可能エネルギー (再エネ) を使って作った水素を使う研究が進められている。

化石燃料を使用した火力発電は、日本の電力需要の約 8 割を支える一方で、国内の CO₂ 総排出量の約 4 割を占めており、低炭素社会の実現には火力発電からの CO₂ 排出量削減が欠かせない。

次世代エネルギーである水素の「キャリア」、つまり輸送媒体として役立つ可能性がある。前述したとおり、アンモニアは水素分子を含む物質です。そこで、大量輸送が難しい水素を、輸送技術の確立しているアンモニアの形に変換して輸送し、利用する場所で水素に戻すという手法が研究されている。現在、アンモニアの大量海上輸送に多目的液化石油ガス (LPG) 船が使われている。これにより既存のインフラが活用できる利点がある。

IHI は、アンモニアを 2000kW 級ガスタービンの燃料に混焼する実験を、2020 年に横浜市にある事業所で開始する。日本エネルギー経済研究所とサウジアラビアン・オイル・カンパニー (Saudi Aramco) が、燃料としてのアンモニア・サプライチェーン実証試験に取り組んでおり、IHI はこれに協力する。

アンモニアは、再生可能エネルギー由来の水素や、CCS (CO₂ 分離・回収・固定) を併用した化石資源由来水素のキャリア (運搬媒体) に活用でき、脱炭素システムを構成する 2 次エネルギーとして検討されている。再エネ由来のアンモニアを「グリーンアンモニア」と呼ぶのに対し、CCS 併用による化石由来のアンモニアを「ブルーアンモニア」と呼んでい

る。

(8) ジェット機燃料

米ボーイング社と経済産業省が 2019 年 1 月、環境負荷が少なく静かな電動航空機の開発に向けた技術協力で合意した。エアバスは 50 年までに CO₂ 排出量の 75% 削減を目指し、英エンジン大手ロールスロイスや独シーメンスと共同でハイブリッド電気推進システムを開発している。航空機においては 2050 年のカーボンニュートラル達成は難しそうである。

川崎重工業や IHI、東レなどが航空機の燃費効率を 1 割高める次世代技術の開発で連携する。炭素繊維やセラミック素材を使い、小型機をより強く、軽くする加工技術などを 2024 年度までに確立する。

伊藤忠商事は廃食用油や家畜の脂から精製した「再生燃料」の輸入販売に乗り出した。同燃料を製造するフィンランドのネステと業務提携し、第 1 弾として 2020 年 10 月、全日本空輸 (ANA) にジェット燃料の供給を始めた。今後はディーゼル車、小型船舶、非常用発電機向けの燃料としての販路も開拓する。化石燃料に比べ二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 9 割削減できる。

バイオジェット燃料の研究は 2010 年からユーグレナ、日立プラントテクノロジー (現・日立製作所) と新日本石油 (現・JX エネルギー) の 3 社で行ってきた。ユーグレナは 2015 年には横浜市・千代田化工建設・伊藤忠エネクス・いすゞ自動車・ANA ホールディングスで、バイオジェット・ディーゼル燃料の実用化を目指す「国産バイオ燃料計画」を発表している。

ユーグレナは 2021 年 1 月、ジェイアール四国バス (高松市) にバイオディーゼル燃料の販売を始めたと発表した。JR 四国バスが高知県で運行する路線バス 2 台分の燃料を販売する。同社が四国地方の企業にバイオ燃料を販売するのは初めて。ユーグレナはバイオ燃料製造の商用プラントを 2025 年にも稼働させる予定。商用プラントの稼働に先駆けて、バイオ燃料の販路を開拓する。

バイオ燃料はミドリムシと使用済み食用油から作る。ミドリムシは成長時の光合成で二酸化炭素 (CO₂) を吸収するため、燃料使用時の CO₂ 排出量を減らせる。ただし、現在は製造コストが高く、一般的な石油由来のディーゼル燃料と混合して使用する。JR 四国バスが運行する「大柁線」の路線バスで使用する。

ユーグレナは、京急電鉄グループの川崎鶴見臨港バス (川崎市) や西武バス (埼玉県所沢市) などの路線バス向けにもバイオ燃料を販売している。現在、ユーグレナはバイオ燃料を実証プラントで生産しており、2025 年に商用プラントの稼働を目指している。本格的な生産の前に、バイオ燃料の販売先を増やしていく考えである。

(9) 代替肉

食料需給逼迫への危機感や牛や豚の飼育過程で発生するメタンガスへの懸念を背景に、植物肉をはじめとした代替たんぱく質ビジネスは世界各地で勃興している。発酵技術を使ってたんぱく質の生産に挑むスタートアップへの投資額も増加しており、

活動を主にけん引しているのは植物由来の成分でつくる「植物肉」スタートアップの米インポッシブル・フーズ (Impossible Foods) や、代替ミルクを手掛けるスウェーデンのオートリー (Oatly) などの有名ブランドである。

7. 国境炭素調整

EUは2050年ネットゼロエミッションを目指し、2030年目標を1990年比マイナス40%から90年比マイナス55%に引き上げることを目標としている。欧州議会はそれをさらに上回る90年比マイナス60%目標を採択した。しかし、野心的に目標値を引き上げれば、その結果域内産業の負担するエネルギーコストが上昇する。EUよりも目標値の低い他地域と国際競争上不利となり、貿易収支の悪化、カーボンリーケージを招く可能性がある。EUへの輸入品の生産に要したCO₂排出量に応じた課税もしくはクレジット取得の義務付けを行うことによって、EU域内産業の競争力を調整するのが炭素国境調整措置である。欧州グリーンディールが発表された当初は「炭素国境税」と呼称されていたが、その後「炭素国境調整措置」に改められた。

温暖化対策が不十分な国からの輸入品に事実上の関税を課す「国境炭素調整」をめぐる駆け引きが活発になってきた。導入を予定する欧州は米国に同調を呼びかけ、その動向に中国も神経をとがらせる。米欧が連携できるかは日本も含め世界に影響を及ぼすとも指摘する。

EUの国境炭素調整措置は環境対策にコストをかけた域内製品と、そうでない輸入品との価格差をなくす点にある。企業が生産コストの引き下げを狙って規制の緩い国に工場を移す「炭素漏洩 (カーボンリーケージ)」への対策も焦点になる。規制が緩い国からの輸入に関税を課すと同時に、そうした国への輸出には逆に関税を「還付」し、より効果的に工場の域外シフトを防ぐ考えもある。

規制が緩い国からの輸入品に対しては生産時に出したCO₂量に応じて関税や排出枠の購入義務を課す。これにより域内企業の競争力を保ち、同時に規制が不十分な国に環境対策を促す。EUは産業ごとにCO₂排出量の上限を定め過不足を取引する排出枠取引制度がある。これに対して温暖化ガスの排出量が世界最大の中国は保護主義を招くとけん制してきた。

8. 中小企業向け SBT・再エネ 100%目標設定 (RE100)

環境省では、民間企業がパリ協定に整合した意欲的な目標を設定し、サプライチェーン全体で効果的に削減を進める取組を促進するため、今般、「SBT 目標設定支援事業」、「中小企業向け SBT・再エネ 100%目標設定支援事業」に参加する企業の募集を開始した。

(1) RE100 について

RE100 とは、企業が自らの事業の使用電力を 100%再エネで賄うことを目指す国際的なイニシアチブがあり、世界や日本の企業が参加している。RE100 は国際環境 NGO の The Climate Group(TCG)によって 2014 年に発足された国際イニシアチブである。設立の目的は、事業運営を 100%再生可能エネルギーで調達することによる将来的な脱炭素化社会への移行である。パリ協定以降、脱炭素化は国家だけでなく企業にとっても大きな課題となっている。脱炭素化への取り組みが、企業価値に直結している、投資家の判断材料の一つとしても重視されている。RE100 に加盟し、実際に再生可能エネルギーを導入することで、環境先進企業として認められ、国内外にアピールすることができる。

RE100 に加盟するためには、企業は事業運営を 100%再生可能エネルギーで行うことを宣言しなければならない。

加盟条件は、下記の基準等がある。

基準①影響力がある企業であること

基準②「すべての企業活動」において再生可能エネルギー(以下、再エネ)の 100%利用を達成することに対して、公約する意志があること

実際に RE100 に加盟している企業は基準①により大企業が多い。

(2) SBT イニシアチブ

SBT イニシアチブは、産業革命前からの気温上昇を 2℃未満に抑えるための科学的根拠に基づいた温室効果ガス (GHG) の排出削減目標達成を推進することを目的として、気候変動対策に関する情報開示を推進する機関投資家の連合体である CDP、国連グローバル・コンパクト、WRI (世界資源研究所)、WWF (世界自然保護基金) の 4 団体が 2015 年に共同で設立した。

SBT は、「Science-Based Targets」の頭文字を取った略称で、日本語では「科学的根拠に基づく目標」とも呼ばれている。SBT イニシアチブは企業に対し「科学的根拠」に基づく「二酸化炭素排出量削減目標」を立てることを求めている。

世界の企業が二酸化炭素 (CO₂) など温暖化ガスの削減目標を相次ぎ設定している。目標設定を促す国際組織「SBT イニシアチブ (SBTi)」の参加企業は 1106 社と 2019 年末から倍増している。

電通が設定した GHG (温室効果ガス) 削減目標が、「パリ協定」の「2℃目標」を達成するために科学的に根拠ある水準であると認められ、国際的なイニシアチブである SBT イニシアチブ」から 2017 年 8 月に SBT としての認定を取得している。

参考資料

2050年におけるゼロエミッションへの挑戦について(2020.10.13)

https://www.jera.co.jp/information/20201013_539

一般社団法人 地球温暖化防止全国ネット

https://www.jccca.org/chart/chart04_04.html

亀山市 「プラごみゼロ」 クーポンキャンペーンを実施します。

<https://www.city.kameoka.kyoto.jp/kankyousoumu/kurashi/puragomi.html>

公益社団法人日本包装技術協会 (<https://www.jpi.or.jp/>)

ウォルマート (<https://corporate.walmart.com/newsroom/2020/09/21/walmart-sets-goal-to-become-a-regenerative-company>)

日本製紙連合会 <https://www.jpa.gr.jp/file/topics/20210119062903-2.pdf>

日本ガス協会 <https://www.gas.or.jp/>

World Energy Outlook 2020

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>

(株)JERA <https://www.jera.co.jp/>

次世代バイオ燃料（バイオジェット燃料）分野の技術戦略策定に向けて

<https://www.nedo.go.jp/content/100920836.pdf>

第2章 生分解性プラスチックとバイオマスプラスチック

1. 生分解性プラスチックとバイオマスプラスチックとは

(1) 生分解性プラスチックとは

1989年の生分解性プラスチック研究会により、「自然界において微生物が関与して環境に悪影響を与えない低分子化合物に分解されるプラスチックである」と定義された。この表現は曖昧であった。かつてプラスチックにデンプンを混ぜることによって、紫外線等によってバラバラになるプラスチックが使われた時期があった。現在、海洋プラスチックで問題となっているマイクロプラスチックの生成を加速させ問題を大きくしている。現在、日本バイオプラスチック協会の定義によると、生分解とは単にプラスチックがバラバラになることではなく、微生物の働きにより、分子レベルまで分解し、最終的には二酸化炭素と水となって自然界へと循環していく性質をいう。「グリーンプラ（生分解性プラスチック）」の生分解度は、国際的に規定された試験方法と、定められた基準により審査される。また、生分解プラスチックは食品残渣と同様にメタンガス発酵ができる。

図表2-1 生分解プラスチックのライフサイクル



出所：日本バイオプラスチック協会

(2) バイオプラスチックについて

化石燃料の使用による温室効果ガス（主に CO2）の削減や化石燃料の枯渇を防ぐという観点から、石油由来のプラスチックの代替材料として、生物由来のバイオプラスチックが注目されている。

バイオプラスチックには 100%純粋なバイオプラスチックの他に石油由来のプラスチックとブレンドしたバイオプラスチックがある。原料となるモノマーはバイオマス由来であるが、重合によりポリマーになった際には石油由来のプラスチックと化学構造は同じである。

ただし、鉄には結晶構造として「フェライト」と「オーステナイト」、「マルテンサイト」等があり、プラスチックにも鉄とは異なる結晶構造がある。また、プラスチックのモノマーには構造式は同じで立体構造の異なる異性体があり、このモノマーがどの順番で重合するかによってプラスチックのペレットには多くの種類がある。バイオマスプラスチックで石油由来のプラスチックの全く同じ種類が作れるとは限らない。

図表 2-2 バイオプラスチック、生分解性プラスチック、バイオマスプラスチックの用語の整理



出所：三菱総合研究所

「バイオプラスチック」とは、一般的に「生分解性プラスチック」と「バイオマスプラスチック」の総称で用いられていることが多い。一方の「バイオマスプラスチック」は、再生可能なバイオマス資源を原料として、化学的または生物学的に合成することにより得られるプラスチックと定義されている。

2050年にカーボンニュートラルの目標が設定されたことから、カーボンニュートラルなものをバイオマスプラスチックと呼ぶようになってきている。生分解性プラスチックでは生物由来のもののみをバイオマスプラスチックに含むことが多くなっている。石油由来のポリエチレンテレフタレートサクシネートは生分解性を持つが、バイオマスプラスチックと呼ぶことは少ない。

また、ペットボトルに使われているプラスチックはポリエチレンテレフタレートであり、ポリエチレンとテレフタル酸が共重合したプラスチックである。

エチルアルコールに濃硫酸を加えて、約170°Cで加熱すると分子内脱水によってポリエチレンが生成する。植物由来のエチルアルコールを使うことで、植物由来のエチレンができる。これに石油由来のテレフタル酸を共重合させると、「石油由来+バイオマス由来」のプラスチックとなる。ペットボトルはそれぞれの分子量によって30%バイオマスプラスチックとなっている。なお、植物由来のエチルアルコールが生成したエチレンのみを重合させれば、バイオマスポリエチレンとなる。

生分解性を評価する環境は、おおまかにコンポスト（高温多湿）、土壌環境、水環境の3点がある。一口に「生分解性が高い」といっても、どの環境で生分解性を発現するかは生分解性プラスチックの種類によって異なる。このことはたんぱく質の酵素分解と同様に温度、pH（酸性、アルカリ）等が影響する。

マイクロプラスチック生成で問題となっているのは水環境での生分解性であり、水環境で分解されるのは生分解性プラスチックの中でもPHBH（ポリヒドロキシブチレート/ヒドロキシヘキサノエート）などのごく一部に限られる。生分解性プラスチックで有名なPLA（ポリ乳酸）はコンポストでの高温多湿な環境では分解されるが、通常の土壌環境や水環境では分解されにくい。また、バイオPBS（ポリブチレンサクシネート）はコンポストならびに土壌環境では分解されるが、水環境では分解されにくい。

現在、一般的に使用されているプラスチックは生分解性（自然界に存在する微生物の働きで最終的にCO₂と水に完全に分解される性質）が低いため、人間が焼却処分しない限りは分解されずに自然環境中に残存する。木材などの天然有機材料であれば当該材料を分解できる微生物が自然界に存在するため、最終的にはCO₂と水に完全に分解される。しかし、プラスチックは人類が生成した化合物であり、分解できる微生物は自然環境中に存在しない。プラスチックは水や紫外線により細かく粉碎されるが、自然環境では分解されずに微細化だけが進行し、回収が困難になってしまうことがマイクロプラスチック問題の本質である。

昨今のニュースでは、目視で認識可能なミリメートルサイズのマイクロプラスチックが取り上げられている。しかし、注視すべきは目視で認識できない数十μm以下のマイクロプラスチックである。こうした微細なマイクロプラスチックが魚や貝類の体内に摂取・蓄積されることにより、生態系や人体に悪影響を及ぼすことが懸念されている。

全てのプラスチックを生分解性プラスチックに置き換える必要はない。「使用後の回収状況」と「メタンガス発生と堆肥化」の視点で、従来のプラスチックと生分解性プラスチックのすみ分けすることが重要である。

生分解性プラスチックへの置き換えを優先的に進めるべきは、使用後に回収が意図されていないもの、回収の意図はあってもできていない用途である。例えば、もともと回収が考えられていない被覆肥料等がある。意図せざる自然環境への流出は個人が使用する釣り糸や食品包装などがある。

もうひとつが「メタンガス発生と堆肥化」の視点である。食品残渣や食品廃棄物の内、蜂巣が容易に分離できないものは、そのまま破碎してメタンガス発生と堆肥化に使用するために生分解性プラスチックを使うこととなる。

ただ、生分解性プラスチックであっても意図した自然環境への流失は絶対にさけなければならない。自然に分解する食べ残しでも自然環境に投棄してはならない。野生生物を呼び寄せ、生態系のバランスを破壊してしまう。生分解性プラスチックであっても回収ルートは適切に設定し、リサイクルできるものはリサイクルしなければならない。

被覆肥料は尿素等の肥料分をプラスチックで被覆し、長期間肥料分が流れ出すことにより複数回施肥していた手間が1回で済むようになる。水田で使われた被覆肥料殻が河川を流れて海に流れ込んでいると推測される。被覆肥料に使われるプラスチックは細かく分解され、マイクロプラスチックになっていると推測されるため、実際に海まで流れ込んでいるかを目視で確認できてない。

畑作でも被覆肥料は使用されている。農業マルチフィルムは野菜等の生育促進のための保温や雑草土壌の水分の蒸発を抑える役割がある。最初にマルチフィルムを敷けば、その後から肥料を施さなくなる。マルチフィルムを敷く前に被覆肥料を施すことになる。畑作の場合、被覆肥料殻の河川への流失は水田に比較して少ないと考えられる。

なお、農業用マルチフィルムに生分解性が付与されれば、畑にすき込むだけで処分可能なため、回収に要する労力を大きく軽減することができる。そのため、農業用マルチフィルムには生分解性プラスチックが商品化されている。

2. 生分解性プラスチックとバイオマスプラスチックの例

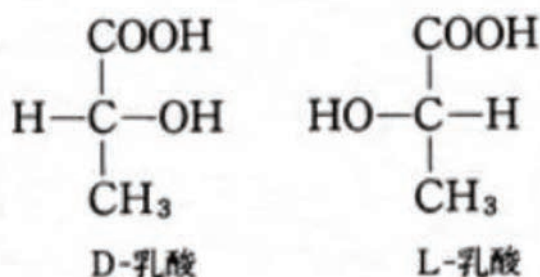
(1) ポリ乳酸

乳酸は動物体内に存在し、糖類分解の最終生成物となる。筋肉中に蓄積されると疲労の原因となる物質と言われている。酸敗した牛乳から初めて見出されたので乳酸の名がある。D-乳酸とL-乳酸の光学異性体がある。

ポリ乳酸 (PLA) は、乳酸がエステル結合によって重合した高分子である。ポリエステル類に分類される。L 体の乳酸のみを重合させたものはポリ-L-乳酸 (PLLA)、D 体のみを重合させたものはポリ-D-乳酸 (PDLA) と呼ばれる。これらはその立体配置により、互いに逆回りのらせん構造をとることが知られている。

PLLA と PDLA を一定比率で混合したものは、らせん構造がうまく噛み合って耐熱性の高い樹脂となることが知られている。これをステレオコンプレックス型ポリ乳酸 (SC-PLA) と呼ぶ。高分子鎖の中に D・L 両方の乳酸が混在するものも知られている。ランダムな重合体はポリ-DL-乳酸 (poly-DL-lactic acid, PDLLA) と呼ばれるが、結晶性が低く実用的でない。D 体と L 体が交互につながったもの、ブロック重合したものなども合成され、研究が進められている。

図表 1-1 ポリ乳酸



出所：小学館 日本大百科全書(ニッポニカ)

このように単体 (モノマー) の状態では 2 種類であるが、重合 (ポリマー) になると数多くのプラスチックができる。

ポリ乳酸は環境中の水分により加水分解を受けて低分子化され、微生物などにより最終的には二酸化炭素と水にまで分解される。こうした性質を持つ生分解性プラスチックの中でも、ポリ乳酸は最も研究・実用化が進んでいる高分子である。

土中や水中では数ヶ月～一年が安定だが、堆肥の中では、約 1 週間で分解される。農業用に、マルチシートやハウス用のフィルムとして実用化されている。

ベルギーのラバゴグループであるレジネックス社や米国のネイチャーワークスは、トウモロコシから得られるポリ乳酸由来の生分解性プラスチックを製造している。

(2) (株)カネカの PHBH

PHBH は、植物油 (例えば、パーム油) を原料に微生物により生産されたポリマーである。自然界に存在する多くの微生物により生分解され、最終的には二酸化炭素と水になる。土中だけでなく、これまで難しかった海水中での生分解できた。

海洋性の光合成細菌が高分子量のポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) を生産することを発見した。PHA は微生物が体内に生産するバイオプラスチックの一種であり、生物が貧栄養時に備える炭素やエネルギーの貯蔵物質である。生分解性や生体適合性などの特性を持ち、有用な生体材料となることも期待されている。

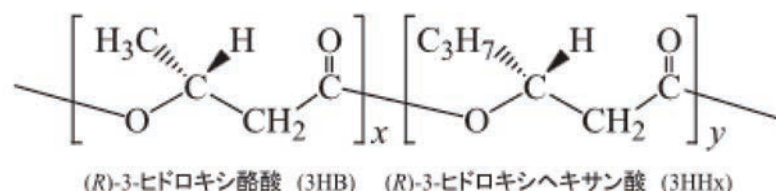
(株)カネカが開発に乗り出したのは1990年代前半である。当時は、海洋マイクロプラスチック問題はまだ世界的には認識されていなく、石油資源に依存しない、環境にやさしいソリューションを提供するという思いがあった。

(株)カネカの研究者は、ポリマーを作り出す微生物を見つけ出すために各地に出向き調査している時、なんとカネカの高砂工業所の土の中でPHBHを作り出す微生物を発見した。しかし、発見された微生物ではわずかなPHBHしか作り出せず、PHBHを大量に作り出す微生物ができて、実用化には課題が山積みであった。

それから長年にわたり培ってきたカネカ独自の高分子技術とバイオ技術を結集・融合しながら試行錯誤を繰り返すことで、世界で初めてPHBHの工業化に成功した。

物質としては(R)-3-ヒドロキシ酪酸と(R)-3-ヒドロキシヘキサ酸をモノマーとする共重合ポリエステルである。

図表2-1 PHBHの構造



出所：生物工学会誌 第94巻第5号

土壌で生分解するプラスチックの「PHBH」(カネカ)と「BioPBS」(三菱ケミカル)は、経済産業省が2019年5月に公表した技術戦略「海洋生分解性プラスチック開発・普及ロードマップ」の策定では、2社の実績が大きな支えになったという。

バイオマスプラスチックも燃やせば二酸化炭素が生じる。その二酸化炭素は植物が空気中から取り込んだものであるから、元に戻っただけと考える(カーボンニュートラル)。これに対して石油由来のプラスチックを燃やすと、地中に眠っていた炭素を二酸化炭素として空気中に放出するから、数年間程度の時間スケールでは二酸化炭素が純増になると考える。

従来からあるポリ乳酸などの生分解性プラスチックは、有機廃棄物を堆肥化するコンポスト施設の中の50~60℃という高温環境でなければ生分解されない。その点、カネカのPHBHは、自然の土壌はもちろん、土壌に比べ微生物の数が少ないとされる海水の中でも生分解されることが確認されている。海洋プラスチック問題の解決に貢献できると期待されている。

PHBHの主原料は、食用油などの植物油脂(例えばパーム油)である。製造過程には微生物が用いられている。微生物には、摂取したエネルギー源を脂肪のように体内にため込む性質を持つものがあるという。ポリマーの材料となる脂肪をため込む微生物を発見した

- ① 各地の山や池に出かけては微生物を採取し、その中から目的に合致した物質を作り出す微生物を見付ける。その過程で、私たちの活動拠点である高砂工業所（兵庫県）の土の中から、PHBH を作り出す微生物を偶然発見した。
- ② 残念ながら高砂工業所で発見された微生物は、わずかな PHBH しか作り出せなかった。ところが 1997 年、理化学研究所との共同研究によって PHBH の合成に関わる遺伝子群が発見された。
- ③ この発見をもとに遺伝子操作を繰り返した結果、体内に大量の PHBH を蓄えることができる微生物を作り出すことに成功した。
- ④ 微生物の細胞成分、不要な膜を取り除き、PHBH だけを精製した。
- ⑤ 研究開発は小さな実験器具からスターしたが、商用生産するためのスケールアップに巨大な培養槽の中で常に安定した品質で生産し続ける技術が求められた。
- ⑥ 科学技術振興機構（JST）からの支援も受け、年間 1,000 トンの生分解性プラスチックを生産することに世界で初めて成功した。

PHBH はさまざまな製品に加工することができ、ストロー・レジ袋・カトラリー・食品容器包装材など、今後も用途を広げていく計画である。

（3）BioPBS について

ポリブチレンサクシネート（PBS）は、自然界の土中の微生物の力で水と二酸化炭素に自然に分解される生分解性プラスチックである。種々の生分解性プラスチックが開発されているが、その中でも PBS はポリエチレンに似た優れた性質を持っている。一般的な生分解性樹脂の中では高い耐熱性を持ち、繊維などとの相溶性も高いという特徴を有している。これら特色を生かし、単体では発揮できない性能を他樹脂、素材との複合材として実現することも可能である。

三菱ケミカルはタイの折半出資子会社に自社が保有する石油化学製品製造で培われた高度なプロセス技術、および国内外に多数保有する特許群をライセンスした。この会社は 2017 年より植物由来のコハク酸と 1,4-ブタンジオールからなるバイオ PBS の商業生産を行っている。

従来からある農業用マルチフィルムなどの生分解性用途に加え、BioPBS が 2016 年 1 月に米 FDA の「食品接触物質の届出（FCN）」制度に関する認証を取得したのに伴い、使い捨て食器や紙コップ、ガスバリア包材などの食品包装材用途で使用している。

三菱ケミカルは BioPBS は 2 種類のモノマーを共重合して得られ、一方のコハク酸が植物由来なので半分バイオマスプラスチックである。ただし「2019 年末時点では石油から造っている 1,4-ブタンジオールを植物由来で製造する方法が既に存在するので、100%バイオマス由来にできる可能性がある。

BioPBS の大きな特徴は、土壌で（低温で）分解できる生分解性プラスチックであることである。生分解性のあるプラスチックは、PLA（ポリ乳酸）や PBAT（ポリブチレンア

ジペートテレフタレート) などがあるが、熱を加えるなどの外部的要因の力を借りて分解するものが多く、扱う工程が増えてしまうことが課題のひとつとして考えられていました。BioPBS は常温で土に埋めるだけで水と二酸化炭素に完全に分解することができる。

2019 年 7 月から開始されたレジ袋有料化をはじめ、プラスチックに対する環境配慮への要求の高まりとともに、採用も増加している。こうした中、BioPBS は従来の土壌中での生分解性に加えて、海洋生分解性を高めた製品の開発を進めている。これを契機に海洋生分解性レジ袋などのニーズにも対応し、市場の拡大を促進していく。

昨今では植物由来の原料を使ったプラスチックが少しずつ増えている。トウモロコシなどを原料としたコハク酸を原料としたことや、植物由来不純物による製造時のプロセス影響について開発研究を行うことで、生分解性との両立を実現することができた。

1980 年代から生分解性プラスチックや植物由来原料を使用するプラスチックの開発を始めた。その背景としては、バブルで様々なものが作られては消費され、原料の枯渇や、ごみ処理の問題が、将来的に大きな問題になっていくことを考えた。

現時点での BioPBS の活用先は、主に 2 つに分けられる。ひとつは農業用の資材である。畑では水分の蒸発を防ぐためにマルチフィルムを張ることが多く。これを BioPBS にすることで使い終わったあとの回収の必要がなくなり、そのまま土に分解されるようになる。廃棄物が出ず、作業負担の軽減にもなる。

もうひとつは、食品用である。BioPBS を使った容器であれば、食物残渣が残っていても一緒に土に埋めることで二酸化炭素と水に分解できます。ストローや紙コップ、コーヒーカプセルなどに採用されています。ただ、日本では食品ゴミは焼却処分が基本になるので、コンポスト処理が普及している欧米からの引き合いのほうで現時点では多くある。

(4) バイオ PE

バイオポリエチレンの製造の工程はサトウキビの搾り汁から砂糖を取り出したあとの残液(廃糖蜜)を 発酵させてバイオエタノールが作られる。そこから取り出したエチレンをモノマーとして重合させバイオポリエチレンが作られる。 砂糖を取り出したあとの残液を使うので食料と競合することなく、また森林を 新たに切り開いて生態系を破壊することも無いというメリットがある。

温室効果ガス (CO₂) 削減効果のバイオポリエチレンのライフサイクル評価に関する調査結果によると、ブラジルにて製造後、日本に輸送し、容器として使用したのち、最終的に焼却処分した場合、 従来の石油由来ポリエチレンと比較して CO₂ 排出量が 70% 強少ないことがわかった。

ブラジルはサトウキビの生産量が世界 1 位、トウモロコシは世界 3 位である。例えば南米最大規模の化学メーカーであるブラジルのブラスケム社は、プラスチック製の袋に代わるサトウキビ由来のバイオベースポリエチレンを製造している。

(5) バイオ PP

三井化学株式会社は、株式会社開成（所在：新潟県村上市）と共に、バイオポリプロピレン（以下、バイオ PP）の事業化を目指している。

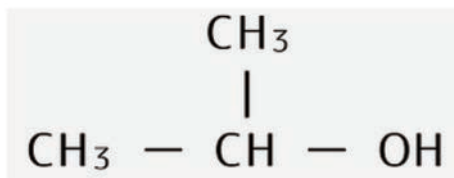
環境省が温室効果ガス（GHG）削減施策の一環として実施する「令和元年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」において、当社のバイオ PP 実証事業が採択された。工業化は最短で 2024 年生産開始である。

ポリプロピレンは日本で生産されるプラスチックの 2 割強を占める主要な素材である。しかし、バイオマス原料化の難易度が高く、今のところ工業化レベルの技術確立には至っていない。

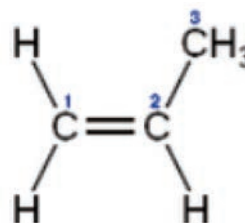
バイオポリプロピレンを製造する方法には多くあるが、中でももっともシンプルかつ安価な製造方法は植物由来のイソプロパノール（IPA、アルコール）を経由する方法だと考えられている。具体的には植物由来の糖を原料として微生物に IPA を作らせ、それを既存の方法で脱水してプロピレンへ変換し、さらにそれを重合してポリプロピレンにする方法である。

今回三井化学(株)が事業化を目指す新しい製法は、非可食植物である「ソルゴー（レンゲと同様に田畑に鋤き込む緑肥植物）」の糖蜜を微生物で発酵させてイソプロパノール（IPA）を製造し、それを脱水することでプロピレンを得る、世界初の IPA 法である。

イソプロパノール（IPA）



プロピレン



現在、一般的に使用されているプラスチックは生分解性（自然界に存在する微生物の働きで最終的に CO₂ と水に完全に分解される性質）が低いため、人間が焼却処分しない限りは分解されずに自然環境中に残存する。木材などの天然有機材料であれば当該材料を分解できる微生物が自然界に存在するため、最終的には CO₂ と水に完全に分解される。しかし、プラスチックは人類が生成した化合物であり、分解できる微生物は自然環境中に存在しない。プラスチックは水や紫外線により細かく粉碎されるが、自然環境では分解されずに微細化だけが進行し、回収が困難になってしまうことがマイクロプラスチック問題の本質である。

昨今のニュースでは、目視で認識可能なミリメートルサイズのマイクロプラスチックが取り上げられている。しかし、注視すべきは目視で認識できない数十 μm 以下のマイクロ

プラスチックである。こうした微細なマイクロプラスチックが魚や貝類の体内に摂取・蓄積されることにより、生態系や人体に悪影響を及ぼすことが懸念されている。

全てのプラスチックを生分解性プラスチックに置き換える必要はない。「使用後の回収状況」と「メタンガス発生と堆肥化」の視点で、従来のプラスチックと生分解性プラスチックのすみ分けと理解することが重要である。

生分解性プラスチックへの置き換えを優先的に進めるべきは、使用後に回収が意図されていないもの、回収の意図はあってもできていない用途である。例えば、もともと回収が考えられていない被覆肥料等がある。意図せざる自然環境への流出は個人が使用する釣り糸や食品包装やなどがある。

被覆肥料は尿素等の肥料分をプラスチックで被覆し、長期間肥料分が流れ出すことによって複数回施肥していた手間が1回で済むようになる。水田で使われた被覆肥料殻が河川を流れて海に流れ込んでいると推測される。被覆肥料に使われるプラスチックは細かく分解され、マイクロプラスチックになっていると推測されるため、実際に海まで流れ込んでいるかを確認できない。

畑作でも被覆肥料は使用されている。農業マルチフィルムは野菜等の生育促進のための保温や雑草土壌の水分の蒸発を抑える役割がある。最初にマルチフィルムを敷けば、その後から肥料を施せなくなる。マルチフィルムを敷く前に被覆肥料を施すことになる。畑作の場合、被覆肥料殻の河川への流失は水田に比較して少ないと考えられる。

なお、農業用マルチフィルムに生分解性が付与されれば、畑にすき込むだけで処分可能なため、回収に要する労力を大きく軽減することができる。そのため、農業用マルチフィルムには生分解性プラスチックが商品化されている。

3. その他プラスチック代用品

(1) スパイパー (クモの糸)

クモの糸を人工的に作る。世界の科学者たちが驚愕する技術を山形県鶴岡市の大学発ベンチャー・スパイパーが実現した。同社の「タンパク質の産業化」という構想は、高分子化学の未来を変えるかもしれない。

強度は鉄鋼の4倍、伸縮性はナイロンを上回り、耐熱性は300度を超える。そんな驚異的なクモ糸の特性を活かした新素材「QMONOS®」が、山形県鶴岡市に拠点を置く慶應義塾大学先端生命科学研究所発のベンチャー企業から誕生した。

タンパク質でできたクモ糸は、化学繊維のように石油を使うことなく、低エネルギーで生産できる。既存の様々な化学製品と置き換えることができる。産業分野では自動車や飛行機などの輸送機器や電子機器、医療分野では手術用の縫合糸や人工血管など、用途は無限に広がっている。

(株)ゴールドウインとスパイパーは、スパイパーが微生物を用いて発酵生産したたんぱく質繊維を素材に使ったTシャツを2019年8月下旬に発売する。両社は2015年9月に事業

提携契約を締結し、スパイパーが製造するクモ糸をベースにした繊維をスポーツアパレル分野に展開することを目指してきた。世界で最も強靱で、伸縮性にも富むクモの糸を、微生物を用いて量産し、耐久性や伸縮性が求められるスポーツウェアに利用しようという。

ところが記者発表会で関山代表取締役は、「クモ糸を模倣しようというフェーズを脱した」と強調した。T シャツに使う発酵生産したたんぱく質も「ブリュード・プロテイン」（醸造したたんぱく質）と名付け、“クモ糸”のイメージを打ち消すのに必死だった。

クモ糸の模倣というではアパレル製品の要求を満たせなかった。研究開発の手法を一から見直して新たなたんぱく質の素材開発を進めてきた。クモの糸は乾燥した状態では強靱だが、水にぬれると収縮してゴムのような材料に変化してしまう。ぬれるとダメではアウトドア製品にならない。何十とあるゴールドウインの基準を1つでもクリアできないと、いくら強靱な素材でも販売されないことが分かり、開発の方向を変えなければならなくなった。ゴールドウインは提携直後の2015年10月にスパイパーの素材を用いたアウトドアジャケットの試作品を発表し、「2016年に発売予定」としていたが、2016年9月に発売延期した。

図表2-3 ムーンパーカ



出所；(株)ゴールドウイン

(株)ゴールドウインは、2016年11月30日に戦略的パートナーである米国ザ・ノース・

フェイスが、ニューヨーク五番街に新たにオープンしたザ・ノース・フェイス グローバルフラッグシップ店において、当社とスパイバー（スパイバー）株式会社が共同開発した人工合成クモ糸を使用したアウトドアウェア「MOON PARKA®（ムーンパーカ）」のプロトタイプを展示した。

2019年12月12日より(株)ゴールドウインとスパイバー(株)は、構造タンパク質素材を用いたアウトドアジャケット「MOON PARKA（ムーンパーカ）」を数量限定で発売した。

2019年8月下旬に、両社は第2弾としてTシャツを数量限定で発売した。

第3弾として2020年11月10日よりGoldwin スパイバーとの協業製品「The Sweater」抽選販売受付開始した。植物由来の糖類などを主原料とし、微生物を用いた発酵プロセスによりつくられる構造タンパク質素材「Brewed Protein™（ブリュード・プロテイン™）」を使用したサステイナブルなセーター「The Sweater」の抽選販売の受付を開始した。

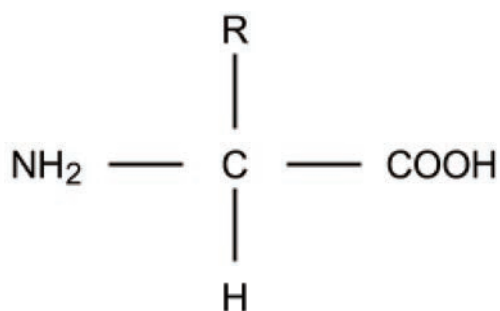
(2) タンパク質について

タンパク質とは、21種類のアミノ酸が鎖状に多数連結（重合）してできた高分子化合物である。生物の重要な構成成分のひとつになっている。

構成するアミノ酸の数や種類、また結合の順序によって種類が異なり、分子量約4000前後のものから、数千万から億単位になるウイルスタンパク質まで多種類が存在する。

アミノ酸とは、広義には、アミノ基とカルボキシル基の両方の官能基を持つ有機化合物の総称である。天然には約500種類ほどのアミノ酸が見つまっている。全アミノ酸のうち22種がタンパク質の構成要素である。真核生物では21種から、ヒトでは20種から構成される。

図表2-4 アミノ酸の構造



出所：YAKU-TIK

左側がアミノ基、右側側がカルボキシル基である。Rは炭化水素基であり、この部分が変化することで特定のアミノ酸になる。ヒトでは20種類のアミノ酸が縮合重合することで特定のタンパク質になる。

アミノ基とカルボキシル基の縮合重合はナイロン66に似ている。しかし、アミノ酸を特定の配列に並べてタンパク質を合成するのはずっと先の話であり、DNA や RNA の医学分野となる。

(3) 人工肉

現在、日本を含め世界各国で人工肉の開発・商品化が本格化している。

人工肉は「植物肉」と「培養肉」に大別できる。前者は大豆や小麦などの植物性タンパク質を肉状に加工した食品で、「代替肉」とも呼ばれる。後者は牛や豚などの家畜から採取した細胞を培養した食品である。培養肉は家畜を屠殺せずに家畜由来の肉を生産できることから「クリーンミート」とも呼ばれている。

人工肉の研究は日本の場合、すでに1960年代から始まっていた。しかし、当時はバイオテクノロジーのレベルが国際的にも低かったため、研究から開発への移行が遅々として進まなかった。しかし近年、バイオテクノロジーと先端科学技術が融合した「MeatTech」の登場により、2010年代から人口肉の実用化に向けた開発が急速に進歩した。

FAOは2009年9月、「世界の人口が91億人に達すると予測されている2050年までに、世界全体の食肉生産を現在比74%増産しなければ、タンパク質危機に陥る可能性がある」との試案を発表し、世界中の農業関係者に衝撃を与えた。2050年までに世界中の食肉生産量を現在の約2億7000万tから約4億7000万tへ、2億t増産する必要があると警告した。

例えば牛肉の場合、牛肉1kgの生産には10kgの飼料用穀物が必要とされている。出荷時の成牛の体重は平均650kgとすれば、この成牛1頭を育てるのに単純計算で6.5tの飼料用穀物が必要ということになる。

このため、食肉生産量を2050年までに2億t増産するためには、飼料用穀物生産量を20億t増産する必要があります。その一方でFAOは先の試案で食用の穀物生産量も現在の約21億tから31億tへ増産しなければと述べており、食用と飼料用の穀物を合わせて30億tの増産が必要になる。

かなり前から牛肉不足は指摘されていた。同時に地球温暖化ガスとして牛のおならとげっぷに含まれるメタンガスが地球温暖化を促進すると言われている。メタンの温室効果は二酸化炭素の10倍と試算されている。牛1頭がげっぷやおならとして放出するメタンガスの量は、1日160~320リットルにも上ると報告されている。

2050年のカーボンニュートラルの時には、石油由来のプラスチックがほとんどなくなり、バイオマスプラスチックが大部分を占めるようになる。バイオマスプラスチックの原材料は食糧生産と競合する。プラスチックとは一見関係ないように思われるが、飼料として使える食品残渣は飼料として使い、メタン発酵と堆肥ならばメタン発生を優先させ、大気に放出されるメタンを減らし、メタンを燃料や原材料に使うことが重要である。

化学で行われてきた高分子化学と生物学で行われてきたアミノ酸・タンパク質の合成の

協会がなくなり、新しい素材が開発される可能性があるとともに、マイクロプラスチックの人体への影響について研究が進むと考えられる。

参考文献

バイオプラスチック概要

<http://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-02/y031202-5r.pdf>

バイオプラスチック分野の技術戦略策定に向けて

<https://www.nedo.go.jp/content/100899114.pdf>

カネカ生分解性ポリマーPHBHの開発

<http://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-02/y031202-6r.pdf>

Candida maltosa による生分解性プラスチック（PHBH）の生産

https://www.sbj.or.jp/wp-content/uploads/file/sbj/9405/9405_tokushu_2.pdf

European Bioplastics

<https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/biobased/>

第3章 支援マニュアル

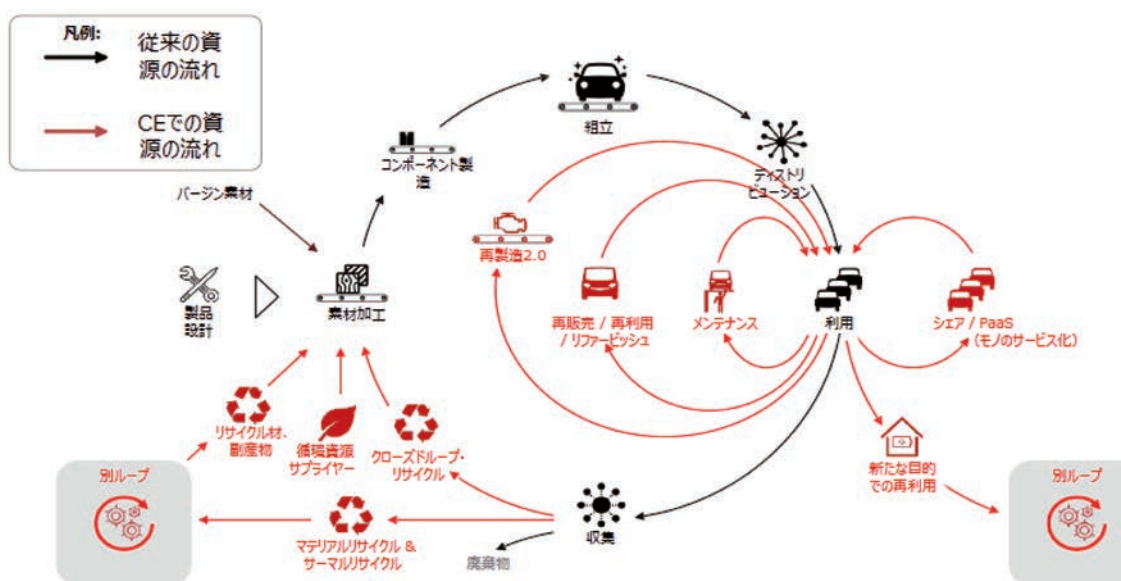
1. サーキュラーエコノミー

欧米を中心として、資源の効率使用の向上と、それを実現する新たな経済モデルとして消費された資源を再生・再利用し続ける循環型モデル「サーキュラーエコノミー」への転換に向けた動きが活発化している。

(1) サーキュラーエコノミーとは

大量生産・大量消費・大量廃棄する従来の経済モデルを、循環型であるサーキュラーエコノミー（Circular Economy：CE）に移行させる動きが欧州主導で急速に進みつつある。一部では、これまで廃棄物と見なされていたものを資源と捉え、廃棄を出さない経済循環の仕組みと解釈されている。欧州連合（EU）の政策執行機関である欧州委員会はバイオ資源の活用や製品の長寿命化、売り切り制から従量制課金への転換、シェアリング浸透など幅広い施策を進めている。このサーキュラーエコノミーをプラスチック資源循環戦略に該当させようとしている。

図表 1-1 サーキュラーエコノミー



出所：「循環経済 2020(概要)」 経済産業省

「地球環境が持続可能でなければ、もはや自分たちが生き残れない」そんなビジネス界の危機感が背景にあり、注目を集めている。18 世紀半ばの産業革命から約 250 年。その間、世界の人口は 7 億人から 72 億人ほどに膨れ上がり、今後も人口増加が見込まれている。しかし、地球の資源にはすでに限界が見えているものもある。

これまで「環境」というと、CSR (corporate social responsibility、企業の社会的責任) の分野だと捉えられがちであったが、廃棄を出さないビジネス設計や、リユース、リサイクルを通じて利益を出せるのが違いとなっている。

世の中には、非常に多くの「無駄」が存在している。例えば、資源の無駄、遊休資産、捨てられる素材、まだ使用できるにもかかわらず破棄されている製品などがある。企業がサーキュラーエコノミーのビジネスモデル（モノを効率的に使う方法から効果的に使う方法にシフト）を導入することで、そうした無駄を活用し、利益を生み出すことが可能になる。

サーキュラーエコノミーは、過去 250 年間続いてきた世界経済における生産と消費のあり方を今までにないレベルで変革し、さまざまな機会をもたらす可能性を秘めている。デジタルの進化を追い風に、サーキュラーエコノミーは企業に優位性を築く大きなチャンスをもたらすだろう。アクセンチュアは 2030 年までに、新たに 4.5 兆ドルもの利益を生み出せると報告している。

この報告は総合コンサルティング企業のアクセンチュアが 2015 年 9 月（英語版）に発表した。日本語版は「新装版 サーキュラー・エコノミー デジタル時代の成長戦略」として 2019 年 10 月に発売された。英語版の名称は「Waste to Wealth」で、無駄を富に変えるという意味である。

（2）サーキュラーエコノミーの原型は日本の「リユース、リデュース、リサイクル」

サーキュラーエコノミーは欧米で開発された手法として広まっている。しかし、その内容は日本でよく言われている「リユース、リデュース、リサイクル」を発展させたものである。アクセンチュアがサーキュラーエコノミーを提案した時、日本には「リユース、リデュース、リサイクル」があるためサーキュラーエコノミーとして紹介したと推測される。

日本でサーキュラーエコノミーが知られるようになった契機は 2018 年 1 月に実施された中国によるプラスチックごみの輸入禁止とそれにより世界中にプラスチックごみが溢れてしまったことによる。

また、資源効率政策 (RE) や循環経済パッケージ (CEP) は、欧州における成長戦略 (Europe 2020) 達成のためのイニシアチブの一つとして作られた。欧州成長戦略 (Europe 2020) は 2020 年までの EU 経済の競争力強化・雇用戦略として 2010 年 10 月に作成され、その中でフラッグシップイニシアチブに資源効率 (RE) が位置づけられる。Europe 2020 の達成のための手段として RE ロードマップが作られた。それは中長期的な目標達成手段の一つとして、廃棄物抑制と廃棄物の資源としての利用を目的としたリサイクル社会に基づく循環経済型社会が目指される。

Europe 2020 は 2015 年 12 月に再編成し、欧州委員会は 2030 年に向けた成長戦略の核として、循環経済パッケージ (CEP) を発表した。その目的として下記がある。

- ①製品、材料、資源の価値を可能な限り永く保持し、廃棄物の発生は最小化する。
- ②EU 域内及び国際社会での競争力引き上げ

- ③資源枯渇と価格変動からのビジネス保護
- ④新しいビジネス領域の創出（雇用創出）
- ⑤国連持続可能な開発目標（SDGs）の達成

EUはサーキュラーエコノミーで経済成長を図ろうとしている。これを日本にも取り入れようとしてサーキュラーエコノミーが広まっていった。

（3）5Sの例

生産管理において、生産管理手法として一般的に5Sが行われている。5Sとは各職場で行われるべき整理整頓について、多くの企業で実践できるように抽象化し、一般化した手法である。5Sという名前は、各項目の頭文字がいずれもローマ字でSとなっているためである。日本だけでなく、海外でも行われている。

整理（せいり、Seiri）

いらないものを捨てる

整頓（せいとん、Seiton）

決められた物を決められた場所に置き、いつでも取り出せる状態にしておく

清掃（せいそう、Seisou）

常に掃除をする

清潔（せいけつ、Seiketsu）

3S（上の整理・整頓・清掃）を維持し職場の衛生を保つ

躰（しつけ、Shitsuke）

決められたルール・手順を正しく守る習慣をつける

これに対して、こんまりの愛称で呼ばれている近藤麻理恵さんの「ときめきの片づけ」方法がある。5Sは企業で、近藤麻理恵さんのときめき片付け法は片づけを終わらせ、ときめく毎日を送りたい人、特に女性を対象にしていると見受けられる。

5Sは工業の発展には多大なる貢献をしたと考えるが、その貢献が大き過ぎると、金科玉条のように守られ続けてしまう傾向がある。そのうえ5Sの考え方はどの産業にでも当てはまるように抽象化されてしまった。その結果、5Sは誰でも、どの産業も適用できるものでなくなり、導入には一種のコツが必要になってきた。

5Sの新しい流れは家庭での整理・整頓から始まった。断捨離が良い例だと思う。断捨離と近藤麻理恵さんの「ときめきの片づけ」方法には共通点があるように見受けられる。5Sに感情を持ち込んだのである。

一方、5Sの場合は経済合理性の面からのみ必要なものと不要なものに分けているように見受けられる。どの企業でも適用できる内容になっているため、同じ産業で経営理念の大きく異なる会社でも同じように適用することができるようになっている。しかし最近、ESG投資が言われており、企業には環境問題や社会問題を解決することが求められている。

近藤麻理恵さんの「ときめきの片づけ」方法は会社にも適用できると考えられる。会社は

法人であり、擬人化した存在である。会社は経営理念等によって、ときめく瞬間があると考えられる。経営理念は①顧客の定義、②事業領域、③社員の行動指針から成り立っていることが多い。ESG投資は社員の行動指針に影響を与え、会社全体の行動指針に影響を及ぼすと考えられる。

最近、短期的利益最大にする面から選択と集中という戦略を採用するよう投資ファンドから促される会社も少なくなかった。これがコロナ禍で一転することとなった。リスク分散も重視されるようになった。多少採算が悪くても顧客満足の向上のために必要な事業を集中と選択の戦略として切り捨てるのではなく、残しておくことが必要になる。その判断は純に経済合理性（予想利益）だけでなく、企業理念や企業倫理に影響されると考えられる。

会社がときめくとは、経営理念に沿った活動であればときめくと考え、そうでなければときめかないと考えられる。5Sが始まった頃は、必要なものと不要なものが分けられていなかった状況で不要なものを分けるのは比較的簡単であった。しかし、5Sが浸透してきた段階では、必要か不要かを判断する基準が重要になり、経営理や企業倫理に沿って判断することが必要になっており、5Sもその状況に対応して変化する必要がある。残念ながら日本では辛抱強くコツコツ仕事を行うことが美德とされており、5Sが変えられることなく、家庭での片付け法として進化していくこととなった。

（3）サーキュラーエコノミーの内容について

5Sと同様のことは、「リユース、リデュース、リサイクル（3R）」にも言える。前述したように抽象化し、どの企業でも適応できるようにした反面、どの企業でもどのように適応すればよいか判断に迷うことが多くなった。そこにサーキュラーエコノミーが登場し、名前の目新しさによって戸惑っている人も少なくないと考えられる。

サーキュラーエコノミーは「リユース、リデュース、リサイクル（3R）」を発展させたものと書いた。具体的には、3Rをより具体的にしたものであり、多くの事業者に対して利便性が向上するが、反面その時の技術的、経済的、社会的、政治的な背景に影響される。それらの内1つの前提が変われば、3Rに立ち戻って新たなサーキュラーエコノミーを再構築させる必要がある。

日本の場合は5Sのように抽象化する能力は高いが、そこから今後の経済状況等を見通し具体的に対処していく能力に欠ける様に見受けられる。3Rを使えば何でも対処できる考え方が強すぎて、その時々状況において戦略を修正していく能力を軽視しているように受けられる。

図表3-1 サークュラーエコノミーの従来の資源の流れは、およそ第一次、第二次石油ショック以前の資源の流れである。正確には石油ショック以前にも専ら物（もっぱらぶつ）としてリサイクルしていたものがある。専ら物は廃棄物処理法制定当時からある4種類の廃棄物のことで、「専ら再生利用（リサイクル）の目的となる廃棄物」を扱う事業者により、無償または処理費用を徴収して引き取られる物の略称である。専ら物は①古紙（紙くず）、

②古繊維（繊維くず）、③くず鉄（古銅等を含む。金属くず）、④空き瓶類（ガラスくず）である。サーキュラーエコノミーが書かれた時点においても廃ペットボトルからポリエステル繊維を生産し、衣料品やカーペット等に再生する事業は行われていた。この図の中では新たな目的での再利用、新ループに当たる。

同図にあるCEでの資源の流れは自動車産業を手本に書かれているように見受けられる。メンテナンスは定期点検である。再販売/再利用/リファービッシュは中古車販売等であり、解体業者が部品取りを行う事業も含まれる。再製造等はエンジンやアクスルで行われている。

同図にある使用済み製品から新しい製品を作るクローズドループ・リサイクルがサーキュラーエコノミーの課題となっている。廃車をシュレッターに掛けて分別した鋼板は、電気炉一カーが薄板鋼板に加工していた。以前は再度自動車に使われることはなかったが、最近では使われるようになったらしい。バッテリー（鉛蓄電池）は中に含まれる鉛が再生されて使われている。同様に車に使われる銅線（ワイヤーハーネスやモーター等）も再生され、再利用されている。

しかし、このサーキュラーエコノミーのリサイクルに抜けている部分がある。工程内残材のリサイクルがある。自動車の場合、ボディ鋼板の残材（プレス残材）をアクスル部品の鋳造に使用している。同様にプラスチック部品でも行われている。残材を粉砕して、バージンに一定比率混ぜて使用している。

サーキュラーエコノミーで特徴的な個所はシェア／もののサービス化である。ウーバー等のカーシェア事業である。日本でのカーシェア事業はレンタカー事業と考えられている。しかし、アメリカ等ではタクシー事業に近いものになっていた。個人がリースで車を借り、ウーバー等の運営会社の需要予測に基づいて配車する点である。タクシー事業と異なる面はDX（デジタルトランスフォーメーション）需要予測に課金する点である。

カーシェア事業は新型コロナウイルス感染症の影響でアメリカでは空港を利用する人がいなくなって事業を縮小している。日本では使用した車の消毒してもらえるレンタカーの人気が高くなっている。

しかしながら、中山間地域の交通手段としてのカーシェアは定着しつつある。また、新型コロナウイルス感染症の影響を大きく受けたカラオケ店等でリモートワークの部屋としてシェアする需要が高くなっている。また、料理のデリバリーが増えているため、シェアキッチン等の事業化が始まりつつある。

2. プラスチック製品のサーキュラーエコノミー

サーキュラーエコノミーは前述したとおり自動車産業をモデルに書かれていると考えた。

プラスチックにはプラスチックのサーキュラーエコノミーが必要である。

プラスチックには金属製品とは異なる性格がある。プラスチックには分子式や分子量は同じであるが、立体構造が異なる立体異性体がある。それらがプラスチックの強度や耐熱温度

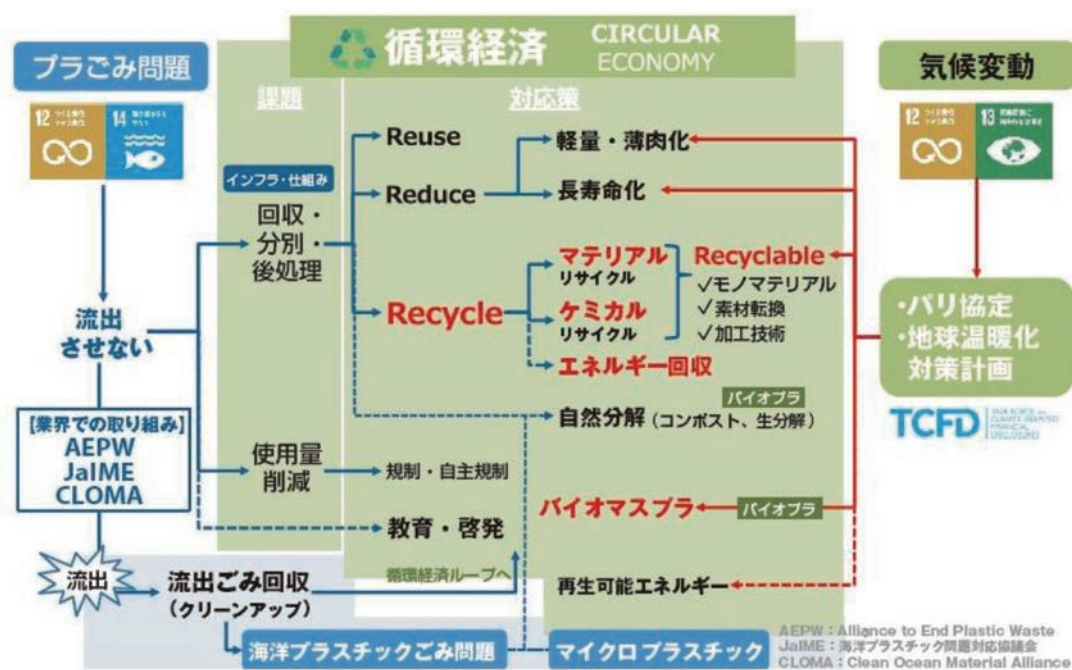
を変え、成形条件に大きく変えている。単体（モノマー）に異性体があれば、重合体（ポリマー）になった時、モノマーの組み合わせで様々なポリマーになる。分子量も異なる。それに加えて、結晶化という性質があり強度に大きな影響を与える。

図表 3-2 プラスチックの異性体について



出所：情報技術館

図表 3-3 プラスチック製品のサーキュラーエコノミー



出所：日経ESG

(1) 回収不可能なプラスチックは生分解性プラスチックで対応

被覆肥料のような一度使用すると回収することがほぼ不可能なプラスチックに関しては生分解性プラスチックの使用を最優先する。被覆肥料は水溶性の粒状肥料を硫黄、ポリオレフィン樹脂、アルキッド樹脂などで表面を被覆し、肥効発現の持続期間をコントロールできる肥料であり、コーティング肥料とも呼ばれている。

被覆肥料の最大の特徴は、肥効の持続性と溶出コントロール性である。被覆肥料は肥効が

緩やかで、作物の根に接触しても周辺の土壌養液濃度を高めることがないため、定植時における1作分の施肥や局所施肥が可能となり、追肥の省力化、肥料利用効率向上と施肥量削減が同時にできる可能性がある。

それに加え、消費者向け製品の包装容器等であり、野外で使用され、河川や海洋に流れ込む可能性が高いものは生分解性プラスチックにする。なお、多くの生分解性プラスチックは植物などに由来する「バイオマス」プラスチックでもあるが、石油由来であっても生分解性プラスチックなら海洋ごみ問題に有効である。但し、カーボンニュートラルの視点から考えれば、石油由来の生分解性プラスチックの場合、分解する時に石油由来のCO₂を発生する。

3番に食品残渣をメタン発生に使用時、食品部分と包装が分離しにくい時は生分解プラスチックを使う。食品を包装ごと破碎し、メタン発生させる。

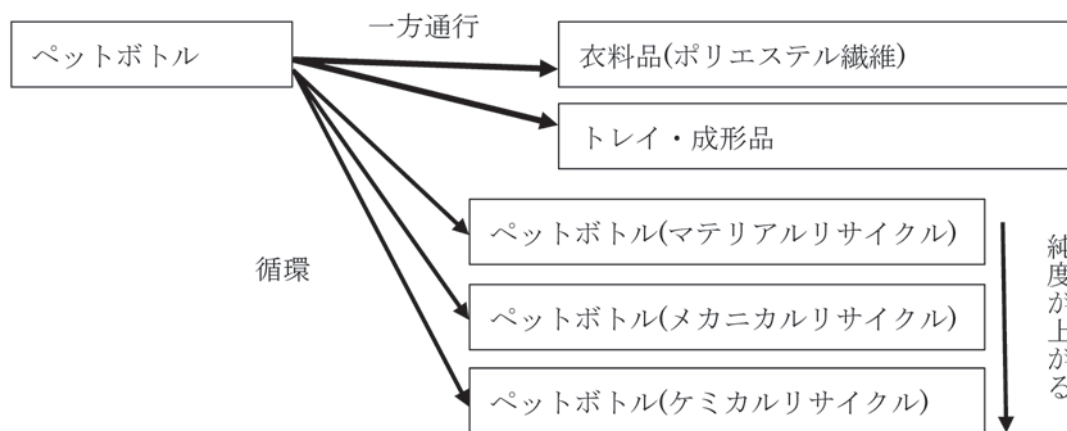
ただ、生分解性プラスチックは環境にやさしいイメージがあり、ポイ捨てを誘発してはならない。生分解性プラスチックも最終的にはリサイクルの推進や堆肥、焼却処分する必要がある。安易な生分解性プラスチック使用は避けるべきと考える。

(2) ペットボトルのリサイクル - 多様なリサイクルを残す

プラスチックの再生の中にはペットボトルから耐久消費財の衣料品（ポリエステル繊維）等にリサイクルされている例がある。一方通行のリサイクルである。

最近、ペットボトルからペットボトルへのリサイクルが、マテリアルリサイクルとメカニカルリサイクルで行われている。メカニカルリサイクルは、回収された使用済みPETボトルを選別、粉碎、洗浄して表面の汚れ、異物を十分に除去した後高温下に曝して、樹脂内部に留まっている汚染物質を拡散させ除染を行う。欧米では飲料食品用途に再生する装置・工程を米国FDA（食品医薬品局）等による安全衛生性の承認を受けて実用化されている。

図表3-3 ペットボトルのリサイクル



出所：各種報道より作成

高度に洗浄し、乾燥した PET フレーク、あるいはそれをペレット化したものを除染装置 (PET 樹脂製造設備の固相重合槽の様なもの) に投入する。この槽内では投入した PET を気流中あるいは減圧下で加熱し再生 PET 樹脂に付着・吸着した汚染物質を除去すると同時に分子量を上げる。

ペットボトルからポリエステル繊維へのリサイクルは、ペットボトルの高分子を維持できなかつたため、ポリエステル繊維へリサイクルしていた。また、ペットボトルは異物を付着・吸着しやすいため良質の一部廃ペットボトルしか使用できない。最終的には、ケミカルリサイクルでモノマーの状態まで戻し、精製し純度を上げることにより、全量リサイクルが可能になる。ただし、ケミカルリサイクルは大手企業の市場となるだけでなく、精製度の向上とともにコストも上昇するものと推測される。

また、リサイクルによって発生する CO2 若しくは必要なエネルギー量によって、マテリアルリサイクル、メカニカルリサイクル、ケミカルリサイクル共存することも考えられる。それに加え、新たにバイオマスプラスチックとしてペットボトルが作られる。新たに作られなければ、バイオマスプラスチックの技術を維持することはできない。新たなペットボトルが生産されれば、ポリエステル繊維等へ変えられるペットボトルも存続し、最終的に焼却されるプラスチックも存在することになる。

バイオマスプラスチックは石油由来のプラスチックと比較して価格が高いと考えられる。カーボンニュートラル政策で石油由来のプラスチックの生産が次第に減少してくる中で、石油由来のバージン材、バイオマスのバージン材とリサイクル材の価格差がどこで収束するか予想が付かない。それもカーボンニュートラルへの目標に向かっている過渡期 (移行期) であり、状況は刻一刻と変化してしまう。

それだけでなく、石油由来のプラスチック使いやすく価格も安い。カーボンニュートラルの中で限られた石油由来のプラスチックを産業別に、企業別にどのように配分するかの政策課題がある。資源の効率的な配分だけでなく、国境炭素調整に関して貿易にも大きな影響を与える。

(3) 発泡スチロールのリサイクル - 大企業と中小企業の分担を考える

発泡スチロールは、石油から精製されたスチレンモノマーを水中でかき混ぜると小さなツブとなる (重合)。そこへ発泡剤を加えて発泡スチロールの原料となる原量ビーズを作る。

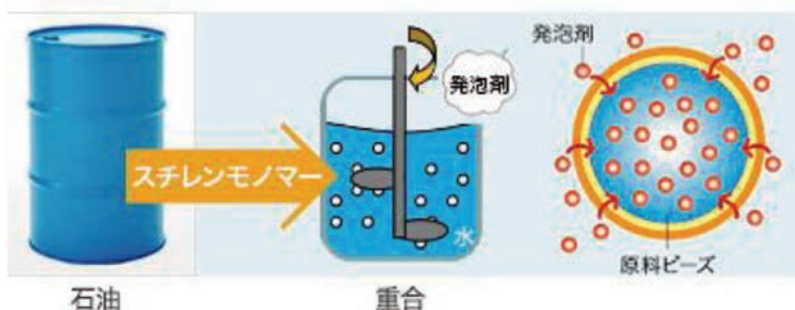
原料ビーズは直径 0.3~2mm ほどの半透明の小さな球状をしている。この工程は大企業で行われている。

原料ビーズに蒸気をあてふくらませる予備発泡を行う。発泡ビーズを金型に入れ、もう一度蒸気かけることでさらに膨らんだビーズ同士が熱でくっつき金型どおりの形の製品となる。この工程は中小企業で行うことが多い。

リサイクル会社では発泡スチロールは熱を加えて減容している。一部、溶剤で溶かす方法

でも減容してポリスチロールとしてリサイクルされている。

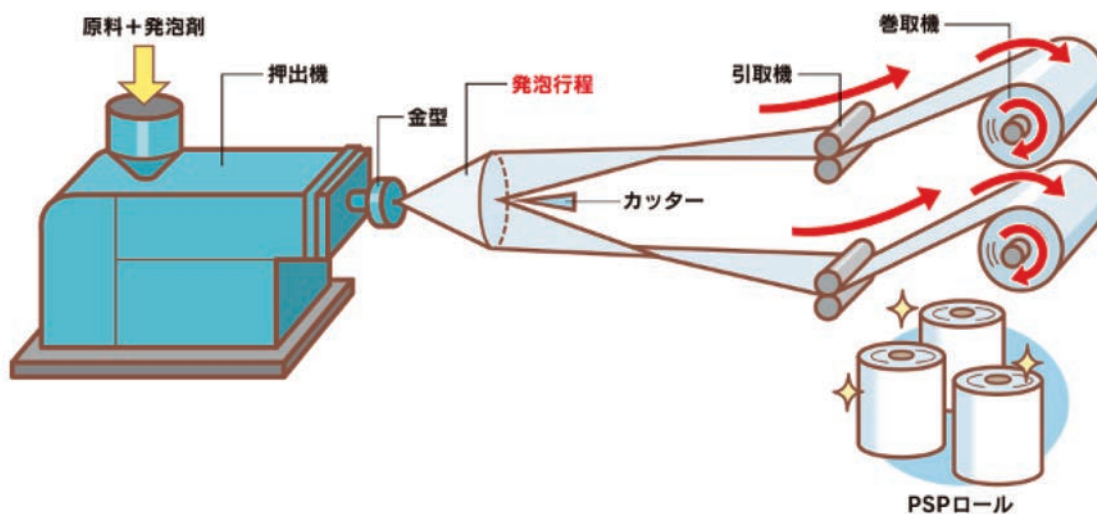
図表 3-4 発泡ビーズの生産方法



出所;発泡スチロール協会

発泡スチロールシートはポリスチレン樹脂を発泡剤で数倍から十数倍に発泡させた製品に膨らませた素材である。食品容器に使用されることが多い。

図表 3-5 発泡スチロールシートの生産方法



出所：発泡スチロールシート工業会

白色食品トレイは一部の市町村でごみ分別収集を行っていることもある。クロズド・リサイクルの好例である。食品容器メーカーのリサイクルはスーパー等から回収した使用済みの食品トレイを障害者雇用中心で白色トレイと色の付いたトレイに分別し、白色トレイを破砕、洗浄、熔融して再生ペレットを生産していた。

ただ、原料ビーズや発泡スチロールシートは大企業の事業分野である。しかし、生産方法

が押し出し機に原料のプラスチック（ペレット）と発泡材を投入する方法のため、中小企業が工程内端材をペレットにして、大企業と中小企業で役割分担してリサイクルを行う方法もある。

（４）紙おむつのリサイクルについて - 処理施設と運搬の距離を考える

国土交通省は、少子高齢社会に貢献するため、紙オムツの下水道への受入実現に向けて、紙オムツの３つの処理方式について、それぞれの課題とその対応方針を整理し、平成 30 年度からの概ね 5 年間で実施する検討ロードマップをとりまとめた。昨年 8 月にとりまとめた「新下水道ビジョン加速戦略」に掲げる少子高齢社会への対応としての下水道へのオムツ受入れ可能性の検討していた。

環境省では令和 2 年 3 月 31 日、高齢化に伴い消費量が年々増加している使用済紙おむつについて、市区町村等が、殺菌等の衛生的処理をした上でパルプ等の再生利用や熱回収を行うことを検討するための参考となるよう、使用済紙おむつ再生利用等の検討の流れ、取組事例、関連技術、関連規制等を整理したガイドラインを策定した。「新下水道ビジョン加速戦略」による使用済み紙おむつを破砕して下水道に流す検討は消滅した。過渡期にはこのような試行錯誤があることを十分配慮することが必要である。

ガイドラインの中で 4 方式の再生利用方式が紹介されている。使用済紙おむつを分離剤で溶解させ、分離・洗浄・殺菌・脱水を行い、パルプ、プラスチックを回収する。水溶化に用いる水は、使用后浄化し循環水として工程内で再利用される。

「破砕・発酵・乾燥処理による燃料製造」として 2011 年の鳥取県伯耆町での導入されている。各地にて導入実績のある使用済紙おむつの燃料化装置。装置に使用済紙おむつを投入した後は、自動的に破砕・発酵・乾燥が進行する。高温処理により殺菌し、触媒脱臭により汚物由来の排気臭を除去すると共に排気の安全を確保する。生成燃料を成形機でペレット化し、バイオマスボイラーやストーブの燃料として使用することが可能である。

循環ビジネス研究会では 2019 年 9 月に高梁市の株式会社タイガーマシン製作所を訪問し、使用済み紙おむつ燃料化装置についてお話をお聞きに行った。使用済み紙おむつ燃料化装置は鳥取県の(株)スーパーフェイスと提携している。(株)スーパーフェイスが開発を担当し、(株)チョダマシナリーが生産と販売を担当している。

保育園・老人介護施設で発生する使用済み紙おむつは一般廃棄物、病院では医師の判断で一般廃棄物と医療廃棄物に分けられる。使用済み紙おむつは一般廃棄物の約 10%を占めている（ガイドラインでは 4.3~4.8%と記されている。高齢化率の地域差がある）。使用済み紙おむつ燃料化装置は一般廃棄物が対象となっている。

紙おむつは 60%が紙、30%が塩ビ、10%が吸水性ポリマーでできている（ガイドラインでは上質パルプ 52%、樹脂 28%、高分子吸収体 20%となっている）。使用済み紙おむつ燃料化装置ではペレットに加工する。ペレットの熱量は約 5,000Kcal/Kg であり、木質ペレットは 4,000Kcal/Kg であり、専門のボイラーを使用している。

老人介護施設での利用者一人平均使用済み紙おむつ 1Kg/日で、500～600 規模の施設では 500Kg/日となり、使用済み紙おむつ燃料化装置を導入しても採算がとれると考えました。使用済み紙おむつは一般廃棄物であり、一般廃棄物は市町村（広域連携を含む）処理が原則であり、人口減少の中で焼却炉の採算確保のために市町村も一般廃棄物の確保を行っており、このことが事業に大きな影響を及ぼしています。

「水溶化・分離・オゾン処理による水平リサイクルに向けたパルプ回収」の例では、2016 年末からオムツメーカーが鹿児島県志布志市で使用済み紙おむつ再生利用等の実証事業を実施している。家庭などから排出される使用済み紙おむつを分別収集し、再生利用等を行っている。そこでは、使用済み紙おむつを水溶化により、破碎、分離し、取り出したパルプをオゾン処理により、殺菌・漂白し、衛材グレードパルプに再生している。また、高給水性ポリマー（SAP）についても、バージン SAP と同等の吸水性能に再生されている。

このリサイクルで問題になるのは、使用済み紙おむつのリサイクル拠点の設置密度とその運搬距離の関係である。運搬距離を少なくしようとすれば、設備は小型化せざるを得ない。設備を大きくし規模の利益をとるか、輸送距離の短縮によるコスト削減のバランス調整が難しくなっている。

また、使用済み紙おむつから廃プラスチックを取り出すかどうかは今後の再生プラスチック価格によって決まるものと考えられる。紙おむつメーカーは製紙会社の傘下にある会社が少なくない。製紙会社では廃木材とプラスチックごみを固めた RPF が燃料として使用されている。使用済み紙おむつから再利用可能なパルプと SAP を取り出した残渣は RPF にして使用することも可能である。製紙会社ならば CO₂ の回収も可能である。

プラスチックごみのリサイクルには最初から理想の姿に固執せず、過渡期特有の変遷があり、臨機応変に対応する能力が求められている。

（5）その他プラスチックのリサイクル

ペットボトルやポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどの純度が高い単一素材のプラスチックごみは洗浄処理などによるマテリアルリサイクルが実施されている。また、ナイロン6はケミカルリサイクルが実施されている。異種素材や不純物を含む混合フィルムや残渣プラスチックは、マテリアルリサイクル等が困難であることから高炉還元剤としてケミカルリサイクルされたり、助燃材としてサーマルリサイクルされたりしている。

廃プラスチックのガス化ケミカルリサイクルは、他の手法ではリサイクルが困難である異種素材や不純物を含むプラスチックを分子レベルに分解し、様々な化学物質に再生することが可能であり、リサイクル率の大幅な向上への貢献が期待されている。

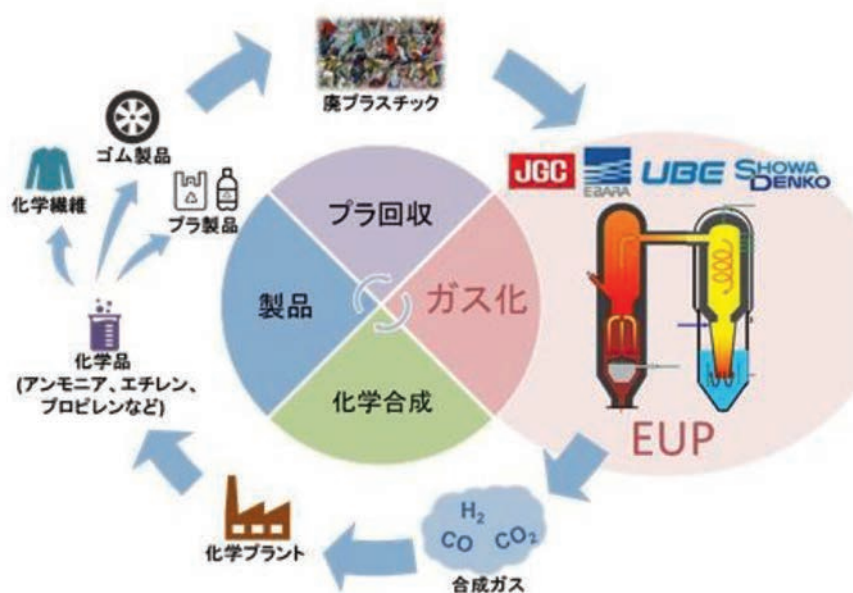
2000年に株式会社荏原製作所（現在は荏原環境プラントが事業承継）と宇部興産が開発した廃プラスチックのガス化処理設備（廃プラを酸素と蒸気による部分酸化により一酸化炭素と水素などからなるガス化設備）は、アンモニアやオレフィン等の化学品合成に利用可能な合成ガスを生産するプロセスである。

日揮、荏原環境プラント、宇部興産、昭和電工の4社は、廃プラスチックガス化処理設備の提案を目指す。さらに、ガス化ケミカルリサイクル設備にて合成されるアンモニアやオレフィン等を用いた化学品製造設備の提案を通じ、国内外におけるガス化ケミカルリサイクルの普及および資源循環推進に取り組む。

2003年より昭和電工川崎事業所において稼働を続けているガス化設備（廃プラスチックの年間処理量約7万トン）には、このガス化設備が使用されており、ガス化ケミカルリサイクル用途では、世界で唯一の長期商業運転実績を有している。

プラスチックごみのガス化の量産設備は、前述の使用済み紙おむつのように水を含んでいる訳でなく、比較的遠距離を運搬することができる。たぶん、石油化学コンビナートの一角に作られる可能性が高い。

図表 1-3 廃プラスチックのガス化ケミカルリサイクル フロー図



出所；昭和電工株式会社

3. カーボンニュートラルの時代のプラスチック産業の進むべき方向

日本はこれまで、物事を「正しく行う」ことで成功してきた。トヨタ生産方式は、物事を正しくやる典型的なシステムである。たぶんQC手法も「正しく行う」手法と言ってよいのだろう。日本は、効率を上げることに素晴らしい能力を持っていた。たぶん、その能力は維持されていると見受けられる。物事を「正しく行う力」もしくは「正確に行う力」である。新幹線等の列車の定時走行等にみられる。

一方、「正しいことをやる」というのはまた別の次元の問題であり、経営革新やイノベーションに関係している。もちろん、日本にも素晴らしいイノベーションは起きているが、まだ足りない。次にくる大きな変化を見つけ出す能力が足りないためである。

それは「正しく行う力」と「正しいことを行う力」の手法が異なっているためである。QC手法で使われるPDCAが「正しく行う」には向いているが、「正しいことを行う」には向いていなかったことが考えられる。

「正しく行う」ためには演繹的な考えが重視される。演繹的考えの例として「なぜを5回」がある。例としては良くはないが「風が吹けば桶屋が儲かる」のことわざと同じである。「正しいことを行う」には帰納法が有効になる。更に俊敏に動くことが必要である。そのためにはP（プラン）に時間を掛けるのではなく、直ぐに実行して良かったかどうかを判断することが重要と言われている。但し、許容可能なリスクの範囲でということになる。

ソニーのウォークマン（携帯用のテープレコーダ）は1979年に発売された。ウォークマンは開発されたものの社内で売れないと発売を反対されたが、当時の森田会長の判断で発売された。ただ、発売当初は全国販売ではなく東京限定であった。1980年代の日本は「正しく行う」と「正しいことを行う」のバランスがとれていたと考えられる。

このことを端的に物語っていたのが、石炭火力発電を巡って結局脱炭素の方針表明である。小泉進次郎環境相は2019年12月9日、国連気候変動枠組み条約第25回締約国会議（COP25）に出席するため開催地のスペイン・マドリードに到着した。報道陣の取材に応じ、二酸化炭素の排出が多い石炭火力発電を推進する日本への風当たりが強まっていることに関し「厳しい批判もあると思うが、誠実に丁寧に説明する」と述べた。一方で「日本が世界に胸を張って発信できることがある。COPの場を最大限、日本にプラスになるように活用したい」と話した。

結果、石炭火力政策で環境相として批判を浴びた。その後、石炭火力輸出の支援要件の見直しに奔走し、厳格化へと結びつけた。「正しく行う」ことにこだわり過ぎ、「正しいことを行う」ことができなかった。

翌年の2020年10月26日、菅総理による所信表明演説が行われた。その中でも一番注目されたのが脱炭素社会の実現であった。菅総理が「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」と述べた。

このことにより、2050年には石油由来のプラスチックは原則なくなることになり、バイオプラスチックとリサイクル品だけになる。一部、CO₂と水素を合成したプラスチックが出現しているかもしれない。また、名前も付いていない。2050年カーボンニュートラルに向かって中小企業がとるべき戦略の幅が絞れるようになってきた。

4. カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーについて

(1) カーボンニュートラルについて

菅政権では、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げて、グリーン社会の実現に最大限注力する。我が国は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した。

① もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではない。積極的に温暖化対策を行うこ

とが、産業構造や経済社会の変革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要である。

② 鍵となるのは、次世代型太陽電池、カーボンリサイクルをはじめとした、革新的なイノベーションである。実用化を見据えた研究開発を加速度的に促進する。規制改革などの政策を総動員し、グリーン投資の更なる普及を進めるとともに、脱炭素社会の実現に向けて、国と地方で検討を行う新たな場を創設するなど、総力を挙げて取り組む。環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めていく。世界のグリーン産業をけん引し、経済と環境の好循環をつくり出していく。

③ 省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、安全最優先で原子力政策を進めることで、安定的なエネルギー供給を確立する。長年続けてきた石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換する。

カーボンニュートラルを実現するためには、プラスチックは石油以外の再生可能な資源から合成され、ほとんど全てバイオマスプラスチックになることが想定される。それらの原材料はトウモロコシ等の食料、食糧以外の作物でも土地と水は必要であり、そういった意味で食料と競合する。水素と二酸化炭素から電気を使ってプラスチックが合成できれば、食料問題は解決すると思われる。しかし、金属触媒を使用した人工光合成によりエタノールの合成に成功したと言う話は聞くが、その後の技術の進展の話は聞かない。コストの壁の壁が大きいと考えられる。それら技術の実用化は 2050 年よりも更に先の話であろう。

(2) プラスチックのサーキュラーエコノミーについて

プラスチックのサーキュラーエコノミーは「リユース、リデュース、リサイクル」が基本となる。レジ袋の有償化で考えたことであるが、レジ袋のリユースを考えれば、レジ袋の厚みを増やし丈夫にする必要がある。レジ袋を 1 回使用の使い捨てと考えればリデュースはレジ袋の厚みを薄くする必要がある。

リユースとリデュースの間には優先順位があるが、リユースするものも、1 回使用の使い捨てプラスチックも共通してリサイクルする必要がある。当然、生分解性プラスチックもリサイクル対象である。

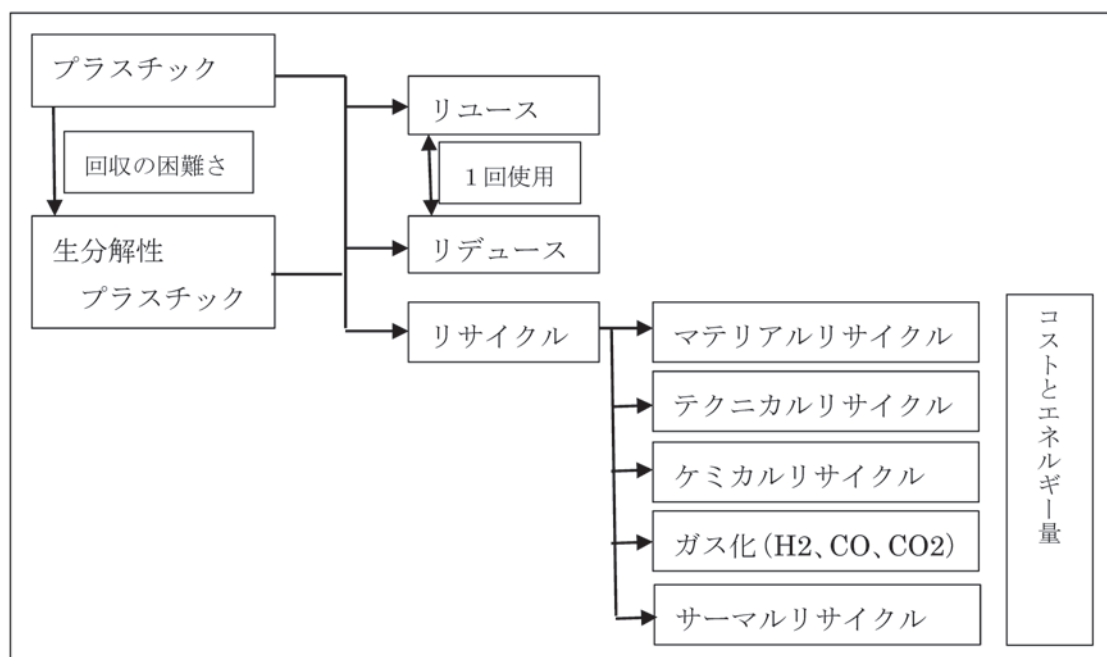
生分解性プラスチックは使用後回収できないもの、意図的であるかどうかに関わらず自然界に放置される可能性のあるもの、食品包装に使われメタン発生に使用する時に食品と包装を分離できないものに使用する。生分解性プラスチックもリユースするものと、1 回使用の使い捨てのものに分けてリユース、リデュースを考える。

バイオマスプラスチックは 2050 年のカーボンニュートラルの目標に向かって、プラスチック原料にバイオマスプラスチックを一定比率混ぜて使用することになると推測される。混合するプラスチックの種類と混合率は政府が決めることになるだろう。

リサイクルはペットボトルを例に書いたように、マテリアルリサイクル、テクニカルリサイクル、ケミカルリサイクルが並行して行われ、リサイクルに掛かるコストとエネルギー量に

よってその比率は異なる。ただ、ナイロン 6 を除いてケミカルリサイクルは技術開発中であり、石油由来のプラスチックの使用量は国境炭素調整もあり、年とともに減らさざるを得ない状況下にある。過渡期の要素があり、正確な予測はできないが、傾向はわかっている不確実な状況に対応しなくてはならない。

図表 1-5 カーボンニュートラルを想定したプラスチックのサーキュラーエコノミー



出所:各種報道を元に作成

参考資料

廃プラスチックのガス化ケミカルリサイクル推進に向けた協業の検討を開始 (昭和電工)

<https://www.sdk.co.jp/news/2019/37671.html>

第4章 株式会社リプロ

廃プラスチックにふたたび命を吹き込む

ごみを見捨てるから見直し、一生役に立つモノへ

【株式会社 RiPRO】



【シンボルロゴについて】

干拓前のさざ波と遠浅のブルーを基調に、干拓地の田んぼオープンな空間の中の杭レッドを表現しました。「地面にしっかり基盤をつくり、出る杭になれ！」との意向がデザインとなっております。

今では、春には緑、秋には黄金色の稲田に浮かぶジパング船として美しく自然に溶け込んでいます。

RiPRO 略称：Recycled Intelligence PROducts

【会社概要】

所在地 本社工場 : 岡山県岡山市南区中畦 1186
設 立 : 昭和 46 年 12 月 23 日
事 業 概 要 : プラスチックに関する企画開発加工販売までの一連業務
資 本 金 : 1500 万円
売 上 高 : 13 億 6 千万円 (2019 年 11 月期)
従 業 員 数 : 38 名 (男 31 名 女 7 名)
取 引 先 : 全国市町村役場、国土交通省、日本航空、大和ハウス工業、
宇部興産、三菱マテリアル、ユニバーサル製缶、JFE 他

1. 事業内容

プラスチックのリサイクル材を活用した測量境界杭等を開発・製造。業界トップシェアを誇り、リサイクル業界の雄として様々な活動を行い、各方面より高い評価を得ている。

事業概要

①ハイプラ部門



測量境界杭
シェア60%
材料は再生材99%
年間500万本製造

測量杭を中心として、各種産業資材の部材を幅広く生産。
主要取引先：各市町村役場、全国測量関連販売店

②開発部門



お客様のニーズにお答えした商品を開発。
商品カタログは、全国1万以上の土地家屋調査士、自治体に送付。

③原料部門



成型メーカーから排出される良質な廃材を再生ペレット加工
主要取引先：プラスチック加工メーカーなど

④商事部門



プラスチック包装資材の販売
主要取引先：飲料関係会社

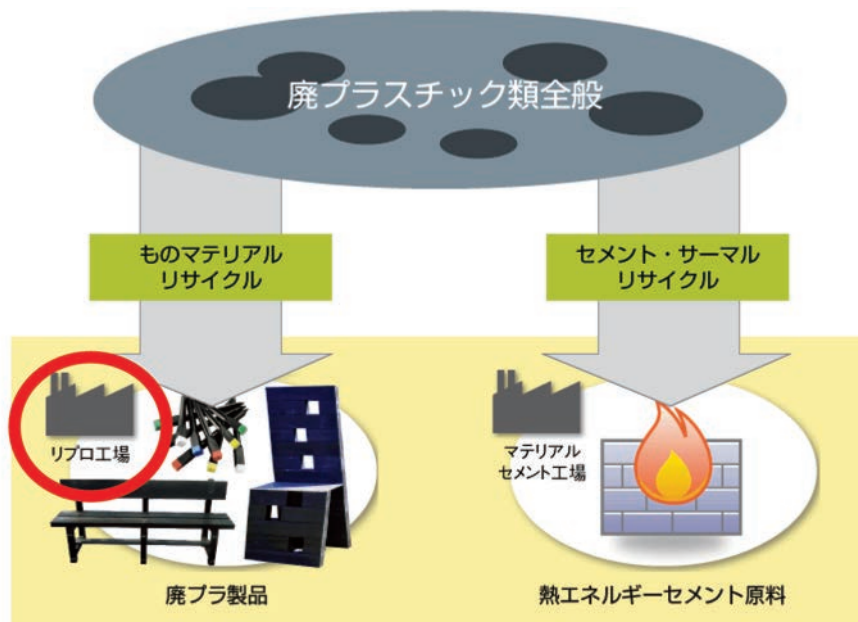
2. エコロジーカンパニーとして環境への取組

開発力と技術力において、高い評価を受けている JIS 認定工場であり、さらには業界トップでのエコマーク取得、廃プラスチック処理業、中間処理場の認可、グッドデザイン賞の受賞、経済産業省「地域未来牽引企業」の選定等へと続く。

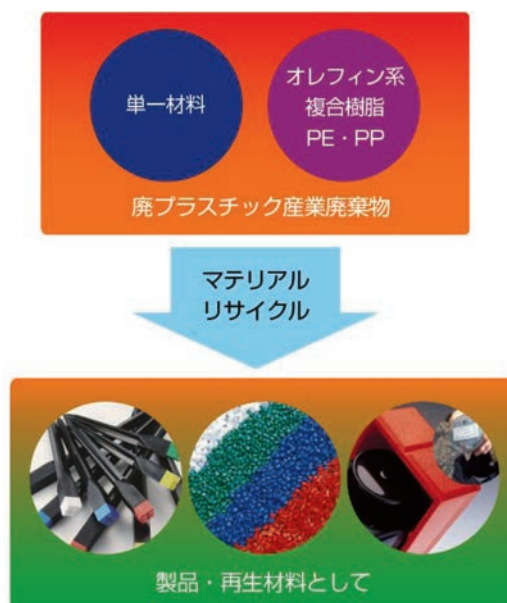
社員個々においても、業界の発展に努力した人材に贈られる「岩永賞」を、数多くの社員が受賞。もちろん品質の世界基準である ISO9001・14001 についても取得済み。こうした環境問題への積極的に取り組む姿勢が、高校1年の教科書にも掲載された。

(1) 廃プラスチックのリサイクル

一般的に廃プラスチック類のリサイクルは、廃プラ製品に生まれ変わる「マテリアルリサイクル」とセメント工場などの熱源燃料として使用される、「サーマルリサイクル」がある。



㈱リプロでは、廃プラスチック産業廃棄物をマテリアルリサイクルし、プラスチック標識杭やプラスチック製品の原料となる再生ペレット、その他さまざまなプラスチック製品を企画開発し生産販売している。



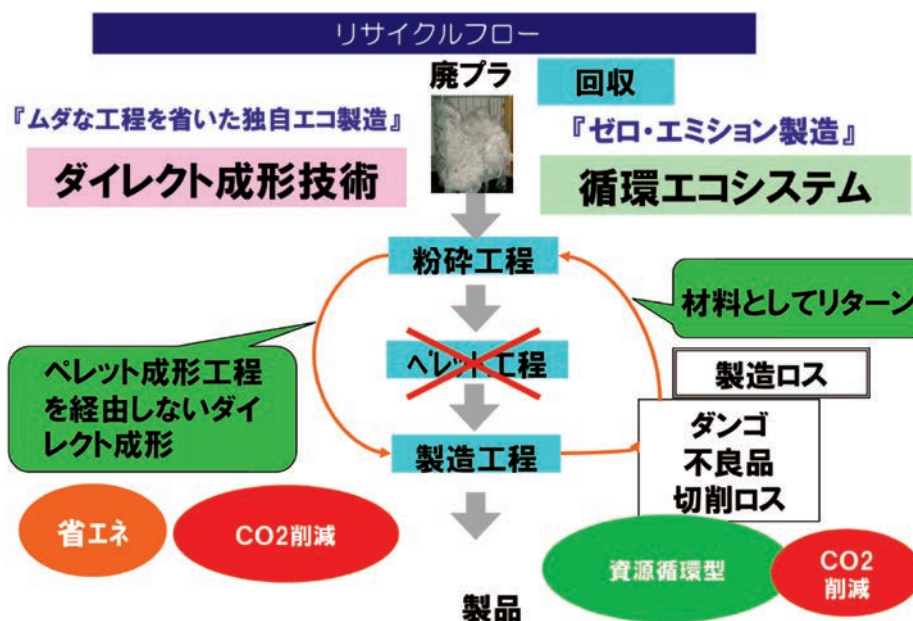
(2) リサイクルシステム

廃プラスチックを原料として、工場内で配合・粉砕後に溶融しさまざまなプラスチック製品に成型される。



(3) リサイクルフロー

ダイレクト成型技術によりペレット成型工程を省くことで、熱エネルギー等の省エネを実現。また、成型工程で発生したロス原料のプラスチックとしてフローから排出させず大幅なCO2削減と共に、ゼロエミッションも達成している。



(4) 廃フィルムからフィルムの再生

排出元で役目を終えたフィルムを引き取り、粉碎・溶融により再生ペレットを生産しフィルムメーカーへ原料として出荷することで、新たなフィルムとして再生される。このサイクルでフィルムは一生涯に立つモノになる。



(5) CO2 発生量の比較

航空貨物の結束等に使用された後の廃フィルムの事例では、廃フィルムを燃焼させた際の CO2 発生量と、プラスチック杭にリサイクルした際の CO2 発生量を比較すると、燃焼で発生する CO2 はリサイクルの 6.5 倍にもなる。

廃フィルム集荷量から年間の CO2 削減量は 1,600 トン以上になる。



(6) SDGs と海洋プラスチックごみ問題への取組

廃プラスチックリサイクル企業として5つの目標に取り組んでいる。



中でも、海洋プラスチックごみ問題に対しては環境省が主導する「プラスチック・スマート」キャンペーンに賛同し企業として登録している。



2025年までに、海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する。



廃プラスチックリサイクル



境界杭



園芸資材



建築資材



「プラスチック・スマート」にも登録

プラスチック・スマートとは

ポイ捨てなどにより、回収されずに河川などを通じて海に流れ込む「海洋プラスチックごみ」が日々発生しています。

世界全体で日々大量に発生する「海洋プラスチックごみ」は長期にわたり海に残存し、このままでは2050年までに魚の重量を上回ることが予測されるなど、地球規模での環境汚染が懸念されています。

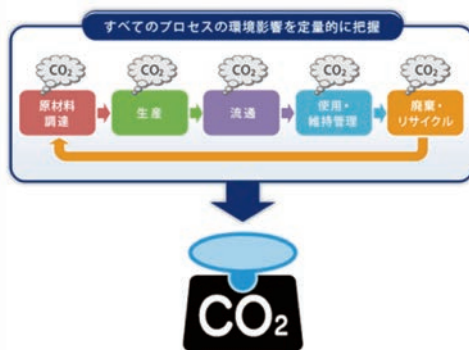
こうした問題の解決に向けては、個人・企業・団体・行政などのあらゆる主体が、それぞれの立場でできる取組を行い、プラスチックと賢く付き合っていくことが重要です。

環境省では、そうした取組を応援し、さらに広げていくため「プラスチック・スマート」キャンペーンを実施しています。

(7) 環境負荷低減への積極的な取組み

CFP(カーボンフットプリント) = Carbon Footprint of Products

商品やサービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温室効果ガスの排出量をCO₂に換算して、商品やサービスに分かりやすく表示する仕組み。LCA (ライフサイクルアセスメント) 手法を活用し、環境負荷を定量的に算定。



H21 ~ 23 年度 経済産業省の CFP 試行事業において、再生 PE ペレット・PP ペレット・プラスチック成形製品の温室効果ガスの排出原単位算定と登録の取組みを進め、H27 年に正式登録された。

これにより **再生材はバージン材と比べて CO2 排出量が少ない** ことが明確になった。

カーボンフットプリント 登録情報

1.1	登録番号	CFR-EGD1-15001	1.7 製造方法
1.2	製品名称 (日本語)	リサイクルプラスチック成形製品 NPV/JFPA	
	製品名称 (英語)	Recycled plastic molding NPV/JFPA	
1.3	製品形式	射出・吹込み・プレス 成形品	
1.4	製品の主要仕様・材料	産業廃棄プラスチック (低密度ポリエチレン) を主要材料 (全体の90%以上) の使用を含む、とした射出成形、吹込み成形及びプレス成形によるリサイクルプラスチック成形製品	
1.5	CFP算定単位	1kgあたり	
1.6	公開日	2015/12/8	
2. 事業者情報			
2.1	事業者名 (日本語)	全日本プラスチックリサイクル工業会/日本プラスチック有効利用組合	
	事業者名 (英語)	Japan Plastic Recycle Association/Japan Plastic Recycle & Development Association	
2.2	電話番号	03-6855-9174	
3. CFP算定情報 (CO₂排出量)			
3.1	CFP算定範囲 (CO ₂ 排出量)	2.9	kg-CO ₂ e
	原料調達段階	0.20	kg-CO ₂ e
	生産段階	0.32	kg-CO ₂ e
	流通段階	0.075	kg-CO ₂ e
	使用・維持管理段階	0	kg-CO ₂ e
	廃棄・リサイクル段階	2.3	kg-CO ₂ e
4. 登録表示・表示規制の情報			
	登録表示	2.9	製品 1 kgあたり
3.3	登録情報の記載内容	<p>このカーボンフットプリントは日本プラスチック有効利用組合および全日本プラスチックリサイクル工業会の会員企業にのみ登録されています。</p>	
3.4	備考	<p>対象製品のうち、中にはCFP-PCRによって廃棄リサイクル段階を算定対象外 (2.3 kg-CO₂e相当分) とみなすことができるので、その場合のCFP値は製品 1 kgあたり0.68kg-CO₂eとなります。</p> <p>このカーボンフットプリントを表示できるのは、日本プラスチック有効利用組合および全日本プラスチックリサイクル工業会の会員企業に限ります。</p> <p>当該製品には、袋、フィルム、バンドン、印刷用紙、プラスチックタイル、プラスチック樹脂、繊維、手帳類が含まれておりません。</p>	

生産段階 0.32 kg-CO₂e
 流通段階 0.075 kg-CO₂e
 計 0.395 kg-CO₂e

● カーボンフットプリントを実現した商品群



3. 糊りプロの商品開発の特徴

まだリサイクルも ECO も語られない時代の 1971 年に環境保全というグローバルな視点からプラスチックリサイクルに新たな価値を見だし、岡山より「誠意と行動力」を社訓として果敢にベンチャーとして参入、現在では業界トップを誇る。

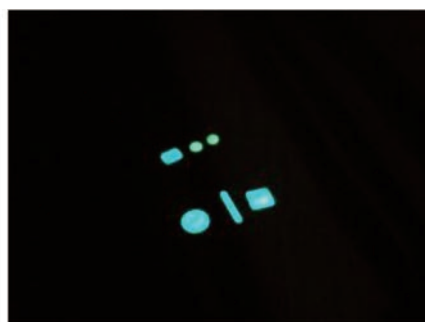
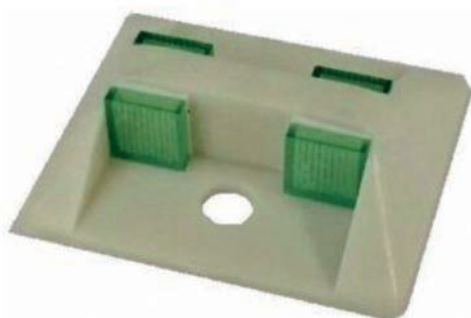
小さくても存在感のある「小さな大企業」の魂のもとフレキシブルな開発力とインテリジェンスの追求、社員一丸の実践で「境界杭」を中心にワンストップ型の材料調達から製造・販売を行い 国内・海外へ環境商品を届けている。

どこよりも早い時期に環境という公益を事業の柱に据えたことから、現在でも開発される商品は、それぞれの社会的な問題を解決する使命を帯びて誕生している。

(1) 土砂災害からの人命確保と二次災害を防止する杭

大雨や台風の影響で地滑りや土石流などの災害が増加している。プラスチック杭に位置センサーと通信機能を持たせ、杭が微妙な位置のズレや水を検知すると自動的にサーバーへ通報、また、その場で点灯し災害から人命を守る。

特に夜間の転落事故は発見が遅れることから死亡事故となるリスクが高い。この問題に対して、㈱リプロでは安価で設置の場所を取らず夜間帯に光る境界標識「測蓄光くん」を開発し、根本対策が実施されるまでの間の安全確保を提供している。



4. 社長インタビュー

「小さな大企業」を経営方針として、規模の拡大は追わずに家族的経営を大事にしている。エコロジーカンパニーとして子孫に残すことを社会的な使命として、アットホームな雰囲気の中で、少数精鋭で一人が何役もこなしながら全員一丸となって課題に取り組んでいる。

事業の根幹である廃プラ杭の付加価値向上のため、商品にストーリーを持たせて魅力を増す努力もしている。杭は海外では人を分断するモノとしてのイメージが強い。陸続きの国境に境界杭が設置されているためだ。

しかし、リプロ社製の廃プラ杭が海外の人と人を結びつけたストーリーがある。台風で和歌山県日高町の山中から海に流された一本の境界杭が、直後に発生した東日本大震災の災害ごみと一緒にアメリカ大陸に漂着する。当時のアメリカでは「このごみは誰の責任か」と問題視するTV報道があり、これを知った社長がリサイクル企業としての意地と責任から一本の廃プラ杭を引取るため渡米する。まさか本当に引取りに来るとは思っていな

かったことから話題となり、一本の杭が太平洋を渡って日高町とオーカス島を結び付けた奇跡のストーリーとして紹介され、海外で絶賛されたことから絵本にもなっている。



「アフターコロナの復興はグリーンプロダクトが主役になる。」と社長は見通す。コロナ禍を経験した消費者が持続的な社会の実現に向けて行動を起こす様になるからだ。実際に大企業のTOPは自社のSDGsのネタを真剣に探している。リサイクル企業からwin-winの「循環ビジネスモデル」をパッケージで提供すると大変喜ばれている。今後、環境関連産業は非常に重要な時期を迎えると見ている。

5. まとめ

かつて大量生産と大量消費に支えられた高度成長により日本のGDPは右肩上がり続け、世界に注目された。しかしその一方で地方都市の急激な工業化は深刻な公害問題を引き起こす悲劇を生む。1967年の公害対策基本法の制定時はまだ産業優先であったが、1970年になって国民の健康保護のための公害対策法として改正された。そこから規制強化と罰則強化を続け、1993年に公害基本法から環境基本法へ改正されたが、公害対策から環境保全へ移行するまでに長い期間を要した。

㈱リプロが設立された1971年はまさに大量消費から生じる大量廃棄の時代であり、安価で成形の容易なプラスチックごみは象徴的な存在であった。

まだリサイクルという言葉が一般的ではなかったこの頃に創業者はプラスチックごみ問題の解決に取り組む事業を立ち上げる。SDGsが採択される44年前もから持続可能な社会を目指す時代の到来をすでに見据えていた。

現在も創業者の精神は引き継がれ、いち早く社会的課題を解決する廃プラ製品を開発し続け、エコロジーカンパニーとして世の中を牽引している。

プラスチック製品を製造する企業が目指すべき姿が、岡山の田園地帯に立地する㈱リプロにある。



出典：㈱リプロ様よりご提供頂いた資料及びホームページより

第5章 シバセ工業株式会社（ストロー）

1. 訪問目的

2015年に鼻にプラスチックストローが刺さったウミガメの動画が紹介されて海洋プラスチックごみに注目が集まった。それ以来、プラスチックストローは脱プラスチックの象徴となり、スターバックスなどの外食や大手ホテル業界でプラスチックを使用しない紙のストローが話題となった。

しかし、ポイ捨てなどによって海洋に流出するプラスチックごみは世界で年間約800万トンあり、そのうちストロー由来のものは0.1%未満に過ぎない。また、スーパーマーケットやコンビニエンスストアなどの店頭で無料配布しているレジ袋を、法令で有料化している。しかし、レジ袋は国内で年間に出るプラスチックごみの2%程度と推定されている。

容器包装リサイクル法の対象外となっているストローについて、リサイクルに関して難しい問題があると考え、調査研究対象に選んだ。

2. 会社概要

各種ストローの製造・販売



①飲料用ストロー

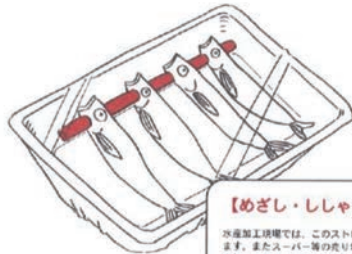
- ・ストレートストロー
- ・フレックス(曲がる)ストロー
- ・スプーンストロー

径・長さ・色・包装形態など、約200種類のストローの製造・販売

②工業用ストロー(飲料用途以外全般)

工業用はもちろん、園芸用や教材用、医療用など各産業分野でのストロー状の部品

【工業用ストロー】は、飲むだけでなく色々使える。アイデア無限。



【めざし・ししゃもストロー】

水産加工現場では、このストローを使って干物にします。またスーパー等の売り場では、このストローを使って惣料・固定さじパッケージングします。

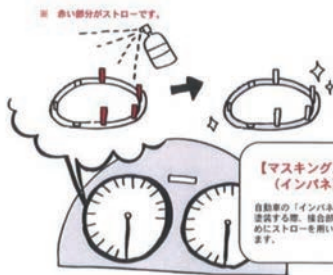
※ 赤い部分がストローです。



【機械部品容器】

バネ（スプリング）・歯車（ギア）・ヘアリング・ボルト・ナットなど、機械系の部品の容器として、
①コストが安い
②奥面にキズがつかない
③塵埃させ難い
④掃除管理し易い
などの様々なメリットがあります。

※ 赤い部分がストローです。



**【マスクングストロー】
（インパネ）**

自動車の「インパネ」のフレームに設置する際、接合部を塗装しないためにストローを用いてマスクングします。

※ 赤い部分がストローです。



【アルコール検知器用】

運転手のアルコールチェック時に、正確な測定をする為に欠かせない呼吸用デバイスです。ストローを使うと、「使い捨て」ができますので、コストが安く、より衛生的に使用できます。

※ 赤い部分がストローです。

**【医療用ストロー】は、分解しないプラスチックで使い捨て
価格も安く、医療費削減に貢献しています。**



【医療器具カバー】

手術現場で使われている、注射針・ピンセット・メス・鑷子（はさみの様な器具）など、先端部が尖って鋭利な器具を保護及び感染防止の為のカバーです。

※ 赤い部分がストローです。



【腹腔鏡手術時のガーゼ挿入ガイド】

腹腔鏡手術時に止血やスパーサー用途としてガーゼを用いますが、穿刺器具（トロッカー）からスムーズに挿入させる為に柔軟性の高いストローをガイドとして挿入しやすくします。

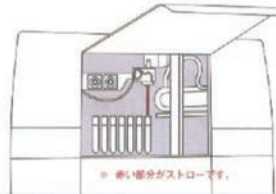
ご協力：オオサキメディカル様



【ピペットチップ】

検査用ピペットの先端チップです。他の液体に成分が移らないように、ひとつの検体に対して1本のストローを使い捨てすることで正確な測定が可能です。

※ 赤い部分がストローです。



【血液分析装置の分注機用スポイトチップ】

従来での血液検査で送達中の分析装置、検体血液を各種項目別に検査種へ小分けする時に分注するスポイトとノズルの役割をストローが果たします。

※ 赤い部分がストローです。

③電子事業 モーター自動検査装置の開発

社長が前職で培ってきた技術を事業化して誕生した。現在、モーター検査装置の開発が

ら製造まで一貫して行っている。

沿革

1926年(大正15年)	芝勢家が精米を業として創業
1949年(昭和24年)	精米麦・素麺加工販売として「芝勢興業株式会社」を設立
1969年(昭和44年)	プラスチック製ストローの生産開始
1984年(昭和59年)	押出機と蛇腹加工機の導入により、本格的な Made in JAPAN ストローの製造を開始
2006年(平成18年)	「シバセ工業株式会社」に社名変更
2007年(平成19年)	工業用ストローの本格的な生産開始
2011年(平成23年)	医療用ストローの需要が拡大
2018年(平成30年)	品質マネジメントシステム ISO 9001:2015 の認証取得
2020年(令和2年)	新ブランド「わらおストロー」発足
2020年(令和2年)	岡山県・中国電力の水カプラン初採用

3. ストローについて

ストローは一体、いつ頃からあったのでしょうか。

歴史はとても古く、紀元前の4000年から3000年の頃、古代メソポタミア文明のシュメール人によって、ビールの作り方が陶板に描かれている。ところが当時はまだ、ろ過する技術がなかったのでビールの底や表面に不純物が残った。そのまま飲んでしまうと、それらがクチに入って来てしまう。そこで不純物をよけて、ビールの澄んだ部分だけを飲むのにはどうしたら良いのだろうと考えた。その結果、最適なアイテムとして、イネ科の植物の『葦(アシ)』の茎の部分が、ストローとして使われていたと言われている。

近代日本におけるストローの始まりは、岡山県の南西部に位置する寄島町が発祥と言われている。寄島町史によると、明治時代に始まった真田の生産が原点で、麦稈真田(麦藁で真田紐のように編んだもの)を用いた麦稈帽子(麦わら帽子)の生産が始まったのが明治34年ごろで、同じ頃に、麦稈を原料としたストローの生産が川崎三一(浅口市)の手によって始められたとなっている。つまり、最初のストローは麦藁である。英語で straw は、藁(ワラ)のことで、ストローの名前は麦藁からきている。

ストローはポリプロピレンを使用している。ポリプロピレン(PP)は、車や食器などあらゆる分野で使用されている汎用的な樹脂で、安全で低価格である。柔らかいプラスチックでは、袋などに使用されるポリエチレン(PE)があり、プラスチックの約半分がこの2種類である。ポリプロピレンは、硬いので薄いパイプにしても、氷の入ったジュースをかき混ぜることができる強度がある。ストローにはマドラーとしての機能も必要なのである。材料を少なくし薄くして、そして価格を出来るだけ安くするために、ポリプロピレンという硬い汎用樹脂で作っている。ストローは単に吸うための機能だけでなく、マドラーとしての混ぜ

る機能を持っている。それだけでなく原材料のプラスチックの使用量を減らし肉厚を薄くするために強度ある材料が必要となる。そのために一番適した材料がポリプロピレンである。

先日、家族でファミレスに行った。子供がドリンクバーを注文したが、ファミレスのドリンクバーは濃縮ジュース等を水で薄める仕組みになっているためコップに飲み物を注ぐと底に濃縮ジュースが溜まり、かき混ぜるためのマドラーが欲しくなる。ところが、マドラーだけでなく、マドラー代わりのストローすら置いていない。その時は食事に来ていたため、出されていた箸をマドラー代りに使った。

逆に、家庭では濃縮ジュースを使う機会はほとんどなく、カルピスが使われる程度で、このカルピスもそのまま飲むカルピスウォーターが一般的となっている。家庭ではほとんどストローは使用されていない。また、家庭ではマドラーを使っても洗って使い、使い捨てとはならない。ただ、高齢者介護をしている家庭では、高齢者が水や飲料飲む時に必須となる。その場合でも自然環境にポイ捨てすることにはならない。

ストローの使用について、サーキュラーエコノミーは自動車や家電産業を前提しているが、新型コロナウイルス感染症の影響で増加した食品関係のプラスチックごみに対して適用するには難しい面がある。一般的に食品容器のリサイクルでは、工場内で発生した端材の利用に関しても再生材をバージン材で包み込んで、再生材が直接食品に触れないようにしている。これと同様のことを厚みの薄いストローに求めても無理がある。

4. ポリプロピレンについて

ポリプロピレン（略称PP）とは、プロピレン（プロペン）を付加重合させた熱可塑性樹脂である。熱可塑性とは、加熱すると柔らかくなり自由に変形し、冷却すると固まり、加熱すれば何度でも変形する（イメージはチョコレート）。

ポリプロピレンは汎用樹脂（ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、ポリ塩化ビニル（PVC））の中で、最高の耐熱性を誇り、比重が最も小さくて水に浮かぶという特徴を有する。さらに汎用樹脂としては比較的強度が高く、耐薬品（酸、アルカリを含む）性に優れ、吸湿性が無いといった特長も有している。しかし、染色することが困難であり、さらに耐光性が低いいため、ファッション性の高い服地の繊維用途には不向きである。

ポリプロピレン（PP）の生産高は、ポリエチレン（PE）に次いで第二位と大量に生産されている。ポリプロピレン（PP）とポリエチレン（PE）にはとても共通点が多いが、異なる点もあり、異なる性質などにより用途が分類される。ポリプロピレン（PP）は硬い樹脂、ポリエチレン（PE）は軟らかい樹脂に分類されている。ポリエチレン（PE）には透明で軟らかい低密度ポリエチレン、半透明で硬めの高密度ポリエチレンがあり、低密度はポリ袋、高密度は日用品や工業用品（歯車など）に使用されている。

ポリプロピレン（PP）とポリエチレン（PE）の共通点は以下の通りである。

- ・炭素と水素からなるポリマーである。（高分子）

- ・熱可塑性樹脂（熱で熔融する）で射出成形や押出成形、真空成形、圧空成形、ブロー成形と、金型を使用した多くのプラスチック成形に対応し、安価に量産することができる。
- ・絶縁体である。
- ・比重が1以下と軽い。
- ・水を吸いにくい（吸水率が0.01%以下）ので寸法安定性が良い。
- ・無臭で無毒である。
- ・誘電率が低く高周波材料として使用される。電子レンジ内で発熱しない特徴をもつ。
- ・接着性が悪いいため接着剤を使うときは下地処理が必要となる。

ポリプロピレン（PP）とポリエチレン（PE）の異なる点は以下の通りである。

- ・ポリプロピレン（PP）は耐光性が悪いので、紫外線が当たりやすい屋外で使用すると直ぐに変色したり変形したりする。
- ・ポリエチレン（PE）は耐光性が良いので屋外でも使用することができる。
- ・ポリプロピレン（PP）は速乾性が良いので繊維として使用され、紙おむつや衣類、加工が簡単で薄くできる、透明にできるのでフィルムやシートとして使用される。
- ・ポリエチレン（PE）は軟らかい特性を生かして軟質シート、吸水性の低さや耐光性が良い特性を生かして水道管やガス管として用いられる。

5. ポリプロピレンの構造について

ビニル基 $\text{CH}_2=\text{CH}\cdot$ をもつ化合物の総称で、エチレンおよび一置換エチレンがこれに含まれる。代表的なビニル化合物 $\text{CH}_2=\text{CHX}$ （Xは置換基）を表に示す。

化合物名	置換基 X	沸点(°C)	重合によりできる高分子化合物
エチレン	-H	-103.7	ポリエチレン
プロピレン	-CH ₃	-47.0	ポリプロピレン
塩化ビニル	-Cl	-13.7	ポリ塩化ビニル
酢酸ビニル	-OCOCH ₃	73.1	ポリ酢酸ビニル
アクリルアルデヒド (アクロレイン)	-CHO	52.69	—
アクリル酸	-COOH	141	ポリアクリル酸
アクリル酸メチル	-COOCH ₃	79.6~80.3	ポリアクリル酸メチル
アクリロニトリル	-CN	77.6~77.7	ポリアクリロニトリル
アクリルアミド	-CONH ₂	87/2mmHg	ポリアクリルアミド
スチレン	-C ₆ H ₅	145.2	ポリスチレン

これらの化合物の多くは石油化学工業によりエチレンやプロピレンから合成され、重合によりプラスチックや合成繊維を製造するのに用いられる。

ビニル化合物は重合により高分子状のポリビニル化合物をつくりあげている単位とみな

すことができ、このような立場からビニル化合物をビニル単量体（ビニルモノマー vinyl monomer）とよぶことがある。

高分子プラスチックには立体異性体があることが多く、立体異性体は例えば互いに鏡に映した鏡像のような関係である。ポリプロピレンには立体異性体は、例えば下記のものがある。

- ・ポリプロピレンのメチル基がひとつの側に並ぶものをアイソタクチックポリプロピレン
- ・ポリプロピレンのメチル基が互い違いの側に配列するものをシンジオタクチックポリプロピレン

立体異性体同士は、その化学的性質は似て（構造異性体のように大きな違いはない）いるが、多少の違いはある。例えば、上記の二種類のポリプロピレンでは、アイソタクチックポリプロピレンの方がより硬く、熱に強い。

6. 容器包装リサイクル法とストロー

容器包装リサイクル法は、家庭から出るごみの6割（容積比）を占める容器包装廃棄物を資源として有効利用することにより、ごみの減量化を図るための法律である。すべての人々がそれぞれの立場でリサイクルの役割を担うということがこの法律の基本理念であり、消費者は分別排出、市町村は分別収集、事業者は再商品化を行うことが役割となっている。

容器包装リサイクル法の正式名称は『容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律』である。平成12年4月完全施行（平成7年6月成立、平成9年4月本格施行）された。市町村により分別収集されたガラスびんやペットボトルなどを原材料や製品として他人に売れる状態にすることで、再商品化を行う事業者が自ら製品の原材料として利用したり、そのまま製品として使用したりすることも含まれる。

この法律において「容器」とは商品を入れるもの（袋も該当します）、「包装」とは、商品を包むものと考えてください。容器包装リサイクル法では、当該商品が費消され、又は当該商品と分離された場合に不要になるものを容器包装と定義している。

本法の「容器包装」に該当するか否かは、以下の観点から判断される。

- (1) 「容器」又は「包装」に該当するか
- (2) 「商品の容器及び包装」に該当するか
- (3) 「当該商品が費消され、又は当該商品と分離された場合に不要になるもの」に該当するか

該当しないものの具体例として下記が例示されている。

①物を入れても包んでもいないもの

例としてとして飲料用ストローや弁当のスプーン、割り箸、お手拭きがあります。その他は下記である。

- ・焼き鳥の串、アイスクャンデーの棒
 - ・ラップフィルムの芯、トイレットペーパーの芯
 - ・紐、バンド（ふたの役割をしているものは該当）
 - ・野菜の結束用テープ、靴下の带状ラベル
- ②他の部分と物理的に分離されており、他の部分と一体となって「物を入れ、又は包むもの」の一部として使用されているとは解されないもの
- ・にぎり寿司の中仕切り（緑色のプラスチックフィルム、昔はバランという植物の葉を切って使っていた）
- ③商品が抜かれるとバラバラになってしまい、段ボール箱等と一体となって「物を入れ、又は包むもの」の形状を構成しているとは解されないもの
- ・比較的小型の発泡スチロール製又は紙製の緩衝材等で、多数段ボール箱等に詰めることにより商品との空間を埋めるもの。

今のところ飲料用ストローは、容器包装リサイクル法の対象外になっているが、2021年1月16日付の日経新聞によれば、政府は飲食店などを対象に、プラスチック製のストローやフォークなどを削減する取り組みを義務付ける。具体的には、店頭でストローなどを大量に提供する事業者に対して削減に資する取り組みを求めるもので、数値目標は設けないが、来店客に必要かどうかを聞いてから提供したり、植物由来の素材を採用したりすることを想定し、不十分な場合には国による改善命令や店名の公表も検討するという。

7. シバセ工業(株)の取り組み

(1) プラスチックストローの代替品に対する当社の考え

シバセ工業(株)はプラスチックストロー製造の国内シェアの半分を占めている。紙のストローや生分解性プラスチックなどは扱わずポリプロピレンのプラスチックを基本としている。

①紙ストロー

2018年中は、紙ストローや生分解性ストローの問い合わせは多くあったが、敢えて扱わなかった。2019年以降は、ほとんど問い合わせもない。シバセ工業(株)の考えでは、消費者の利便性、価格、品質、安全性、リサイクル、焼却などトータルで考えた時に、プラスチック製のストローが地球環境を長く持続させるのに適していると考えている。

なぜ、今の時期に紙ストローという考えが出てきたのでしょうか。何か問題の根本原因とずれているような気がする。紙なら海でふやけて分解するでしょうが、紙ストローだから海へ捨てても良いというものではない。紙でもプラスチックでも、使い終わったら回収して再利用するなり焼却するなりして、自然界に排出するのを防がなければならない。紙ストローでは、ジュースを飲み終わると濡れている。紙として再利用はできない。焼却も濡れているので燃やしにくい。紙ストローは、強度を出すために厚みがある。そのため重くなる。重くなれば輸送で燃費が悪くなる。価格も高いし、子供やお年寄りが飲みやすい

曲がるストローを作ることもできない。紙を接着剤で固めて作るので、紙や接着剤の味がするかもしれない。おいしい飲み物に使用するストローにそのような物は提供できない。

②生分解性ストロー（土中の微生物が分解）

微生物で分解する生分解性プラスチックというものがある。捨てられても、微生物で分解するのだから良いような気がするが、微生物はほとんどが土の中であり、海には分解するような微生物がない。しかも今の技術では、完全に分解してゼロになるような生分解プラスチックはない。土の中では一部が残ってしまう。海の中ならほとんどが残ってしまうので、今の海洋プラスチックごみ問題の解決にはならない。さらに、ストローの製品になると、普通のプラスチックと見分けがつかない。普通のプラスチックは溶かして再度製品にすることもできる。プラスチックは分解しない特性から長期間使用できるが、再生するときに生分解性プラスチックが混ざってしまうと、その部分から分解して強度が弱くなってしまう。リサイクルの基本は分別して同じ材料を集めて、再利用するものである。見分けのつかないような種類が増えると、分別ができなくなりリサイクルに影響がでる。自然界に捨てることなく、使用後にリサイクルや焼却処理するなら、生分解性という意味がなくなってしまう。分解性というワードは、捨てることを前提にしている。まずは、リサイクルや焼却処分ですべて自然界への排出を防ぐことを考えたい。

紙のストローと同様に自然界へ捨てることを前提に生分解性プラスチックを考えてはいけない。まずはリサイクルを考える。残念ながら、ストローは軽いため容量に対して重量は少なくマテリアルリサイクル等には向いていない。

家庭で使用されるストローは容器包装リサイクル法のプラごみに指定し、リサイクルする等の長期的方針を打ち出すべきと考える。一方、飲食店で使用されるストローは長期的な方針を明確にする必要がある。容器包装リサイクル法の対象を事業系一般ごみに拡大するのか、食品残渣と一緒にメタンガス発酵に使うため生分解性プラスチックにするのか長期的方針が必要になる。いつでも使える「リデュース」でストローの使用を減らしても本質的な解決策にはなっていない。

(2) プラスチックごみの処理について

日本も昔は大量消費の結果、ごみの処理が追い付かずごみの島になっていた。今でこそ外国の人は日本に来るときれいな国だと驚く。しかし、それは日本人だからということではなくて、廃棄物を回収する仕組みと回収したごみを処理する施設をたくさん作った結果である。日本は、世界で最もごみ処理施設の多い国である。ごみ処理の技術も進んでいる。世界には、ごみ処理のインフラがなく、ごみを川に捨てたり、山積みにしたりしている国がたくさんある。昔の日本と同じ状態である。ごみ処理先進国の日本としてはやってきたことを世界にアピールすべきだと思う。そして、ごみ処理の仕組みやごみ処理施設などを世界に輸出することができれば世界のごみ問題は少なくなる。人口が増えて消費する物資も増えていく以上、大量に出る廃棄物の処理から目を背けることはできない。ストローを使わないとか、

レジ袋を使わないとか、ほんのわずかなプラスチックの使用を抑えても何も変わらない。人間は、便利になった生活を捨てられませんし豊かになりたいという欲求を抑えることはできない。お金をかけて便利さを追求する以上は、お金をかけてごみ処理をするしかない。

大量の廃棄物を処理する方法として最適な方法は、「サーマルリサイクル」である。燃やすことで熱源として利用し、電気を生み出す。プラスチック材料としてリサイクルする方法もあるが、再利用するには洗浄しないと使えないので水資源が必要である。しかし、途上国では水資源が貴重な国が多いので、「マテリアルリサイクル」は難しくなる。プラスチックは元が石油なので、少しぐらい食材で汚れていても燃やすのに難はない。燃やして熱にして電気に変えれば、電気はどこの国でも必要な資源になる。

このプラスチックごみの問題は、プラスチックの使用が問題ではなく、使用後に正しく処分していないことが問題である。

(3) 環境保全への貢献

当社は、2020年9月15日、岡山県と中国電力が募集した、県企業局の水力発電所を活用する「おかやまCO2フリー電気」の採用第1号となった。同プランは企業局が保有する全18の水力発電所のうち11か所分の電力を充当、中国電力の一般的な電気料金に1キロワット当たり1円を加算し、料金の一部を県の環境保全事業に活用する。年間50万円程度のコスト上昇になると見込んでいるが、焼却施設の整備や海洋プラスチックごみの回収に役立ててもらうことで、国産ストローの生産を絶やすことなく環境保全に貢献したいと考えている。

国内のストロー発祥の地から。



私たちシバセ工業は、ストローという単純な製品であっても、決して「メイドインジャパン」であることをあきらめません。モノづくりに携わるからこそ生み出される新しい技術や発想、アイデアは、たとえどんなにささやかなものであっても、日本の未来につながっていくと信じているからです。

お客様のニーズに応じ、海外製ストローをバリエーションのひとつとして取り扱っておりますが、あくまでも自社国内生産にこだわり、「ものづくり立国・日本」の誇りをもって安心・安全なストローづくりをおこなっています。

私たちだからこそ可能なきめ細やかな製造技術、私たちだからこそ感じられる徹底した衛生環境、私たちだからこそ考えられる生産性向上のノウハウ、シバセ工業は日本の地で製造する理由を自ら問い続け、実践し、小さいながらも日本のモノづくりの継承を続けてまいります。

<参考資料>

- ・シバセ工業株式会社ホームページ
- ・岡山県総合教育センター副校長・教頭研修講座デジユメ「ストローのシバセ工業いばらの道」
- ・ポリプロピレン | Wikipedia
- ・2020年9月16日日本経済新聞「岡山県・中国電の水力プランシバセ工業が初採用」
- ・2021年1月16日日本経済新聞「プラ削減飲食店に義務ストローなど政府、法案提出へ」

第6章 横山製網株式会社



1. 訪問目的

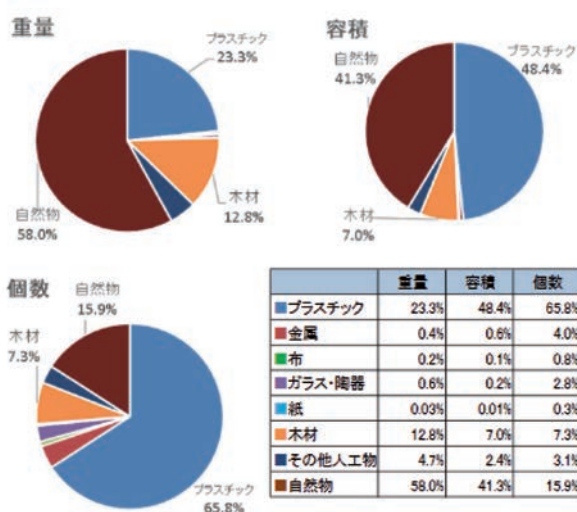
海洋プラスチック問題が注目される中、漂着するプラスチック類の中で漁網・ロープが41.8%を占めるとの調査結果が発表になった。しかしながら、漁網のリサイクルについてはマスコミでも全く話題になることもなく、リサイクルに関して難しい問題があると考え調査研究対象に選らんだ。

図表6-1 わが国の漂着ごみ調査

我が国での漂着ごみ調査結果（種類別割合）

- 平成28年度全国10地点（稚内、根室、函館、遊佐、串本、国東、対馬、五島、種子島、奄美）で漂着ごみのモニタリング調査を実施。※1、2
- 種類別では、重量ベースで自然物が、容積及び個数ベースではプラスチック類が最も高い割合を占めている。

<種類別割合(重量、容積、個数)>



<漂着ごみ(プラスチック類のみ)の種類別割合>

分類	重量	容積	個数
飲料用ボトル	7.3%	12.7%	38.5%
その他ボトル類	5.3%	6.5%	9.6%
容器類（調味料容器、トレイ、カップ等）	0.5%	0.5%	7.4%
ポリ袋	0.4%	0.3%	0.6%
カトラリー（ストロー、フォーク、スプーン、ナイフ、マドラー）	0.5%	0.5%	2.7%
漁網、ロープ	41.8%	26.2%	10.4%
ビイ	10.7%	8.9%	11.9%
発泡スチロールビイ	4.1%	14.9%	3.2%
その他漁具	2.7%	2.6%	12.3%
その他プラスチック（ライター、注射器、発泡スチロール片等）	26.7%	26.9%	3.3% ※3
	100%	100%	100%

- ※1 調査対象の10地点は、平成22～27年度の間に調査した5地点及び平成28年度に新たに選定した5地点の計10地点。（全国の状況を表すものではないことに留意。）
- ※2 各地点の海岸線50mの中に存在したごみの量や種類等を調査した。
- ※3 発泡スチロール片等、劣化して微小であったものは、個数の計測はしていない。

出所：「海洋ごみをめぐる最近の動向」環境庁（平成30年9月）

この調査の中でわが国の漂流物の23.3%、容量ベースで48.4%をプラスチックが占めていた。そのプラスチックの中で漁網・ロープが重量で41.8%、容量ベースで26.2%を占めている。それに加え、ブイや発泡スチロールブイ、その他漁具も高い比率となっている。

2. 会社概要

わが国は周囲を海に囲まれ、古代より漁業は人々が生活する上で欠かせない食糧調達手段の一部として発展を成し遂げてきた。その漁業が常に世界のリーダーとして存続できる背景には、優秀な漁具資材・漁網の開発・生産技術がある。

現在では、横山製網(株)は沿岸刺網では我国最大のシェアを誇るまでに至っている。有結ネットと言えば、横山製網と言われるように評価されている独自の技術やノウハウを多く蓄積するとともに、機械メーカーとタイアップして、独自の設備や機械を開発・導入し性能の優れた製品開発を行っている。

また漁業の分野だけでなく農業用・スポーツ用・産業用の各ネット分野にも進出し総合ネットメーカーとして確固たる地位を築こうとしている。

横山製網(株)は創業以来100年近く、常に時代に対応した材料や加工方法を考え、漁業者の立場で漁網を一貫生産している国内有数のメーカーである。

【本社工場】

〒701-4501 岡山県瀬戸内市邑久町虫明 3133
TEL：(0869) 25-0111 FAX：(0869) 25-2051

【第二工場】

〒701-4501 岡山県瀬戸内市邑久町虫明 529-1

【第三工場】

〒701-4221 岡山県瀬戸内市邑久町福元 286

沿革

1920年 4月 故横山幾太氏が手動蛙又製網機2台で操業を開始
1948年 5月 業績が伸張し、個人から有限会社横山製網所に組織変更
1952年 3月 クレモナ・ナイロン漁網の製造に着手し、リング撚糸工場を新設
1961年 6月 横山製網 株式会社に組織変更
1966年 3月 事業拡張のため撚糸工場を虫明茶屋跡に第2工場として新設
同時にスチームセッター、リング撚糸機も併せて増設

1972年	4月	資本金を2,200万に増資
1976年	12月	染色廃液処理増設
1983年	7月	特殊結節製網機（Uノット）を導入
1986年	11月	本社及び製網工場、熱処理工場を拡張整備する
1990年	8月	本社工場に世界一超大型スチームセッターを増設
1993年	9月	第3工場増設
1999年	11月	ISO 9001 認証取得
2010年	4月	中国経済産業事業局「地域資源活用新事業展開支援事業」に認定
2010年	6月	岡山県「事業化支援プロジェクト」に認定
2020年	10月	地域未来牽引企業として選定

3. 刺し網について

横山製網(株)が生産している刺し網は、目標とする魚種が遊泳・通過する場所を遮断するように網を張り、その網目に魚の頭部を入り込ませる（これを網目に刺すという）ことによって漁獲するための漁具である。この刺し網を用いておこなう漁法を刺網漁という。

捕獲対象となる魚種の体長が均一の場合（イワシ、サバ、サンマなど）、刺し網の網目の大きさはこれらの魚種の頭部が差し込むように調整されている。網目の大きさ、縫り糸（よりいと）の強さ、網の大きさ（横幅と深さ）などは、混獲を防ぐために、厳密に規定されている。特にサケ漁については、サケ以外の魚を捕えることは非常に少ない

サンマの場合、流し網で捕らえた場合はサンマを傷つけないが、サンマ漁の多くは棒受け漁で行われている。流し網（刺し網）は高級魚を獲る網と言われている。サンマの例のように、同じサンマであっても傷がないものは鮮度が保たれやすく、そういう面での価格が高く、高級魚ということにある。

網目に魚の頭部が刺さると、その網目から逃れ出ようとしても、鰓蓋（えらぶた）や背びれが網に引っかかって逃げられなくなっている。このような構造から、通常は網目よりも小さな魚は、無傷で網目をすり抜けることが可能である。

他の漁網が、かぶせ捕る、すくい捕ることによって、水域の魚群の種類に関係なく一網打尽にしてしまうのとは対照的に、刺し網は、比較的狙った魚種のみを捕獲することができるため、効率の良い、海の資源管理に向いている漁具といえる。

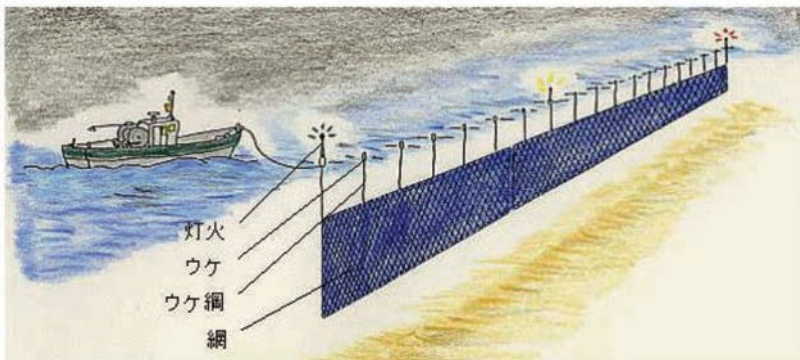
刺し網は、網具の設置場所によって、網を水底に設置する底（そこ）刺し網、中層または上層など水底以外に設置する浮き（うき）刺し網、に区別される。

例. さわら流し刺し網

瀬戸内海で伝統的に行われているさわら(鱈)流し刺し網を紹介する。長さ600～2,000m、高さ8～24mの網で、海面から1～15m下に網の上辺がくるようにウケ網とウケを付けている。目合は10.6cm以上に規制されている。

潮流と直角になるように網を入れ、1～3 時間潮流にまかせて流し、高速で遊泳するサワラを刺させてとる。操業は夜間で、春は午後 6 時頃に一齐に網入れが行われる。

図表 6-2 さわら流し刺し網

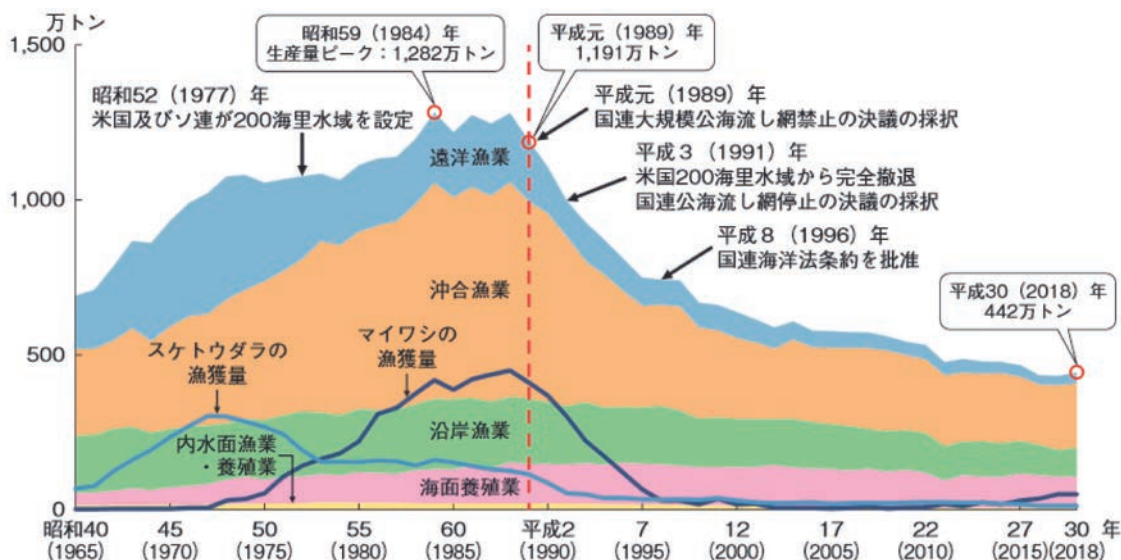


出所：香川の漁具漁法

なお、現在では瀬戸内海のサワラの漁獲量は減り、1999 年を境に日本海でのサワラの漁獲が急増した。その要因として、サワラ的主要分布域である東シナ海の資源量が増大したこと、日本近海の海水温の上昇など海洋環境の変化によって、サワラが東シナ海から日本海に來遊しやすくなったことが考えられている。

4. わが国の漁業の現状

図表 6-3 我が国漁業生産量の推移及び漁業を取り巻く状況の変化



資料：農林水産省「漁業・養殖業生産統計」

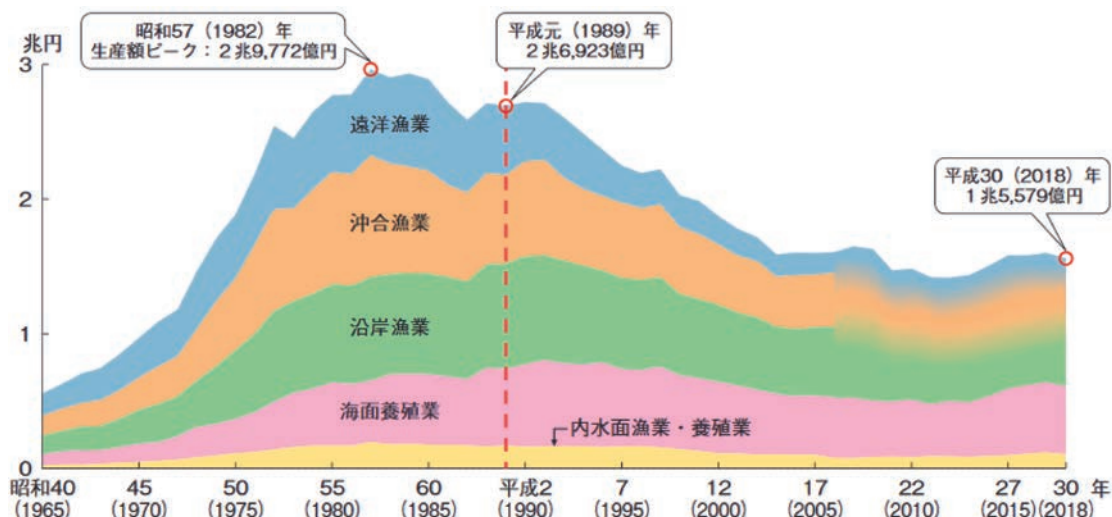
注：漁業・養殖業生産量の内訳である「遠洋漁業」、「沖合漁業」及び「沿岸漁業」は、平成19 (2007) 年から漁船のトン数階層別の漁獲量の調査を実施しないこととしたため、平成19 (2007) ～22 (2010) 年までの数値は推計値であり、平成23 (2011) 年以降の調査については「遠洋漁業」、「沖合漁業」及び「沿岸漁業」に属する漁業種類ごとの漁獲量を積み上げたものである。

出所：水産白書 2019

わが国の漁業は、第2次世界大戦後、沿岸から沖合へ、沖合から遠洋へと漁場を拡大することによって発展したが、昭和50年代には200海里時代が到来し、遠洋漁業の撤退が相次ぐ中、マイワシの漁獲量が急激に増大した結果、漁業・養殖業の生産量は、昭和59(1984)年にピークの1,282万トンとなった。

その後、主に沖合漁業によるマイワシの漁獲量の減少の影響により、漁業・養殖業の生産量は平成7(1995)年頃にかけて急速に減少し、その後は緩やかな減少傾向が続いていた。漁業生産額は、海洋環境の変動等の影響から資源量が減少する中で、漁業者や漁船の減少等に伴う生産体制のせい弱体化や、国民の「魚離れ」による消費量の減少等により、昭和57(1982)年の2兆9,772億円をピークに平成24(2012)年まで長期的に減少したが、平成25(2013)年以降は消費者ニーズの高い養殖魚種の生産の進展等により増加に転じている。

図表 6-4 我が国漁業生産額の推移



資料：農林水産省「漁業産出額」に基づき水産庁で作成
 注：1) 漁業生産額は、漁業産出額（漁業・養殖業の生産量に産地市場卸売価格等に乗じて推計したもの）に種苗の生産額を加算したもの。
 2) 海面漁業の部門別産出額については、平成19(2007)年から取りまとめを廃止した。
 3) 平成18(2006)年以降の内水面漁業の産出額には、遊漁者による採捕は含まれない。

出所：水産白書 2019

昭和後期、我が国の遠洋漁業は最盛期を迎え、その生産量は、ピークとなった昭和48(1973)年には400万トンに迫り、我が国の漁船漁業生産量全体の約4割を占めるまでになった。しかし、昭和52(1977)年には、米国、ソビエト連邦などが200海里水域の設定に踏み切り、事実上200海里時代が到来したことにより、我が国の多くの遠洋漁船が米国200海里水域等の既存の漁場から撤退を余儀なくされた。その後は、公海域におけるカツオ・マグロ漁業等が遠洋漁業の主力となったが、公海域においてもマグロ類を中心に多くの外国漁船が操業を始めたこと等から、「大西洋のまぐろ類の保存のための国際条約」等に基づく漁業生産量の国別割当てや禁漁等も含む国際的な漁業管理が強化された。また、我が国と条約非加盟国等との競合も激化したため、更に多くの我が国遠洋漁船が撤退した。

平成元（1989）年には、遠洋漁業生産量は 198 万トンと、我が国の漁船漁業生産量全体の約 2 割となりました。平成期に入って以降も、遠洋漁業の縮小につながる動きが続いた。公海上での大規模流し網漁業については、平成 3（1991）年の国連総会決議により平成 4（1992）年末をもって停止されました。また、ベーリング公海漁業が平成 4（1992）年の関係国会議において一時停止することで合意され、平成 7（1995）年の「中央ベーリング海におけるすけとうだら資源の保存及び管理に関する条約」の発効以降も停止状態が続いています。さらに、平成 5（1993）年に「北太平洋における溯さく河か性魚類の系群の保存のための条約」が発効し、北緯 33 度以北の北太平洋の公海における溯河性魚類の漁業が禁止され、さらに、ロシア 200 海里水域におけるさけ・ます流し網漁業が平成 28（2016）年以降禁止された。

近年、我が国の遠洋漁業の中心となっているのは、カツオ・マグロ類を対象とした海外まき網漁業、遠洋まぐろはえ縄漁業、遠洋かつお一本釣り漁業等であり、カツオ・マグロ類が我が国の遠洋漁業生産量の約 9 割を占めています。

沖合漁業では主要魚種であるマイワシやサバ類の生産量が大きく変化している。沖合漁業は、昭和期から平成期に至るまで我が国の漁業生産量の最も大きな割合を占めており、昭和 50 年代初め以降は、漁船漁業生産量の 5 割から 6 割程度を占めていた。しかし、沖合漁業の主要漁獲対象種は多獲性浮魚類と呼ばれる資源変動が激しい種であるため、漁獲魚種の構成については変化が見られる。1980 年代には、それまでの主要魚種であったサバ類は漸減し、急増したマイワシが主要魚種となった。1990 年代に入るとマイワシが急減する一方でマアジやサンマの漁業生産量が増加した。これら魚種の増加量はマイワシの急減をカバーするほどではなく、その結果、沖合漁業の生産量は急速に減少した。

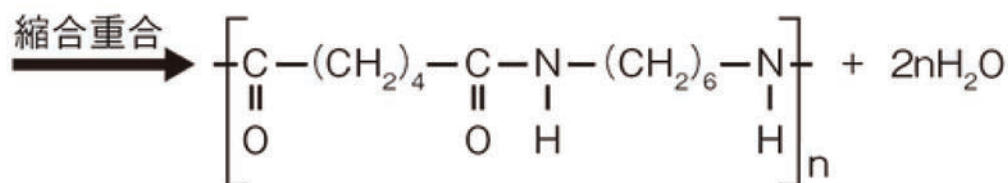
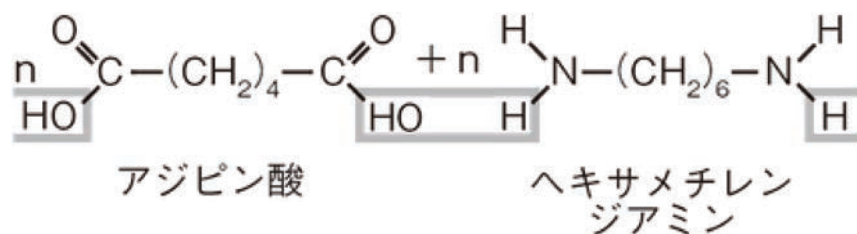
平成期において、わが国周辺水域では海水温の上昇が主要因と考えられる現象が顕在化してきて、近年では北海道でのブリの豊漁やサワラの分布域の北上、九州沿岸での磯焼けの拡大とイセエビやアワビ等の磯根資源の減少、南方性エイ類の分布拡大による西日本での二枚貝やはえ縄漁獲物の食害の増加等が報告されている。

中期的な変化としては、北太平洋及び北極海の過去 36 年分の表面水温データから、サケの夏季の分布可能域（水温 2.7° C～15.6° C）が北へシフトし、その面積は約 1 割減少した可能性があることが報告されています。

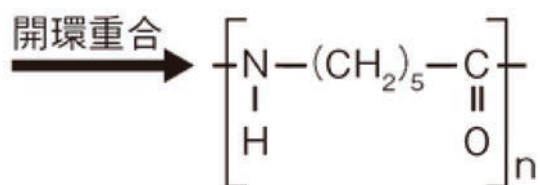
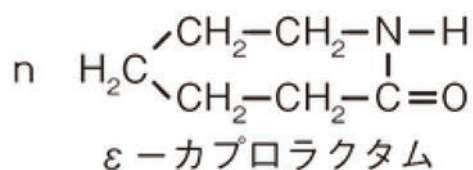
5. ナイロンについて

米国 DuPont 社は、ウォーレス・カローザスが発明したポリアミド繊維を「ナイロン (Nylon)」と命名し、1938 年 10 月に「石炭と水と空気から作られ、鋼鉄より強く、クモの糸より細い」合成繊維を開発したと発表した。この「ナイロン 66」の製品サンプルを早々に入手した東レは、DuPont 社特許との抵触を避け、独自技術で「ナイロン 6」を開発、1941 年 5 月 13 日に熔融紡糸に成功し、翌年 1942 年にアミラン®と名付けた。

図表 6-5 ナイロン 66



図表 6-6 ナイロン 6



6. ナイロンの製造方法

ナイロンは、アミド基 (CONH) で炭化水素基 (CH₂) が結合されたものが線状に連なった、線状ポリアミドの一般名であり、炭素原子の結合状態によって、ナイロン 66、ナイロン 6 などに分類される。ちなみに衣料用途においてはこれらのナイロンが殆どを占める。ナイロン 6 繊維の原料となるポリマーは、石油あるいは石炭からベンゼン、シクロヘキサンを経て、ε-カプロラクタムが合成されて更にこれを重合して作られる。ナイロン 66 繊維は原料としてナイロン 6 の中間原料であるアジピン酸と別の石油化学製品であるヘキサメチレンジアミンとを重合して作られる。ナイロン 6、ナイロン 66 とともに同じ熔融紡糸法によって製造される。

3 大合繊と呼ばれるポリエステル、ナイロン、アクリルのうち、ナイロン 6 はケミカルリ

サクルに最も適した素材である。解重合ができないアクリルは別としてポリエステルやナイロン 66 も解重合は可能ではある。しかし、主原料が 2 成分であるため解重合した後に 2 成分の分離が難しいという問題がある。これに対してナイロン 6 は 1 成分であるので比較的容易にモノマー回収ができ、ポリエステルと比較すると原料価格が高いこともあり、回収する価値が大きいと言える。東レでは回収したナイロン 6 製品を解重合して原料を再生するというシステムを一貫で行えるよう関係会社に必要な設備を導入し、比較的リサイクルしやすい漁網などの製品の一部については既に 30 年以上前からケミカルリサイクルを実施している。

そこで従来から表地の主流となっていたポリエステル素材に代わる表面感や風合いを備えたナイロン 6 素材の開発や、YKK と共同で開発した 100%ナイロン化したファスナーをはじめとする様々な副資材のナイロン 6 化などケミカルリサイクルが可能である。このように東レが確立した「ケミカルリサイクル」は、ゴミを出さない半永久的な循環型リサイクルであり、より理想に近い完成度の高いリサイクルとして将来的にもっとも期待できるシステムと考えている。ちなみにナイロン 6 のユニフォーム 1 セット(上下合わせて約 900g)をこの方法でリサイクルすると、原料だけでなく諸々のエネルギーコストを含めて石油にして約 4 リットルの節約になる。この方法がゴミの減量だけでなく省資源にいか大きく貢献する。

最近のナイロン 6 のリサイクル例として、ユニクロのダウンのリサイクルがある。

2020 年 9 月、ユニクロの担当者は、リサイクル素材によるダウンジャケットを発表した。価格は 7990 円(税抜き)で、通常のダウンと変わらない価格帯である。原料は店舗で顧客から回収したダウンジャケットで、取り出して洗浄したダウンを詰めており、「100%リサイクルダウン」として売り出した。2020 年 9 月 25 日(金)～2021 年 1 月 31 日(日)の期間中、ご不要になったダウン商品をユニクロ店舗まで持ち込んでユニクロダウンリサイクルにご協力いただいたお客様へ、500 円割引クーポンをプレゼントした。同時に、戦略パートナーである東レと組んで、回収した商品のダウンやフェザーを自動で分別する技術を開発した。

7. 日本製網工業組合のリサイクル

リファインバース株式会社(本社:東京都中央区)は、2019 年 4 月 1 日より愛知県一宮市にて、廃棄漁網を原料とした成形用リサイクルナイロン樹脂の製造販売拡大や自動車エアバッグ再生のための製造拠点を新設し、安定稼働に向けた体制構築に取り組んできた。この度、生産量を拡大するために原料となるナイロン製廃棄漁網の調達を目的に、日本製網工業組合(以下「本組合」)との協業を開始した。

協業の第一歩として、本組合の各組合員企業よりナイロン製廃棄漁網を回収し、一宮工場で再生ナイロン樹脂の生産原料として使用していく。これは、本組合にとっては廃棄漁網の有効活用に繋がり、当社にとっては生産量拡大に向けての安定的な原料ソースの確保とい

う win-win の取り組みとなる。

処理困難物である廃棄漁網を一宮工場において再生ナイロン製品として再生することで、海洋プラスチック問題や中国での廃プラスチック輸入禁止による国内に滞留する廃プラスチック問題など、昨今取り上げられている社会問題解決の一助となるよう、本組合と共同で推進していく。

日本で使用される漁網の素材のおよそ3割がナイロン（ポリアミド）である。それらは役目を終えると廃棄されるが、回収し、新たに生まれかわったリサイクルナイロン樹脂の製品ブランドを「リアミド（Re-amide）」した。リアミドはまず自動車や家電の部材などに使用されてきましたが、繊維としての開発も進み、用途は広がりを見せている。今後、ナイロン製船舶係留用ロープを新たな原料として「リアミド」事業をさらに拡大していく。

8. 横山製網(株)のリサイクル

第二次世界大戦後、日本の漁業は戦後の食糧難を少しでも解消しようとの使命感から沖合漁業や遠洋漁業に取り組んできた。当時の漁具はいかに効率的に魚を獲ることに集中していた。

しかし、1977年頃それぞれの国の岸から200海里、およそ370kmの中に、外国の船は勝手に入って漁をしてはいけないという国際的なルールが決まった。1991年秋の国連総会で、1993年1月以降の公海流し網漁業の全面的停止（モラトリアム）決議された。

遠洋漁業がマグロのはえ縄漁、カツオの1本釣りが中心となり、沖合漁業はイワシの不漁と最近のサンマの不漁によって漁獲量が減っている。

そのため、横山製網(株)は沿岸漁業の刺し網（流し網）に集中していたことが強みになった。刺し網の素材にはナイロン6とナイロン66を使用しており、モノマーにまで戻したケミカルリサイクル技術も確立している。ナイロン6とナイロン66でできた使用済み漁網は有価で販売が可能である。更に、刺し網を使用する漁業者は小規模事業者が多く、漁協から漁網を購入する事業者が多く、漁協が新しい漁網を販売する時に使用済みの漁網の引き取りを行い、リサイクルを確実なものとしている。また、工場内で発生するナイロンの端材も有価で販売している。

横山製網(株)の漁網のリサイクルはできていると考えられる。ただ、ナイロン6はε-カプロラクタムの1つのモノマーを開環重合して作られる。一方、ナイロン66は2つのモノマーを縮合重合して作られる。しかし、横山製網(株)の漁網はナイロン6とナイロン66の両方ある。ナイロンのリサイクルには技術的に不明な点も多く、たぶんナイロン6とナイロン66のリサイクルには共通する面があると推測される。

また、その他漁網にはナイロンの他にポリエステル、ポリエチレン、ビニロンも使用されており、それぞれの素材に合わせたリサイクルが必要になっている。

また、漂流物調査における漁網の量は生産量と比べて多過ぎ、漁港付近に多年に渡って積み重なった廃業網がカウントされたと推測される。

9. SDGsの提案

横山製網(株)向けにSDGsの提案を作ってみた。

横山製網(株)は、刺し網生産を通して海の豊かさを守ります。網目の大きさを正確にバラツキのない刺し網を生産することにより、一定サイズ以上の魚しか獲らず、稚魚を獲らないため魚資源の確保に貢献しています。特に、沿岸漁業者に毎年確実な収入が挙げられるよう貢献します。



目標14
海の豊かさを守ろう

横山製網(株)は、漁業者、漁業協同組合と日本製網工業組合と協力することで漁網の確実なリサイクルを推進していきます。海洋プラスチック問題の解決を目指します。



目標12
作る責任 つかう責任

横山製網(株)は、海の豊かさを取り戻すため、漁網産業のみならず、漁業全体での技術革新の基礎を作ります。



10. その他の漁具のリサイクル

(1) 漁業用フロートの燃料化

株式会社エルコムは、マイクロプラスチックの要因になる漂着フロートを中心に漂着現場での圧縮減容をスムーズに行うことができる漂着フロート専用の減容処理機を開発し、発熱量が高いプラスチックの特性を活かし、燃料ペレット化して、地域の熱エネルギーとして有効活用を可能にする e-PEP システムの技術開発を行ってきた。漂着フロートの減容処理に関しては、これまでに、離島・漁業協同組合を中心に水産庁の外郭団体「海と渚環境美化・油濁対策機構」と各対象自治体 15 拠点にて実証試験を行い、16,000 本の圧縮減容を現地で行い、現在まで 14 拠点で実機導入が進んでいる。特に離島は、燃料費が本島よりも高いことや、廃棄物の処理施設が限られていることから本島への輸送費が大きなコスト負担となっている。環境とエネルギーの両側面から持続可能なエリア内ループの構築を目指している。当技術の活用によりマイクロプラスチックの軽減と海洋保全に寄与していく。

図表 6-7 漁業用フロートの燃料化



出所：地方創生 SDGs 官民連携 プラットフォーム

(2) 生分解性プラスチックを用いたカキ養殖用パイプへの取り組み

広島県のカキ養殖ではカキパイプ（養殖牡蠣用の 20cm のポリエチレン筒）など、複数のプラスチック材料を使用している。カキ養殖用のプラスチック製のパイプは、種苗を付着させるホタテ貝を筏から吊るす際に一定の間隔を確保するために使われる。現用のポリエチレン（PE）製パイプは長さ 20cm、外径 1.5cm、内径 1cm 程度で 1 本数円だが、大事な資材なので流出させないで再利用している。カキ業者にとってパイプ流出は環境問題と同時に経済問題となる。

現在、広島湾には 17,000 本/台として 2 億本以上のパイプが使用されている。その一部は船の衝突により失われている。僅か流出しただけで、10 万本単位のパイプが流出することになる。

このパイプに生分解性材料を導入すれば、パイプの喪失や漂流による環境問題を低減することができる。

試作した長さ 20cm の PBS (ポリブチレンサクシネート)、PLA (ポリ乳酸 2 種) の計 3 種のパイプを用い、対照用に現用の PE 製パイプを用いて 2 通りの実験を計画した。試作品を PE 製既製品と比較すると、PLA 製試作品は大変硬く丈夫そうだが亀裂に弱い。PBS 製試作品は柔軟性があり、現時点では PE 製の既製品に最も近いとの結果が出ている。なお、20cm のパイプは広島独特のパイプである。

種ガキ採取にはパイプを長さ 1cm 程度にせん断した「まめ管」とも言われる短いパイプが使用されている。パイプ同様に再利用されているが、2017 年の ICC (国際海岸クリーンアップ) の報告書では、国内の回収ごみの中で最も個数が多かった。まめ管は流水抵抗による破断の可能性が小さいことから、パイプよりも現場に導入しやすいと考えられる。岡山ではこのパイプが使われている。

生分解性プラスチックには気づきにくい比重の問題がある。生プラはほぼ沈むので、生プラを使用すれば筏に取り付けるウキが多くなり、漁業者の負担が増える。流出した場合は PE 製パイプなら筏や作業船から回収できるが、生プラは海底ごみとなり回収困難となる。

参考資料

東レのナイロンリサイクル～完全循環型ケミカルリサイクル～

前川 幸洋 SEN'I GAKKAISHI(繊維と

工業)

地方創生 SDGs 官民連携プラットフォーム

<https://future-city.go.jp/platform/download/data/case2020/079.pdf>

生分解性プラスチックを用いたカキ養殖用パイプへの取り組み

https://www.spf.org/opri/newsletter/447_2.html?latest=1

第7章 丸三化学工業株式会社（PPバンド）

1. 訪問の目的

「海洋プラスチック」という言葉を耳にされたことがあると思う。「海洋プラスチック」は、川や海岸で捨てられたり、海に流れ込んだりしたプラスチックのことである。腐らず、分解もしないので海を漂ったり、海底に沈み込んだりする、一部は海岸に押し寄せて美しい海岸が、一面のプラスチックの廃棄物の野原となってしまう。

2019年6月に開催されたG20大阪サミットにおいて共有された、海洋プラスチックごみによる新たな汚染を2050年までにゼロにすることを旨とする「大阪ブルーオーシャンビジョン」の実現に向け、安倍総理大臣は同サミットにおいて、日本は途上国の廃棄物管理に関する能力構築及びインフラ整備等を支援していく旨を表明した。また、安倍昭恵総理大臣夫人は、G20大阪サミット配偶者プログラムを主催され、19人の首脳配偶者が参加した。安倍総理夫人は、大阪府庁舎に首脳配偶者を出迎えた後、大阪府議会議場において「海は輝くいのちの源」をテーマにシンポジウムを主催した。同シンポジウムでは、専門家だけでなく、大阪湾で活動する小学生から大学生の7団体が活動内容を発表し、海の大切さについて意見交換が行われた。

気仙沼市は、2019年9月に「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」を公表し、同時に「気仙沼市海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」を宣言した。気仙沼市は、正面からこの問題に向き合っている。

一方、岡山県倉敷市において事業を営む、丸三化学工業株式会社は、地方の中小企業であるが、「企業は、社会の一員」であると認識し、プラスチックごみの問題に真摯に取り組んでいる。新型コロナウイルス禍によって石化由来品の価格が大きく低下し、再生プラスチックから石化由来品にシフトする事業所が増加する中、自社の方針を頑なに守り、国内での循環の流れを作り、リサイクル比率を向上し、小さいながらも私たちにできる環境共存時代を目指している。全社一丸となって世界的な環境目標に努力する企業のパワーに触れたいという思いから、調査研究対象に選び訪問した。



2. 会社概要

社名	丸三化学工業株式会社
所在地	岡山県倉敷市中島 1172-3
代表者	代表取締役社長 岡 隆平
設立	1950年1月21日
資本金	1,000万円
主要製品	PPバンド PP、PEモノフィラメント
従業員数	20名
関連企業	丸三包材有限会社：包装資材、放送機器の販売
企業理念	

存在意義：丸三化学工業は、私たちが仕事を通じて社会の役に立ち、幸せを実現するための生活舞台です。

事業姿勢：私たちは、誠実を売り、信頼を得、幸福を生産するために挑戦し続けます。

行動姿勢：私たちは、たのしく生きる勇気を持って、考え、決断し、行動します。

沿革

1950年	丸三商会設立 畳卸問屋を始める
1959年	PE糸の製造開始
1960年	丸三化学工業株式会社に社名変更
1962年	手芸糸『アンデル』を開発
1964年	現住所に工場を建設し移転
1965年	PPバンドを開発
1970年	自動梱包機用PPバンドを『ショウバンド』を昭和電工株式会社が販売 畳縁用発泡糸開発
1983年	丸三包材有限会社設立
1993年	岡 雅博が代表取締役就任
2001年	リサイクルPPバンドを開発
2003年	糸の整経販売を開始
2004年	切れやすい糸『マミロンコード』を開発
2016年	圧縮梱包向けPPバンドを発売
2018年	岡 隆平が代表取締役就任

製品

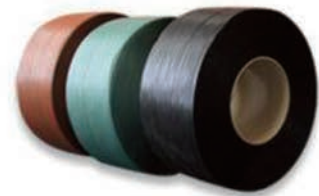
自動梱包器用PPバンド

エムバンド
M-Band



幅 9mm 厚み 0.57 破断強度 850 以上 破断伸度 20 以下 から
幅 19mm 厚み 0.63 破断強度 1550 以上 破断伸度 20 以下まで
色は、青、白、黄色、透明、緑、赤、ベージュの 7 色あり、12mm 幅がフルカラーである。

エムバンド・エコ
M-Band eco



幅 11mm 厚み 0.55 破断強度 1000 以上 破断伸度 25 以下から
幅 15mm 厚み 0.57 破断強度 1100 以上 破断伸度 25 以下まで
色は、緑、茶、黒の 3 色を揃えている。

手締め用バンド

幅 15mm 厚み 0.57 破断強度 1000 以上 破断伸度 20 以下から
幅 19mm 厚み 0.63 破断強度 1550 以上 破断伸度 20 以下まで
色は、青、黄、茶の 3 色があります。

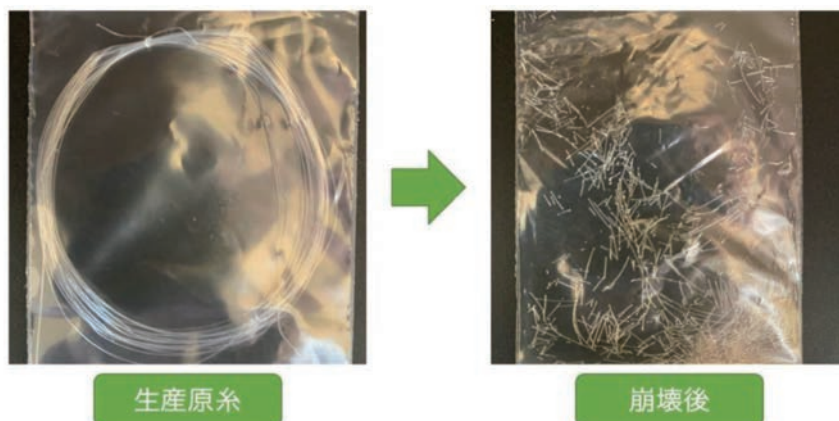
モノフィラメント

PEモノフィラメント：100 d～1000 d
PE2連糸：180 d～400 d、
PE3連糸：300 d～400 d
PP発泡糸：200 d～800 d、
PP発泡扁平糸：200 d～250 d
、PP中空糸：280 d～480 d



生分解性モノフィラメント糸

生分解性モノフィラメント糸は、光、熱、空気、微生物の力で自然に戻る。丸三化学工業（株）の製品は、製品寿命（分解期間）がコントロールでき、一般品と同様に使えます。生分解性モノフィラメント糸の最大の特徴は、安心・安全である。RoHs（特定有害物質の使用制限についてのEUによる指令）の基準をパスしている。



3. 紐で括る、結ぶ、縛るからバンドで締め付けて縛るへ

例えば、ある物を二人で引っ張りたいために紐で括るとき、古新聞を重ねて束ねるとき、あるいは、子供に何かを送るときに箱に詰めて蓋を閉めるときときに、紐を使う。紐は、最小単位である繊維を撚って糸を作り、さらに織ったり編んだりして作る。ご高齢の方は、藁で作った荒縄を使った記憶があると思う。荒縄は、1602年頃の室町殿日記に登場する。ざーと下って現代では、木綿、麻や羊毛、お金持ちは絹で作られた紐を使用することもある。これらは、自然の中にあるもので天然繊維と呼ばれる。

近代は人工的に作られた物質が使われ、合成繊維と呼ばれる。その大半は、石化由来品である。材質は、汎用的なポリプロピレン（PP）、強度の必要な紐は、ポリエステルやナイロンがある。ホームセンターに行くとPPロープやPPテープが棚に並んでいる。これらは、括る、結ぶことで作業の目的が完成する。段ボール箱に蓋をするためには、幅50mm程度のPPテープに粘着剤を塗布して段ボール箱等にしっかりと蓋をするものもある。



左写真：店頭に並ぶ
PP製紐、ロープ
次写真：店頭のPP製
フィルム粘着テープ



ポリプロピレン（PP）製の紐は、結束用として最も汎用的に使われている。溶融した PP をノズルから吹き出して引っ張ることで強度を確保し、テープ状のまま使用するもの、玉巻形状に巻き上げたものやロープ形状にしたものがある。上の写真にある OPP とは、正式名称「オリエンテッドポリプロピレン Oriented Polypropylene（二軸延伸ポリプロピレン）」を略して OPP と呼ばれている。

紐で結ぶ作業は、紐さえあれば何処でもできますが、例えば、数箱の段ボール箱を資源ごみとして集積場に持ち込む場合、解体した段ボールを重ねてから紐を十字に架けて、紐の両端を結ぶ。この時、しっかりと押さえつけたつもりでも、ぐすぐすになってしまう経験をされた方は多いと思う。段ボールの大きさが違えばさらにひどくなる。また、結び方は本結び、男結び、つなぎ結び等多種多様である。これが案外難しいものである。

PP バンドは、幅が約 10mm から 20mm で表面に網目状の模様が付いて緩みにくしたテープ状のモノである。手締めでもバックル機能のあるストッパーによって、人力でも梱包物をかなりの力で締め付けるので緩むことがほとんどない。PP バンドストッパーは、プラスチック製と金属製がある。作業効率を上げるために、締め工具、引き締め機、帯鉄用結束機等多くの工具がある。さらに、PP の特性を利用して溶着でバンドの両端を固定する半自動梱包機、自動梱包機がある。手締めは当然であるが、半自動梱包機、自動梱包機も締め付け力を調製できるので、化粧箱の様に軽く柔らかいものから鉄パイプの様に重く硬いものまで結束することができる。

PP バンドを使用するに当たって、PP バンドは薄くて軽いので強度が心配である。ここでは、丸三化学工業株式会社の製品を使って強度を測定してみる。丸三化学工業(株)品で最も厚めの MA15.5 と、標準的な MA15-145 の引っ張り強度を比較する。

MA15.5…約 1650N MA15-145…約 1600N という値が出た。

N(ニュートン)は力の単位である。数字が大きいほど強いバンドである。1600N は約 170Kg であるから相撲取りがぶら下がることができるかできないかというところでしょうか。しか

も厚みの影響がほとんどありません。では、何故厚みに違いがあるかというと、梱包機によって使い分けをするからである。一般的に、古い機械やアーチの大きな機械は、厚いバンドが適し、新しい機械やアーチの小さな機械は薄いバンドがお薦めである。

ところで、紐での場合は、モノを括るときに両端を結ぶ。しかし、PP バンドは簡単には結べない。どうしたらよいのでしょうか。バンドの両端が引っ付いているものやプラスチック、金具で止めているものを何気なくであるが、皆さんは日常生活のなかで何度も見ている。



左から、梱包気による溶着
プラスチックストッパー
金具によるシール



プラスチックストッパーの
使い方



半自動梱包機



自動梱包機

梱包機による溶着とは、梱包機（PP バンドを掛けるための機械）でバンドを掛けた後、ヒーターでバンドの表面を溶かしてくっつけるという方法である。PP の熱可塑性の特性を利用している。自動梱包機は、ボタンを押すと全自動でバンドが掛けられる、一方、半自動梱包機は作業者がバンドを梱包機に巻き付ける。

先に、PP バンドの引っ張り強度を見てみた。しかし、一般的に結束部の強度は低下する。このことは、紐を結ぶことも同じである。ここでは、左上の結束方法の違いによる強度の低下を見てみる。丸三化学工業株式会社の MA15-145 を使ったテストでは、PP バンドの直線部は、1600N であるが金具シール部分は 950N に低下した。これは、30Kg 程度力で抜け

てしまう。次につなぎ方による違いを見てみる。バンドの引っ張り強度が 1900N に対し、梱包機による溶着は 1400N、金具は 300N、ストッパーは 950N である。梱包機が一番良いのであるが、梱包機が無い場合どうしたら良いのでしょうか。



梱包機がない場合は、ハンディ梱包機を使いましょう
これは、ヒーターではなくてバンドとバンドをこすり合わせて摩擦熱でくっつけるものである。

最後に PP バンドの選び方・使い方をまとめてみた。

- ・ PP バンドは、薄いスペックのものでも極端な強度低下は見られない。
- ・ PP バンドは、強度で選ぶのではなく、梱包機に合わせて選ぶのが正解。
- ・ リサイクルバンドも十分強度があり、バージンバンドと同じように使える。
- ・ 使い方は、梱包機による溶着が一番である。
- ・ 金具シールで留める方法は、バンドが抜けやすく、あまりお薦めできない。
- ・ ストッパーで留める方法は、慣れないと手間がかかる。また、リサイクル・廃棄物の観点

から梱包機がおすすめである。

- ・ 梱包機が無い場合は、ハンディ梱包機を検討したい。

これらの様子は丸三化学工業株式会社の「PP バンドはどうやって選べばいいの」に動画が用意されている。是非ご覧ください。

4. ポリプロピレン (PP)、ポリエチレン (PE) について

ポリプロピレン (PP) の概要については、第 5 章シバセ工業株式会社 (ストロー) をご参照下さい。ここでは、主として生産量や PP と PE の用途について触れてみる。プラスチックは、大きく熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂に分かれる。熱可塑性樹脂は、加熱によって軟化し熔融状態になる。冷えてくると固体になり、これは繰り返すことができる。さらに、電気製品や自動車部品等高い機械的物性や耐熱性等が要求されるエンジニアリングプラスチックと我々の身近な処で使われる汎用プラスチックに分類される。丸三化学工業(株)が使用する PP と PE は、この汎用プラスチックに属する。日本の 2019 年におけるプラスチックの生産量は、1,050 万トン、その内 243.6 万トン (23.2%) が PP、PE は、244.7 万トン (23.3%) でどちらも最も多く使われている。

PP は、生産工程がシンプルで、生産時のエネルギー消費量 (CO2 排出量) が比較的安く生

産でる。成形加工も容易で、加工段階のエネルギー消費量も低く、ライフサイクルを通じて環境に優しい材料である。一方、PP を燃焼したときの発熱量は、石油と同様に高く良質なエネルギー源である。PP は、分別回収をすれば、再加工が容易で、日用雑貨、園芸用品、自動車、家電製品とリサイクルの取り組みが行われている。つまり、PP は材料として利用した後は、サーマルリサイクル、マテリアルリサイクルができる環境に優しい材料である。

PP の用途

- ・食器、食品容器：タッパー、トレイ、カップ、PET ボトルのキャップ、お菓子の袋等
- ・電気・電子部品：洗濯機、冷蔵庫、食器洗浄機、換気扇、電子レンジ、エアコン、DVD ケース、電子回路に欠かせないコンデンサーの誘電体等
- ・自動車部品：バンパー、インパネ、ファン、バッテリーケース、ヒーター等
- ・医療：痛い注射器、輸液バッグ、医療用繊維等
- ・家庭用品：衣装ケース、台所・バス・トイレ用品、文具、玩具等、
- ・繊維：布団綿、カーペット、ロープ、バンド
- ・その他工業材料、建材、等幅広く使用されています。



お皿



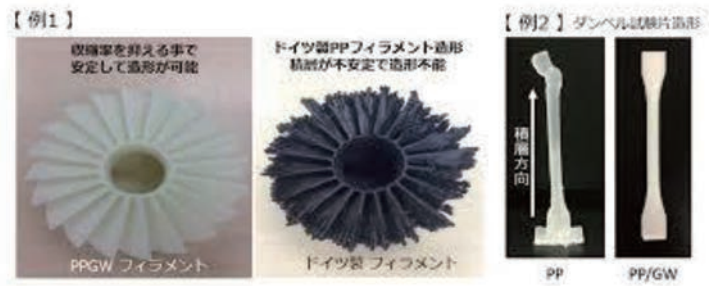
コップ



文具



フィルムコンデンサー



自動車バンパー



DVD ケース



注射器シュリンジ



食品ケース



PP 製ロープ



ゴザの縁

5. 容器包装リサイクル法と PP バンド、PE・PP モノフィラメント

第5章シバセ工業株式会社（ストロー）と同様に、PP バンド、PE・PP モノフィラメントは直接容器包装リサイクル法の適用外である。家庭用に販売する上記商品の容器包装は法の対象となる。リサイクル PP バンドは主に事業用に販売されている。

6. 丸三化学工業(株)の取組とSDGsへの想い

(1) 丸三化学工業(株)のPPバンドの取組

丸三化学工業(株)は、2000年初頭に環境問題を意識して、日本初のリサイクルバンドを販売した。問題点は、多少あったが、環境問題、リサイクルの価値を感じていただけるお客様に支持を受け、「ものづくり」を続けることができています。

PPバンドは、一般的には廃棄物としての分別収集が難しくマテリアルリサイクルは困難な製品である。特に大手企業は、無人工場における多量生産であり、海外生産品が50%あります。多量生産多量販売のビジネスモデルで、ユーザーが多岐にわたりリサイクル品は省人化が難しく生産が困難なこと(リサイクル品は材料品質のバラツキが大きく、人が判断して生産機械を調整する必要がある)を考慮するとマテリアルリサイクルは不可能と考えられる。丸三化学工業(株)は、印刷会社、新聞社等PPバンドを使い、外す工程がある業者がお客様である。つまり、使用と廃棄が一体的になっている。使用と廃棄が一体的ということは、使用済みPPバンドのみを集められ、廃棄物に不純物が混ざることの防ぎやすいということである。丸三化学工業(株)のM-Band ecoは、リサイクル100%品である。

現在のM-Band ecoの丸三化学工業(株)内シェアは50%であるが、2030年には75%にシェアアップを目標にしている。カラーは製品初回で述べたが、青、白、黄色、透明、緑、赤、ベージュの7色がバージンペレットによるM-Bandに使われている。M-Band ecoの場合は、リサイクルペレットであるため、緑色⇒茶色⇒黒色と段々濃い色になっていく。

商品を梱包している段ボール箱の角が潰れていることが時折見られる。段ボール箱にPPバンドを掛けるときの優劣は、梱包機に依存する。適度なテンションを掛けられるかに依存する。一般的に、古い梱包機は重量のあるバンドが適しているが、最近の梱包機は重量を問わない。これはPPバンドが軽量化できることを意味し、PPの使用量が削減できる。すなわち、石化由来品が原料であるPPの使用量を削減でき、環境に優しく対応できることになる。

リサイクルバンドという品質が低いのではと思われるのが普通であるが、バージンバンドが1600Nの製品と同じサイズのリサイクルバンドは1550Nと遜色ない。地球環境を守りたい。そのためには微力ではあってもリサイクル比率を高めたい。私たちは、そう考えている。リサイクルバンドの製造は、原料調達や製造工程が煩雑になる。それでもリサイクルバンドの製造にこだわるのは、プラスチックを扱う会社として、リサイクルバンドを作ることが私たちの生活の持続可能な発展のために必要だと信じているためである。プラスチックは、安価で加工性が良く繰り返し使うことができる。プラスチックの優れた特性を活かして私たちの活動を展開していきたいと思っている。

(2) SDGs(持続可能な開発目標)に取り組む思い

丸三化学工業(株)の目標は「心豊かに暮らせる社会」である。本業を通じて地域を、ひいては世界を持続可能なものにするために貢献したいと考えている。企業は、社会と地球資源

に支えられて活動を行っている。丸三化学工業(株)の事業が持続的に発展するためには、お取引先様・従業員・地域社会・国際社会が持続的な軌道に乗ることが何よりも重要な目標となる。丸三化学工業(株)は、SDGs（持続可能な開発目標）の17の目標・169のターゲットの内、6個の目標・7個のターゲットを目標としている。

4 質の高い教育を
みんなに



すべての人々に包摂的かつ公平で質の高い教育を提供し、生涯学習の機会を促進する

2030年までに、技術的・職業的スキルなど、雇用、働きがいのある人間らしい仕事及び起業に必要な技能を備えた若者と成人の割合を大幅に増加させる。

8 働きがいも
経済成長も



すべての人のための持続的、包摂的かつ持続可能な経済成長、生産的な完全雇用およびディーセント・ワーク（働きがいのある人間らしい仕事）を推進する

2030年までに、若者や障害者を含む全ての男性及び女性の、完全かつ生産的な雇用及び働きがいのある人間らしい仕事、並びに同一労働同一賃金を達成する。

11 住み続けられる
まちづくりを



都市と人間の居住地を包摂的、安全、強靱かつ持続可能にする

2030年までに、大気、水、土壌、海洋の質及び一般並びにその他の廃棄物の管理に特別な注意を払うことによるものを含め、都市の一人当たりの環境上の悪影響を軽減する。

12 つくる責任
つかう責任



持続可能な消費と生産のパターンを確保する

- 2020年までに、合意された国際的な枠組みに従い、製品ライフサイクルを通じ、環境上適正な化学物質や全ての廃棄物の管理を実現し、人の健康や環境への悪影響を最小化するため、化学物質や廃棄物の大気、水、土壌への放出を大幅に削減する。
- 2030年までに、廃棄物の発生防止、削減、再生利用及び再利用により、廃棄物の発生を大幅に削減する。



海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用する

2025年までに、海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する。



持続可能な開発に向けて実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する

さまざまなパートナーシップの経験や資源戦略を基にした、効果的な公的、官民、市民社会のパートナーシップを奨励・推進する。

7. 最後に環境保全に向けた当社の優先課題と目標

【優先課題】 日本国内でのPPバンドのリサイクル比率向上

【目標】 2030年、当社製造バンドの75%をリサイクルバンドとする

参考文献

- ・丸三化学工業株式会社 HP
- ・外務省：大阪ブルーオーシャンビジョン実現のための日本のマリーニイニシアティブ
- ・日本ポリプロ株式会社：人と環境にやさしい素材ポリプロピレン
- ・i-MAKER:PPの特性と用途 家電製品から繊維まで
- ・Wikipedia：紐

第8章 総括

1. 日本のプラスチックごみ問題の取り上げ方

ここでは日本のプラスチックごみ問題自体を書くのではなく、プラスチック問題の取り上げ方について書いてみようと思う。プラスチックごみ問題が注目されたのは、2018年に中国がプラスチックごみの輸入禁止措置によってプラスチックごみが溢れたことが契機となっている。

日本には海外で行っているプラスチックごみに関する政策を直輸入する傾向があると見受けられる。プラスチックごみ問題で注目を集めた政策は、レジ袋の有料化やストローの廃止はライフスタイルの変更が目的であった。

日本は海外の国で行った政策で、成功例については直輸入に依存する傾向がある。例えば、フランスで少子化が成功していると、そのまま政策を直輸入しようとする傾向がある。少子化の場合、努力の甲斐なく、未だに少子化の流れは止まっていない。

団塊の世代は、第二次世界大戦直後の1947年（昭和22年）～1949年（昭和24年）に生まれた世代である。この3年間の出生者数は平均で約287万人であった。2020年での年齢は71～74歳となっている。

団塊世代の子どもの世代は団塊ジュニア世代と呼ばれている。団塊ジュニア世代は1971年（昭和46年）から1974年（昭和49年）に生まれた世代を指す。最多は1973年（昭和48年）出生の209万人である。2020年で46～48歳となっている。この後の世代は少子化の影響で一本調子で出生者数は減っている。2020年は約87万人となっている。

この団塊ジュニア世代は2042年には70歳になって、労働人口は一本調子に減ってくる。このような状況下で、2050年にカーボンニュートラルの目標達成を行なくてはならない。少子化で成功していないこともあり、日本は地球温暖化対策に関しても懐疑的と言われている。

スウェーデンの環境活動家であるグreta・トゥーンベリ氏は、主に地球温暖化の弊害を訴えている。特に欧州では若い層の人の環境意識が強いが、日本では若い人達の環境問題意識が高くないように見受けられる。欧州にも少子化の影響は見受けられるが、日本のような急激な人口減少は予測されていない。例えば、年金問題においても大幅な受給金額の減額が予想されている。このように日本では若者の間に無力感が醸成しているように感じる。

また、プラスチックごみ問題においても欧米の対策を直輸入し、なぜレジ袋なのか、なぜストローが問題なのか明瞭になっていない。洋風化したライフスタイルの中でプラスチックごみ問題に対して限定されている。日本独自のライフスタイルの中でプラスチックごみの問題をあまり見ていないと見受けられる。

例えば、総菜の寿司に入っている緑のバランはプラスチック製である。もともとは植物の葉蘭（ハラン）を切って、自然環境にやさしいものであった。日本で1回使用のプラスチックの廃止を主張するならば、日本固有のプラスチックごみの廃止を主張しても良いと考え

られる。

弁当の中に入っているプラスチックの梅の枝、おかずを小分けにするプラスチックのおかずパックなども廃止の対象になってもいい。おかずパックではアルミ製や紙製のものもあり、プラスチック製の廃止は良いとお漏れるが主張する人はいない。

今回訪問したシバセ工業(株)ストローについては、業務用ストローを中心に販売している。ストローはプラスチックでできているが、容器包装リサイクル法の対象外である。ストローそのものは容器でも包装でもなく、商品として扱われている。

飲食店の食べ残し等は事業系一般廃棄物として市町村が有償で処理している。ストローは産業廃棄物のプラスチックごみとして処分する建前になっている。ほとんどの市町村では事業系一般廃棄物として容器包装リサイクル法のプラごみを収集も処分もしていない。法律では、ストローやPPバンドは包装容器には認められていない。

一般廃棄物は市町村の許可、産業廃棄物は都道府県と政令市の許可となっている。多くの業者は一般廃棄物許可と廃棄物許可を持っているが、一般廃棄物と産業廃棄物を同時に引き取ることは許可されていないようである。そのため、多くの飲食店では事業系一般廃棄物の中にストロー等を入れて処分していると推測される。

レジ袋については1回使用と複数使用の両方の使用方法を考えて複雑な内容となっている。ストローの場合もテイクアウト等で使用される場合ポイ捨ての可能性が高く生分解性プラスチックを、食品残渣と一緒にメタンガス発酵や堆肥化を行う場合も生分解性プラスチックを、プラとして回収しガス化等を行う場合はバイオマスプラスチックを使う工夫が必要である。

プラスチックは使用後の処理（リサイクル、ガス化、サーマルリサイクル等）を考えた上で一体的にプラスチック素材を考える必要がある。

2. カーボンニュートラルの影響

2020年10月に2050年のカーボンニュートラルの目標を宣言した。特に、2030年までのCO₂の削減が重視されている。カーボンニュートラルの目標は次の3点の側面を持っている。

- ① 地球温暖化問題の解決策
- ② 産業構造の変革
- ③ 産業競争力の強化

カーボンニュートラルの課題はプラスチックごみの対策だけでなく、プラスチックのライフサイクルにわたって、使用される炭素のリサイクルについて考えなくてはならなくなった。単純に生分解性プラスチックだから堆肥にしてCO₂を大気に放出して良いことにはならない。生分解性プラスチックでもリサイクルできるものはリサイクルしてプラスチックに使われた炭素を固定する、生産に必要なエネルギー消費量を下げる必要がある。

同様に生物由来のバイオマスプラスチックの炭素は、大気中の炭素を固定したものであ

るからという理由により従来どおり焼却して良い訳ではない。バイオマスプラスチックも生分解性プラスチック同様にリサイクルする必要がある。

今回訪問した(株)リプロの測量杭は長期間炭素を固定する。丸三化学工業(株)の PP バンドは、PP バンドの一部の製品をリサイクル品として新規に投入される資源を節約する。現在、リサイクルが適正に機能している分野では、環境にやさしいという理由のみでプラスチックの種類を増やし、既存のリサイクルの仕組みを壊さない必要がある。

今までの石油由来のプラスチックを安価で便利なものとして大量生産・大量消費・大量廃棄を行ってきた。これをカーボンニュートラル若しくはカーボンリサイクルに移行する過渡期の状態にある。この過渡期を効率よく対応することが重要である。

まず、2050 年のカーボンニュートラルの時点でのプラスチック産業のあるべき姿を明確にすることで、技術課題等を明確にすることである。2020 年 10 月にカーボンニュートラル宣言を行って、一般的には政策に反映するまでに 1 年程度掛かると言われている。CO2 排出量は電力発電のエネルギー部門や運輸部門の割合が高いが、水素化や電動化で道筋が整っている。残りはコストの問題である。問題は非常用電源や電化されていない鉄道、小型の内航船、飛行機等の細部に課題がある。

同様にプラスチック（石油化学）にも多くの課題がある。

- ① 原材料を石油から生物由来のバイオマスプラスチックに変える課題
- ② 多くのリサイクルを可能にするケミカルリサイクルの課題
- ③ リサイクルできないアクリル繊維、熱硬化性樹脂等のガス化、メタン発生の課題

今の日本は変化を求める一方で、変化を恐れる気持ちもあり、「変わりたい」「変わりがたくない」という両極端の感情の間で揺れ動く「ニュートラルゾーン」の時期である。この「ニュートラルゾーン」を早期に終息させる必要がある。

カーボンニュートラル宣言で「変わりたい」「変わりがたくない」という気持ちが少し減って、長期的な計画を立てやすくなったように見受けられる。

長期目標の成功例として 1990 年代初めに導入された衝突安全ボディの導入で交通事故者数の半減がある。導入当初はこの計画に懐疑的な人が多かったが、1990 年代初めには 1 万人を超えていた死者数が 2009 年には 5 千人を下回った。

プラスチック産業に回収とリサイクルを一体化する方針が必要となる。カーボンニュートラルに向けての課題は大企業向けの規模が必要な課題が多い。2050 年には安価な石油由来のプラスチックがなくなり、バイオマスプラスチックがほぼ 100%となる。これに伴ってプラスチック価格も上昇する。中小企業にはこの影響が多いと考えられる。過渡期の状況に一喜一憂するのではなく、最終のゴールを見据えながら行動してもらいたい。

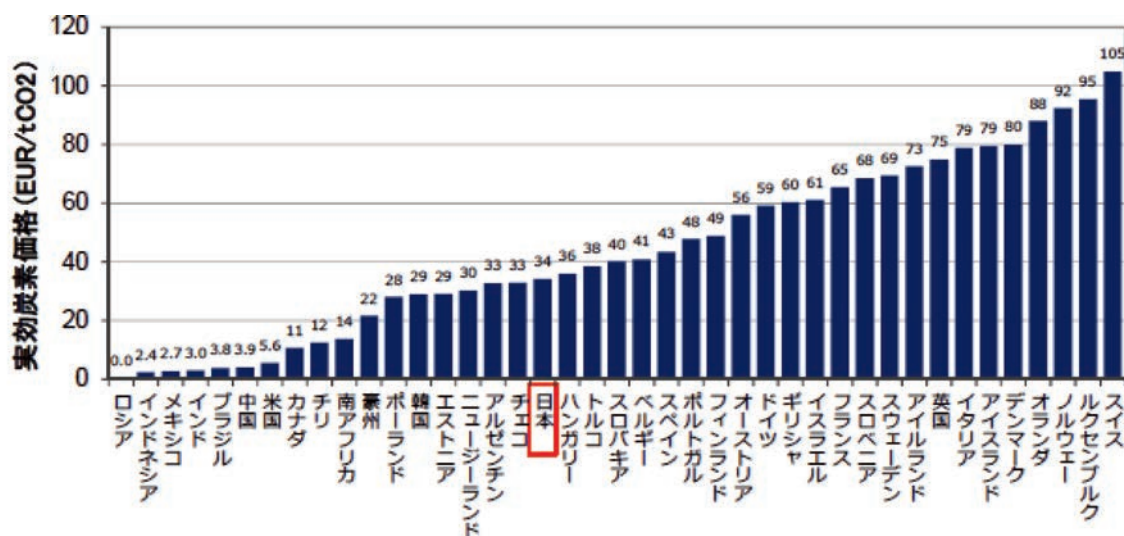
3. 国境炭素調整

カーボンニュートラルに向けて石油由来の炭素の回収・貯蔵が含まれているように見受けられる。しかし、石油由来の炭素を温室野菜の栽培に使えば野菜が炭素を吸収してくれる。

この場合でも、トマト等では食用以外の部分が堆肥等になり大気に放出される。

日本でのカーボンプライシングは、2012年から「地球温暖化対策のための税」という炭素税が導入されている。税額は、CO2排出1トン当たり289円である。カーボンプライシングとは、炭素税や排出量取引などにより炭素に価格を付けることである。気候変動の原因となるCO2による社会的外部費用（気候変動によるさまざまな被害など）を内部化するために、排出される炭素の量に応じて何らかの形で課金をすることである。

図表8-1 主要国の実効炭素価格



出所:DOWA エコシステム(株)

横山製網(株)は漁網（刺し網）を輸出している。シバセ工業(株)は輸入品がある。丸三化学工業(株)ではリサイクル品の競合品に輸入品がある。現在のカーボンプライシングは各国の制度であるが、国境炭素調整は製品の輸出入に影響を与える。中小企業でも国境炭素調整には関心を持って注視すべきである。トマトの例のように石油由来のCO2排出をどのように見るかも重要になる。

参考文献

- ・カーボンプライシングについて（排出量取引制度）（環境省）
https://www.env.go.jp/council/06earth/cp07_mat01.pdf
- ・カーボンプライシングの現状と展望 その1～カーボンプライシングとは～
 (DOWA エコシステム(株))
<http://www.dowa-ecoj.jp/naruhodo/2019/20191102.html>

おわりに

この調査・研究事業をしている途中で、2050年にカーボンニュートラルにする宣言があった。このことによって、プラスチックごみの問題に対して制約条件になるとともに、中間目標としてスケジュールが明確になった。

カーボンニュートラルによって石油由来のプラスチックがなくなる。石油化学コンビナートもなくなり、エチレンプラントもなくなる。火力発電所の燃料は石油から天然ガスに転換し、今後は水素に転換することになる。政府は2030年代半ばに新車販売を電動車にする方針を発表した。乗用車は電気自動車に、大型トラックは燃料電池車になり、住宅は電化住宅に転換する流れにある。

今まで安価に使用してきた石油の使用ができなくなり、プラスチックはほぼ全てバイオマスプラスチックになり、価格も上昇するであろう。今まで安価な石油由来のプラスチックによって、再生プラスチックの普及も限られたものになっていた。

2050年のカーボンニュートラルの目標は決まっている。しかし、2050年の電力構成すら決まっていないが、曖昧であっても長期の目標を持つことは重要である。第二次世界大戦後、敗戦の中から安価な石油にエネルギー転換し、高度経済成長を成し遂げた。第一次、第二次オイルショックの時は省エネ技術で1980年代の繁栄につながった。

2050年のカーボンニュートラルの目標は再び日本を繁栄に導く可能性を秘めている。新型コロナウイルス感染症の影響で仕事のやり方も大きく変わる転換点に差し掛かっている。今は過渡期の状態にあり、この過渡期の状態にどう対処するか将来は掛かっている。この調査研究事業がそのための一助になればと思っている。

最後に調査・研究に応じて頂いた(株)リプロ、シバセ工業(株)、横山製網(株)、丸三化学工業(株)に感謝申し上げます。

【研究会メンバー】

(一般社団法人) 岡山県中小企業診断士会 循環ビジネス研究会

中小企業診断士 荒木 廣行
(社会保険労務士)

中小企業診断士 岡田 貞夫
(技術士(機械)、環境カウンセラー、公害防止管理者(水質、騒音))

中小企業診断士 亀山 友一郎

中小企業診断士 黒江 正行

中小企業診断士 黒田 俊彦

中小企業診断士 藤原 康正
(不動産鑑定士、宅地建物取引士、公認不動産コンサルティングマスター)

中小企業診断士 藤原 敬明