

プラスチックリサイクル化学の理解を深めるための有機化学講座 III

ーリサイクル化学技術を社会で正しくつかうー

奥 彬

第3章 プラスチックとリサイクル社会の未来

プラスチック材料と人間社会

- 3.1 緒言. いまを人類の再生期と呼ぶために
- 3.2 量の拡大から削減へ・Up-Spiral Life のすすめ
- 3.3 材料開発からリサイクルソフトの開発へ変身
- 3.4 リサイクルで浪費を斬捨し健全な社会をめざす
- 3.5 幾世代にわたり資源環境コストを共有する

技術論 III

- 3.6 新規の樹脂開発が負う社会的責任
- 3.7 繰り返し循環利用したあと最終利用へ
- 3.8 新リサイクル技術と持続可能な循環型材料
- 3.9 “まだある” ≡ “もうない” へ技術的発想を転換

終章

プラスチック材料と人間社会

3.1 緒言. いまを人類の再生期と呼ぶために

長野県安曇野の地下には北アルプスの雪解け水が豊かに貯まっていて人々はその湧水を揚水利用していましたが、生活生産活動が活発になり水不足を心配しはじめました。これまでも平等に共有してきた水の恵みを、今後は有限の水資源として守り、その費用を利用者負担とすることを決めたのです。10年以上も前のことですが有限でも再生資源の水のことですからまだ希望があります。

国と社会組織と国民の関係も考え直すべきときです。張り巡らされた組織とその活動は人々のために存在するとむかし教えられましたが、いまは逆に国のために組織があり、組織のために人がある位置づけが顕著です。いつのまにか社会活動の価値基準が人から組織へと変わり、利益の還元先も組織へと変わり、生産消費活動では組織の利益が優先されています。人のいのちのもとが自然環境よりも国家や産業にあると錯覚するようになっていませんか。人々は組織を基準とした価値観に巻き込まれ飼いならされて、物質とエネルギー消費型の生

活活動を膨らませ組織が描いた設計図をなぞっていませんか。

ローマ報告[1]が警鐘を鳴らした 45 年前以降、個人と集団からどれだけ多くの警報が発せられてきたことか。その甲斐あってようやく、有限の地球を世代間、地域間で共有する SDGs (前号 2.2 節) など世界規模の取り組みが始まりましたが、及び腰では相手が大きすぎます。

メドウズ博士のメッセージに思う

人類がとどまることを知らず経済的発展を追い求めて抜け出そうとしない姿に警告を発したローマ報告書「成長の限界」、その初版 (1972 年) から第 3 版「人類の選択」(2004 年)[1]までの主宰者デニス・メドウズ博士は、2009 年の日本国際賞受賞の挨拶で次のように語っています[2]。

「私は自然科学者を羨ましく思うことがあります。それは、彼らが自分のペースで自然について学ぶことができるからです。彼らは時代より先に進んだ研究をしていますが、社会がいずれ彼らの発見を理解し、彼らの仕事から利益を得ることを知っています。ところが私の分野では根本的に事情が異なります。私は時代を超えて先には進めません。理論だけの持続可能な開発のための科学は意味がないのです。私が学んできたこと、私が行ってきたことが広く社会に受け入れられて使われなければ何の価値もありません。

人類の生存について理論モデルを開発してもそれは私に何の満足も与えません。持続可能な開発には人々の新たな理解と行動の変化が必要です。そのために私は活動の多くを情報発信と教育に捧げてきました。それによって人々が様々な原因と、もたらされる限界とを理解し、現在の行動を変えていくことをお手伝いしたいのです。」

この言葉には、理念を空論で終わらせないで現実の社会に生かしたいというメドウズ博士の意志が謙虚に表されています。筆者もまた、理想と現実が摩擦と衝突を繰り返しながら社会を作り、理想が欲望の流れを制御できない現状を痛感しながら自省しています。たとえば、

1. 自然科学の研究から社会が得る利益の多くは自由主義経済の手中に取り込まれ、持続可能な社会と矛盾する要素を多々含みながら短期的利益しか追わない経済論に支配されている。
2. 社会を相手にする行動は時代の壁を越えては進めないとメドウズ博士は言うが、理論と理想は時代を越えて行動に根拠と情熱を与えるものであり、それを欠くと浅慮短望に陥りやすい。

私たちの周りは時計の針を止めた人々で溢れており、長い視点で次世代責任を自覚する人は限られています。とはいっても、おそらく意識的に、私たちはすでに物質的富裕から距離を置く時代に入ったと言い始めてはいるものの、便益偏重のパラダイムを膨張させているのです。エネルギー消費量、人と物の移動量と速さ、生理的限界を越えた労働効率の追求など、次元の異なる“大きな量”を求める経済が活発に動き始めています。その中にはローカル性を犠牲にしたグローバル化への加速があり、放置すると先号で述べた SDGs、すなわち“地球の有限量を次世代へ公平に継承する長期プロジェクト”はゴールが遠くなるのではないかと心配です。この心配を軽減するためには叡智の言葉を聞くだけでなく人々の生活スタイルすべてを環境と資源の厳しい現実には曝さなければなりません。

「成長の限界」初版は4つの環境要素である大気・水・土壌・生命体の有限性を説きましたが、それから半世紀近くたち、いまは5番目に“人間の生きることの責任”を加える時代になったと筆者は確信します。そこでは“人の命は地球よりも重い”と説く世界よりも“路傍の石にもいのちが宿り衆生すべからく無常”と説く教えのほうが大切であり、そこから学ぶ“めぐる命の継承と欲望のいさめ”は万人へ問いかける四文字“吾唯足知”（図 3.1）[3]に姿を変えて、日常のなかに生かしてゆかなければなりません。

“吾唯足知”

満足に至らずとも幸せを手にする心は持てる。
 儉約とリサイクルは資源と環境の生産と同じ。



図 3.1 人間の生きることの責任 “吾唯足知”

3.2 量の拡大から削減へ・Up-Spiral Life のすすめ

経済学の方程式は、私達に暮しをもっと豊かにできると期待を抱かせ、政治と経済は近視的な豊かさを煽りながら次世代へのツケ回しがいつもそこについてまわることを語りません。経済景気と人間の欲望には方程式も限界もないのが特徴ですから、人々は次世代への責任を忘れて私利私欲へと駆り立てられるのです。それでも子孫の幸せを願う善性を私達は失っていないと信じたい。

人間はひ弱な生き物ですから都市文明を育て、そこから這い出たは資源と環境を貪るうちに自然への免疫と畏怖心を失ってしまい、限りある地球上で経済と科学技術だけに無限の期待と欲望を膨らませています。だから人類は破滅への道を急いでいると警告されるのも当然でしょう。

でも諦めずに実行可能な未来基準を作りませんか。その作業の一環として、本誌の活動目標であるプラスチックリサイクルへの提案があります。それは、化石資源とバイオマスさらに地球環境を持続可能にするために、“資源と環境の物理量を推算して許容限度量を設定し、それを人類共有財産として登録”することです。その上にこの共有財産枠を守る国際的ルールを立ち上げ、その枠内で経済と科学技術を協演・競演させるのです。それは夢のような話、と呑気に言っている時間的余裕はありません。地球気候の変動防止という単純共同作業さえ済る大国の傘下にあっても、世はすべて無常ですから諦めずに扉をこじ開ければ世界は動きます。

その開け方の一つは、先号で説明した **SDGs** 活動の力を借りて経済的豊かさに呆ける先進国のメンタリティーを強化することにあります。言い換えると、先進国の利己的価値観と犠牲忌避体質を「利他的行動」へ転換させるのです。この利他性は持続可能な社会に欠かせないものです。無償の環境対策技術の移転や人材交流に経済支援など、地球規模の目標のた

めには先進国と人々が手放さなければならないものがあり、その強い心を持たなければならないからです。その心を筆者は“**環境道**” (3.2.2 参照) と呼び、その実践には頑張りすぎずに **Up-Spiral Life** を生きる心構えが必要になります。

3.2.1 Up-Spiral Life

図 3.2 にはこれからの持続可能な社会を生きる規範概念が描かれています[3]。昔へは戻らない代わりに次世代を直視し、いまの生活スタイルを改革することで資源環境負荷をかなり軽減できることが、すなわち次世代への負債を減らせることが示されています。この改革のキーワードが **Up-Spiral Life (USL)** です。この概念は、有限性の枠内で私たちがどこまで生存できるのか、という不可避の宿命への挑戦であり、この宿命を肯定的に受け入れる唯一の道ともいえます。

人類が歩んでいる有限の次元を円柱(カラム)で表してみます。座標軸 X はエネルギー的、物質・資源的、空間的な要素とその欲望を示し、座標軸 Z は時間的、金銭的な要素とその欲望を示し、いずれも有限性に束縛されます。X と Z が拡大する先には限界値が立ちはだかり、持続可能な社会を維持するためには X と Z はこの限界値を超えることができません。

座標軸 Y は原則として束縛のない次元として開かれていて、知性と心の成熟、満足観、生活の質的成熟などを示します。したがって人間の活動を自由に展開できる道は Y に添った上方向です。その進む道は円柱の中を登る螺旋階段(スパイラル、spiral)です。カラムの水平面を構成する X と Z は有限性で束縛された平面的な次元に存在しますから、その限界内で資源と環境からの恵みを繰り返し利用しながら、膨らむ欲望を垂直軸 Y の方向へ転向させます。この高みへと導く **USL** スパイラルは無限に続きます。現世代はこの螺旋階段を登りながらこれまでの利己的価値観を 1 枚ずつ脱ぎ捨てるとき、螺旋の上に生きる次世代を視ているのです。

この **USL** カラムを横から眺めると螺旋階段は旋回しながら高く登ってゆき、X、Z の要素は呼吸するように伸縮を繰り返しても元には戻りません。いま人類はこの一周目から次の周回へ入ったところにいます。新たな周回に入るには有限性の価値観と質と量の手直し、そして新しい知力の育成が必要です。我々の生き方にはこれしかなさそうなので、すみやかに **Up-spiral Life** を始めようではありませんか。

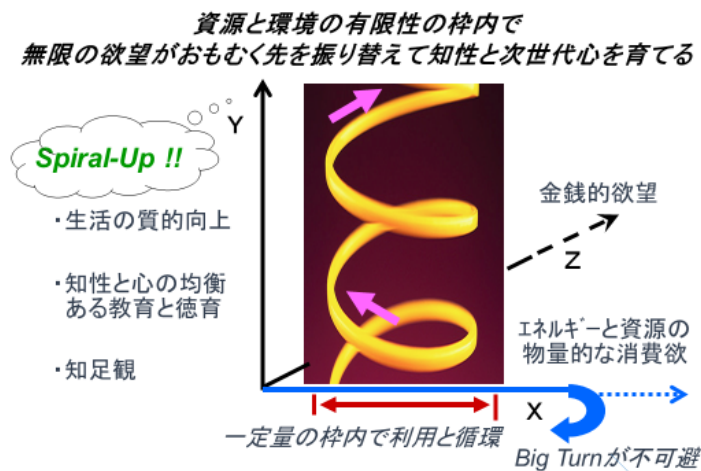


図 3.2 Up-Spiral Life とは

3.2.2 “吾唯足知”と環境道

物質的な豊かさを幸せの価値基準におき生活を築いてきたのは産業主導型の社会であり、それを経済学者が支えていました。彼らは「資源と環境は有限」という自然科学的な事実を無視してきたことを認めています。彼らには資源消費量を抑えたら、また製造量を減らしたら経済的発展を保つ自信がなかったにもかかわらず、物質的・金銭的豊かさこそ幸せの尺度であると私たちに信奉させてきました。ところが人々はその豊かさを手に入れてもさらに欲望してやみません。このように満足と幸福に到達限界を設定できない経済学は持続可能な社会すなわち次世代の敵なのです。

私達に必要なことは、物質的・金銭的な充足感のあとに幸せがやってくるなど決して思わないこと、そうさせられないことです。人はふつう満足に到達点など持ちませんから、欲望に早く見切りをつけて身近な幸せの着地点を見つけておかないと世代の交代は罪深いものになり、欲望は無限にくり返されて持続可能な社会は遠くなるだけです。この有限の地球上で到達可能な満足地点といえば「儉約と節約の心」あるいは「知足の心」とであると筆者は考えています。その道程はそれほど遠くはありません。禅宗寺院の手打鉢に彫られた四文字「吾唯足知」(図 3.1) は禅僧の修行目的の一つがそこにあることを語っており、日常生活から幸せを学ぶ環境道の生き方を示しています[3]。この思想は、まさに持続可能な社会のためのものであり、世代が進むほど錆びずに磨かれる思想であり、プラスチックリサイクルの推進力となるものです。

3.3 材料開発からリサイクルソフトの開発へ変身

3.3.1 拡大生産者責任 (EPR) と研究技術者の義務

むかし、“化学と工業”の誌上で[4]、塩ビ(PVC)をダイオキシン(DXN)の元凶と騒ぐのは冤罪であると論陣を張った企業がありました。素材の PVC にとっては冤罪だったと思いますが、その用途と後始末に責任を持たない企業は非難に値すると思います。DXN の毒性議論はさておき、一般焼却炉で焼却される PVC 等から DXN は発生しますから、その発生を抑制できる高性能焼却炉 (大型炉で一基百億円もするらしい) が全国に建設されました。ところが PVC 等生産者は、耐久材用途の廃 PVC 等を回収して再利用を進める一方で、ラップフィルム (年商 500 億円程度、約 5 万 t) は回収せずに都市ゴミと混ぜて高性能焼却炉で焼却処分しています。この高額な炉の建設運営資金は住民の地方税で賄われ生産者は負担していないことを皆さんご存知ですか。廃 PVC 等フィルムの処分法に焼却法しかなければフィルム材料を非塩素系へ替えるべきです。消費者が求めるものはフィルムの包装機能であって PVC 等である必要はないからです。それでも商品棚から塩素系ラップが姿を消さないのは嘆かわしいことです。このことについては技術論でも述べる予定です。

この EPR(extended producer's responsibility)の欠如例からプラスチックリサイクル科学の技術者が学ぶべきことは、化学リサイクルであれマテリアルリサイクルであれ、その技術が社会にもたらす利益と不利益を未来世代にわたって評価する必要があるということです。産業は利己的になりがちですから、私欲を抑え EPR を発揮できる見通しを持って技術開発の研究に取り組まなければなりません。

循環型社会形成推進基本法は EPR を規定しており、日本の産業社会には生産物の末流まで責任を負う体裁ができました。それと並行して大学のカリキュラムにも工学倫理の講義が

取り入れられて EPR の習得は企業技術者の要件になりました。ルールは敷かれているのです。

3.3.2 責任感と緊張感は高まったのか

国際競争が激しくなり巨額の研究資金が投入される反面で、その成果が持続可能な社会への道程に与えるマイナス効果について関心は薄くなったように感じます。産業が短期の経済的効果にばかり顔を向けている間に“過ぎたる量”と“便益”が環境、資源、生活スタイルを蝕んでゆきます。前章の SDGs で説明したように、“持続可能な社会への歩み” vs. “経済的発展の欲望”の二つは、上皿天秤に乗る宿縁のライバルですから、一方が他方を顧みなくなればおしまいです。同様に科学技術と経済的豊かさへの過度の期待も危険であり、その背後に濃くなる陰影から目を反らせません。

3.4 リサイクルで浪費を斬捨して健全な社会をめざす

ここまで一頻り経済社会の欲望に煽られた生活スタイルを批判しました。とはいえ批判するだけで持続可能な社会とリサイクル社会は実現しませんから、少しは具体案を出さなければと焦ります。

ある化学リサイクル技術を素晴らしいと評すると、その技術にはどれだけのエネルギーとコストが必要なのかよく聞かれます。筆者はこう答えます。資源採取からリサイクルを経て最終利用までプラスチック生涯の系統樹を描くとき、経済的利益を優先するのか、それとも持続可能な社会をゴールとするのか、それ次第であると。

これは、高齢化社会における人材活用法に似ていませんか。熟年期に達したプラスチック社会では、片道切符の旅だけで折返し駅に到着した材料物質が溢れています。これを近傍の産業団地へ販売するマテリアルリサイクルでは、燃料化も含めて用途が多彩すぎるため再び折返し駅へ戻ってくることは期待できません。いっぽう、始発駅のある工業都市から来たケミカルリサイクル業者へ販売すると、再び折返し駅へやってくる製品を製造します。そしてこれを繰り返します。

高齢者は退職のあと簡単にはケミカルリサイクルできませんが、体力と能力があれば同一職場でリユースできます。力は減ってもダウングレードのマテリアルリサイクルができ、ダウンサイズしたケミカルリサイクル新人として仕立直して再登場できます。年金生活に閉じこもってしまうと蓄えた能力を無駄にする焼却処理と同じです。この貯えた能力を生かす高齢者の再活用も人材資源の枯渇が引き金になって引き起こされたといえますが、プラスチック生涯を長寿命化することと人材を長寿命化することはよく似ていますね。

3.5 幾世代にわたり資源環境コストを共有する

3.5.1 食い逃げは犯罪です

地球は無言でシッペ返す奥の手を持ちますが、次世代はただ成り行きを受け継ぐことしかできません。ところが我々の世代は次世代へ渡すべき地球財産を食い逃げしていることに気づいておらず(図 3.3)[3]、際限ない欲望と次世代責任感の欠如さらに科学技術にそそのかされて資源と環境を貪り続けています。

はじめはイデオロジーとは関係なく探究心と好奇心にはじまる科学的研究も、経済的期待が

生じると資本主義メカニズムに飲み込まれてゆきますが、これは善悪の問題ではなく自然な成り行きと考えられています。こうして新しい科学技術が次々と現れ、ときにはなくても幸せに暮らしている人々までも“取り残され恐怖症”に感染させてゆきます。こうした科学技術と資本主義経済のタッグゲームはパンデミックに広がる傾向にあり、その結果、次世代への負荷は積み上ってゆきます。



図 3.3 食い逃げはダメです

だから科学技術はけしからんと言うつもりはありません。ただ、次世代責任を自覚しないで研究に没頭する姿勢にはこう警告したいのです、“仕事への情熱と欲望そして未来を見通す理性との間には次世代責任を持って客観視できる距離を置いてほしい”と。この客観性とは気候変動と資源枯渇を数百年先まで見通すことであり、危機が到来しても動じない準備と地球への感謝を忘れないことです。

科学技術は絶えず経済を動かしているとはいえ、次世代が社会を動かすために持つ歯車は同じではありません。エネルギー転換がいくら進んでも人口増と GDP 競争は資源の消費増大を避けられませんから、最大の工業生産物である自動車は動力源を電力へ転換するのはともかく、小型化と総数削減そしてリサイクルに取り組むべきでしょう。つまり現世代の帳簿を使っているのは次世代責任を果たせないということです。日本も科学技術立国を標榜するなら“欲望をダイエットできる科学” [5]を立ち上げるべきです。

3.5.2 地球と共生し共恵すること

以前よく耳にした“資源は有限だから大切に繰り返し利用しよう”の言葉は“言うは易くとも行うは難し”の言葉に埋もれています。並行して「資源はまだ発見される」と口にする科学技術者が多いことにも驚き、資源危機意識の向上と資源管理の必要性を痛感します(前号 2.4 参照)。

残念ながら資源の有限性に対する人々の危機意識はこの程度です。資源の枯渇は元に戻らぬ不可逆過程でありバイオマスも生態系が束縛する有限な生産物ですから、資源枯渇問題は気候変動よりも深刻です。政治や経済は枯渇防止策が経済減速につながるとでも誤解しているのか、資源の乏しい日本なのに問題提起の動きが鈍くて心配です。

エネルギー問題に世間の関心が集まるご時勢にエネルギー消費が資源枯渇に直結していることを説く人は極めて少なく、地球資源の加速度的枯渇と環境生態系の不可逆的な劣化がなおざりにされ、その上に産業経済と生活スタイルが膨らんでいます。そこには、否応なく

次世代が受け継がざるを得ない不都合な真実から人の目を反らせ、資源と環境が無限のように錯覚させる政治・経済の姿が見えるのです。

3.5.3 製造者責任とコストの分担

人々は資源と環境に限界があることに気づいていても、それをいつどのように認識してどのように行動すればよいのか考えていません。牽引者であるべき政治経済界も、限界到達はまだ先のことで行動は問題が顕在化してからでも遅くないと思っているのですが、改革が遅いほど持続可能性は遠くなるのです。彼らは資源とエネルギーは枯渇しない、金融経済は後退しないと唱えてきた人たちですから、その短い展望視野の先に持続可能な社会を描くことができるとは思えません。彼らは環境・資源に関する基本的思想を持たないで、「山どころか森さえ見ずに面前の果樹しか見てこなかった」のですから。

世界は持続可能性よりも目下の経済発展を偏愛しています。一時は温暖化防止を掲げて脱化石資源と代替エネルギー開発に取り組みましたが、シェール系化石資源やメタン水合物の掘搾が動き始めるとその目標を隅に追いやり、その掘搾技術が持続可能な社会にもたらす不都合を語りません。結局、代替エネルギー開発や BM 利用は鳴り物入りの客寄せであり、近視眼的な投資効率という尺度でしか社会を評価しないことを露呈しています。プラスチック・リサイクルにおいても同じです。大半の廃プラは一度使用しただけで燃やし、これをサーマルリサイクルと呼んでいますがいい加減にしてほしい、これがなぜリサイクルなのか。欧州で使われたこの名称が真似するほど貴重なものですか。それが排出する二酸化炭素を海中・地中・大気中へ投棄しているのに、その技術には政府助成金が出されているのですから理念も正義もありません。

社会は、作り、使い、捨てる狂気三色に塗られているとはいえ、そこに正気を取り戻すのは決して不可能ではありません。プラスチックは最大の化学製品ですから、はじめの生産品を徹底して使ったあと、リサイクルして元の材料へ繰り返し戻せば資源消耗と環境負荷を著しく軽減できます。資源生産性が高まり一石二鳥です(図 3.4)。さらにリサイクル工程に自然エネルギーを投入すればリサイクルとは“エネルギーを物質・資源へ変換すること”の同義語になり[3]、人々が「**自分は資源環境問題を緩和する当事者**」と日常的に意識する引き金にもなるのです。

概念的技術論 III

リサイクル化学技術の執筆を依頼されたにもかかわらず、筆者がこれほどまで資源環境の社会論ばかりを述べることに読者は苛立っておられることでしょう。あなたがリサイクル化学技術の研究者であればなおのこと筆者もまたその端くれでした。でも忘れないでほしいのは、あなたもいずれ化学技術の研究以上に産業社会と産業政策の壁に立ち向かわなければならないのです。社会は理想論を聞く耳は持つのでしょうかが実行する勇気を持つのはあなたですから。

図 3.4 は四半世紀も昔に筆者が PET と PE/PP の廃プラを念頭に置いて描いたもので、機会あるごと示してきたものです。前号 2.5 節でもその一端を述べました。プラスチックの

物質生涯はこの循環経路をたどるものになってほしいと期待していましたが、さて現在どれだけ実現できたでしょうか。化学リサイクルに至っては公認詐欺的な燃焼還元熱利用技術を除けば3%未満の極貧状態です。

プラスチック製品は企画・設計の当初から循環再生の基本思想を持たなければならない

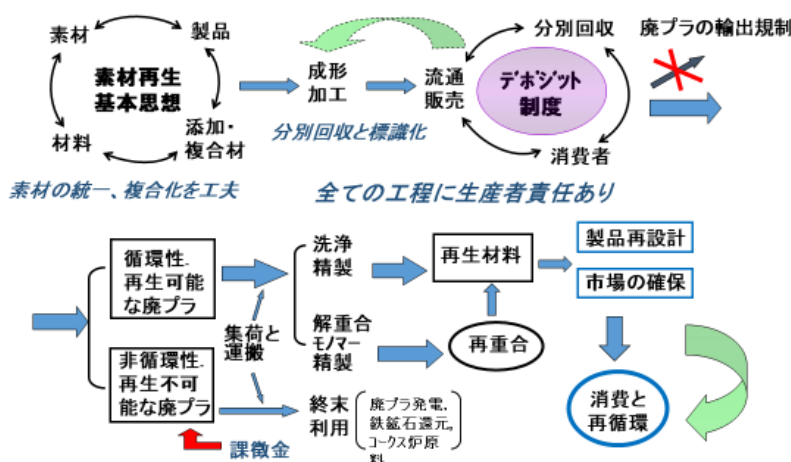


図 3.4 プラスチックの物質生涯を設計する

近ごろ中国がPETを主とする廃プラの輸入を止めたので世界中が困っていると報じられています。これは当初からわかり切っていたこと。図3.4はそれを見越して描いており、消費国の責任として廃プラの輸出を禁止し、国産有機資源としての閉鎖リサイクル系を形成したうえで同一用途にリサイクルすることが義務であると論じたものです。当時の日本には同志が多くいて、化学リサイクル実用化施設がいくつも立ち上がりました。嗚呼！それなのに産業政策の理念が貧弱な日本では輸出禁止措置が執れず、リサイクル産業の資源である廃プラ供給を保障しなかったために立ちあげた化学リサイクルプラントがすべて廃業に追い込まれたのです。

この事実からも、社会の大きな歯車に油を差しつつプラスチックリサイクル技術を啗合せてゆくためには、技術研究に加えて総合的な産業企画力が欠かせないことがわかります。

3.6 新規の樹脂開発が負う社会的責任

3.6.1 リサイクルは立派な化学的モノづくり

低分子・高分子を問わず合成化学的モノ作りが地球資源から貴重な価値を生み出すものなら、これまで低くしか値踏みされなかった都市資源から貴重な化学材料を甦らせる“リサイクル化学は立派な化学的モノ作り”です。

とはいえ、リサイクル化学の技術者と研究者がこれまで社会を動かしてきたと言えるでしょうか。自省を込めて忌憚なく申せば、“リサイクル化学は持続型社会の形成に必要”と叫んでみても、あるいは“産業社会はこの目標へ真剣にとり組んでいない”と非難しても、社会が動かなければ空しいだけです。この分野で仕事する私たちに今後必要な心構えは、持続

可能な社会という目標と学問的に意味ある研究目的を掲げるのと同時に、行政と産業社会に対して短期的コストパフォーマンスの良い儲けにつながる技術を示すこと。それと同時に長期目標に取り組むインセンティブを産業に保証できる受益者負担システムを作ること、ではないでしょうか。この一致しにくそうな二つの視線を交差させるのが国の政策であり、その仕掛人の行政を後押しするのが私たち技術者の次世代責任という名の情熱であることはいまでもありません。

3.6.2 新規な汎用樹脂の開発は焼却処理を煽るだけ

これまで受け身の対応策ばかりに追われてきたプラスチック・リサイクル化学にとって、新規な汎用樹脂の出現は脅威といえます。その出現がプラスチック・リサイクル化学を推進することはまずなく資源の保護に利するとも考えられません。使用後のリサイクルシステムをととのえることなく新しい汎用プラスチックを世に出すことは犯罪に等しく、ましてや土壤に還すプラスチックは環境と資源と化学技術への冒瀆であると言えます。大変な努力を払いながら既存の汎用プラスチックについてさえ作られていないリサイクルネットワークを破壊するだけです。このことを筆者は前号 2.5 と 2.6 節で重ね重ね説きました。

筆者は化学リサイクル推進のために新規汎用樹脂を机上で考案することはできますが、それをリサイクルネットワークがほとんど整っていない現下の産業社会に開示したところで意味があるとは思いません。そもそも新規な汎用樹脂に要求される条件は、

- ① 用途が従来類似材料を全て置き換えられるもの。そのリサイクル技術とネットワークもまた従来のもを全て置き換えるか混乱させないもの。
- ② 生活者がリサイクル当事者として日常的に参画できるもの。
- ③ 樹脂製造企業が新材料のリサイクルを含めた全生涯に責任を持てるもの。

であり、このすべての条件を満たさなければ市場へ出してはなりません。

たとえば PET と PLA、また PE, PP と PVC、が混在しない消費生活と市場を製造者が保証しなければなりません。植物起源プラスチックであれば、石油系の既存材料とは混在できないマーケットと消費スタイルを保証しなければなりません。さもなければ廃プラすべての化学リサイクルが不可能になり、焼却炉で最終処分されることとなります。すなわち植物起源プラスチックは再生可能資源から作られる再生不可能材料として社会を混乱に陥れることとなります。

3.6.3 技術より産業社会システム

全国に拡散した汎用プラスチックを繰り返し循環させるには、適正な回収ネットワークの編成が必要なことは言うまでもありません。たとえば生活者が積極的に参加する分別回収と安全な化学技術を用いて一次処理を行い、そのあと既存の設備に集荷して再原料化する低コストのネットワークが考えられます。

産業社会の我欲と消費者の無知はリサイクル社会が越えなければならない障壁です。すなわち、リサイクルにどれだけコストが必要かは、資源採取から最終利用までのプラスチック生涯をどう描くかという理念(イデア)次第なのです。高齢化社会の人材活用と同様に (3.4

参照)、熟年に達した日本のプラスチック社会は材料に片道切符を発行するだけでは次世代責任が果たせなくなっています。欲望を削って手間を惜しまず、経済的負担を覚悟してプラスチックの物質生涯を長寿化するライフスタイルを身につける、その結果が資源環境の長寿化であり人間の長寿命化と切り離せない努力目標になっています。

3.7 繰り返し循環利用したあと最終利用へ

国内で廃プラをリサイクルせずに輸出し、国外で再商品化して逆輸入する EU 経済スタイルは、廃プラに関しては製造・流通業の企業責任 (CSR) 回避であるといえます。廃プラを国産資源として同一用途に繰り返し利用することは資源の増殖と同じであるにもかかわらず、日本は安易に国外へ売り渡してきました。だから中国が廃プラを受け入れなくなると行く先を失った廃プラはますます補助金のついた発電燃料や鉄鉱石還元剤として燃やされ、正統なリサイクルネットワークは消滅するでしょう。

リサイクルは儉約と同様に“社会に資源を作りだして蓄積する”のと同様であり、同時に“エネルギーを物質 \sim 資源へ変換すること”(3.5 節) [3]でもあります。しかし産業行政は、「廃プラ問題は地球規模の協働作業だから輸出と燃料化を含めて総合利用が進めばよい」との近視的コストを優先するごみ処理技術を優先しています。これは生産者の社会的責任 (CSR) の回避そのものです。取り組むべきは、材料資源を人間社会へ取り込んだあとは閉鎖リサイクル系を構築して資源循環を実践し、CO₂ 排出を削減するという産業倫理を根付かせることであり、そのコストをすべての受益者に負担させることではありませんか。

3.8 新リサイクル技術と持続可能な循環型材料

3.8.1 リサイクル化学技術を生かす社会的背景：

製造量の削減と同一用途への再生と循環、素材の統一と商品寿命の延伸、消費直後の分別回収、など産業社会へモノ申したいことには事欠きません。この問題を解くカギは生活者ベースから立ち上げるネットワーク作りにあると説いてきましたが、日本の産業社会はそのカギを作らずに目先の利益を優先しています。

ポリエステルなどの逐次重合系高分子は解重合したあとで同じプラスチック材料を再生できますから、製品設計と用途の限定、分別と不純物除去などの物質管理を行えば資源負荷を激減できます。ポリエチレンなど連鎖重合系高分子のプラスチックは製造量が莫大ですから産業責任はかなり重くなります。ところがその廃プラを解重合して素材オレフィン原料のナフサへ解重合する技術はほぼ完成しているにもかかわらず実施が遅れているのは、原油価格の低さよりも容器包装リサイクル法の存在と石油化学産業の次世代責任意識の低さに原因があると思われます。

さらに付け加えると、前号 2.5 節で述べた動脈産業/静脈産業の色分けがプラスチックリサイクルを妨げる大きな原因になっています。行政が資源循環産業体系をこの 2 つに分けてきたところへ製造と消費量が激増したので、循環が正常に進まなくなりました。リサイクル資源を受け入れるべき動脈の最上流に位置する素材産業が廃プラを管理できていないからで

す。作って売ればよい時代に終止符を打つためにも、“動脈と静脈を一貫させる”との思想[3]を堅持して真のリサイクルに消費者の視線を集めるように、産業と行政には取り組んでほしいと願っています。

3.8.2 モノマーリサイクルの原子エコノミー：

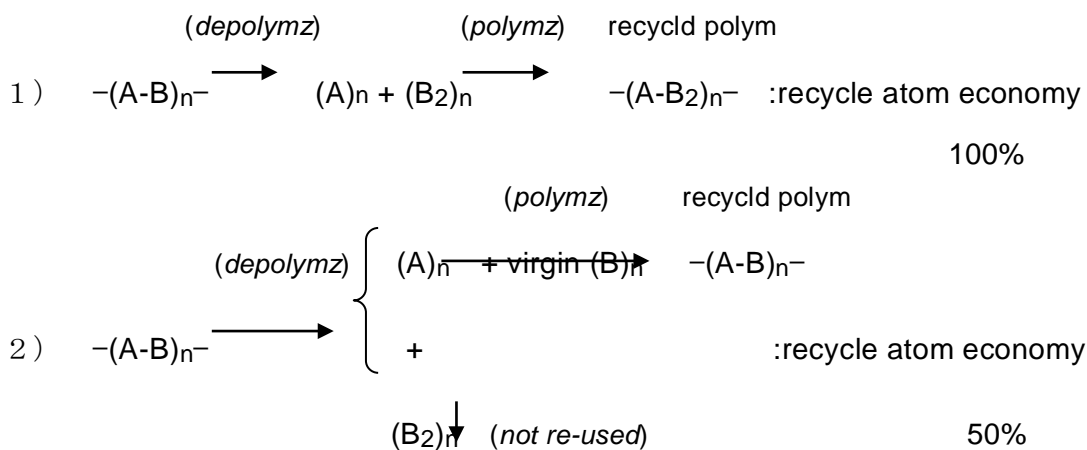


図 3.5 モノマー全てをリサイクルするのが本来の化学リサイクル

マテリアルリサイクルはプラスチック材料をそのまま、あるいは添加材を除いたあとで素材ポリマーを利用するので、ポリマーを構成する全原料をリサイクルできます。それと比べてモノマーの種類が複数あることが多い逐次重合型ポリマーの化学リサイクルでは、モノマーのうち高価なものだけに的を絞ったりリサイクルがしばしば行われます。しかしこれは完全リサイクルとは呼べません。モノマー全てを再使用する技術を開拓すべきなのです。たとえば PET 樹脂からテレフタル酸 (TPA) だけを回収再利用しても、他方のモノマー PEG を使用して PET を製造しなければリサイクル責任を半分しか果たしたことになります。そのことを原子エコノミー概念を使って化学反応式として模式化したのが図 3.5 です。

他方の回収モノマー (B₂) のリサイクルコストがバージンモノマー (B) の時勢価格と比べて高いために再使用しないのであれば、その差額 (B₂ - B) を課徴金として B に加えます。この課徴金は全受益者が負担するものですから、輸出入を含めた新プラと廃プラの全てに適用します。そもそも環境と資源の保護を目的とした課徴金は国境なく負担すべき潤滑剤なのです。

3.8.3 リサイクルも生産者管理もできないプラスチックは製造しない

窒素、硫黄、ハロゲンなどを含むプラスチックは完全回収システムが企業責任で整えられるまでは製造と使用だけでなく輸出入も控えるべきです。その理由は、これらの焼却で発生する有害酸化物の除去にはエネルギーと設備だけでなく企業責任が不可欠だからです。3.3.1 で述べた塩ビフィルムの例のように、新規汎用プラスチックの開発においては塩ビと同じ轍を踏まないことです。

全てを差し置いても取り組むべきはPO（ポリオレフィン）のモノマーリサイクルではないでしょうか。生産と消費量の多さを緩和するのがリサイクルの目標ならナイロンよりもPET, PETよりもPE・PPであり、さらにプラスチックという樹木よりも生活スタイルという森を、その森よりも次世代の地球社会という山を見て取り組みたいものです。

環境と資源の危機は人禍人災です。環境問題を過大に騒ぐなどの警告も聞こえますがこれは謀略です。真実を探って語らなければ社会は無視しますから、「資源と環境に対して悲観的に発言できる社会」のほうが将来を楽観できるのです。美酒を味わったあとにそれを断ち、限られた資源と環境への感謝を忘れずに知性を高めることができればおのずと満足の心は育ちますから、このUp-Spiral Lifeが私たちを持続可能な社会へ導く道筋であると信じています（図3.2）。

3.9 “まだある” ⇔ “もうない” へ技術的発想を転換

化学産業の「過ぎたる量」を代表するプラスチックについてかつて勢いのあった“材料と資源はリサイクルする”とのかけ声もPETボトル論争も近ごろあまり聞かれませんが、慣れとは恐ろしいものです。これはリサイクルが定着したからではなく、詐称リサイクル技術や廃プラ輸出によって帳尻合わせが行われているからです。このごまかしの準安定平衡はすぐに崩れて資源・環境負荷の増大という後悔を残しますから、それを軽減するにはつぎのように資源の概念を切り替えるだけでよいのです。つまり、地球から得られる化石資源と植物資源は“もうない”から廃プラなど都市型資源として“まだある”、それも使うだけはある、と資源および科学技術の概念を切り替えるだけなのです。この資源の完全循環型社会を支えるのがリサイクル技術とネットワーク編成であることはいまでもないことです。

とはいえ、一般廃プラの回収量がどれだけ増えても真のリサイクル率が3%以下にしかすぎないという数字は亡国的ではありませんか。地球に唾するような確信的詐称技術（1.2節）を直ちに止めて、真のリサイクルに取り組む強い心（3.2節）を産業界に持ってもらうことがまずは必要です。

私たちにとって地球資源は“まだあるのではなくもう（少）ない”のです。笑われるような些細な日常的リサイクルであっても、カマドの火を絶やさないように根気よく社会の隅々まで浸透させれば、それが逆流となって、リサイクル資源を生かそうとする意欲と筋力を化学産業へ甦らせませす。まずは“隗より始めよ”。

終章

資源を枯渇させない生活スタイルを定着させることがリサイクルの目標であることはいまでもないことです。ところが、資源は無くなるものだからリサイクルする必要はないと言う戯け者も、資源がなくなる前に人類は滅亡すると諦めている者も、資源探索の視線を海底や地球の外へ逸らす科学技術者もいて、SDGsには多難の航路です。

貧しかった江戸時代にはリサイクルともったいない精神が生きてきたと自画礼賛する人がいます。それなら、当時の貧しさが消えた今の日本からその精神を奪った原因は何でしょ

うか。貧しくなければ儉約精神ももたない精神は育たないのですか。飢餓と危機が目前に迫るまで動かないのですか。いのちを世代間で受け継ぐ教育徳育は効果がなかったのですか。歴史は前進せずに繰り返すだけとと思っているうちに、気づいたら時すでに遅く元に戻れないのです。環境問題のほとんどすべてが「捨てる行為に起因」するのに、いつしか日本も外国発の「拾いもせず再利用もしない文化」に汚染されたようです（この文言には外国からの非難があってしかるべきと思いませんか）。新幹線車中の企業宣伝テロップに日本のトップ化学企業が「土に還るプラスチック」を流す時代になっているのですから、リサイクルさえすれば天与の特性を発揮できる植物由来プラスチックも哀れです[6]。

私は悲観論者ではありませんから、生きている確証を得ようとこの摩耗する社会と摩耗する肉体から逃げ出したい気持ちとの格闘を楽しむことにしています。この忘れかけた闘争心を使い古した肉体に甦らせるリサイクル作業においては得体のしれぬ段差を感じることがありますが、同じようにプラスチックリサイクル社会にもその投影があることに気づきました。それは社会の精神的未熟さではないかと思えます。資源と環境の保護のためには物理量的な保全技術とネットワーク社会の編成だけでは不十分であり、成熟するためには生活経験の積み上げが必要だということです。

「人は戻らなくても自然は年ごとに季節の色を戻す」とは詠まれても「失われた自然が戻らなくても人の命は受け継がれる」と詠まれないように、御祖（みおや）の地球に恵んでもらった環境と資源を大切に使いながら子孫へ受け渡してゆく私たちの責任はとても大きい。その中でプラスチックリサイクルの梶棒を握る化学産業と科学技術者の責任は重く、また未熟であるということです。人類は地球のヤドカリに過ぎないのに、いまでは子孫へ甚大な環境破壊と資源枯渇という負債を積み増して霊長類の名を汚しています。とくに化学産業にとって資源は生命源ともいえますから、それを護る産業スタイルと生活スタイルを確立することは最高レベルの文化的挑戦ともいえます。この成熟の過程で科学技術は「過度の消費を緩和する科学」のさらに上のレベルにある「資源を使わない科学技術とその産業への甦り」を可能にするのです。

持続可能な社会とは達成可能な目標を持つ社会のことではなく、それを目指して絶え間なく努力する責任を持つ生き方であることを忘れてはなりません。

俳優北林谷栄さんが亡くなったとき、弔意を込めて引用された東北地方の民話を記しておきましょう。私たちが次世代に向って持つべき姿勢がここにあります[7]。

「ばあさまが山に捨てられることになり、せがれに背負われ深い深い山にのぼったそう
な。ばあさまをおいて帰りかけたせがれは下りる道を見失う。仕方なく捨てたばかりの
母親のもとに戻りたずねた“どうすべえか”。ばあさまは言ったそうな。“おめえの背
中にぶつつわりながら道々枯れ枝をおっくじいて道しるべにしてきたから、それを頼りに
けえれや”」

完

参考文献

- [1] D. Meadows “Limits to Growth. The 30-Year Update”, Earthscan (2004).
- [2] Japan Prize News、財団法人国際科学技術財団 No. **42** (2009).
- [3] 奥、“有限性のもとに無限に生きる. Up-Spiral Life のすすめ”, *ACADEMIA*, **146**, pp. 11-21 (2014).
- [4] 化学と工業、**51**(3), p328 (1998) ; 日刊工業新聞、1998年2月9日, p3.
- [5] 奥、“持続可能な社会のための化学”、岩波講座現代化学への入門 18 巻 10 章、岩波書店 (2001).
- [6] 奥、“バイオマス・誤解と希望”、日本評論社 (2005).
- [7] 読売新聞 “編集手帳” 2010年5月8日.