

## カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築

### ① ビジョンの概要

カーボンニュートラル社会実現のためには課題の複雑性とスピード感と相まって、幅広い学問分野の融合的連携と、地域・規模・時間軸を考慮したリスク検討フレームの構築、そのフレームワークをベースにした多種多様なステークホルダーとの対話など、社会全体としての最適化への対応が急務である。本提案では、未来社会の産業構造や社会構造を考慮したカーボンニュートラルシナリオ構築とその実現のために必要なバックキャストに基づく学問分野の融合による技術開発、および産学官が一体となって議論し社会実装を推進する仕組みの醸成に取り組む。

### ② ビジョンの内容

カーボンニュートラル社会を達成させるためには、エネルギー源と物質の変換を担う化学と化学技術に大きな役割と責務があることは論を待たない。また化学には人々の生活における sufficiency の向上と well-being の実現の基盤となる革新的物質・材料を提供する期待も大きい。すなわち化学と化学技術は、再生可能エネルギーの最大活用を図り、同時に化石資源依存からの脱却のための原料転換を可能とするプロセスとシステムを生み出し、そのプロセスから新たな材料を作り出すことで、カーボンニュートラルでかつ幸福な未来社会の創造に貢献できる学問領域である。

2050年の未来社会の創造には、「ありたい未来像」の想定と、そこからのバックキャストに基づく研究の展開が極めて重要であり(図1)、従来の技術を超えるための全く新しい革新的な取り組みが必要である。その実現にはサイエンス、エンジニアリングとテクノロジーの一体的な深化が本質的に重要であるが、必要な技術を適切に社会実装まで導く方法論、および新しい技術と製品の社会貢献の評価を可能とするシステム論についての研究を行わねばカーボンニュートラルといった複雑巨大な社会課題を乗り越えることは困難である。

つまり、カーボンニュートラルのために必要な革新的な取り組みとは、「持続可能な社会システムの構想・設計」と「最適解を求めるための持続可能性評価(システム計算)」にある。これまで化学プロセスの最適化というシステムの思考を追求してきたプロセスシステム学を、カーボンニュートラルという地球規模の課題に適用し、地域的連携による効率化や、一次産業、二次産業、三次産業の産業間連携により産業システムの変革、さらには市民や行政まで含む社会システムの最適化に展開するための学問を築くことを提案する(図2)。未来社会の構築に貢献する化学と化学技術の革新と、科学(化学)と社会のかかわりの考察を可能とし、広くかつ有機的に知が連携する研究領域である。

### ③ 学術研究構想の名称

カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築

### ④ 学術研究構想の概要

カーボンニュートラル施策では、エネルギーの脱炭素、つまり化石燃料からの脱却を進めることだけに目が行きがちなのが現状であるが、化石資源の採掘が無くなるということは、我々の個人生活だけでなく社会

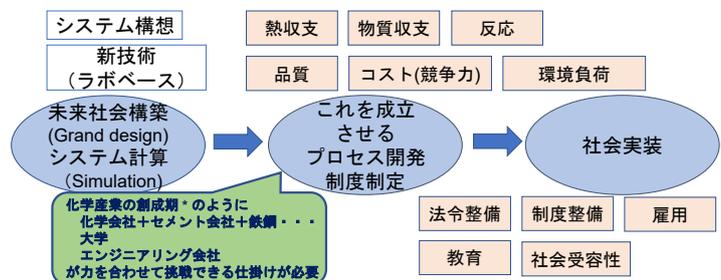


図1 「ありたい未来像」の想定とバックキャストに基づく研究

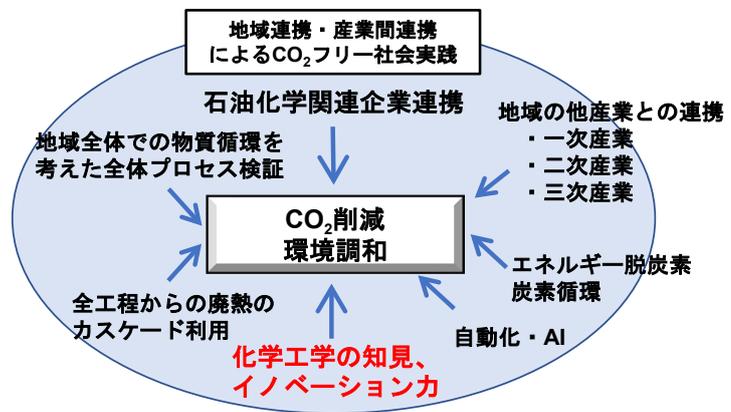


図2 産学官民共創による社会実装推進のための仕組み醸成

率化や、一次産業、二次産業、三次産業の産業間連携により産業システムの変革、さらには市民や行政まで含む社会システムの最適化に展開するための学問を築くことを提案する(図2)。未来社会の構築に貢献する化学と化学技術の革新と、科学(化学)と社会のかかわりの考察を可能とし、広くかつ有機的に知が連携する研究領域である。

生活の基盤となっている化学品の化石由来原料の供給が急速に減少することを意味するにも関わらず、物質としての炭素資源の議論が遅れていることに危機感を覚えている。

我々には、ナフサに変わるカーボンニュートラルな炭素源・水素源が必要となる。炭素源候補としてあり得るのは、セメント製造などから排出される物質としてのCO<sub>2</sub>、使用済み樹脂製品や食品等の廃棄物、木質バイオマスの3種類となる。森林国日本では、木質バイオマスとして1億トン-C/年のストックフローが可能であり、この国内資源を利活用できれば、カーボンニュートラル達成という我が国全体の課題の克服は、化学産業にとっては炭素源を輸入に頼らない自律した産業へと生まれ変わる好機と考えることが可能である。

資源としての炭素源確保を具現化するための課題は、(1)新炭素源(木質バイオマス、使用済み樹脂製品等)を用いた化学品合成に関する技術開発、(2)新炭素源を適切な価格で国内供給するための木質バイオマスや使用済み樹脂製品等の収集・集積の自動化・効率化と新炭素源供給者としての持続的な産業化、(3)新炭素源供給者と新炭素源を活用する化学品生産者およびその化学品を利用する市民まで含めた循環型産業構造と社会構造の構築、(4)日本全体と近接循環圏としてのアジアの産業構造の設計、である。

以上の構想を念頭に、シナリオ構築から始まり、プロセス開発、循環システム構築、経済性評価、リスク評価、競争力評価などを、国内外の産学官民の連携により、「論理的・科学的・定量的」に确实かつ強力に推進する。

## ⑤ 学術的な意義

未来社会の構築に貢献する化学と化学技術の革新と、科学(化学)と社会のかかわりの考察を可能とし、広くかつ有機的に知が連携する研究領域である。

## ⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現状のカーボンニュートラル施策は、課題の複雑性とスピード感と相まって、各論技術開発のみに留まっているのが現状である。当該構想では、エネルギーと製品を提供する動脈産業と、資源循環を担う静脈産業が連携したバリューチェーン全体の可視化と、可視化された物質とエネルギーのバランスの最適化を定量的に議論する。また、「解が得られない時、システムバウンダリを広げて考える」化学工学的思考を取り入れる。結果として、「あるべき未来社会」の実現と、新たな社会システムの実現に繋げる「社会実装学」の新学術領域が達成される。

## ⑦ 社会的価値

カーボンニュートラル化されたエネルギーや製品の素材・原料の供給により炭素循環社会の実現に貢献する。加えて、分野横断的な研究推進力を身につけた人材の流動化により、全世界の炭素循環研究分野に指導的人材を輩出することが可能となり、その結果、カーボンニュートラル社会実装の方法論を国内外に展開できる。

## ⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール R4-R7:シナリオ構築期間。R4-R11:プロセス開発、循環システム構築、経済性評価、リスク評価、競争力評価。R11-R16:本格運用、PDCA。

実施機関と実施体制 シナリオ構築やプロセス開発の実行部隊は、早稲田大学、東京大学、東北大学、大阪大学、九州大学、室蘭工業大学、国立環境研究所、産業技術総合研究所が中心となって行っていくが、広く門戸を開き、ワンチームで取り組む。また、化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会が総合知で挑む新たな産学官民連携構築のファシリテーターとして機能する。なお、脱炭素エネルギー媒体およびカーボンニュートラル炭素原料は、動脈産業に加えて、資源循環を担う静脈産業が連携して、国際協力のもとで融通する必要がある。各国の特徴に鑑みたグリーン成長戦略が構築される中、化学工学の分野で既に確立しているアメリカ、カナダ、欧州、アジア諸国との国際交流のネットワークを活用して、カーボンニュートラル施策における国際連携を図っていく。特に、アジア環太平洋諸国のハブとして日本が機能する。

総経費 10億円

## ⑨ 連絡先

辻 佳子(日本学術会議連携会員、化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会、東京大学)