

粉体工学と粉砕技術, Sustainability, Circular Economy との関わりで

Powder Technology and Grinding for Sustainability and Circular Economy

神谷 秀博

Hidehiro KAMIYA



はじめに

地球温暖化に起因すると思われる異常気象による災害の大規模化や食料生産の危機、ロシアのウクライナ侵攻を発端にしたエネルギーおよび資源の危機など、人類の生存を脅かす全世界的な危機が多発しており、“持続可能性, Sustainability”が極めて重要なキーワードであることが日々痛感される。特に、

〈著者紹介〉

1986年、名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了、工学博士。名古屋工業大学および名古屋大学助教を経て、1993年に東京農工大学工学部助教授、2003年に同大学院生物システム応用化学府教授に就任。2013年～2019年、同大学院生物システム応用科学府学府長、2017年～2019年同大学グローバルイノベーション研究院研究院長、2019年～同大学副学長、2020年～2024年同大学の理事・副学長、2024年より東京農工大学名誉教授、早稲田大学持続的環境エネルギー社会共創研究機構 (SEES) の上級研究員、研究院教授。専門は微粒子、ナノ粒子の界面設計と付着・凝集現象の制御および材料、医薬、環境、エネルギー、Circular economy 分野への応用開発など。

資源・エネルギーや食料は生存そのものに直結しており、長期的視野での戦略立案が求められる。エネルギー戦略と言う点で、最近訪問したドイツでの私見を最初にご紹介したい。

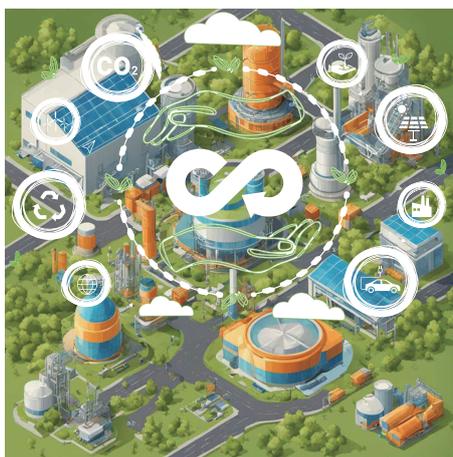
エネルギー戦略, ドイツでの学び

ドイツ化学工学会 (DECHEMA) と日本の化学工学会の連携協定を 2013 年に締結した時から両学会の連携に関わってきた。2024 年 6 月にフランクフルトで開催された国際展示会 (ACHEMA 2024) でも、エネルギーや粉体分野の日独連携シンポジウムの企画に参加した。この ACHEMA 開催の前週に、DECHEMA が主宰する水素プロジェクトの関連企業や研究機関を 3 日間で視察するツアーも DECHEMA に組んでいただいた。ウクライナ侵攻によるロシアからの天然ガス輸入停止も背景にあるが、2050 年までに CO₂ 排出量ゼロの目標実現のため、ドイツは、グリーン水素の量産、貯蔵・輸送等に関する官民学共同のプロジェクト (H2Giga 等) を、DECHEMA が取りまとめ役となって推進しており、その予算規模は 5 億ユーロ/年である。学協会が、官民学の連携プロジェクトを主導的に引っ張る形態は、昨年で東京で開催の展示会でも紹介いただいたが、実際にプラント等を視察してみると、大きな Impression を受けた。ACHEMA 会場でも期間中、水素や Green Innovation の特設会場での講演会が開催され、関連ブースも多くの企業が参加しており、随分と活況であった。ウクライナ情勢による逼迫感があると思われるが、国としてこの危機を乗り越えるため、危機を共有して前向きに目標に向かう一体感を覚えた。水素製造やバイオマス原料調達をアフリカ、中南米諸国との連携で取り組む PtX (Power to X, X は燃料や化成品の意味) プログラムが、2019 年からドイツ連邦政府が主導してスタートし

ており、視察ツアーやACHEMAでの講演会では、ケニアやアルゼンチンなど五か国から数名の代表者が参加し、講演していた。バイオマス原料が自国だけでは全く不足という事情は先進国の共通点であり、今回お会いしたアフリカ、中南米の方々が見学中に発した質問は非常にハイレベルで、国際連携に欠かせない優れた人材とのネットワークを、PtXプログラムでいち早く構築を試みる点は、きわめて戦略的と思われた。太陽光など再生可能エネルギーは、日本でも全発電量の2割程度まで増加したが、発電の変動が激しく大規模蓄電技術が重要となる。残念ながら大規模蓄電には技術的課題が多く、海外も含め太陽光等で発電した電力で水を電気分解して水素で貯槽・輸送する方針は、戦略的には明快である。

資源循環、循環経済 (Circular economy) と粉体工学、粉砕技術

太陽光発電は急激に普及したため、今後は寿命が来た電池の分解・再生利用技術が求められる。リチウム電池も大量に普及しているが、資源の観点では日本はリチウムなどの資源に乏しく、再生利用法は極めて重要な技術課題であり、この課題に対し、粉体工学、粉砕技術の果たす役割は甚だ大きい。これは、東京農工大学を教授定年により2024年3月末に退職し、4月から早稲田大学の研究院教授として所千晴教授の研究グループ内で活動し、多様なCircular economyの実現に向けた研究に触れることで実感している。以前から重要性は謳われていたが、製品機能だけに着目した製品設計・製造から、製品製造段階から製品の機能は落とさず、或いは向上させ、かつ、分解・再生利用が容易な仕組みを組み込んでおくことが重要であり、この仕組みに機能性微粒子、ナノ粒子の活躍の可能性は著しく高い。例えば、組み込んだ高機能ナノ粒子等を起点に、特殊な場で接合界面だけを局所的に破壊し、他の箇所のダメージを最小限にして、再利用可能にする技術がある。これまで取り組んできたナノ粒子や微粒子の付着、凝集・分散制御技術の研究をこの技術に活用できないか、検討を開始したところである。



DX 資源、食料との関わり事例

粉砕や分級など基盤的な粉体工学が、重要な役割を果たす可能性も強く感じ、改めて勉強をし直す日々でもある。実際に、ウクライナ侵攻はエネルギーだけでなく、多様な資源の調達にも影響している。例えば、農業用肥料の主成分であるリン鉱石は、モロッコが7割強の埋蔵量を占めており、今後、地中海周辺情勢によっては、輸入に支障をきたす恐れもある。昨年からは、岸田総理主導で、下水汚泥からのリンの回収と肥料への応用が進められている。総理主導になると、急に話が進むのを垣間見、国のリーダーは極めて重要であると改めて認識した次第である。下水汚泥処理・焼却プラントから出る焼却灰をリン資源として活用する際、弊害となる重金属成分の分離・低減に分級操作が有効であることを立証した。重金属成分の多くが微粒子に濃縮されるため、分級で微粒子を除去すると基準値の半分以下に重金属濃度が低減できた。様々な材質で物理的・化学的性質も異なる部材を分子レベルからマクロサイズまで、様々な段階で分離・回収できる仕組みを導入し、再生利用する技術には、粉体工学や粉砕とその関連操作は極めて重要と感じた事例である。

前任の農工大では、食料や農業と粉体工学の関わりを模索する取組を開始したところで、定年になった。粉砕による食品の微粉化は、電気インフラのないところでも食料を貯蔵できる手法であり、昆虫なども粉にすれば活用が広がる。食品を凍結せずそのまま粉砕する手法はまだ効率も高くなく、粉砕機構の解明も進んでいないが、粉の製造はできており、ベンチャー企業も活躍している。機構解明のサイエンスの発展によりこの分野の発展も期待される。

エネルギー、資源、食料という生存に関わる課題において、粉砕および粉体工学は、今後ますます重要度が増すと思われる。恩師である故神保元二先生が取り組んだ「粉砕」研究に、持続可能性 (Sustainability) や循環経済 (Circular economy) の観点、そしてDEM (離散要素法) などの計算機科学の手法も加え、定年後も取り組む機会をいただいていることに関係各位、皆様に深く感謝いたします。