

巻頭言

Preface



東京工業大学科学技術創成研究院
ゼロカーボンエネルギー研究所
所長/教授 加藤 之貴

カーボンニュートラルに求められるグリーン材料

Green Material Developments for Carbon Neutrality

MITの新学長 Prof. Sally Kornbluth は 2023 年 5 月の学長着任スピーチで MIT が喫緊に取り組むべきテーマとして気候変動対策、核融合を挙げた。氏は続けて各テーマは複雑な対象であり個人での解決は困難で、異分野の連携が重要と指摘した。一大学の主張に過ぎないが今の世界の流れを見事に表していると感じた。日本では気候変動対策として 2050 年カーボンニュートラル (Carbon Neutrality, CN) 達成を目指し産官学挙げて取り組んでいる。

CN 実現をするための技術革新を Green Transformation (緑転, GX) ととらえ、東京工業大学では Green Transformation Initiative (Tokyo Tech GXI) 事業を 2022 年度から開始した。同年、本学に三菱マテリアルサステナビリティ革新協働研究拠点が設置され、他にさきがけ持続可能社会に貢献する体系的な GX 研究が展開をしている。貴社は Tokyo Tech GXI にもご参画頂き統括者として光栄であり GXI 事業の大きなドライビングフォースになっている。

CN のゴールをグリーン社会として定義し、GXI が目指すグリーン社会のビジョンを図に示す¹⁾。この社会の達成を実現する技術が GX 技術である。必要な GX 技術分野は 3 点、すなわち (1) ゼロカーボンエネルギー、(2) エネルギー貯蔵・変換、(3) カーボンリサイクル・ネガティブエミッションに分けられると考える。

一次エネルギーの非化石化が重要であり再生可能エネルギーと世界的には原子力エネルギーも選択肢に入る。再生可能エネルギーは非定常出力が課題である。現状では電気出力が過剰であると電力網が受けきれないため、事前に出力停止を計画する出力抑制が行われている。九州電力は 2021 年度に 80 日以上、総発電量の 4% の出力抑制を実施している。今後、再エネ発電を増やしても、電力ネットワーク内で使える電力が限られ、再エネの利用普及が阻害されるので、抑制の克服が必要である。一方、今年電気料金の大幅な値上げが進んだ。ウクライナ危機に端を発した化石燃料の高騰が原因である。しかし九州電力は値上げを実施しない予定である。これは原子力発電が他電力会社に比べて導入割合が多く、化石燃料負担が小さいためである。原子力発電については電力、エネルギーコストを考慮しての判断が必要である。米国、EU、中国などは小型炉、大型炉の計画、建設が相次いで進んでおり、何故、進展しているのかを注視する必要がある。

再エネの導入拡大、出力抑制克服にはエネルギー貯蔵・変換が必須である。リチウムイオン電池に代

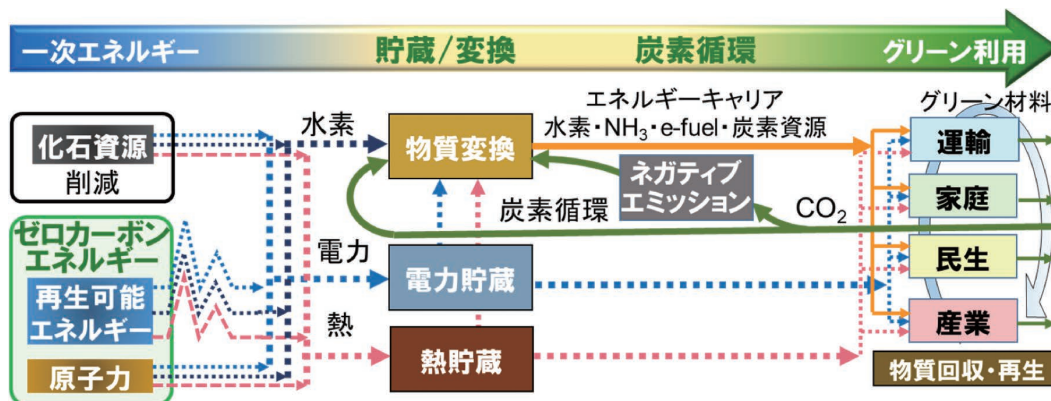


図 Tokyo Tech GXI のグリーン社会ビジョン¹⁾

表される電力貯蔵が電気自動車の kWh オーダーから電力グリッドの MWh オーダーで引き続き開発が求められる。しかしリチウム、コバルト、ニッケルなどの素材は生産国が偏り、代替材料の開発とともに、材料の循環再利用が重要である。また、安価かつ大量貯蔵には熱貯蔵（蓄熱）も代替候補である。日本の最終エネルギー消費中のエンタルピー基準での熱需要は7割（概算 300 GW）であり、様々な温度域での蓄熱・熱利用がCN 達成に量的に重要であり、新規の蓄熱材料、システムが求められる。

ゼロカーボンエネルギーを活用した物質変換も重要である。水電解によるグリーン水素製造が基本である。水素は環境性の高いエネルギーキャリアであるが体積当たりのエネルギー密度が低く、加圧、液化に相当量のエネルギーを要し貯蔵、輸送に多大なコストがかかる。よって水素キャリアとして輸送が比較的容易なアンモニアの検討が進んでいる。また、排出二酸化炭素（CO₂）とグリーン水素から合成された炭化水素燃料である e-fuel、さらに SAF は環境性の高い合成燃料として注目されている。一方、利用側は電力、熱、水素でエネルギー代替できない分野が存在する。例えば長時間、大出力を要する移動体ではディーゼルエンジンは耐久性が高く引き続きの利用が求められる。EU では 2035 年までに移動体の全ての電動化を一旦決めながら、e-fuel に限ってエンジンへの利用を今年認めることに転換した。しかし e-fuel を燃焼すれば CO₂ が二次的に発生し CN は 50% しか達成できない。そこで CO₂ の回収、e-fuel への再生する炭素循環（CCR, CO₂ Capture and Recycling）が必要と予測される。CCR は炭素ネガティブエミッションを包含する。

そして材料の効率的な製造、循環利用が CN に必須であり、環境負荷軽減に貢献するグリーン材料の研究開発は引き続き必要である。製鉄分野は CO₂ 排出が大きい分野であり、水素直接還元製鉄による CO₂ 排出を伴わないグリーン鋼生産が進展している。スウェーデンの SSAB 社は HYBRID ブランドで水素還元製鉄を実現しグリーン鋼生産を 2021 年に開始している。従来水素は石炭に対し高価で利用実現困難と思われていたが、スウェーデンの豊富な水力発電を用いた水電気分解水素を用いて HYBRID が実現されている。製鉄コストはカーボンプライシングを考慮すると在来製鉄の 1.3 倍程度であるという。グリーン鋼は高価であってもメルセデス・ベンツ、ボルボが購入している。原料製造まで CO₂ 発生をさかのぼる Scope 3 基準での CO₂ フリーのグリーンカーの素材として、今後、需要が伸びると予想される。SSAB は水素製鉄を着想した 2016 年からわずか 5 年で製造プラント稼働に至っている。スウェーデンではさらに H₂ Green Steel 社が 2030 年に大型高炉を上回る 500 万トン年の水素製鉄プラント建設を計画している。

CN のための産業の非連続的な Game Changing が世界中で進んでいる。製鉄を一例としたが、製銅分野でもグリーン銅材料の可能性を考える必要がある。グリーン材料の開発には従来の材料自体のみに注目するばかりなく、CN ビジョンを持ち、そのビジョンにおける物質の利用と流れを俯瞰し新たな材料の要件を見出しその創成のための課題抽出が重要であろう。グリーン材料の分野においても異業種と思われた分野と連携しての課題解決と技術実現が世界の GX 加速のために引き続き期待される。

文 献

- 1) Overview of ZC, Tokyo Tech, http://www.zc.iir.titech.ac.jp/jp/events/publications/files/Overview_ZC_2023.pdf