

## 2050年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出

### ① ビジョンの概要

2050年以降の持続的なカーボンニュートラル(CN)社会の実現には、核融合発電、超電導送電、超電導発電機、超電導エネルギー貯蔵、超電導限流器などと液体水素技術を有機的に結合しCO<sub>2</sub>排出を極小化する総合的な超電導工学体系の発展が必要である。

### ② ビジョンの内容

2050年以降もCN社会を持続的に維持していくために、国内における浮体式洋上風力発電などに加え、海外からグリーン水素を液体水素として輸入することなどが検討されている。また欧米では核融合発電が注目されており、多くのベンチャー企業が超電導マグネットを用いた核融合装置の研究開発を進めている。

先端の理工学である低温工学および超電導工学に関する諸技術を持続的なCN社会の実現に結びつけるためには、冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系を構築することが重要である。また、国内のPV発電、風力発電などの偏在しかつ変動が大きい電力を従来の電力システムと組み合わせ安定に利用するためには、低損失での長距離送電が可能な超電導送電、発電効率が高く電力システムのフレキシビリティを高める超電導発電機、電力システムのフレキシビリティとレジリエンスさらには安定度を高める超電導エネルギー貯蔵、電力システムのフレキシビリティに対する制限を大幅に緩和できる超電導限流器などと液体水素技術を有機的に結合しCO<sub>2</sub>排出を極小化する総合的な超電導工学体系の発展が不可欠である。更に、究極的な低炭素発電技術として期待されている核融合発電装置でも超電導マグネット技術が実現の鍵を握っている。

### ③ 学術研究構想の名称

2050年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出

### ④ 学術研究構想の概要

以下の技術レイヤー毎に研究構想を展開する。

#### (1) CN社会を俯瞰するレイヤー1

本学術研究構想においては、日本学術会議における他の社会科学研究あるいは工学体系研究との情報交換を密に行い、常に研究開発の方向性とスケジュール感を俯瞰しながら進める。

#### (2) CN社会におけるエネルギーフロー(EF)を分析するレイヤー2

CN社会ではエネルギーを輸送・貯蔵・利用する技術として、水素と電力が主体となることには疑いがないが、カーボンフリーエネルギーを生み出す技術としては、太陽光あるいは風力などの再生可能エネルギー、核融合発電などが想定されており、地球規模でどのようなEFになるかは現時点では明確ではない。エネルギーの輸送と利用に関する規模感を前提として取り組むことが不可欠であり、EFを分析し全体像を明確にする。

#### (3) CN社会に必要な低温工学および超電導工学における要素技術あるいは個別の機器の必要性能を明確化し研究開発に取り組むレイヤー3

冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系あるいは超電導送電、超電導発電機、超電導エネルギー貯蔵、超電導限流器、核融合発電、液体水素を燃料とした電動航空機などの超電導工学体系における要素技術あるいは個別機器の研究開発においては、EFの分析結果などから求められる性能を目標として研究開発に取り組む。

### ⑤ 学術的な意義

#### (1) 提案の背景

低温工学と超電導工学の連携により低炭素化に向けて重要な役割を担える可能性が高いが、その可能性の検討は不十分である。2050年以降も視野に入れると、低温工学および超電導工学が重要な要素技術となる核融合発電も視野に入り、持続可能性なCN社会を実現する低温工学および超電導工学体系の実現が重要になる。

液体水素温度における低温工学技術は、液体水素を燃料に使うロケット技術などにより科学技術としては確立されているが、経済性も含めた広く利用可能な産業技術とするためには一層の研究開発が必要である。特に、液体水素を海外で製造し我が国に輸送するためには、我が国が主導的に製造、輸送、貯蔵、利用に関

する技術開発を標準化も含め先導することが不可欠である。冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系の構築において、工業技術化という視点では重要なブレークスルーが期待できる。

一方、超電導技術は長らく我が国が世界を先導する立場にあったが、電力系統の成熟化、ソフト化を中心とする産業構造変化などにより、徐々にその優位性が揺らぎつつある。ただし、液体水素温度で運用される超電導応用機器に限れば、世界的にもその研究開発は緒についたばかりであり、我が国も先頭に立って研究開発を推進中である。超電導送電、超電導発電機、超電導エネルギー貯蔵、超電導限流器などの超電導工学体系の構築においては、これまでの我が国における研究開発成果の蓄積があり、これを液体水素冷却化できれば、液体水素技術と超電導技術のシナジー効果によって、持続可能な CN 社会実現のキーテクノロジーとして大きな発展が見込まれる。

本学術研究構想により、2050 年以降への持続的 CN 社会を実現する低温工学および超電導工学体系が実現できれば、地球環境問題に世界的規模で貢献できる。

## ⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

低温工学と超電導工学の体系化によって、冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系および液体水素を利用する超電導応用機器へと展開し、2050 年以降への持続的 CN 社会を実現するために、核融合発電技術なども含めて総合的に研究開発を進めようとする、本学術研究構想の計画は今のところ世界的にも稀有であり、本研究開発構想の独自性は極めて高い。

## ⑦ 社会的価値

低温工学および超電導工学における我が国の世界的産業競争力現状でも高いが、産業競争力懇談会が検討を進めている個別プロジェクトなどが実行されれば、さらに不動の地位が築けるものと考えられる。

## ⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：各レイヤーの実施計画およびスケジュールは下記の通りである。

### (1) レイヤー 1

低温工学・超電導学会の各委員会活動において国内外の情報を収集する。

- ・ CN 社会の意義の確認と低温工学および超電導工学に対する示唆調査研究会（令和 6 年度～令和 8 年度）
- ・ 低温工学および超電導工学の持続的 CN 社会実現貢献に関する調査研究会（令和 9 年度～令和 11 年度）
- ・ 持続的 CN 社会を実現する低温工学および超電導工学体系調査研究会（令和 12 年度～令和 15 年度）

### (2) レイヤー 2

専門の調査研究会を設置し、電気学会、応用物理学会などの他の学協会の関係者にも委員に就任戴く。

- ・ 液体水素を核とする CN 社会の EF 構造に関する調査研究会（令和 6 年度～令和 8 年度）
- ・ 液体水素の定量的フローとその冷熱を利用した超電導機器群調査研究会（令和 9 年度～令和 11 年度）
- ・ 要素技術および個別機器の研究開発成果を踏まえた EF 分析調査研究会（令和 12 年度～令和 15 年度）

### (3) レイヤー 3

それぞれの研究開発は独立して研究開発を進めるが、相互に研究開発状況とその成果を共有し反映させる。また、公開シンポジウムの開催などにより社会への情報発信に努める。

実施機関と実施体制：本学術研究構想は低温工学・超電導学会およびその賛助会員（54 社）を含む会員（約 900 名）が実施する。

総経費 17,000 百万円(10 年間)

(ただし、内 16,000 百万円は公募研究に対する想定予算で、公募主体となる他機関の活動は本提案には含まれない。)

所要経費：公益社団法人低温工学・超電導学会とレイヤー 3 を公募研究に対する応募を通じて実施する賛助会員を含む会員が属する機関、企業などそれぞれの所要費用を記載する。開始年度は令和 6 年度とする。

(1) 公益社団法人低温工学・超電導学会が実施する内容：1,000 百万円（10 年間）

(2) 公益社団法人低温工学・超電導学会の賛助会員を含む会員が実施する内容：16,000 百万円（10 年間）

## ⑨ 連絡先

秋田 調（公益社団法人 低温工学・超電導学会）