

SDGs 達成を目指した超臨界二酸化炭素（sCO₂）ベース発電の開発に関する研究

Research on the development of supercritical carbon dioxide (sCO₂)-based power generation aiming at achieving the SDGs

主任研究員名：アシュラフル アラム

分担研究員名：高尾 学

現代の発電システムは、トーマス・エジソンの時代から多くの変化を遂げてきたが、実際に熱を電気に変える部分は、彼のひらめきの瞬間から変わっていない。石炭を燃やしても、太陽光を集中させても、原子を分裂させても、ほとんどの火力発電所は同じことにエネルギーを使っている。水を蒸気に熱してタービンを動かすのだ。蒸気による発電は世界の電力の 80%を生み出している。

化石燃料火力発電所は、二酸化炭素（CO₂）の最大の排出源である。カーボンニュートラルな環境を作り出すことを意味する CO₂ の環境への悪影響を減らす一つの方法は、炭素回収隔離（CCS）によるものである。近年、より小型で安価なタービンを使用して最大 50%の熱効率を発揮できる適切な作動流体に蒸気を置き換えることが技術者によって検討されているため、超臨界二酸化炭素（sCO₂）が潜在的な作動流体として関心を集めている。

超臨界状態では、CO₂ は水蒸気のほぼ 2 倍の密度であり、非常に高出力密度をもたらす。sCO₂ は蒸気よりも圧縮しやすく、より高い状態でタービンから電力を取り出すことができる。最終的には、蒸気相当量の 10 倍も小さくできる、よりシンプルなタービンが完成した。これらの特徴により、sCO₂ は発電所の作動流体として最も有力な候補の一つとなっている。さらに、sCO₂ タービンは、従来の発電所の廃熱を利用して運転することもできる。しかし、従来のタービンは sCO₂ を作動流体として使用可能か不明なため、非平衡凝縮や凝縮衝撃波の影響など、sCO₂ の流れ特徴を考慮した再設計が必要である。

本研究では、初歩的な形状を始めとしてタービン翼列内の sCO₂ 流れについて、広範な実験と数値流体力学を用いた解析を行う予定。しかし、長期的な研究であるため、当初は比較的複雑でないいくつかの課題を解析して妥当性を確認する予定によって、初歩的な形状であるオリフィス、ノズル内の流れに関する解析を行った。この解析結果の一部は国際会議「15ISAIF, IIT Madras, India」で発表した。また、人工ニューラルネットワーク(ANN)を用いて解析対象の形状のみを仮定した流れの予測を行う予定によって、現在はシミュレーション結果のサンプルを最新の GPU ワークステーション上で学習を行っている。今後は、ANN 解析結果を検証し、他の形状について研究を拡張する予定。さらに、解析結果に基づいて、初歩的な形状を始めとしてタービンに関する実験を行う予定。

最後に、本研究により sCO₂ 発電プラントの設計・開発が可能になり、クリーンで環境に優しい社会の構築に貢献できると思う。