

学内研究組織（2024 年度）

研究課題：「超臨界二酸化炭素(sCO₂)ベースカーボンニュートラル発電の開発に関する研究」

超臨界二酸化炭素(sCO₂)ベースカーボンニュートラル発電の開発に関する研究

Development of supercritical carbon dioxide (sCO₂) based carbon neutral power generation system

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エジソンの時代から大きく変化したが、熱を電気に変える原理自体は変わっていない。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水を蒸気に変えてタービンを回すことで電力を得ている。蒸気による発電は世界の電力の約 80%を生み出し、同時に化石燃料火力発電所は CO₂ の最大排出源となっている。カーボンニュートラルな社会の実現には、炭素回収隔離(CCS)などによる CO₂ 削減が重要である。近年、より小型で高効率な発電を目指し、作動流体として超臨界二酸化炭素(sCO₂)を用いる技術が注目されている。

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、ベンチュリ管、ノズル内の流れに関する解析を行った。これらの成果の一部である、「臨界点付近の CO₂ 流におけるベンチュリ管内流動場の振動に関する研究」の結果を国際会議 16ISAIF, Prague, Czech Republic において発表している。

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。