

審査の結果の要旨

氏名 小林洋平

本研究論文は、風力エネルギーの高度な利用を目指すに必要な水素/メタン混合ガス計測技術の研究開発について論述したものである。近年の地球温暖化に伴う急激な気候変動に対する対応として、自然エネルギーの導入促進が急務であり、具体的な対応策の一つとして、風力エネルギーと計測の先端技術の組み合わせによる新しいシステムを提案している。

第一章の序論で概要を記述したのち、第二章で風力エネルギーに関する議論の前提として、世界の風力エネルギーの賦存量に関する試算を最初に行っている。本研究論文で用いられた手法は地形因子解析法と呼ばれる地表の状況と風速の因果関係を統計学的に解析するものである。地球上をおよそ 38 万のメッシュに分割し、各メッシュについて様々な地形の因子を分析している。算出結果は、賦存量のみならず風力発電可能な場所の情報も持ち合わせている。なお、賦存量算出結果の精度に関しては、スタンフォード大学の研究チームが後に発表した論文と比較を行った結果、風車の設置間隔等の前提条件を合わせることでほぼ一致した結果となることが分かっている。算出結果は有用であり、手法も独創的である。

次に第三章において風力エネルギーの導入促進に不規則性・希薄性の欠点を克服することが不可欠であるとし、そのために自然エネルギーを水素化する重要性を説いている。水素は都市ガスや天然ガスのパイプライン網に混合され消費地まで輸送されることで、不規則性・希薄性の問題は解決される。そのようなシステムを作り上げることが本論文ではシステムエネルギー技術と称している。ここではアイデアのみならず、定量的な解析を入念に行い、その有効性を高い信頼性をもって示す努力をしている点が評価できる。

著者は自然エネルギー水素化とそのための技術開発の重要性を述べてきた。特に水素/メタン混合ガスが重要と判断し、第四章では水素/メタン混合ガスをベースとしたエネルギーシステムで重要な役割を果たす、水素の濃度を安全に計測する技術を開発した。従来は水素濃度を計測するために、およそ 150°C に熱せられたタングステンワイヤーの抵抗値変化を調べる手法が用いられてきた。多量の電流が流れたむき出しのワイヤーを水素雰囲気にとさらすこの手法は、災害時や回路の故障等により着火する危険が常に付きまとう。少数の使用ならば問

題も少ないだろうが、将来の水素社会において無数のセンサーが使用される状況では不安が残る。本論文で提案するセンサーは、一定の周波数で振動する水晶振動子を駆動する電力の変化を計測することによって、ガスの状態変化を検知する物理センサーであり、熱や光を媒介としないので安全性が非常に優れている。

ガス雰囲気中で振動する水晶振動子が受ける抗力は、衝突する気体分子の個数で表わされる圧力、衝突する分子の運動エネルギーで表わされる温度、振動子と気体との摩擦で表わされる粘度の 3 つの因子によって支配される。本研究論文では温度と圧力とガスの混合割合を精密に制御された実験装置を設計・製作し、それぞれに対する依存性を入念に計測している。温度に対する感度はそれほど大きくない。圧力に対する感度は分子流領域では大きいですが、実際にセンサーとして使用される粘性流領域ではそれほど大きくない。実験結果の示すところによると、センサーの示す感度はガスの混合割合に応じて変化する。このことが混合気体の粘度変化の特性であることを確認するために、粘度計測の一般的な手法である細管法による絶対粘度の計測も行っている。その結果、感度がガスの濃度に応じて変化する特性は粘度変化に起因することを確認した。温度と圧力の条件を正確に管理された状態でセンサーの示すばらつきは 0.01% であり、感度の高い混合条件において熱線を用いた従来の手法よりも高い分解能を有する。水素/メタン混合ガスの混合割合を計測するための新しい手法であり、独創性が認められる。

センサー周りの流れの状態を理論的に解明することで粘度計としての活用も検討されている。仮定に基づき解析的に解かれたナビエ-ストークス方程式を利用し、電圧として出力される抗力を方程式に代入することで絶対粘度を算出している。この式による検討では、混合割合がほぼ等しい場合には比較的正しい値となることが確認された。混合割合の変化に応じてセンサーの描く出力が精密であり、粘度計として利用できる可能性を示した。

第五章は結論であり、第二章、第三章、第四章で行なわれた研究内容が纏められている。

風力エネルギーの導入促進を図る目的で行われた計測技術に関する本研究の内容は、斬新で示唆に富むものである。従来は導入促進を目的として、風車などの機器自体の研究開発に力が注がれる場合が多かった。しかし、本論文では水素化こそが最も必要なシステムであることを、具体的な算出結果を用いて示し、それを実現するための技術開発として、水素/メタン混合ガスの混合割合を計測する手法を構築した。風力エネルギーの賦存量の算出結果と合わせて、センサー技術の理論と工学的発展を、科学的根拠を持って示した。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。