

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14519 号
------	---------------

氏 名 中島 悠也

論 文 題 目

硬質炭素薄膜(DLC)を用いた地熱発電におけるシリカスケールの低付着化指針の提案
(Proposal of low adhesion surface against silica scale in geothermal power generation by carbon-based coating (DLC))

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	巨 陽
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	北 英紀
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	野老山 貴行

論文審査の結果の要旨

中島悠也君提出の論文「硬質炭素薄膜 (DLC) を用いた地熱発電におけるシリカスケールの低付着化指針の提案」は、地熱発電において蒸気流路の閉塞により発電出力の低下や高頻度の発電設備の停止/点検の要因となるシリカスケールの付着抑制のために硬質炭素薄膜 (DLC) を応用する際の低付着化指針を提案している。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、優れた再生可能エネルギー発電である地熱発電の仕組みと技術課題について整理し、普及拡大のためには、蒸気や熱水に含まれるシリカなど地下鉱物由来の不純物の析出と蒸気タービン翼への付着が、発電低下をもたらしており、シリカの析出付着を抑制する手法が求められていることをまとめ、その解決手段として DLC 膜が期待できることを提案している。

第 2 章では、DLC 膜による熱水からのシリカ付着抑制方法の提案のための対照実験方法及びケイ酸イオンのカーボン系硬質膜に対する吸着エネルギーの計算手法について提案している。

第 3 章では、種々の DLC 薄膜の中からシリカ付着抑制効果のある最表面構造の探索を行うため模擬熱水によるシリカ付着試験を行い、蒸気タービン翼に用いられる SUS420J1 と比較して、ta-CN_x膜が窒素の含有量に依存し 3~22% のシリカ付着低減、a-C:H では水素の含有量に依存し 2~21% 減少することを明らかにしている。これらの結果から DLC 膜の応用によりシリカの付着量を 1/8 (12.5% 以下) に抑制し、メンテナンス期間を 8 倍伸ばすことが可能になる事を示しており、地熱発電の普及拡大のための重要な知見である。さらに、付着抑制効果が顕著な DLC 薄膜の最表面のカーボンの結合形態の分析を行い、sp²結合量が多いほどシリカ付着を加速することを明らかにしている。これはシリカスケールの低付着化のための重要な知見である。

第 4 章では、sp²結合がシリカ付着に及ぼす影響を顕著にするため、最表面が sp²結合だけで構成される HOPG (高配向熱分解グラファイト) において模擬熱水によるシリカ析出付着試験を行い、予想に反し sp²結合だけではシリカは付着せず、sp²結合に伴う欠陥がシリカ付着の根源であることを丁寧な実験で明らかにしている。これらの研究成果は、DLC 内の sp²結合由来の欠陥に対するシリカ付着メカニズムの解明という新たな学問的問いを与え、DLC 表面の sp²結合由来の欠陥に対するケイ酸イオンの吸着エネルギーの計算を行うに至っている。得られた計算結果より sp²結合由来の欠陥に対してケイ酸イオンの吸着エネルギーが高いことが示され、この欠陥部がシリカ付着の起点となり、この欠陥の数を減少させることが DLC 薄膜のシリカスケール低付着化指針であることを明らかにしている。これは、本研究の中核となる重要な知見である。

第 5 章では、本研究の結論を与え、今後の DLC 薄膜の地熱発電への応用に向けた DLC 薄膜実用化の課題についてまとめている。

以上のように本論文では地熱発電における熱水からのシリカスケールの付着抑制のために DLC を応用する際の低付着化指針を提案している。得られた結果は、再生可能エネルギーである地熱による発電における DLC 薄膜の有効利用のために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である中島悠也君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。