

博士論文審査の結果の要旨

氏名	ZHANG YI
学位名	博士（工学）
学位番号	甲 第 823 号
論文題目	Study on optimizing water harvesting through bioinspired nano composites（バイオインスパイアされたナノ複合材料による水採取の最適化に関する研究）
論文審査委員	主査 森川 英明 宇佐美 久尚 朱 春紅 山下 義裕（福井大学工学部）

（博士論文審査の結果の要旨）

「水」は人間だけでなく地球上のすべての生物にとって重要な資源である。一方、地球環境の変化や人口増加、産業活動の活発化等により、人類は世界的な水資源の危機に直面しており、3億人を超える人々が必要な水を得られておらず、また約22億人が安全な水を確保できていないとされている（2019, UNICEF/WHO）。

本学位論文は、これら水資源の課題を解決するために、カビや植物、砂漠の甲虫など生物が水を採取する機能に着目し、これらを模倣することで、大気中の水蒸気の捕集、および海水の淡水化・捕集を目的としたナノファイバー、および新たな複合材料を創製し、その構造、物性、機能性等について検証したものである。

学位論文は以下の5章からなる。第1章では緒言として、地球規模での水資源問題など本研究の背景、およびバイオミメティクスによる生物の水捕集に関する既存の研究、さらに関連する素材や技術・応用例について概説している。第2章では、カビなどの菌類に着目し、実際に培養した複数の菌類における集水メカニズムを観察すると共に、この構造・機能から親疎水性をコントロールしたPU ナノファイバー層（疎水性）と濾紙層（親水性）によるサンドイッチ状の集水複合材料を検討し、良い結果を得ている。第3章では、PU ナノファイバー、カーボンナノスフェア、カーボンナノチューブ等により親水・疎水性を複合した階層膜を創製し、太陽光を利用した海水の蒸留・収集システムについて検討を行い、優れた集水効率と海水蒸発速度を達成している。またこれらによる複合構造体と実際の応用についても検討している。第4章では、さらに集水効率を向上させるため、PVA、アルギン酸ナトリウム、ホウ砂、ゼオライト、グラフェン等を用いた複合ハイドロゲルを創製し、その集水性能について検証を行っている。その結果、霧からの高い水捕集能を達成する一方、日中の太陽光下での高い水放出能も確認でき、水採取材料としての実用に繋がる結果を得ている。第5章は本論文の総括と今後の課題・展望について述べている。

以上のように、本論文は大気中の水蒸気および海水からの蒸留による水捕集を、メッシュコレクタへのエレクトロスピニングによる新規ナノファイバー膜や、多機能に複合化されたハイドロジェルなどの機能性材料を用いて高効率化し、その集水効率の評価・検証等により実用可能性を検証している。これらの成果・内容には学術的価値があると共に、大気中・海中からの水採取技術として今後、国際的な課題解決に向けた応用面でも有用な知見を得ていることから、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

(公表主要論文名)

1. Yi Zhang, Chunhong Zhu, Jian Shi, Shigeru Yamanaka, and Hideaki Morikawa, Bioinspired Composite Materials used for Efficient Fog Harvesting with Structures that Consist of Fungi-Mycelia Networks, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10, 38, 12529-12539, 2022.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c01816>
2. Yi Zhang, Yingying Cai, Jian Shi, Hideaki Morikawa, Chunhong Zhu, Multi-bioinspired hierarchical Janus membrane for fog harvesting and solar-driven seawater desalination, *Desalination*, 540, 115975, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115975>
3. Yi Zhang, Feifei Wang, Yongtao Yu, Jiajia Wu, Yingying Cai, Jian Shi, Hideaki Morikawa, Chunhong Zhu, Multi-bioinspired hierarchical integrated hydrogel for passive fog harvesting and solar-driven seawater desalination, *Chemical Engineering Journal*, 466, 143330, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143330>