

氏名	宋 保 銀
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博乙第 3459 号
学位授与の日付	平成12年 3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文の題目	A Study of Heat and Mass Transfer of a Falling Water Film, and Its Applications in an Open-Type Solar Thermal Energy Collector and Melting Falling Snow (流水膜の熱及び物質伝達とその太陽熱集熱器及び融雪への応用に関する研究)
論文審査委員	教授 稲葉 英男 教授 山本 恭二 教授 富田 栄二

学位論文内容の要旨

For the shortage of the earth's resources, the environmental pollution and the hazards caused by snow accumulation, effectively utilizing solar energy and water resource was concerned in the present study. Therefore the heat and mass transfer of a water film falling down a tilted substrate with radiant heating and film evaporation, the performance of an open-type solar collector, and preventing snow accumulating on a roof or a road using warm water were chosen as the main contents for this thesis.

The heat, mass and momentum transfer of a falling water film have been studied numerically. The results revealed that the gradients of temperature and the mass fraction of water vapor in the air layer, and wind speed played a key role in the air-water interfacial heat and mass transfer. The water film flow rate mainly influenced the film eddy viscosity. The magnitude of solar incident flux had an important effect on the water film temperature. The energy absorption performance and limiting characteristics of an open-type solar collector were investigated. The results predicted that there was an optimum length and tilt angle for the absorbing plate for which the collector could obtain the highest energy absorptance. The wind speed and the inlet water temperature exercised an intensive influence on the energy absorption of the collector. The operating temperature and the water evaporation rate reached their maximums at noon solar time and kept about a higher constant for four and two hours before and after the noon time, respectively.

A study of melting falling snow on a roof using warm water flowing along sheet channels was performed. A fully spread uniform water film in the sheet channel was observed. The experimental results revealed that the temperature drop in the sheet channel mainly depended on the snowfall intensity, atmospheric temperature and wind speed. The temperature drop in the channel next to the roof edge was much larger than that in the middle channels. There was reasonably good agreement between the measured and predicted water temperatures. Preventing snow accumulating upon an inclined substrate using a water film has been studied numerically. The critical conditions of the inlet temperature and flow rate of the water film for various parameters were given out. The numerical results were correlated in terms of effective Nusselt number, with Reynolds, Prandtl and Gukhman numbers for simplifying the prediction.

論文審査結果の要旨

1997年の国際温暖化防止京都会議以降、エネルギー供給源として環境負荷の少ない太陽エネルギー等の再生可能エネルギーの利用割合を増大すべく、その導入普及に関する様々な方策や研究開発が活発化している状況にある。一方において、異常気象のために世界各地で寒波や豪雪による被害が著しく増大している。本論文は、熱媒体として我々に最も身近な水を対象として、流下状態にある水膜の持つ熱そして物質伝達機能の基本的特徴を解析的に解明し、その流下水膜を開放型太陽熱集熱器や降雪の除去法に活用するものである。まず自然環境条件下での傾斜した平板上に水を流動させ、薄い水膜を形成させた場合の水膜と大気間における熱や水分移動に関する基礎方程式の誘導を行っている。特に、水膜及び大気の流れが層流及び乱流の両方にわたる運動方程式をその境界条件に連成して導いている。さらに、水膜表面や内部での日射エネルギーの吸収や散乱そして水膜表面での蒸発や凝縮現象を組み込んだ熱・物質伝達に関する複雑な基礎方程式の提案を行っている。数値計算結果としては、水膜に接する大気層の湿度や温度勾配そして風速が水膜の乱流渦拡散に大きく影響を及ぼすことと日射強度が水膜の温度変化に主要な役割を果たすことを定量的に解明している。次に、日射を受ける傾斜面に水膜を流下させた開放型太陽熱集熱器の性能予想に関する数値計算を行い、気象条件に応じて、最大の集熱効率を得ることが出来る集熱面の長さや傾斜角に関して最適な条件を見いだしている。さらに、風速や流入水膜温度が集熱器の日射吸収に大きく影響することも明らかにしている。最後に、屋根などの傾斜面での積雪を防止させるために、傾斜面に温水膜を形成し、降雪を融解除去に関する検討を行っている。その結果、傾斜面を流下する温水の温度降下は主に降雪強さ、大気温度そして風速により大きく影響を受けることを定量的に解明している。さらに、傾斜角や傾斜面の長さなどの効果も含めた、流下温水膜による限界消雪条件に関する有用な関係式の誘導に成功している。

このように、本論文は流下水膜の熱・物質移動に関する広範囲な条件での基礎方程式の誘導とその結果の学術的検討を十分に行っており、さらに、水膜を利用した開放型太陽熱集熱器の最適性能予測や傾斜面降雪防止の限界条件の特定など工学分野での応用への展開を図っている。従って、本論文は、博士（工学）論文として十分にその価値を認める内容のものであると判断する。