

氏名(本籍) いの うえ けん と 井上兼人(兵庫県)
 学位の種類 博士(学術)
 学位記番号 博乙第2376号
 学位授与年月日 平成20年4月30日
 学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
 審査研究科 生命環境科学研究科
 学位論文題目 海水と内陸部との温度差を利用した脱塩技術

主査	筑波大学教授	理学博士	藤村 達人
副査	筑波大学教授	農学博士	島田 正志
副査	筑波大学教授	農学博士	永木 正和
副査	筑波大学教授	農学博士	瀧川 具弘
副査	筑波大学講師	農学博士	藤卷 晴行
副査	筑波大学 北アフリカ研究センター 特任教授	農学博士	安部 征雄

論文の内容の要旨

海水の淡水化は乾燥地での水供給にとって重要な技術である。海水の脱塩技術は水資源が乏しい一部の地域では現在既に行われており、生活用水や農・工業用水として利用されるようになってきている。しかしそれらは、エネルギーコストの面から産油国等のそれを負担できる国(地域)に限定されている。今後のエネルギー供給の状況を鑑みると、コストおよび将来枯渇が予想されている化石燃料からのエネルギー投入がより少なく抑えられる持続的な技術の開発が望まれている。本研究においてそのような条件を満たすような提案および実証研究を行った。

原理としては、(1) 海水はそのエネルギーは低密度ではあるが、大量に存在することから総量として膨大なエネルギー源として考えられ、それを蒸発のエネルギー源として利用すること、(2) 内陸乾燥地は夜間は放射冷却状態となり、その結果もたらされる冷気を前者のエネルギーを利用して生産した水蒸気の凝縮に利用すること、および、(3) 送水パイプ内を水蒸気の気体状態で移動させることを想定しヒートパイプの原理で水を移動させるという3つの要素を結合したものである。これによって低コスト投入型の淡水化システムを提案している。

やや具体的に説明すると、ヒートパイプの原理を応用し、凝縮液を還流させずに回収することで、脱塩と同時に脱塩水を内陸部へ輸送することが可能な技術を提案し、それを造水パイプラインシステム(Desalination Pipeline System)と命名した。造水パイプラインシステムのエネルギー源は海水と内陸部との温度差である。造水パイプラインシステムの計算モデルを構築し、室内内に実証実験設備を構築してその妥当性を実際に確認した。さらにこの結果をもとに、イエメン共和国の首都サナアおよびヨルダン・ハシミテ王国のEI-Qurenを対象地として、実際の気象条件に基づき、精製量の試算を行った。計算結果によると、造水パイプラインシステムは年間を通じて沿岸から約100km内陸へ脱塩水の供給が可能であり、精製・輸送量は輸送

部の管径 2m では 3.2-35.0 L/min (約 10,000m³/yr), 管径 4m では 19-205 L/min (約 60,000m³/yr) であることが明らかとなった。管径 4m の場合, 小規模なカナートの水量である 60 ~ 1500 L/min に匹敵する水量であった。

続いて, 造水パイプラインシステムの生産性の向上を図った上で, 概略コストの算出を行った。造水パイプラインシステムの水蒸気輸送部分を短距離で大きな温度差のとれる急斜面部分に限定することで水蒸気輸送効率の向上を図ると共に, 凝縮部を分岐することで凝縮効率の向上を図った。その結果, 輸送部 1 本あたりの淡水精製率を既往モデルの約 3 ~ 5 倍に高めることが可能となった。効率を高めたモデルを用いて, 実際の大口径パイプライン建設事業であるリビアの大人工河川プロジェクトの建設費を参考に造水パイプラインシステムの建設費を推定し, 耐用年数を 50 年間として費用対効果の検討を行った。その結果, 淡水の単価は 3 ~ 20USD/m³ となった。沿岸部と山岳部が近接している造水パイプラインシステムに最も適した地形条件下に適用した場合の淡水単価である 3USD/m³ については, 従来の脱塩プラント単独では供給し得なかった内陸部で淡水を得ることができるという付加価値を考慮すれば, 既存技術に十分対抗できることが示された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

海水の淡水化は乾燥地での水供給にとって重要な技術である。本論文では, 乾燥地内陸部での放射冷却に伴う冷気を, いわば (逆) エネルギー源とする, という逆転の発想を提案したという新規性がある。この着想が実現可能かをモデル施設での実験, 理論的な計算, また実際規模での試算を行い, その有用性を明らかにした。その結果, 地球上で条件の良い場所を選べばそれらの地域に十分に水を供給できる実行可能な技術であることを明らかとした。論文は技術的な価値が高く, また内容は高度であると評価した。

よって著者は博士 (学術) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。