

氏名	小野 勇次
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲 第 693 号
学位授与の日付	平成 30 年 3 月 20 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	ナノ細孔性カーボンの水同位体吸着特性および吸脱着法を用いた水同位体分離
論文審査委員	主査 准教授 酒井 俊郎 教授 奥村 幸久 教授 手嶋 勝弥 准教授 岡田 友彦 教授 酒井 秀樹 (東京理科大学)

論 文 内 容 の 要 旨

水 H_2O の安定同位体分子である重水 D_2O は、原子炉や放射線治療の減速材として使用されており、また、重水素は有機発光ダイオードや医薬品の性能向上への応用、核融合炉の燃料としても期待されている。一方、自然界の水に含まれている重水素 150 ppm よりも少ない重水素濃度 135 ppm 以下である重水素低減水は、免疫力向上、癌細胞の抑制など体内で良い効能を有することが示されている。しかしながら、重水の濃縮、低減は大規模な装置、大きなエネルギーを必要とする。そこで、本研究では、カーボン材料への吸脱着法を利用した低エネルギーな重水分離法の検討を行った。

本論文は第 4 章で構成されている。

第 1 章では、本研究の背景として、重水の用途、重水素低減水の効能、重水分離法、 H_2O および D_2O の性質、カーボン材料および吸着現象について、ナノ細孔性カーボンへの水蒸気吸着に関する過去の研究を示し、また、本研究の目的、構成を述べた。

第 2 章では、3 種の異なる活性炭素繊維への H_2O および D_2O 吸着等温線測定を検討した。その結果、 D_2O 吸着等温線は、等温線の立ち上がり部分で H_2O 吸着等温線よりも高相対圧側にシフトし、細孔径が大きいほど、このシフト幅が大きいことを示した。小さいマイクロ孔への吸着では、小さい水クラスターの数が増えるように吸着するのに対し、大きいマイクロ孔では、水クラスターサイズが大きくなるように吸着することが明らかになっている。この結果を考慮すると、水蒸気吸着における水クラスターサイズの成長過程にて、水素結合がより大きく寄与していると考えられる。また、吸着等温線の各測定点の吸着時間を長くした結果、吸着量の増加量は H_2O のほうがより明らかであり、これは、 H_2O のほうが水素結合ネットワークによる水クラスター形成速度が速いためと考えられる。さらに、吸着測定温度を変えて吸着等温線を測定した結果、 D_2O のほうが高い凝縮熱であるにも関わら

ず、脱着熱では、 H_2O のほうが高い値を示し、カーボン細孔内では、 H_2O のほうが D_2O よりも安定であることを示した。これらの H_2O と D_2O の明確な差について、 H_2O と D_2O の水素結合の強さの違いから考察した。

第 3 章では、第 2 章で示した活性炭素繊維の H_2O および D_2O の吸着差を利用して、自然界の水に含まれる希薄な D_2O の分離を検討した。その結果、吸着および脱着により、重水素濃度を 143 ppm から 125 ppm まで低減させることができ、また、活性炭素繊維の細孔内に重水を濃縮することができた。また、この濃縮割合は、平衡圧力にて比較した吸着等温線における D_2O の吸着量と H_2O の吸着量の差に関係し、吸着等温線の形状が垂直に立ち上がる吸着剤にて、より重水分離効率が向上することを明らかとした。

第 4 章では、本研究を総括し、結論および今後の展望を述べた。

以上のように、ナノ細孔性カーボンへの水蒸気吸着について、本研究では、 H_2O の安定同位体である D_2O を用いるという過去の研究とは違うアプローチにて検討を行い、水クラスターの成長過程にて、水素結合が大きく寄与していることを実験的に明らかにした。また、吸脱着法により、低濃度の D_2O を分離できることを示し、さらに、 D_2O 分離に適した吸着等温線の形状を有する吸着剤を使用することで、より D_2O 分離効率を向上できる可能性があることを示した。