

令和5年10月16日

各報道機関 御中

国立大学法人山梨大学

トリチウム水よりも軽水を吸着しやすい無機材料の開発

本学クリスタル科学研究センターの熊田伸弘教授，武井貴弘教授，齋藤典生助教らの研究グループは，大塚化学株式会社研究開発本部の森宏仁氏，河野和浩氏と共同で，トリチウム水より軽水を吸着しやすい無機材料を開発しました。

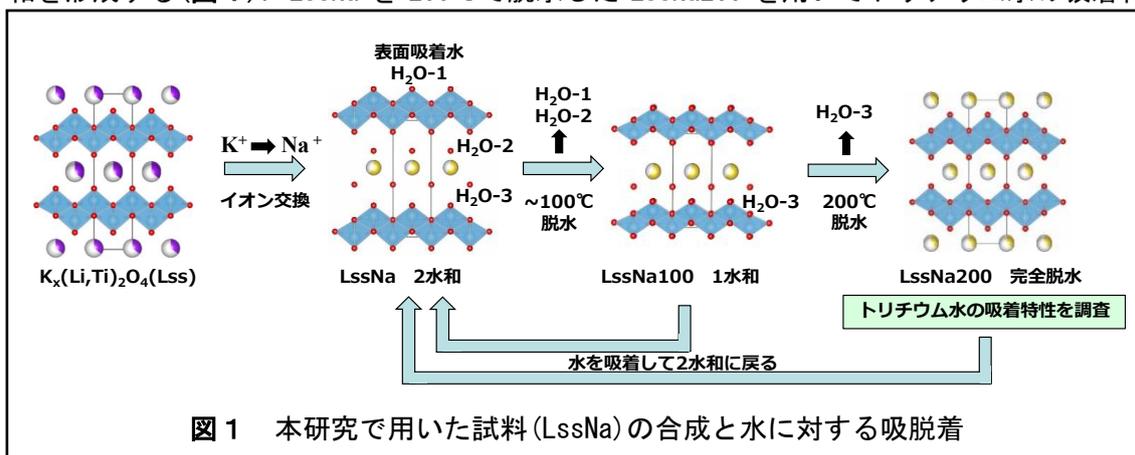
本研究成果は，10月19日（木）～20日（金）に長岡市で開催される連合年会2023（第36回日本イオン交換研究発表会・第42回溶媒抽出討論会）において発表予定です。

本研究の背景および社会的意義

トリチウム(T)は水素(H)の同位体であり，トリチウムは化学反応における物質の反応性の追究や化学分析を容易にできるトレーサーとして利用されている。また，トリチウムは将来の実現を目指している核融合炉の燃料としても用いられる。そのトリチウムを含むトリチウム水(HTO)は通常の水である軽水(H₂O)と性質が類似しているため，トリチウム水と軽水を分離することは困難である。トリチウム取扱い施設では低濃度のトリチウム水については基準値以下に希釈にして排出する一方で，高濃度のトリチウム水については，核融合炉の燃料や各種研究開発での有効活用の観点から，トリチウムを分離して再利用することが望まれる。これまで様々な方法で軽水とトリチウム水の分離が試みられているが，大規模な設備や莫大なエネルギーが必要となるため，実用化に至っていないのが現状である。対して，吸着材を用いたトリチウム水の分離は，設備規模やエネルギー等の観点から有望な方法の一つである。これまでの吸着材はトリチウム水が吸着しやすく，トリチウム水の分離にはトリチウム水の吸着あるいは捕捉が試みられてきたが，今回の研究成果はこれまでとは逆にトリチウム水を含む水において軽水を吸着しやすい無機材料を開発できたことである。本成果はトリチウム水分離に関する新たな基礎的知見として将来役立つことが期待される。

方法と結果

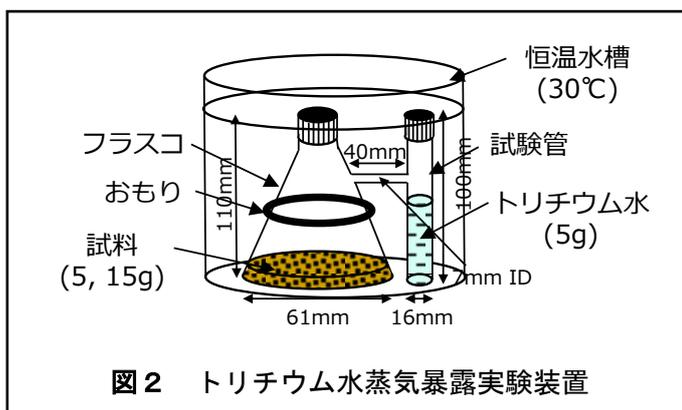
層状構造を持つ $K_x(Li, Ti)_2O_4$ (大塚化学社製: テラセス) (Lss) の層間の K^+ イオンは Na^+ イオンでイオン交換可能であり, そのイオン交換体 (LssNa) の層間は 2 層に水和している. LssNa の表面吸着水 (H_2O-1) および層間水 (H_2O-2) およびは $100^\circ C$ までに脱離し, $200^\circ C$ までに H_2O-2 に脱離して完全に脱水した LssNa200 が得られ, この LssNa200 は容易に可逆的に元の 2 水和を形成する (図 1). LssNa を $200^\circ C$ で脱水した LssNa200 を用いてトリチウム水の吸着特



性を調べた. LssNa200 (5, 15g) とトリチウム水 ($0.38MBq/g$) 5g が図 2 に示すようにお互いが直接接触することのない試料管に入れて, $30^\circ C$ の恒温槽で最長 64 日間処理することでトリチウム水蒸気暴露によるトリチウム水の吸着特性を調査した. 比較のために Lss, LssNa を $100^\circ C$ で 1 時間加熱したもの (LssNa100), 層間を Mg^{2+} イオンでイオン交換した試料 (LssMg) および参照試料としてゼオライト (MS3A) を用いた. 反応終了後, トリチウム水および試料中のトリチウム量を軽水中に放出させてその放射線量を液体シンチレーションカウンターで計測した.

図 3 にトリチウム水蒸気暴露後のトリチウム水濃度と初期濃度の比 (C/C_0) のトリチウム水蒸気暴露時間依存性を示す.

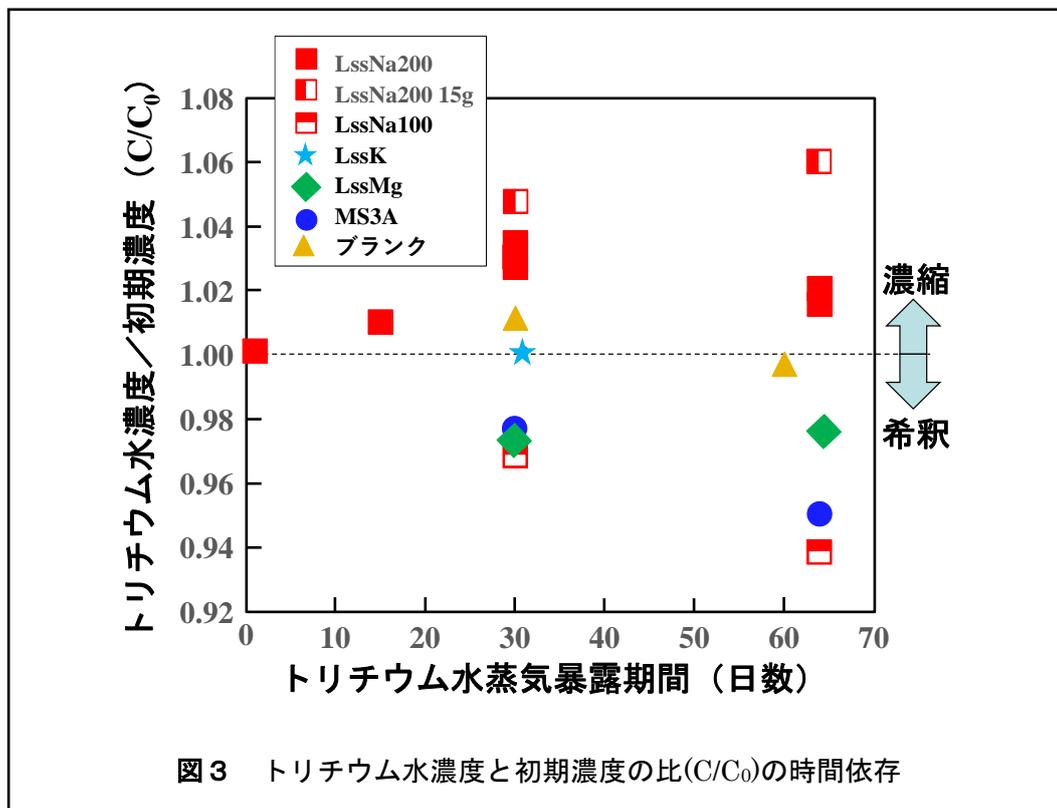
LssNa200 は C/C_0 比が 1 より大きくなり, トリチウム水が濃縮されていることを示した. 一方, LssNa100, LssMg および MS3A では 1 より小さくなり, トリチウム水が希釈された. このようにトリチウムよりも軽水を取り込みやすい傾向を示す無機材料は初めての例



である. LssNa の層間には H_2O-2 と H_2O-3 の 2 種類の水和水が存在しており, H_2O-2 は $100^\circ C$ までに脱離し, H_2O-3 は $100\sim 200^\circ C$ で脱離するので, 同じ H_2O でも母相との結合状態が僅かに異なっていると考えられる. また, H_2O-2 を脱離させた LssNa100 ではトリチウム水を希釈し, H_2O-3 まで脱離させた LssNa200 ではトリチウム水を濃縮することから, H_2O-2 ではト

リチウム水を吸着しやすく、 H_2O-3 ではトリチウム水よりも軽水を吸着しやすいと考えられる。このように層間に2種類の異なる H_2O の吸着サイトが存在することにより、僅かであるがトリチウム水よりも軽水を取り込むことができたと考えられる。

今回の発表内容については特許出願済である。



今後の展開

トリチウム水と軽水はその性質が類似していることから分離することは難しいが、今回層状化合物の層間水として吸着する場合に軽水の方を吸着しやすい無機材料があることを発見した。この特徴を利用してトリチウム水の吸着を避けたい部材への応用等も考えられる。また、この材料を東京電力福島第一原子力発電所の処理水からのトリチウム除去に応用することを期待するが、未だ不明な点も多くさらに多くの検証実験が必要である。

用語説明

トリチウム：トリチウムは三重水素とも呼ばれ、質量数3である水素の放射性同位体で、陽子1個と中性子2個から構成される核種で、半減期は12.32年である。

層状化合物：その結晶構造において2次的に層状を形成する化合物のことで、天然に存在する粘土鉱物には層状構造を有するものが多い。層間にアルカリ金属イオンを持つ化合物には外部の他の金属イオンとのイオン交換が可能な場合がある。

ゼオライト：沸石と呼ばれ、マイクロサイズ(0.3~1nm)程度の細孔を持つ結晶性のアルミノケイ酸塩の総称である。分子ふるい、イオン交換体および触媒などに応用されている工業材料で、天然鉱物として産出するが、人工的にも合成されている。

研究発表情報

発表会場：連合年会2023（第36回日本イオン交換研究発表会・第42回溶媒抽出討論会）

発表日時：2023年10月19日（木）～20日（金）

講演タイトル：層状チタン酸ナトリウムのトリチウム水吸着特性

講演者：山梨大学クリスタル科学研究センター 熊田伸弘教授，武井貴弘教授，齋藤典生助教

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 枝尾祐希主幹研究員
大塚化学株式会社研究開発本部 森宏仁氏，河野和浩氏

【お問い合わせ先】

（研究に関すること）山梨大学クリスタル科学研究センター
教授 熊田 伸弘（くまだ のぶひろ）

TEL：055-220-8615 E-mail：kumada@yamanashi.ac.jp

（広報に関すること）山梨大学総務企画部総務課広報企画室

TEL：055-220-8005 E-mail：koho@yamanashi.ac.jp