

気体の熱は金属にどう伝わるか？

気体と金属の間での熱の伝搬過程を解明→新たな熱伝達制御へ

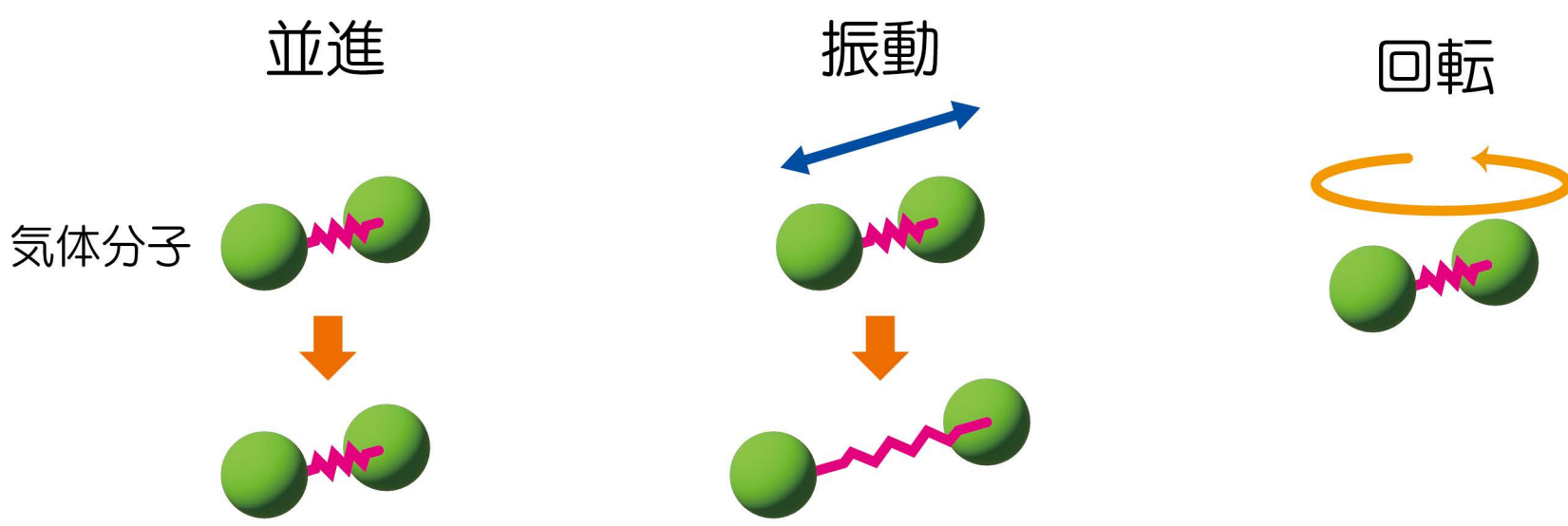
課題 気体の運動には「並進」「振動」「回転」の3つがある
「並進」「振動」のエネルギーが「熱」として金属に伝わる過程は分かっていたが、「回転」エネルギーの伝搬過程は不明だった

成果 水素分子のスピンの向きの変化を観測
気体の持つ「回転」エネルギーは金属表面の電子と格子振動が担うことを解明

想定される活用例 気体から金属への熱伝達の自在な制御につながる重要な知見
新たな断熱材の開発などへの応用が考えられる

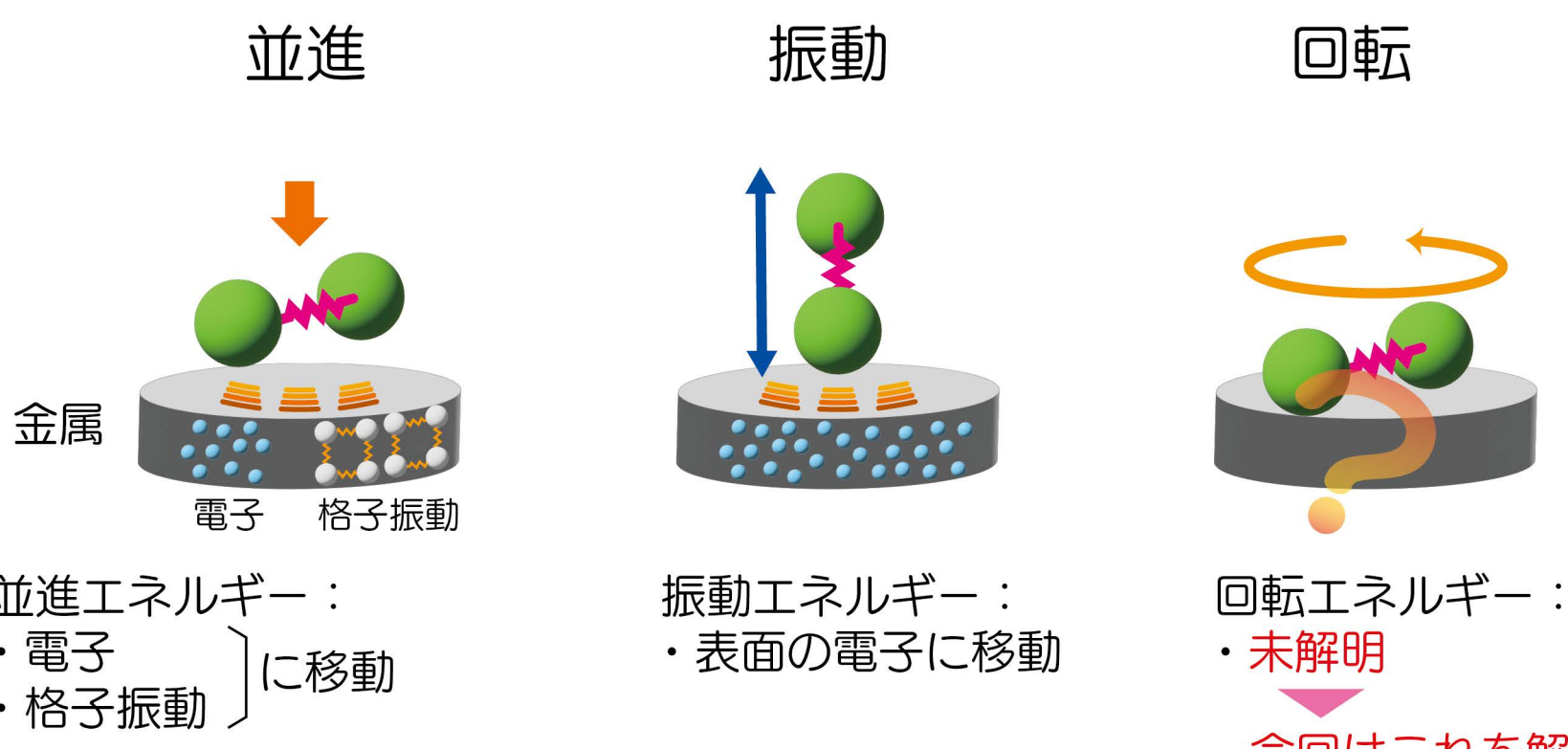
気体の運動

気体分子の動きには3種類ある：並進・振動・回転



※2つ以上の原子でできた気体分子。ヘリウムのような単原子の気体は「並進」エネルギーのみ

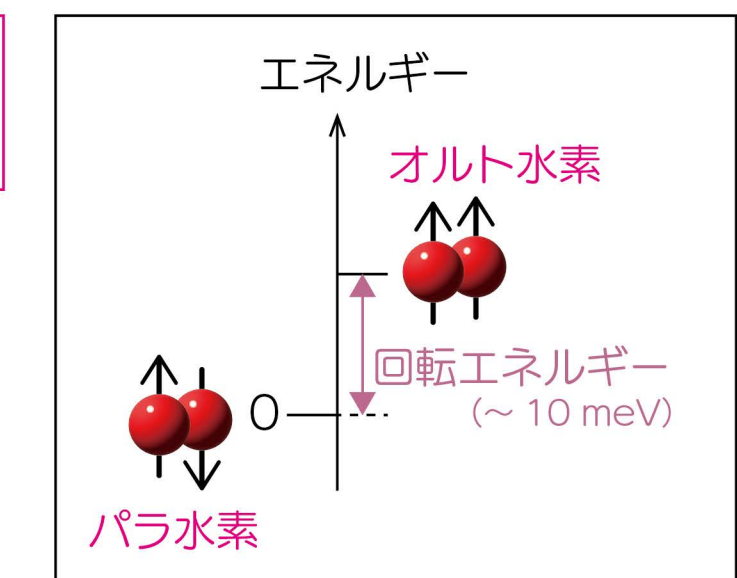
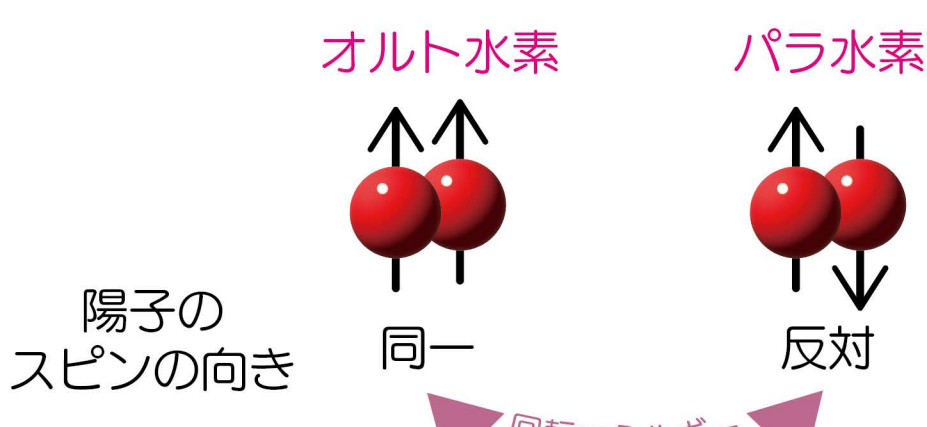
気体→金属間のエネルギー移動 (= 熱移動)



今回はこれを解明したい

水素分子のエネルギー状態

水素分子には、スピンの向きが異なる2種類の「回転エネルギー状態」がある



スピンの向きが転換する際に回転エネルギーの移動を伴う。この性質を利用して、気体から金属への回転エネルギーの伝達を調べる

パラジウム



パラジウム

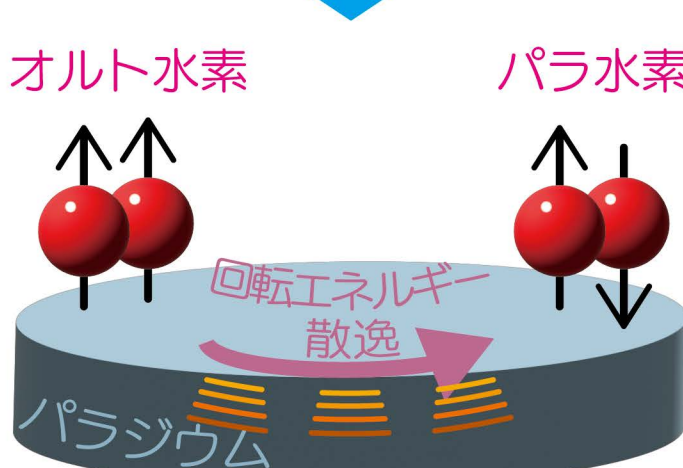
原子番号：46

水素と結合する能力が高く、水素吸蔵合金等に使用される

今回はこの性質を利用して、水素と結合する金属として使用する

オルト水素からパラ水素への変化率の温度依存性

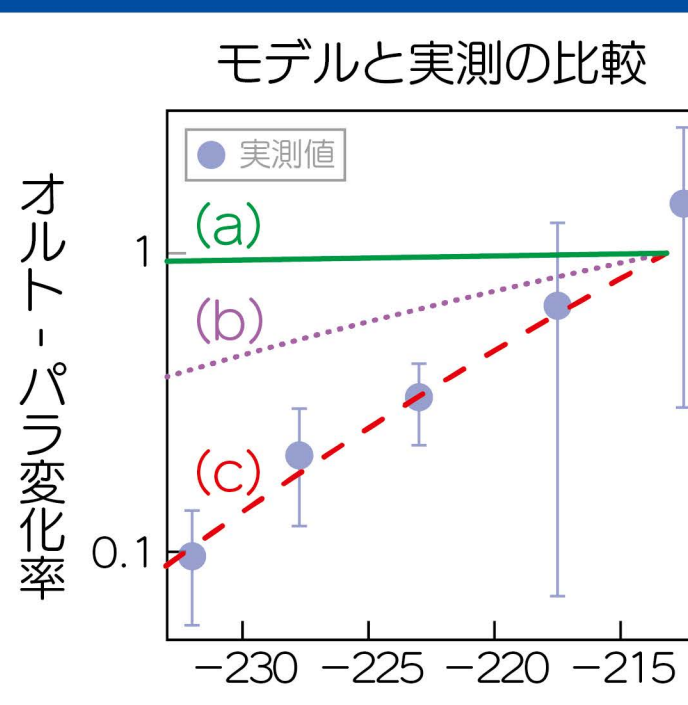
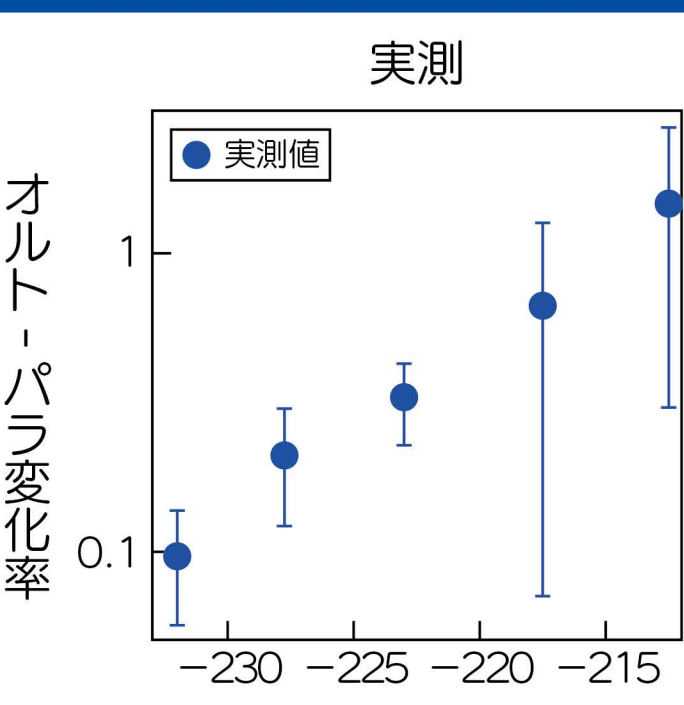
回転エネルギーは小さいので直接観測するのは難しい



「回転エネルギーの散逸」を理解する糸口として、オルト→パラへの変化率の温度依存性を調べる

水素分子が金属表面へ吸着可能な温度帯 -232℃～-213℃温度域で温度依存性を調査

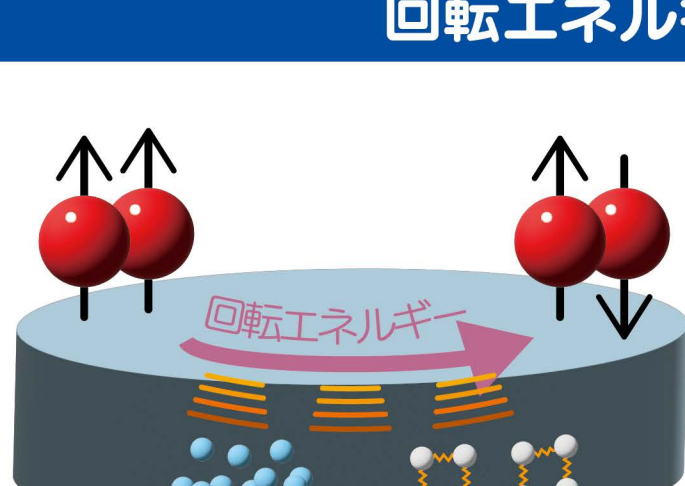
オルト - パラ変化率の温度依存性の計測とモデル検証



表面温度の上昇に伴ってオルト-パラ変化率も高くなる (約10倍)

「回転エネルギーの散逸」の過程を考えるため3つのエネルギー移動モデルを考える
(a) 「回転エネルギー」がすべて電子へ移動
(b) 「回転エネルギー」の一部が電子へ移動、残りは1つの格子振動へ移る
(c) 「回転エネルギー」の一部が電子へ移動、残りは2つの格子振動が担う

回転エネルギーの伝搬過程の解明



回転エネルギー ≒ 格子振動のエネルギー (約10 meV)
エネルギースケールのマッチングが重要

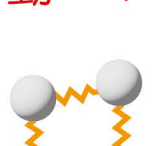
気体→金属間の回転エネルギー移動とその応用

気体→金属間のエネルギー移動 (= 熱移動)

並進エネルギー：表面の電子に移動 + 格子振動に移動

振動エネルギー：表面の電子に移動

回転エネルギー：表面の電子に移動 + 格子振動が担う ←今回解明



格子振動の大きさは、元素や構造で大きく変わる

金属表面の元素の種類を変えることで、格子振動を制御可能

気体から金属への熱の伝わりやすさを制御できる可能性