



| | |
|--------------|---|
| Title | H2-Anions in Solid Hydrogen |
| Author(s) | 熊田, 高之 |
| Citation | 大阪大学, 1999, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.11501/3155668 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

| | | | |
|---------------|---|--|--|
| 氏 名 | 熊 田 高 之 | | |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (理 学) | | |
| 学 位 記 番 号 | 第 1 4 7 8 0 号 | | |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 11 年 3 月 25 日 | | |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 2 項該当 | | |
| 学 位 論 文 名 | H ₂ ⁻ Anions in Solid Hydrogen (固体水素中におけるH ₂ ⁻ アニオン) | | |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教 授 大貫 惇睦 | | |
| | (副査) 教 授 大山 忠司 教 授 阿久津泰弘 助教授 金道 浩一 助教授 摂待 力生 | | |

論 文 内 容 の 要 旨

水素分子は質量が大変軽く分子間結合力が非常に弱い。このことから固体水素中における各分子のゼロ点振動が格子定数の18%に及ぶなど、一般固体中で無視している量子的挙動が諸物性に顕著に表われている。そのため、固体水素は固体ヘリウムと共に“量子固体”として分類され、今世紀初頭より数多くの研究結果が報告されている。近年では固体水素結晶の高いコヒーレンスに注目した高分解能赤外吸収など、応用面からの注目もなされている。

固体水素中に束縛されたイオン種もまたイオンクラスター、エレクトロンバブルなど量子固体特有の現象が表れることを期待されている系であった。しかしながら1980年代からの様々な実験的試みにもかかわらず、測定手段、データの信頼性などの面で、量子力学的効果のより高い固体ヘリウム中におけるイオン種の研究に対し大きく立ち後れていた。

近年宮崎らは、水素分子の中でも特に核スピンを持たないパラ水素のみを生成したうえで試料として用いると、捕捉されたラジカル種の ESR による測定感度が飛躍的に向上することを見出した。今回、この手法を固体水素中のイオン種研究に用い、X 及び γ 線によってはじき出された不対電子が本来気相中では不安定な H₂⁻アニオンの形で数時間に渡り安定に存在していることを見出した。このことは、これまで固体水素中におけるアニオン種はエレクトロンバブルであるとする予想を覆す画期的な発見である。また、周囲の結晶場により気相中で不安定とされる H₂⁻アニオンが安定に存在することを立証するものである。

この固体パラ水素中の H₂⁻アニオンの減衰速度は、3 K 以下では温度の上昇に正比例的に早くなる一方、3 - 5 K では逆に遅くなり、5 K 以上では指数関数的に早くなる。またパラ水素試料中における同位体不純物 HD 分子の濃度を増やすと H₂⁻アニオンの減衰速度は早くなり、オルソ水素の不純物濃度を増やすと逆に遅くなる。このような温度依存性及び不純物濃度依存性は、H₂⁻との反応種である同位体不純物 HD 分子が、古典的過程のみならず固体中のサイト間を量子力学的トンネリングによって拡散することを示すものである。HD 分子のような重い粒子の量子拡散は量子固体でしか見られない特有な現象であり、固体水素の物性を反映した大変興味深い現象である。

論文審査の結果の要旨

固体ヘリウムと並んで量子効果の著しい固体水素を基にした研究である。その固体水素は触媒を利用して核スピンを持たないパラ水素のみで形成されている。そこに放射線を照射して、 H_2^- アニオンを生成することに成功した。 H_2^- アニオンの存在は、その核スピンによるESRのスペクトルから同定された。この成功の一因は、オルソ水素をパラ水素に変換してパラ水素のみで試料を生成して、ESRの測定感度と分解能を飛躍的に向上させたことによる。

次に本研究は広義の低温での化学反応を発展させた。すなわち、固体パラ水素中の H_2^- アニオンの減衰速度について詳細に研究を行い、量子拡散の特徴も実験的に見出した。

本研究は固体水素の物性を反映した大変興味深い現象であり、本論文は博士（理学）の学位論文として充分価値あるものと認められる。