

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

研究課題名	全元素の超伝導化
研究機関・部局・職名	大阪大学・極限量子科学研究センター・教授
氏名	清水 克哉

【研究目的】

低温で物質の電気抵抗がゼロになる超伝導は、学術的にも産業的にも大きなインパクトをもつが、どのような物質が超伝導になるのか、室温で実用できる超伝導体が存在するのか明らかにされてはいない。水素が高圧力状態で室温超伝導体になることは、理論的に予言されているが、その実験的検証は、100年来の課題である。本研究の最終目標は全ての元素を高圧力状態で超伝導化することであるが、元素のもつ様々な特徴を代表する性質を持つ、いわばマイルストーンとなるべき5元素、水素、炭素、酸素、金、鉄を選び、集中的にそれらの元素及びその関連元素の超伝導の実現を目指す。

この目的の達成にむけて、以下の6項目を具体的な開発項目に挙げている。

- (1) 300万気圧以上の超高压発生技術の開発
- (2) 放射光、及び中性子線回折による超高压化構造開発技術の開発
- (3) 超高压印加のための試料の微細加工技術の開発
- (4) 核断熱消磁化冷凍機の利用によって超低温・超高压の実現
- (5) 不純物や結晶欠陥等が少ない高純度試料の作製
- (6) 理論計算による超高压下物性の予測と新物質、新機能設計

【総合評価】

<input type="checkbox"/>	特に優れた成果が得られている
<input type="checkbox"/>	優れた成果が得られている
<input type="radio"/>	一定の成果が得られている
<input type="checkbox"/>	十分な成果が得られていない

【所見】

① 総合所見

「全元素の超伝導化」という単純明快な目的であるがために、進捗状況の評価規準も単純明快とならざるを得ない。マイルストーン5元素（水素、炭素、酸素、金、鉄）のうち、このプロジェクト以前に、すでに酸素と鉄については高圧下で超伝導をこのグループは発見しているので、「超伝導化」という観点では、水素、炭素、金がターゲットとなっていたが、これらについて超伝導化は実現されなかった。研究

の達成が極めて困難を伴うことは十分予想できるが、現状では新たな注目すべき展開があったとは評価できない。

なお、この研究の目的の達成に向けて挙げられた6課題の内、(1)として挙げられている300万気圧以上の超高压発生は達成されているが、他の課題に関する達成状況は報告書からは十分に読み取れない。

一方、当初の研究計画にはないが、Caに関して216万気圧で元素中最高温度である29Kでの超伝導転移を確認するとともに、その構造を解明したことは、一定の成果と考える。

② 目的の達成状況

・所期の目的が

(全て達成された ・ 一部達成された ・ 達成されなかった)

本研究課題は、「全元素の超伝導化」という単純明快な目的が高く評価された。この観点から目的の達成状況を判断すると、達成されたとは評価できない。すなわち、この研究課題で設定したマイルストーン5元素(水素、炭素、酸素、金、鉄)のうち、この研究課題以前に、すでに酸素と鉄については高压下での超伝導をこのグループは発見しているため、「超伝導化」という観点からは、水素、炭素、金がターゲットとなる。しかしこれらについて未だ超伝導化はなされていない。また、酸素と鉄については、更なる超伝導転移温度の向上や、超伝導機構解明が期待されるが、超高压の発生、高压下での構造解析の準備は進んでいることは確かであるものの、現状では新たな注目すべき展開があったとは評価できない。

現在の技術水準を鑑みた時、確かに本研究の推進により技術の向上は実現されているものの、マイルストーンとして挙げた元素の超伝導実現に必要な条件が、適切な目標の設定であったかどうか、現状の技術が目的達成に対してどのレベルにあるのか、検証する必要がある。また、解決技術課題と挙げた(3)-(6)にかんしては、報告書からは、具体的な成果が読み取れず、課題設定が適切であったかどうかの判断ができない。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出された ・ 創出されなかった)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

現在までの研究成果により判明した事実には、先進性・優位性は認められるが、本研究課題の目標という観点からは、これらの多くは「副産物」あるいは本流でない研究成果という色彩が強い。また300気圧の超高压の発生、またその磁場下での電気抵抗測定、放射光X線による構造解析等、技術的進展にも先進性・優位性は認められるが、現状での技術レベルが、本研究課題の目標達成にとってどの程度に位置

しているのか、定量的な見積もりがなされていない。

一方、個々の技術的側面での進展は見られ、研究グループ全体の底上げには寄与している可能性はあるものの、本研究の目的達成、即ちマイルストーン5元素の超伝導化は程遠い。なお、他の特記点としては、カルシウムの超伝導について転移温度の上昇 29K など、特記すべき結果が本研究課題の「副産物」として得られている。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

本研究課題の本来の目的達成の見通しが立っていないが、技術的進展は関連する研究分野の進展に寄与する可能性は見込まれる。省エネルギーによるグリーン・イノベーションの推進への寄与は、残念ながら本研究は現状として純粋な基礎研究であり、得られた超伝導を応用することを目指すものではない。むしろ基礎科学としての立場から、超伝導の性質や磁性との関係の理解を目指している。従って、現時点で直接社会への貢献を期待することは難しい。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われた ・ 行われなかった)

研究開発マネジメントは、技術的進展や、「副産物」的成果が得られているので、その点から評価すれば全般的には適切である。しかし、当初目標マイルストーンの5元素についての超伝導化の達成度が十分でないという点から判断すれば、問題点がある。現状での技術レベルと目標達成に必要なレベルとのギャップの定量的見積りと、そのギャップをいかに埋めていくかを、グループ全体として早急に対応していく必要がある。

指摘事項に対する対応も、マイルストーンの5元素に関してカルシウムを凌駕する成果があれば問題はないのだが、現状を見た場合には、充分とはいえない。

成果発表については、特にリチウムやカルシウムの超伝導を含む高圧物性に関して成果が得られ、論文発表 30 件、会議発表 138 件という十分な成果の発信が行われている。

国民との科学技術・対話については、申し分なく行われたと判断できる。明確な、魅力的な目標を設定した研究なので、この研究の面白さを、広い年代層に説明し、同時にこの種の研究の難しさも同様に理解してもらおう機会をもったことは、非常に有益だったと予想できる。