



Title	Observation of Pressure-Induced Superconductivity of Iodine
Author(s)	清水, 克哉
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38827">https://hdl.handle.net/11094/38827</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名 清 水 克 哉

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 11416 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 6 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
基礎工学研究科物理系専攻

学 位 論 文 名 Observation of Pressure-Induced Superconductivity of Iodine  
(ヨウ素の圧力誘起超伝導の観測)

論 文 審 査 委 員 (主査)  
教 授 天谷 喜一

(副査)  
教 授 西田 良男 教 授 遠藤 将一 助教授 小野寺昭史

## 論 文 内 容 の 要 旨

当提出論文は、申請者が博士課程において研究したヨウ素の圧力誘起超伝導についてまとめたものである。本研究遂行の為に必須な極低温・超高圧力下での磁氣的・電氣的測定技術の開発（第 1 部）及びヨウ素の超伝導探索とその結果（第 2 部）から構成される。表題に示す超伝導は、圧力誘起単原子金属における最初の報告である。

### 【1. 装置開発】

超高圧力下での超伝導探索の為に、磁化測定及び電氣的測定を極低温・超高圧の複合条件下で確立する必要がある。ダイヤモンドアンビルセル（DAC）は超高圧力発生に不可欠な圧力装置であるが、磁性研究の分野ではその応用例に乏しい。これは試料サイズが極端に小さく（ $\sim 10^{-7} \text{cm}^3$ ）その検出が極めて困難なためである。高圧セル材は極低温まで冷却する為に熱的良導体である事が不可欠であり、更に精密な磁気測定を行う為に検出コイル周辺を全て非磁性にする必要がある。申請者はこれらの条件を満たす小型 DAC を非磁性銅ベリリウム合金を用いて開発した。圧力セル内の極微試料の磁気測定は、高感度な SQUID 磁束計の採用によりその検出を可能にした。更に極微な空間での電氣的配線技術を開発し、超高圧下での電気抵抗及びホール係数測定が可能になった。DAC を大型  $^3\text{He}$  /  $^4\text{He}$  希釈冷凍機に取り付けることで、極低温度 30mK、圧力 80 万気圧という他に例の無い複合極端条件下における電氣的・磁氣的測定法を確立した。

### 【2. ヨウ素の圧力誘起超伝導】

水素分子は超高圧力下で単原子金属となり、その金属水素は高温超伝導体であると予想されている。最も単純な 2 原子分子である水素の圧力誘起金属化・分子解離は高圧物理学で最も重要で魅力的な研究テーマの一つである。ただし、水素における金属化及び分子解離は 150 万気圧以上の超高圧力を必要とし、技術的困難から超伝導性は勿論、金属化・分子解離共にその確認に至っていない。申請者は、ヨウ素が常圧力下で水素と同じ 2 原子分子であり、比較的低い圧力で、金属化と分子解離が起こる事が実験的に報告されている事に注目した。ヨウ素の圧力誘起超伝導は、金属水素の超伝導の可能性と対比して、興味ある研究対象と考えた。

圧力下固体ヨウ素に関する実験においては、分子解離後（21 万気圧）の金属相で超伝導転移（ $T_c \sim 1.2 \text{K}$ ）が発見された。この転移は磁気測定及び電気抵抗測定両方により超伝導転移と確認された。分子解離後の各高圧相における転移温度を観測し、 $T_c$  の圧力依存性を最高圧相、80 万気圧まで決定した。また、 $T_c$  の磁場依存性から、各高圧相での温度－磁場相図を完成させた。分子性金属相では 30mK の極低温まで超伝導性は現れず、分子解離後単原子金属相

において初めて超伝導転移する事が判明した。高圧力下ホール係数測定から、金属ヨウ素のキャリアがホールである事を初めて実験的に示した。ホール係数の圧力依存性から、分子解離に伴いキャリア濃度が著しく増加する事が分かった。超伝導性発現は、このキャリア濃度の増加に起因すると結論した。

常圧で絶縁体であるヨウ素が、圧力下の単原子金属状態で超伝導体である事は、他の分子性固体（特に水素）の高圧力下における物性研究に重要な指針を与えられと考えられる。更に、前述の複合条件（極低温・超高压）下での測定技術の開発は、高圧物理研究の今後の発展に寄与する所大であると考えられる。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は分子性結晶である固体ヨウ素の圧力誘起超伝導に関する実験的成果をまとめたものであり、圧力誘起単原子金属における超伝導性発現の最初の報告である。論文はまず、極低温超高压発生装置と同複合極端条件下における高感度磁気・電気測定技術の開発成果について報告している。具体的には独自開発の極低温用非磁性ダイヤモンドアンビルセル（DAC）を大型  $^3\text{He}/^4\text{He}$  希釈冷凍機にとりつける事により 30mK の極低温下 80 万気圧の圧力発生に成功している。また、DAC 内微量試料について、高感度 SQUID 磁束計を用いた磁気測定、及び交流 4 端子電気抵抗測定の技術開発に成功している。その他、極低温域の圧力決定のための液体窒素温度域におけるルビー蛍光測定にも成功を収めている。

以上の技術開発の成果を背景に、分子性結晶であるヨウ素の圧力下金属状態における超伝導性探索を行っている。即ち、圧力下の固体ヨウ素は、21 万気圧での分子解離前後に各々、分子性、単原子性の金属状態の存在する事が知られており、低温における超伝導への転移が期待されていた。

本論文はこの期待に応えたもので、単原子金属状態にある固体ヨウ素の全高压相において超伝導の転移を 1 K 以下の低温で見いだした。又、転移の外部磁場依存性及び圧力依存性の詳細が調べられている他、ホール効果の測定によるキャリアの決定にも成功しており、単体ホール金属超伝導を決定づけた。

以上、本論文で達成された技術開発の成果は、高圧物理研究にとどまらず、今後、広く複合極端条件下の物性研究に寄与する所大であり、又、同時に観測された分子性結晶の圧力誘起超伝導性の発見は、物性基礎論的見地からも重要な成果であると評価される。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。