Osaka University Knowledge Archive

Title	High pressure study on interplay of superconductivity and structural instability : for A15 compounds, mayenite electride and iron
Author(s)	田中, 茂揮
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59857
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【70】

氏　　名	田　中　茂　揮（たなかしげき）
博士の専攻分野の名称	博　士（理学）
学　位　記　番　号	第　２６１１８　号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学　位　論　文　名	High pressure study on interplay of superconductivity and structural instability: for A15 compounds, mayenite electride and iron （高圧力下における超伝導と構造不安定性の相関：A15 型化合物，セメントエレクトライド及び鉄における研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　清水　克哉 （副査） 教　授　北岡　良雄　　教　授　宮坂　　博　　教　授　三宅　和正

論　文　内　容　の　要　旨

本博士論文では(1)A15型化合物，(2)セメントエレクトライド及び(3)鉄に着目し，低温・高圧力下において電気抵抗測定，比熱測定，X線構造解析，及び新たに開発した交流磁化率測定を行うことで明らかになった圧力誘起構造相転移近傍での超伝導と構造不安定性の相関について述べたものである。

(1)A15型化合物は20 K程度の比較的高い超伝導転移温度（T_c）を持ち，T_M ($> T_c$)において構造相転移（マルテンサイト転移）を示す。マルテンサイト転移と高いT_cとの関係については長年研究されてきた。V_3Si (T_c = 17 K, T_M = 21 K)は圧力印加に伴いT_cが上昇，T_Mは減少することがわかっており，両者の圧力効果を厳密に決定することでマルテンサイト転移が超伝導に及ぼす影響を解明できると考えた。$T_c \approx T_M$となる4 GPa以上でT_cは圧力依存しなくなり，9 GPa以上で減少に転じる。これに伴い超伝導転移幅が増大することを明らかにした。同様の現象が鉄系超伝導体でも見られ，マルテンサイト転移が高いT_cを実現する重要な役割を担っていると結論した。

(2)セメントエレクトライド$12CaO{\cdot}7Al_2O_3{:}e^-$ (C12A7:e$^-$)は単位格子がCa, Al, Oからなる内径4 Åのカゴ12個で形成される特徴的な結晶構造を持ち，電子を3個のカゴに1個の割合で包接する$T_c \approx 0.2$ Kの超伝導体である。T_cは5.2 GPaで約2.4 Kと一桁以上大幅に上昇し，その後アモルファス構造に転移した後は減少に転じた。カゴに包接された電子に由来する状態密度により超伝導が発現し，圧力下で上昇した状態密度はアモルファス化に伴い減少に転じる結果を得た。

(3)鉄は室温下で約13 GPaで強磁性のα相（bcc）から非磁性のε相（hcp）へ相転移する。超伝導はε相でのみ発現すると考えられているが，T_c近傍の低温下でのα－ε相の境界は決定されていない。低温・高圧力下で電気抵抗測定とX線構造解析を同時に行うことで10 Kでのα－ε相境界を約18 GPaと決定した。この圧力近傍で鉄のT_cは最高値を取ることから，相転移近傍での構造不安定性がT_cの上昇に関係していると結論した。

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

本論文は題目の三物質に着目し、低温・高圧力下における電気抵抗測定、比熱測定、X線構造解析、及び新たに開発した交流磁化率測定を行い、圧力誘起構造相転移近傍での超伝導と構造不安定性の相関について明らかにしたものである。

(1)A15型化合物は、比較的高い超伝導転移温度(T_c)を持ち、T_M ($>T_c$)において構造相転移(マルテンサイト転移)を示す。V_3Siは圧力印加に伴いT_cが上昇、T_Mは減少する。両者の圧力効果を厳密により高圧力下まで決定し、マルテンサイト転移が超伝導に及ぼす影響を解明した。T_cがT_Mと等しくなると超伝導は上昇しなくなり、さらに高圧で減少に転じる。マルテンサイト転移が高いT_cを実現する重要な役割を担っていると結論した。

(2)セメントエレクトライド$12CaO{\cdot}7Al_2O_3{:}e^-$ (C12A7:e-)は単位格子がCa, Al, Oからなるカゴで形成される特徴的な結晶構造を持つT_cが約0.2 Kの超伝導体である。このT_cの圧力効果をはじめて明らかにした。圧力によりアモルファス構造に転移するまでに超伝導は一桁以上上昇した。圧力で上昇した状態密度が超伝導転移温度を上昇させ、アモルファス化に伴い減少に転じる結果を得た。

(3)鉄は室温下で約13 GPaで強磁性のα相(bcc)から非磁性のε相(hcp)へ相転移する。超伝導はε相でのみ発現すると考えられているが、T_c近傍の低温下でのα－ε相の境界は決定されていなかった。低温・高圧力下で電気抵抗測定とX線構造解析を同時に行うことで低温10 Kでの相境界を約18 GPaと決定した。この圧力近傍で鉄のT_cは最高値を取ることから、相転移近傍での構造不安定性がT_cの上昇に密接に関係していると結論した。

以上の結果から構造相転移近傍の不安定な状況下で超伝導転移温度が最も高くなることを明らかにした。これは超伝導と構造相転移の間に普遍的な相関が存在する可能性を示す重要な結果であり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。