

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02676

研究課題名(和文) キャリアドーピングされた2次元層状物質の圧力誘起超伝導

研究課題名(英文) Pressure-induced superconductivity in carrier doped two-dimensional layered materials

研究代表者

久保園 芳博 (Kubozono, Yoshihiro)

岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授

研究者番号：80221935

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：2次元層状物質へのキャリアドーピングなどによって作製した超伝導体の圧力下での超伝導特性を調べた。とくに、金属原子ドーピング鉄カルコゲナイドや $Ba_{1-x}M_xTi_2(Sb_{1-y}Bi_y)_{20}$ の圧力下での超伝導特性研究を行った。また、常圧では超伝導特性を示さないトポロジカル絶縁体に圧力を印加して新規な超伝導相を実現するとともに、超伝導と結晶構造との相関を詳細に調べた。たとえば、トポロジカル絶縁体である $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$ に関しては、 x と y によってフェルミレベルを制御でき、それに伴って超伝導が出現する圧力が変化する。超伝導相は高圧で複数存在しており、結晶構造の変化と密接に相関している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題を通じて、2次元層状物質へのキャリアドーピングによって作製された多数の超伝導物質の圧力下での超伝導挙動が解明されるとともに、常圧では超伝導体ではないトポロジカル絶縁体における圧力誘起超伝導相の発見を行うことができた。また、その超伝導特性が、圧力下での結晶構造変化と大きく相関することなども明らかにした。この研究は、多様な2次元層状物質の圧力下での超伝導と結晶構造を明らかにしたということで、超伝導物性化学の発展に大きく貢献するとともに、圧力が、トポロジカル絶縁体を始めとする2次元層状物質の興味深い物理を創出できるということを示した点で学術的に評価できる。

研究成果の概要(英文)：The superconducting properties of various superconductors prepared by carrier doping of two dimensional materials were investigated in a wide pressure range. In particular, the superconducting properties of metal doped FeSe and $Ba_{1-x}M_xTi_2(Sb_{1-y}Bi_y)_{20}$ were investigated under pressure. The pressure-induced superconductivity in topological insulators which are not superconductors at ambient pressure was also confirmed. The emergence of superconductivity was correlated with the structural phase transition. The onset pressure, where the superconductivity appears, of topological insulator $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$ in which the Fermi level was tuned with x and y , changes systematically. Multiple superconducting phases were confirmed in $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$ under pressure, and each superconducting phase is correlated with specified crystal structure.

研究分野：固体物理化学

キーワード：超伝導 圧力 トポロジカル絶縁体 ディラック半金属 2次元層状物質 キャリアドーピング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究課題は、2次元層状物質へのキャリア注入による新規な超伝導物質開拓と、それへの圧力印加によって新規な高温超伝導相を生み出すことを目指して立案された。研究課題を開始した2019年4月の段階で、我々は、金属原子をドーピングした鉄セレン (FeSe) 化合物を液体アンモニア法によって作製して、新規な超伝導物質を作製するとともに、圧力を印加することによって、新規な高温超伝導相が突然出現することを発見していた [1]。その超伝導転移温度 (T_c) は 21 GPa において 49 K に到達しており、常圧時の T_c が 30 K 程度であったので、それを大きく超えるものであった。

また、トポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 も 2次元層状の物質であるが、これに Sr をドーピングすることによって、新規な超伝導相が実現すること、また、圧力を印加することによって、常圧での T_c を超える高温超伝導相が実現することが、他のグループから報告されていた [2]。更に、我々のグループも、Ag をドーピングした Bi_2Se_3 は常圧では超伝導転移を示さないが、圧力を印加すると結晶構造の変化とともに、次々に新規な超伝導相が出現することを発見し論文報告を行っていた [3]。このような中で、我々は、金属原子ドーピングを幅広い 2次元層状物質を対象に実施して、新たな超伝導物質を作製すること、圧力を印加して新規な高温超伝導相を発見することに興味をもった。とくに、トポロジカルに非自明な電子状態を有するトポロジカル量子物質の超伝導相が、「トポロジカルに非自明な超伝導であるのか否か」について調べることは重要なテーマであると考えた。実際に、Sr をドーピングした Bi_2Se_3 や Ag ドープした Bi_2Se_3 が p 波超伝導であり、「トポロジカルに非自明な超伝導である」との実験結果が得られ始めており、我々の研究上の意欲を大いに掻き立てることになった。

2. 研究の目的

研究の目的は、研究開始状況の興味を反映して、「(1) 2次元層状物質に金属原子をドーピングして多様な新規超伝導体を作製すること、(2) とくにトポロジカルに非自明な物質系を対象にして新規な超伝導相を実現すること」であった。また、圧力を印加して新規な超伝導相を実現するとともに、その超伝導が出現する構造的・電子的な要因を調べることを研究の目的とした。とくに、トポロジカルに非自明な電子状態を有するトポロジカル絶縁体の高圧超伝導相を詳細に研究すること、とりわけトポロジカルに非自明な超伝導相を実現することに大いに興味をもっていたので、研究の重要な目的として、「トポロジカルに非自明な超伝導」を確認することを掲げた。

3. 研究の方法

多様な金属原子ドープ 2次元層状物質を作製して超伝導相を探索する合成化学的な手法と、その物質の結晶構造や磁氣的・電氣的な特性を詳細に調べる物性化学・物性物理学的手法を基礎において研究を進めることにした。作製した物質については、磁化率の温度依存性 (ZFC モードと FC モードで測定) から超伝導転移の有無を調べるとともに、エネルギー分散型 X 線分光法 (EDX) によって化学組成を調べ、粉末 X 線回折パターンから結晶構造を調べた。圧力の印加についてはダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いて 0 から 20 GPa 程度までの電気抵抗測定を行った。更には、DAC を用いて、SPring-8 の放射光を用いる圧力下での X 線回折測定を行った。各圧力での電気抵抗の温度依存性から、試料の T_c の圧力依存性を調べるとともに、磁場下での電気抵抗の温度依存性 (FC モードで測定) によって上部臨界磁場 (H_{c2}) - T プロットを得て、それよりクーパー対の対称性を調べることにした。超伝導物質の構造に関しては、蛍光 X 線ホログラフィーなどの手段も使って研究を行った。

4. 研究成果

研究成果については、(1) 多様な 2次元層状物質の超伝導相を作製したことや、高純度の超伝導試料作製方法を明らかにしたこと (2) 常圧での超伝導特性を明らかにし、超伝導の対称性を明らかにしたこと、(3) 圧力下での超伝導相の出現を確認して超伝導特性を詳細に調べたことを挙げることができる。また、圧力下での超伝導の出現の機構について考察を行った。さらに、研究分担者と協力して、トポロジカル絶縁体で出現した圧力下での超伝導が、「トポロジカルに非自明な超伝導か否か」を理論的に調べる研究を実施した。以下に物質ごとにいくつかの研究成果を示すことにする。

(A) チタン系超伝導体の超伝導の圧力相図の作成

Ba_{1-x}M_xTi₂(Sb_{1-y}Bi_y)₂O の組成で記述できるチタン系超伝導体の詳細な超伝導特性研究を行った。BaTi₂Sb₂O は、CDW/SDW 転移と超伝導が共存する系である [4]。この物質において Ba を Na で部分置換すると CDW/SDW 転移が消失して T_c が上昇することが知られている [5]。この研究課題では、Ba_{1-x}Na_xTi₂Sb₂O (x=0.23) を作製して圧力下での超伝導特性を調べた。その結果、図 1 に示すように、低圧側では T_c は徐々に低下すること、9 GPa 付近から急激に T_c が上昇することが確認された [6]。圧力下での X 線回折パターンから、9 GPa 付近で collapse 転移が生じていることが見いだされたので、T_c の急激な上昇は結晶構造の変化と関係することがわかった。本研究課題においては、Ba_{1-x}Cs_xTi₂Sb₂O についても圧力下での T_c の上昇を見いだした [7]。

さらに、BaTi₂(Sb_{1-y}Bi_y)₂O に関して、y=0.2, y=0.5 ならびに y=0.8 の各組成の試料を作製して、それぞれの物質の圧力下での超伝導特性と結晶構造を詳細に調べた。その結果、y=0.2 については図 1 に示すように、Ba_{1-x}Na_xTi₂Sb₂O と同様に T_c の増加を見いだしたが (5 GPa 付近で上昇が見える) y=0.8 については T_c の圧力依存性が小さく、y=0.2 の場合とは明確に異なる T_c の圧力依存性を得た。また、y=0.2 の場合は 5 GPa 付近で collapse 転移が起こるが、y=0.8 では collapse 転移が生じないので Bi の量が増えると、結晶格子が圧力に対して robust になることがわかる。y=0.5 は常圧では超伝導は観測されない。この物質の T_c の圧力依存性は現在調査中である。これらの結果は現在投稿準備中である。

また、y=1 の BaTi₂Bi₂O はディラック半金属であると理論的に予想されている [8]。この物質についても超伝導特性と構造の圧力依存性を調べた [9]。その結果は、y=0.8 の圧力依存性に近いものであった。このように、Ba_{1-x}M_xTi₂(Sb_{1-y}Bi_y)₂O については、y が小さな領域で圧力下での collapse 転移と関係した T_c の上昇 (圧力誘起第 2 超伝導相の出現と捉えられる) が観測された。

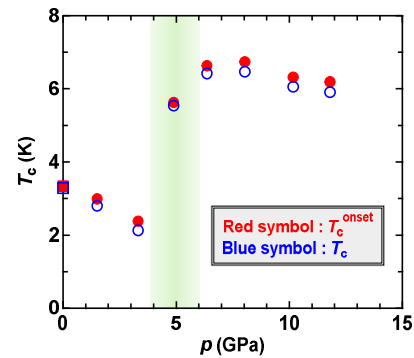


図 1. BaTi₂(Sb_{1-y}Bi_y)₂O (y = 0.2) の T_c の圧力依存性 .

(B) トポロジカル絶縁体の圧力誘起超伝導の観測

この研究課題中に、フェルミレベルの位置を x と y の値を変えることによって制御可能な Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y の圧力下での超伝導特性を詳細に調べた [10-12]。この物質は、すべて常圧では超伝導体ではなく、Z₂ 不変数から「トポロジカルに非自明な電子状態」を持つことが理論的に明らかになっている。また角度分解光電子分光 (ARPES) から、実験的にも表面のギャップレスの Dirac 型線形分散が確認されている。とくに、興味深いのは、上述のようにフェルミレベルは x と y の値で系統的に制御可能なことである。そこで、y = 1 に固定して x を変化させた試料に対して、圧力を印加して圧力誘起超伝導相の特性を調べた。

x が大きくなるにつれて超伝導の出現圧力が高くなること、常圧と同じ結晶相の中で超伝導が出現することを見いだした (ただし構造相転移に伴って T_c が変化する)。また、高圧下での超伝導相が p 波超伝導 (トポロジカルに非自明な超伝導) である可能性が、T_c の磁場依存性から見いだされた [10]。また、図 2 に示すように、x=1, y=2 の試料についても同様に圧力誘起超伝導相の特性を調べ、常圧と同じ結晶相では超伝導は出現せず、構造相転移が生じた後に超伝導が出現すること、圧力誘起超伝導が「トポロジカルに非自明な超伝導」であることが示唆された [11]。更には、x=2 の試料 (Sb₂Te_{3-y}Se_y) の圧力下での構造と超伝導の研究を進めた [12]。なお、研究分担者と協力して、圧力誘起超伝導相について、「電子状態がトポロジカルに非自明か」に関する理論的な考察を行った。その結果は論文 10 において報告した。本研究課題で得られた結論は、「トポロジカル絶縁体の超伝導相は トポロジカルに非自明な超伝導を研究するのに適している」ということである。

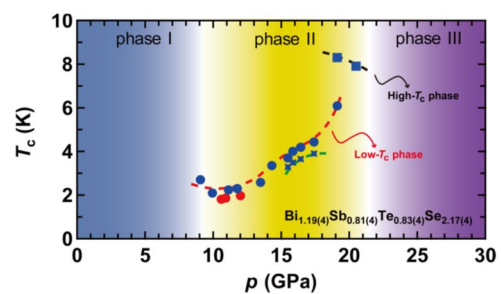


図 2 . Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y (x = 1, y = 2) の T_c の圧力依存性 .

(C) Bi 系 2 次元層状物質の超伝導物性に関する研究

Bi を含む多様な 2 次元層状物質の圧力下での超伝導研究を行った。これまで KBi₂ や RbBi₂ は高温合成によって作製されていたが、液体アンモニア法によって KBi₂ や RbBi₂ を作製する方法を見いだした [13]。さらに、これらの物質に圧力を印加して超伝導特性調べた [14]。その結果、

KBi₂ は高圧で 2 種類の超伝導相があること、10 GPa 以上の圧力で別な物質に変化するというところを見いだした。また、トポロジカル絶縁体 PdBi₂ や Pd_{1-x}Pt_xBi₂ の超伝導の圧力依存性を調べて、圧力下でのα相からβ相への転移と、β相が圧力下で極めて安定であることなどを見いだした [15,16]。また、蛍光 X 線ホログラフィーによってモデルフリーにβ-PdBi₂ のそれぞれの 2 次元面の原子配置を明らかにするとともに、原子の揺らぎについての考察を行った [17]。

この他にも金属原子ドーブ FeSe 系の超伝導特性などを詳細に調べて、新規な 2 次元層状物質の超伝導研究を系統的に展開した。このように、本研究課題を実施することによって、2 次元層状物質を基礎にした多様な超伝導を開発し、圧力下でのエキゾチックな超伝導特性(圧力誘起超伝導や複数の超伝導相の出現、トポロジカルに非自明な超伝導) を発見することができた。

- [1] M. Izumi *et al.* Sci. Rep.5, 9477 (2015).
- [2] Y. H. Zhou *et al.* Phys. Rev. B 93, 144514 (2016).
- [3] T. He *et al.* Phys. Rev. B 97, 104503 (2018).
- [4] T. Yajima *et al.* J. Phys. Soc. Jpn. 81, 103706 (2012).
- [5] P. Dorn *et al.* J. Am. Chem. Soc. 134, 165210 (2012).
- [6] T. Taguchi *et al.* Inorg. Chem. 60, 3585 (2021).
- [7] Y. Wang *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. 58, 110603 (2019).
- [8] X. Shi *et al.* Phys. Rev. B 99, 155155 (2019).
- [9] Y. Wang *et al.* Phys. Chem. Chem. Phys. 22, 23315 (2020).
- [10] T. He *et al.* Phys. Rev B 100, 094525 (2019).
- [11] T. He *et al.* J. Phys.: Condens. Matter 32, 465702 (2020).
- [12] T. Taguchi *et al.* J. Phys. Condens. Matter 33, 485704 (2021).
- [13] H. Li *et al.* RSC Advances 10, 26686 (2020).
- [14] H. Li *et al.* Phys. Chem. Chem. Phys. 24, 7185 (2022).
- [15] A. Suzuki *et al.* J. Phys: Condens. Matter 33, 135702 (2021).
- [16] A. Suzuki *et al.* J. Phys. Chem. C / 1021/acs.jpcc2c01972.
- [17] A. Suzuki *et al.* to be submitted.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 18件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 He Tong, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Ueno Teppei, Kobayashi Kaya, Akimitsu Jun, Yamaoka Hitoshi, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Ota Hiromi, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Terashima Kensei, Yokoya Takayoshi, Jeschke Harald O., Wu Xianxin, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 100
2. 論文標題 Pressure-induced superconductivity in Bi ₂ -xSbxTe ₃ -ySey	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 94525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.094525	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yang Xiaofan, Li Huan, He Tong, Taguchi Tomoya, Wang Yanan, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Horie Rie, Horigane Kazumasa, Kobayashi Kaya, Akimitsu Jun, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Yamaoka Hitoshi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Superconducting behavior of a new metal iridate compound, SrIr ₂ , under pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 025704 ~ 025704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab4605	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Horigane K, Takeuchi K, Hyakumura D, Horie R, Sato T, Muranaka T, Kawashima K, Ishii H, Kubozono Y, Orimo S, Isobe M, Akimitsu J	4. 巻 21
2. 論文標題 Superconductivity in a new layered triangular-lattice system L ₂ IrSi ₂	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 093056 ~ 093056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/ab4159	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Wang Yanan, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Li Huan, He Tong, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Preparation and characterization of superconducting Ba _{1-x} Cs _x Ti ₂ Sb ₂ O, and its pressure dependence of superconductivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 110603 ~ 110603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4ef5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yang Xiaofan, He Tong, Taguchi Tomoya, Li Huan, Wang Yanan, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Yamaoka Hitoshi, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 21
2. 論文標題 Superconducting properties of (NH ₃)yLixFeSe _{0.5} Te _{0.5} under pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 113010 ~ 113010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/ab5034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Li Huan, Wang Yanan, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Zhi Lei, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Structure and superconducting properties of multiple phases of (NH ₃)yAExFeSe (AE: Ca, Sr and Ba)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 395704 ~ 395704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab9911	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Okamoto Hideki, Hamao Shino, Kozasa Keiko, Wang Yanan, Kubozono Yoshihiro, Pan Yong-He, Yen Yu-Hsiang, Hoffmann Gernar, Tani Fumito, Goto Kenta	4. 巻 8
2. 論文標題 Synthesis of [7]phenacene incorporating tetradecyl chains in the axis positions and its application in field-effect transistors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 7422 ~ 7435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0tc00272k	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Li Huan, Wang Yanan, Aoki Yutaro, Nishiyama Saki, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Miura Akari, Suzuki Ai, Zhi Lei, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kambe Takashi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 10
2. 論文標題 A new protocol for the preparation of superconducting KBi ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 26686 ~ 26692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra04541a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 He Tong, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Zhi Lei, Miyazaki Takafumi, Kobayashi Kaya, Akimitsu Jun, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Superconductivity in Bi ₂ -xSbxTe ₃ -ySey (x = 1.0 and y = 2.0) under pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 465702 ~ 465702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/abaad2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Guo Yuxin, Yoshioka Kaito, Hamao Shino, Kubozono Yoshihiro, Tani Fumito, Goto Kenta, Okamoto Hideki	4. 巻 10
2. 論文標題 Facile synthesis of picenes incorporating imide moieties at both edges of the molecule and their application to n-channel field-effect transistors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 31547 ~ 31552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra06629j	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamaoka Hitoshi, Jeschke Harald O., Yang Xiaofan, He Tong, Goto Hidenori, Hiraoka Nozomu, Ishii Hirofumi, Mizuki Jun'ichiro, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Electronic structures of Bi ₂ Se ₃ and AgxBi ₂ Se ₃ under pressure studied by high-resolution x-ray absorption spectroscopy and density functional theory calculations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 155118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.155118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Yanan, Li Huan, Taguchi Tomoya, Suzuki Ai, Miura Akari, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Superconducting behavior of BaTi ₂ Bi ₂ O and its pressure dependence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 23315 ~ 23322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cp04771f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhi Lei, Goto Hidenori, Takai Akihisa, Miura Akari, Hamao Shino, Eguchi Ritsuko, Nishikawa Takao, Tokito Shizuo, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 124
2. 論文標題 Band Engineering of Bilayer Graphene through Combination of Direct Electron Transfer and Electrostatic Gating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 24001 ~ 24008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c07537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Horie R, Horigane K, Nishiyama S, Akimitsu M, Kobayashi K, Onari S, Kambe T, Kubozono Y, Akimitsu J	4. 巻 32
2. 論文標題 Superconductivity in 5d transition metal Laves phase SrIr ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 175703 ~ 175703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab6a2e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Eguchi Ritsuko, Senda Megumi, Uesugi Eri, Goto Hidenori, Fujiwara Akihiko, Imai Yasuhiko, Kimura Shigeru, Noji Takashi, Koike Yoji, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Inhomogeneous superconductivity in thin crystals of FeSe _{1-x} Te _x (x = 1.0, 0.95, and 0.9)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Research Express	6. 最初と最後の頁 036001 ~ 036001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2053-1591/ab7c85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Ai, Taguchi Tomoya, Li Huan, Wang Yanan, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Superconductivity in topological insulator -PdBi ₂ under pressure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 135702 ~ 135702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/abd99c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Taguchi Tomoya, Chiarella Fabio, Barra Mario, Chianese Federico, Kubozono Yoshihiro, Cassinese Antonio	4. 巻 13
2. 論文標題 Balanced Ambipolar Charge Transport in Phenacene/Perylene Heterojunction-Based Organic Field-Effect Transistors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 8631 ~ 8642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.0c20140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fioravanti Niko, Pierantoni Luca, Mencarelli Davide, Turchetti Claudio, Hamao Shino, Okamoto Hideki, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Fujiwara Akihiko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Fabrication of ring oscillators using organic molecules of phenacene and perylenedicarboximide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 7538 ~ 7551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ra00511a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Taguchi Tomoya, Wang Yanan, Yang Xiaofan, Li Huan, Takabayashi Yasuhiro, Hayashi Kouichi, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 60
2. 論文標題 Emergence of a Pressure-Driven Superconducting Phase in Ba _{0.77} Na _{0.23} Ti ₂ Sb ₂₀	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3585 ~ 3592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c02836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Li Huan, Taguchi Tomoya, Wang Yanan, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 125
2. 論文標題 Pressure Dependence of Superconducting Behavior of 4d and 5d Transition Metal Compounds CaRh ₂ and CaIr ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 20617 ~ 20625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c06207	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Yanan, Taguchi Tomoya, Li Huan, Suzuki Ai, Zhang Yanting, Miura Akari, Ikeda Mitsuki, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 23
2. 論文標題 Superconducting properties of BaBi3 at ambient and high pressures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 23014 ~ 23023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cp00042j	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Taguchi Tomoya, Ikeda Mitsuki, Li Huan, Suzuki Ai, Yang Xiaofan, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Ota Hiromi, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Superconductivity of topological insulator Sb2Te3-ySey under pressure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 485704 ~ 485704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ac244b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Yanting, Eguchi Ritsuko, Hamao Shino, Goto Kenta, Tani Fumito, Yamaji Minoru, Kubozono Yoshihiro, Okamoto Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Photochemical synthesis and device application of acene-phenacene hybrid molecules, dibenzo[n]phenacenes (n = 5-7)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4768 ~ 4771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc01294k	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li Huan, Ikeda Mitsuki, Suzuki Ai, Taguchi Tomoya, Zhang Yanting, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Pressure dependence of superconductivity in alkali-Bi compounds KBi2 and RbBi2	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 7185 ~ 7194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2cp00679k	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Yanting、Eguchi Ritsuko、Hamao Shino、Okamoto Hideki、Goto Hidenori、Kubozono Yoshihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Evaluation of Effective Field-Effect Mobility in Thin-Film and Single-Crystal Transistors for Revisiting Various Phenacene-Type Molecules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 5495 ~ 5501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c06932	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Pressure driven superconductivity in topological materials
3. 学会等名 Superstripes 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Pressure Driven Superconductivity in Topological Insulators
3. 学会等名 MRM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Correlation between structure and superconducting properties of two-dimensional layered materials under pressure
3. 学会等名 EMRS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yoshihiro Kubozono	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 332
3. 書名 Physics and Chemistry of Carbon-Based Materials: Basic and Applications	

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://interfa.rlss.okayama-u.ac.jp/publication.html http://interfa.rlss.okayama-u.ac.jp/publication.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	J E S C H K E H A R A L D (Jeschke Harald) (10800211)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・特任教授 (15301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Device science of 2D organic and inorganic materials: Basic science to applications	開催年 2021年～2021年
---	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------

イタリア	Universita Federico II (Naples)	CNR-SPIN	Universita Politecnica della Marche	
台湾	NSRRC	National Tsing Hua University		
ドイツ	マインツ大			