

I 超高压下の相転移

Phase Transition under High Pressure

赤浜裕一
Akahama, Y.

原子価結晶に圧力を加えるとその構成原子の電子準位が変化し（電子的 $s-d$ 転移と総称される）、構造・物性変化をきたす。一方、分子性結晶への圧力の適用は分子間力の制御を通して、分子配向の変化や結合の再編成を引き起こし、やがて分子性が失われ、原子価結晶へ移行させるものと考えられている。我々は放射光を用いた X 線回折・ラマン分光・赤外分光・磁化・電気伝導測定などにより、固体の結晶構造変化や分子解離の過程を調べている。現在、酸素、水素、窒素及び燐など放射光の利用が不可欠な軽元素を主な研究対象として取り上げている。更に、マルチメガバール領域の圧力発生技術とその圧力領域で簡便に利用できる圧力スケールの構築も行い、現在、世界最高圧力の更新を続けており、超高压でしか現れない特異な結晶構造などを発見している。

II 黒リンの高圧物性研究

Chemical Physics of Black Phosphorus under High Pressure

赤浜裕一
Akahama, Y.

黒リンはシリコンやゲルマニウムにつぐ最後の元素半導体として注目され、30 年程前から日本の研究グループが中心となりバルクの基礎物性が解明されてきた。特に、単層がバッカードレイヤーという特異な層構造から成ることから電子物性や光物性等に強い異方性を示し、高压下では構造相転移を伴わない半導体—金属転移が観測されている。近年、黒リン単層膜であるフォスファレン(phosphorene) が、グラフェンと異なりエネルギーギャップを持つことから二次元半導体デバイスへの応用の観点から脚光を浴びている。我々は、黒リンやフォスファレンの基礎物性に着目し、それらの作製と物性研究を行っている。

III 非共鳴 X 線非弾性分光法による物性研究

Physical Properties by Non-resonant Inelastic X-ray Spectroscopy

福井宏之
Fukui, H.

硬 X 線はその透過力の高さゆえに極限状態下にある物質に対する効果的なプローブである。第三代放射光施設の発展により、非弾性散乱を用いた物性研究が可能になった。我々は、この技術を極限状態下へ応用するための技術開発を行うとともに、これを用いた軽元素の電子構造および原子振動に関する物性研究を推進している。

発表論文 List of Publications

- I-1 Raman scattering and x-ray diffraction studies on phase III of solid hydrogen : Y. Akahama, Y. Mizuki, S. Nakano(NIMS), N. Hirao(JASRI), Y. Ohishi(JASRI), The 25th International Conference of AIRAPT (Madrid, Spain, Aug. 2015)
- I-2 Temperature and Pressure dependences of flexible cubane-like framework in crystalline state: structure and luminescent properties of $[Ag_4 I_4 \{P(p\text{-tol})_3\}_4]$: M. Nishiyama, Y. Ozawa, Y. Akahama, K. Toriumi, M. Abe, The 20th Int. Chem. Congress (Honolulu, SUA, Dec. 2015)
- I-3 赤浜裕一・山下寛倫・石原大輔・藤久裕司(AIST)・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI), 酸素-窒素二元系固体の高圧低温相図と磁気転移, 日本物理学会 2015 年秋季大会 (関西大学 2015 年 9 月)
- I-4 西山愛美・小澤芳樹・永橋歩美・鳥海幸四郎・赤浜裕一・阿部 正明, キュバン型ヨウ化銀(I)錯体の多形結晶の構造および発光の圧力依存性, 第 65 回 錯体化学討論会 (奈良女子大学 2015 年 9 月)
- I-5 西山愛美・小澤芳樹・永橋歩美・鳥海幸四郎・赤浜裕一・阿部正明, キュバン型ヨウ化銀(I)錯体の多形結晶の構造および発光の圧力依存性, 日本結晶学会 (大阪府立大 2015 年 10 月)
- I-6 杉本隼之・福井宏之・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・藤久裕司(AIST)・赤浜裕一, テルルの圧力誘起構造相転移と第 5 周期典型元素金属相の原子体積, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-7 桑山有紀・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・赤浜裕一, Ar-O₂ 二元系の高圧相転移と物性 II, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-8 佐田國富士・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・赤浜裕一, Mo₃Al₂C 超伝導体の高圧効果の研究 II, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-9 藤本勇輝・寺井智之・掛下知行・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・赤浜裕一, SUS301、SUS304 および Fe-Ni 合金の圧力誘起構造相転移, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-10 船曳剛司・杉本隼之・福井宏之・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・赤浜裕一, XIII 族元素 Bi と Sb の超高压 X 線回折実験, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-11 近藤憲亮・中野智志(NIMS)・谷口尚(NIMS)・赤浜裕一, 黒リン超薄膜: フォスフォレンの高圧ラマン分光 II, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-12 高橋一規・杉本隼之・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・赤浜裕一, インジウムの圧力誘起構造相転移, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-13 宮本椋介・中野智志(NIMS)・赤浜裕一, 水素の超臨界流体相のラマン分光, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-14 赤浜裕一・水木悠斗・中野智志(NIMS)・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI), 固体水素 III 相の X 線回折とラマン分光研究, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- I-15 石原大輔・赤浜裕一・藤久裕司(AIST)・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI), 酸素-窒素二元系の高圧低温相の構造解析, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- II-1 Anomalous Quantum Transport Properties in Semimetallic Black Phosphorus: K. Akiba(Univ.Tokyo), A. Miyake(Univ.Tokyo), Y. Akahama, K. Matsubayashi(Univ.Tokyo), Y. Uwatoko(Univ.Tokyo), H. Arai(Univ. Electro-Commun.), Y. Fuseya(Univ. Electro-Commun.), and M. Tokunaga(Univ.Tokyo): J. Phys. Soc. Jpn. **84** (2015) 073708. (Editors' Choice)
- II-2 Pressure cells for using in a pulsed-field: A. Miyake(Univ.Tokyo), K. Akiba(Univ.Tokyo), R. Settai(Univ.Tokyo), Y. Akahama, K. Matubayashi(Univ.Tokyo), Y. Uwatoko(Univ.Tokyo), K. Kindo (Univ.Tokyo), M. Tokunaga(Univ.Tokyo), The 11th International Conference of Research in High Magnetic Fields (Grenoble, France, Jul. 2015)
- II-3 頼燎平(広大)・仲武昌司(広大)・角田一樹(広大)・朱思源(広大)・谷口雅樹(広大)・石田行章(東大)・辛埴(東大)・赤浜裕一・木村昭夫(広大), 角度分解光電子分光による黒リンの異方的電子状態及びキャリアダイナミクス, 日本物理学会 2015 年秋季大会 (関西大学 2015 年 9 月)

- II-4 秋葉和人(東大)・三宅厚志(東大)・佐藤由昌(東大)・赤浜裕一・松林和幸(東大)・上床美也(東大)・徳永将史(東大), 高圧下電気抵抗測定から見る半金属黒磷の Fermi 面, 日本物理学会 2015 年秋季大会 (関西大学 2015 年 9 月)
- II-5 近藤憲亮・中野智志(NIMS)・谷口尚(NIMS)・赤浜裕一, 黒リン超薄膜: フォスフォレンの高圧ラマン分光 II, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- II-6 三宅厚志(東大)・秋葉和人(東大)・松林和幸(東大)・上床美也(東大)・撰待力生(東大)・赤浜裕一・金道浩一・徳永将史(東大), パルス磁場中で発熱のないプラスチック製圧力セルの開発, (第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- II-7 佐藤由昌(東大)・秋葉和人(東大)・三宅厚志(東大)・赤浜裕一・松林和幸(東大)・上床美也(東大)・徳永将史(東大), 半金属黒リンにおける圧力下磁化測定, 第 56 高圧討論会 (JMS アステールプラザ 2015 年 11 月)
- III-1 T. Sakamaki (Tohoku Univ), E. Ohtani (Tohoku Univ), H. Fukui, S. Kamada (Tohoku Univ), S. Takahashi (Tohoku Univ), T. Sakairi (Tohoku Univ), A. Takahata (Tohoku Univ), T. Sakai (Ehime Univ), S. Tsutsui (JASRI), D. Ishikawa (JASRI), R. Shiraishi (Tohoku Univ), Y. Seto (Kobe Univ.), T. Tsuchiya (Ehime Univ), A.Q.R. Baron (RIKEN): Constraints on the Earth's inner core composition inferred from measurements of the sound velocity of hcp-iron in extreme conditions, *Science Advances* 2, e1500802 (2016)
- III-2 B. J. A. Moulton, G. S. Henderson, H. Fukui, N. Hiraoka, D. de Ligny, C. Sonnevile, and M. Kanzaki : In-situ structural changes of amorphous diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) up to 20 GPa: A Raman and O K-edge X-ray Raman spectroscopic study, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 178, 41-61 (2016)
- III-3 T. Iitaka (RIKEN), H. Fukui, Z. Li (RIKEN), N. Hiraoka (NSRRC), and T. Irifune (Ehime Univ.) : Pressure-induced dissociation of water molecules in ice VII, *Scientific Reports* 5, 12551 (2015)
- III-4 A. Nakatsuka (Yamaguchi Univ.), S. Kuribayashi (Yamaguchi Univ.), N. Nakayama (Yamaguchi Univ.), H. Fukui, H. Arima (Tohoku Univ), A. Yoneda (Okayama Univ.), and A. Yoshiasa (Kumamoto Univ.): Temperature dependence of crystal structure of CaGeO_3 high-pressure perovskite phase and experimental determination of its Debye temperatures studied by low- and high-temperature single crystal X-ray diffraction, *American Mineral.* 100, 1190-1202 (2015)
- III-5 H. Fukui, A. Yoneda (Okayama Univ.), S. Kamada (Tohoku Univ.), E. Ohtani (Tohoku Univ.), and A.Q.R. Baron: Single-Crystal Elastic Property of Bridgmanite and Seismic Anomaly in the Lower Mantle, 日本地球惑星連合 2015 年大会 (2015 年、千葉市)
- III-6 H. Fukui, A. Yoneda (Okayama Univ.), A. Q. R. Baron (RIKEN): Single Crystal Elasticity of the Lower Mantle Minerals using Inelastic X-ray Scattering. The Seventh Meeting of Research Consortium on High-pressure Research, (2015, Kumamoto, Japan)
- III-7 H. Fukui, A. Yoneda (Okayama Univ.) and Alfred Q.R. Baron (RIKEN): Single crystal elasticity of CaIrO_3 and $(\text{Mg,Fe,Al})(\text{Si,Al})\text{O}_3$ using inelastic X-ray scattering, The 9th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (2015, Hsinchu, Taiwan)
- III-8 H. Fukui, A. Yoneda (Okayama Univ.), A. Q. R. Baron (RIKEN): Single Crystal Elasticity of the Lower Mantle Minerals using Inelastic X-ray Scattering. Symposium "The Earth's Mantle and Core. Structure, Composition, Evolution", (2015, Matsuyama, Japan)
- III-9 福井宏之・BARON Alfred (理研)・土屋卓(愛媛大)・芳野極(岡山大)・小林寿夫・大石泰生 (JASRI) : フェロペリクレイスのフォノン軟化、第 56 回高圧討論会 (2015 年、広島市)
- III-10 福井宏之・藤原佑気・大高理 (大阪大)・有馬寛 (東北大)・竹内晃久 (JASRI) : DAC 試料の X 線 CT-CL 測定シミュレーション 三次元 CDI に向けて、第 56 回高圧討論会 (2015 年、広島市)

大学院物質理学研究科

博士後期課程

杉本 隼之：典型元素リン及びテルルの超高压下の構造相転移に関する研究

博士前期課程

桑山 有紀：Ar-O₂ 二元系の圧力-組成相図と相転移の研究

佐田國富士：Mo₃Al₂C 超伝導体の高压効果の研究

藤本 勇輝：Fe-Ni 合金の圧力誘起構造相転移の研究

船曳 剛司：15 族元素 Bi、Sb の超高压 X 線回折研究

科学研究費補助金等

日本学術振興会科学研究費補助金（平成 25～27 年度）基盤（C） 課題番号 25400381

研究課題 固体水素 III 相の X 線構造研究

研究代表者 赤浜裕一