

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、単層がパ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。第三世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 Y. Akahama, Y. Mizuki, S. Nakano(NIMS), N. Hirao(JASRI), and Y. Ohishi(JASRI), Raman scattering and X-ray diffraction studies on phase III of solid hydrogen, *Journal of Physics: Conf. Series* **950**, 042060 (2017).
- I-2 Y. Akahama, N. Okawa, T. Sugimoto, N. Hirao(JASRI), and Y. Ohishi(JASRI), Coexistence of a metastable double hcp phase in bcc–fcc structure transition of Te under high pressure, *Jpn. J. App. Phys.* **57**, 025601 (2018).
- I-3 M. Fujimoto, Y. Akahama, H. Fukui, N. Hirao(JASRI), and Y. Ohishi(JASRI): Observation of the negative pressure derivative of the bulk modulus in monoclinic ZrO₂, *AIP Advances* **8**, 015310 (2018).
- I-4 T. Ono(九大), Y. Tsukiyama(九大), A. Taema(九大), H. Sato(九大), H. Kiyooka, Y. Yamaguchi, A. Nagahashi, M. Nishiyama, Y. Akahama, Y. Ozawa, M. Abe, and Y. Hisaeda(九大): Piezofluorochromism in charge–transfer inclusion crystals: A prominent influence of high-pressure over mechanical grinding, *ChemPhotoChem* DOI: 10.1002/cptc.201700227 (2018).
- I-5 Y. Akahama and H. Fujihisa(AIST): Kagome lattice of oxygen in N₂-O₂ system, *SPring-8/ SACLA Research Frontiers* 2016, ISSN 1349-0087, 44-45 (2017).
- I-6 藤本真人, 福井宏之, 赤浜裕一, 平尾直久(JASRI), 服部高典(JAEA), 佐野 亜沙美(JAEA):「高圧下における ZrO₂ 単斜晶相の圧縮異常」第 58 回高圧討論会, 名古屋大学, 2017, 11, 8~10
- I-7 紙上昂大, 赤浜裕一, 福田 隆, 寺井智之, 掛下知行, 平尾直久, 大石泰生: 「SUS304 合金の fcc-hcp 相転移と hcp 相の常圧回収」第 58 回高圧討論会, 名古屋大学, 2017, 11, 8~10
- I-8 紙上昂大, 赤浜裕一, 平尾直久(JASRI), 大石泰生(JASRI):「ヒ素の超高压 X 線回折実験」第 58 回高圧討論会, 名古屋大学, 2017, 11, 8~10
- I-9 大川直樹, 赤浜裕一, 平尾直久(JASRI), 大石泰生(JASRI), 藤久裕司(AIST): 「Se と Te の圧力誘起構造相転移」第 58 回高圧討論会, 名古屋大学, 2017, 11, 8~10
- I-10 山口憂真, 小澤芳樹, 田原圭志朗, 赤浜裕一, 阿部正明:「発光性金(I)銀(I)混合金属 6 核錯体の構造と発光挙動の圧力応答性」日本結晶学会, 広島市 JMS アステールプラザ, 2017, 11, 23-24
- I-11 清岡英紀, 小澤芳樹, 赤浜裕一, 田原圭志朗, 阿部正明:「発光性イミダゾールチオラト架橋銅(I)四核錯体の構造および発光の圧力依存性」日本結晶学会, 広島市 JMS アステールプラザ, 2017, 11, 23-24
- I-12 赤浜裕一, 紙上昂大, 中野智志(NIMS), 河口沙織(JASRI), 平尾直久(JASRI), 大石泰生(JASRI):「固体水素 III 相の X 線回折実験 III」第 58 回高圧討論会, 名古屋大学, 2017, 11, 8~10

- II-1 Y. Machida(TIT), A. Subedi(CNRS), K. Akiba(ISSP), A. Miyake(ISSP), M. Tokunaga(ISSP), Y. Akahama, K. Izawa(TIT), and K. Behniay(CNRS): Observation of Poiseuille Flow of Phonons in Black Phosphorus, *Sci. Adv.* 4(6): eaat3374 (2018).
- II-2 M. Nurmamat(広大), Y. Ishida(ISSP), R. Yori(広大), K. Sumida(広大), S. Zhu(広大), M. Nakatake(広大), Y. Ueda(広大), M. Taniguchi(広大), S. Shin(ISSP), Y. Akahama, and A. Kimura(広大): Prolonged photo-carriers generated in a massive-and -anisotropic Dirac material, *Sci. Rep.* 13;8(1):9073 (2018). doi: 10.1038/s41598-018-27133-6.
- II-3 藤井拓斗, 赤浜裕一, 上田光一, 水戸毅:「黒リンにおける半導体-半金属転移近傍の 31P-NMR 測定による研究」日本物理学会, 岩手大学, 2017, 9, 21-24
- III-1 H. Fukui, A.Q.R. Baron (RIKEN), D. Ishikawa (JASRI & RIKEN), H. Uchiyama (JASRI), Y. Ohishi (JASRI), T. Tsuchiya (Ehime U.), H. Kobayashi, T. Matsuzaki (Okayama U), T. Yoshino (Okayama U), T. Katsura (Okayama U): Pressure dependence of transverse acoustic phonon energy in ferropericlaase across the spin transition. *Journal of Physics: Condensed Matter* **29**, 24501 (2017).
- III-2 T. Sakamaki (Tohoku U), E. Ohtani (Tohoku U), H. Fukui, A. Q. R. Baron (RIKEN): Compressional sound velocity of hexagonal close-packed iron up to 163 GPa and 3000 K, *SPRING-8/SACLA Research Frontiers* 2016, 92-93 (2017).
- III-3 A. Yoneda (Okayama U), H. Fukui, H. Gomi (Okayama U), S. Kamada (Tohoku U), L. Xie (Okayama U), N. Hirao (JASRI), H. Uchiyama (JASRI), S. Tsutsui (JASRI), A. Q. R. Baron (RIKEN): Single crystal elasticity of gold (Au) up to ~20 GPa: bulk modulus anomaly and implication for a primary pressure scale, *Japanese Journal of Applied Physics* **56**, 095801 (2017).
- III-4 T. Sakairi (Tohoku U), T. Sakamaki (Tohoku U), E. Ohtani (Tohoku U), H. Fukui, S. Kamada (Tohoku U), S. Tsutsui (JASRI), H. Uchiyama (JASRI), A. Q. R. Baron (RIKEN): Sound velocity measurements of hcp Fe-Si alloy at high pressure and high temperature by inelastic X-ray scattering, *American Mineralogist* **103**, 85 (2018).
- III-5 H. Fukui, N. Hiraoka (NSRRC, Taiwan): Electronic and local atomistic structure of MgSiO₃ glass under pressure: a study of X-ray Raman scattering at the silicon and magnesium L-edges, *Physics and Chemistry of Minerals* **45**, 211-218 (2018).
- III-6 福井宏之: X線非弾性散乱法による単結晶のフォノン物性測定と地球内部科学, 日本結晶学会誌 60 巻 40-47 (2018).
- III-7 H. Fukui, A. Yoneda (Okayama U), A. Nakatsuka (Yamaguchi U), S. Kamada (Tohoku U), T. Yoshino (Okayama U), A. Q. R. Baron (RIKEN): Effect of cation substitution on bridgmanite elasticity, *The International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior(Kobe) 2017*
- III-8 Le The Anh (RIKEN), M. Wada, H. Fukui, T. Iitaka (RIKEN): Ab-initio simulation of K-edge X-ray absorption spectrum (XAS) of epsilon phase of solid oxygen, *26th AIRAPT International Conference on on High pressure science and technology (Beijing) 2017*

- III-9 H. Fukui, A. Yoneda (Okayama U), T. Yoshino (Okayama U), A. Q. R. Baron (RIKEN) : Single crystal elasticity of bridgmanite under high-pressure conditions, 10th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (Hambrugb) 2017
- III-10 福井宏之, 米田明 (岡山大), 中塚晃彦 (山口大), 鎌田誠司 (東北大), XIE Longjian (岡山大), 芳野極 (岡山大), BARON Alfred (理研) : X線非弾性散乱による高圧下でのブリッジマナイト結晶弾性率測定2、第58回高圧討論会 (名古屋)、2017
- III-11 和田正弘、福井宏之、LE The Anh (理研)、平岡望 (NSRRC, Taiwan)、入船徹男 (愛媛大)、飯高敏晃 (理研)、赤浜裕一 : 固体酸素の金属化に伴う電子状態の変化、第58回高圧討論会 (名古屋)、2017

大学院物質理学研究科

博士前期課程

藤本 真人 : 高圧下における ZrO₂ 単斜晶相の圧縮異常

和田 正弘 : X線ラマン散乱による固体酸素の金属化に伴う電子状態の変化

科学研究費補助金等

- 1 科学研究費補助金 (平成 29~31 年度) 基盤研究(C) 課題番号 : 17K05550
研究課題 固体水素高圧相 : III 相の高圧低温 X線回折実験による構造決定
研究代表者 赤浜裕一
- 2 科学研究費補助金 (平成 27~31 年度) 基盤研究(S) 課題番号 : 15H05748
研究課題 地球核の最適モデルの創出
研究代表者 大谷栄治
研究分担者 福井宏之
- 3 科学研究費補助金 (平成 30~31 年度) 基盤研究(A) 課題番号 : 15H02128
研究課題 マントル鉱物の結晶弾性測定 : 地震波速度異方性の物質的解釈に向けて
研究代表者 米田明
研究分担者 福井宏之