

## 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、高圧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 Y. Akahama, N. Hirao(JASRI), Y. Ohishi(JASRI), and A. K. Singh(NAL): Equation of state of bcc-Mo by static volume compression to 410 GPa, J. Appl. Phys. 116, 223504(2014)
- I-2 Y Akahama, T Maekawa, T Sugimoto, H Fujihisa(AIST), N Hirao(JASRI), and Y Ohishi(JASRI): High-pressure phase diagram of O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> binary system: formation of kagome-lattice of O<sub>2</sub>, J. Phys. Cond.: Conf. Series 500,182001(2014)
- I-3 T. Sugimoto, Y. Akahama, T. Ichikawa, H. Fujihisa(AIST), N. Hirao(JASRI), and Y. Ohishi(JASRI): Bcc-fcc structure transition of Te, J. Phys. Conf. Series 500, 192018 (2014)
- I-4 杉本隼之・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・藤久裕司 (AIST)・赤浜裕一: 固体酸素金属相の構造解析、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-5 杉本隼之・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・藤久裕司 (AIST)・赤浜裕一: Sc-III 相の X 線構造解析、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-6 石原大輔・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・赤浜裕一: 酸素-窒素二元系の高压低温構造相転移、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-7 水木悠斗・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・中野智志 (NIMS)・赤浜裕一: 固体水素 III 相の構造と物性研究、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-8 山下寛倫・赤浜裕一: 酸素-窒素二元系の高压低温磁気相転移、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-9 桑山有紀・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・赤浜裕一: Ar-O<sub>2</sub> 二元系の高压相転移と物性、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-10 佐田國富士・赤浜裕一: SQUID を用いた Mo<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>C 超伝導体の高压効果の研究、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-11 藤本勇輝・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・赤浜裕一: ラマン分光による O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> 二元系の高压相図と光物性、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-12 藤本勇輝・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・赤浜裕一: SUS301 の構造相転移の研究、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-13 船曳剛司・杉本隼之・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI)・赤浜裕一: Bi の 332GPa までの X 線回折実験、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- I-14 水木悠斗・赤浜裕一・中野智志 (NIMS)・平尾直久 (JASRI)・大石泰生 (JASRI): 固体水素高压相: III 相のラマン分光、日本物理学会秋季大会 (2014, 中部大)
- II-1 赤浜裕一: 黒リンの圧力誘起半導体—金属トポロジカル転移、日本物理学会第 70 回年次大会(2015, 早稲田大)
- II-2 秋葉和人 (物性研)・三宅厚志 (物性研)・赤浜裕一・松林和幸 (物性研)・上床美也 (物性研)・徳永将史 (物性研): 多重極限下における半金属黒燐の異常量子伝導、日本物理学会第 70 回年次大会(2015, 早稲田大)
- II-3 赤浜裕一・藤本勇輝・中野智志 (NIMS): 黒リン超薄膜: フォスフォレンの高压ラマン分光、第 55 高压討論会 (2014, 徳島大)
- II-4 秋葉和人 (物性研)・三宅厚志 (物性研)・赤浜裕一・徳永将史 (物性研): パルス強磁場下における黒リンの磁気抵抗測定、日本物理学会秋季大会(2014, 中部大).
- II-5 赤浜裕一・藤本勇輝・中野智志 (NIMS): 黒リン薄膜: フォスファレンの高压ラマン分光、日本物理学会秋季大会 (2014, 中部大)
- III-1 福井宏之: 非共鳴 X 線非弾性散乱を用いた高压物質科学におけるフォノン研究、高压力の科学と技術, Vol. 25 49-56 (2015)

- III-2 E. Ohtani (Tohoku Univ.), K. Mibe (U. Tokyo), T. Sakamaki (Tohoku Univ.), S. Kamada, S. (Tohoku Univ.), Takahashi (Tohoku Univ.), H. Fukui, S. Tsutsui (JASRI), and A.Q.R. Baron (RIKEN): Sound velocity measurement by inelastic X-ray scattering at high pressure and temperature by resistive heating diamond anvil cell, *Russian Geology and Geophysics* 56, 190-195 (2015)
- III-3 福井宏之・米田 明 (岡山大地球研)・Alfred Baron (理研) : X 線非弾性散乱法による結晶弾性と下部マントル構造、第 54 回日本鉱物科学会 2014 年会 (2014 年、熊本市)
- III-4 福井宏之・平岡 望 (NSRRC)・平尾直久 (JASRI)・青木勝敏 (東北大)・赤浜裕一 : 高密度氷の X 線誘起分子解離と水素挙動の関連性、第 55 回高圧討論会 (2014 年、徳島市)
- III-5 福井宏之 : X 線非弾性散乱法による下部マントル物質の弾性測定、第 55 回高圧討論会 (2014 年、徳島市)

## 大学院物質理学研究科

### 博士前期課程

- 石原大輔 : 酸素-窒素二元系の高圧低温構造相転移の研究  
水木悠斗 : 超高圧下の固体水素 III 相の構造と物性研究  
山下寛倫 : 酸素-窒素二元系の高圧低温磁気相転移の研究

## 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